



MÁRCIA RUFINI

**EFICIÊNCIA DA SIMBIOSE DE BACTÉRIAS
FIXADORAS DE NITROGÊNIO COM
FEIJOEIRO COMUM EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE pH**

**LAVRAS-MG
2010**

MÁRCIA RUFINI

**EFICIÊNCIA DA SIMBIOSE DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE
NITROGÊNIO COM FEIJOEIRO COMUM EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE pH**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, área de concentração em Microbiologia e Bioquímica do Solo, para a obtenção do título de Mestre.

Dr^a. Fatima Maria de Souza Moreira
Orientadora

Dr. Messias José Bastos de Andrade
Coorientador

**LAVRAS-MG
2010**

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

Rufini, Márcia.

Eficiência da simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro comum em diferentes condições de pH / Márcia Rufini. – Lavras : UFLA, 2010.

90 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientadora: Fátima Maria de Souza Moreira.

Bibliografia.

1. Fixação biológica de nitrogênio. 2. *Phaseolus vulgaris*. 3. Acidez. 4. Inoculante. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.6528947

MÁRCIA RUFINI

**EFICIÊNCIA DA SIMBIOSE DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE
NITROGÊNIO COM FEIJOEIRO COMUM EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE pH**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, área de concentração em Microbiologia e Bioquímica do Solo, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de julho de 2010

Dr.^a. Ligiane Aparecida Florentino UFLA

Dr.^a. Fatima Maria de Souza Moreira
Orientadora

Dr. Messias José Bastos de Andrade
Coorientador

**LAVRAS-MG
2010**

Aos meus queridos pais, Ana Maria e Bruno José, por todo apoio, incentivo, ensinamentos, conselhos e amor a mim dedicados.

OFEREÇO

A Deus por tudo.

Aos meus irmãos Silvia, Bruno e Ana Luiza, meus sobrinhos Isabela e João Pedro, e a Alana, por toda compreensão, amizade e incentivo ao longo dessa jornada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Fatima Maria de Souza Moreira, pela orientação, paciência, oportunidades concedidas e pelos ensinamentos passados.

Ao projeto CNPq/MAPA, “Avaliação da eficiência de inoculantes microbianos de leguminosas em regiões inexploradas e de métodos para seu controle de qualidade e inspeção visando a expansão de seu uso na agricultura brasileira”, pelo financiamento para a execução deste trabalho.

Ao professor Messias José Bastos de Andrade pelo apoio e ensinamentos e à Ligiane Aparecida Florentino, pela participação na banca e pelas sugestões que muito contribuíram para a melhoria do trabalho.

A todos os funcionários e alunos dos Departamentos de Biologia, Ciência do Solo e Agricultura, pelo auxílio, apoio, disponibilidade e ajudas prestadas.

Aos funcionários Marlene Aparecida de Souza e Manuel Aparecido da Silva, pela valiosa contribuição na execução das análises.

Aos amigos do Laboratório de Microbiologia do Solo que, de alguma forma, sempre tiveram dispostos a discutir dúvidas e pontos de vista, além das grandes ajudas e auxílios nos momentos mais difíceis: Aline, Amanda, Analuiza, Bruno, Cândido, Cleide, Fernanda, Ligiane, Jerusa, Jessé, Karina, Michele, Rogério, Leandro, Paulo, Pedro, Plínio, Priscila, Silvia, Téo, Thiago, Wesley.

A todos os amigos.

Muito Obrigada!!!

RESUMO

O feijoeiro-comum, além de ser excelente fonte de proteína para a população e ser importante economicamente é capaz de formar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Dessa forma, pode substituir total ou parcialmente o uso de fertilizantes nitrogenados, diminuindo os custos de produção e a poluição do solo e água. A acidez do solo é um dos principais fatores que pode afetar essa simbiose. No entanto, pode-se induzir uma pré-adaptação às condições ácidas quando a bactéria é exposta previamente a um pH levemente ácido. Assim, o objetivo do trabalho foi verificar se o cultivo de estirpes de *Rhizobium* (UFLA02-100, UFLA02-68, UFLA04-195, UFLA04-202 e CIAT899) em meios com diferentes condições de pH (5,0; 6,0 e 6,9) promove alterações na eficiência simbiótica, buscando otimizar a produção de inoculantes, e além disso, verificar a eficiência destas estirpes na fixação biológica de nitrogênio e competitividade com populações nativas. Foram realizados dois ensaios, em casa de vegetação e um no campo. O valor de pH ideal para o preparo do inoculo variou de acordo com as estirpes testadas e com a variável analisada. No entanto, todas as variáveis, com exceção da eficiência relativa, foram superiores nos tratamentos que receberam calagem. No ensaio de campo, as populações nativas do solo e a inoculação com as estirpes promoveram rendimento de grãos semelhante à testemunha com 70 kg.ha⁻¹ de N e a estirpe referência CIAT 899.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio. *Phaseolus vulgaris*. Acidez. Simbiose. Inoculante.

ABSTRACT

The common bean, besides being an excellent source of protein for the population and be economically important is able to form symbioses with nitrogen-fixing bacteria. Thus, it can replace all or part of the nitrogen fertilizer use, reducing production costs and pollution of soil and water. The soil acidity is one of the main factors that may affect the symbiosis. However it, can induce a pre-adaptation to acidic conditions when the bacteria is exposed previously to a slightly acid pH. Thus, the objective this research was to verify if the cultivation of strains of *Rhizobium* (UFLA02-100, UFLA02-68, UFLA04-195, UFLA04-202 e CIAT899) in media with different pH conditions (5,0; 6,0 and 6,9) promotes changes in symbiotic efficiency, seeking to optimize the production of inoculants, and also to verify the efficiency of these strains in biological nitrogen fixation and competitiveness with native populations. Two experiments were carried out in a greenhouse and one in the field. The ideal pH value for preparation of the inoculum varied with the strains tested, and the variable analyzed. However, all variables except the relative efficiency were higher in treatments with liming. In the field trial, the native populations of soil and inoculation with strains promoted grain yield similar to the control with 70 kg.ha⁻¹ of N and the reference strain CIAT 899.

Keywords: Biological nitrogen fixation. *Phaseolus vulgaris*. Acidity. Symbiosis. Inoculant.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Valores diários de temperatura máxima, média e mínima (°C) para o período do ensaio de campo.	40
Gráfico 2	Valores diários de precipitação (mm) e umidade relativa (UR) para o período do ensaio de campo.	41
Gráfico 3	Número de nódulos das estirpes inoculadas em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.	47
Gráfico 4	Matéria seca de nódulos de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.	48
Gráfico 5	Matéria seca da parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.	49
Gráfico 6	Teor de nitrogênio na parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.	50

Gráfico 7	Acúmulo de nitrogênio na parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.	51
Gráfico 8	Eficiência relativa de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.	51
Gráfico 9	Matéria seca da parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos valores de pH de cultivo das mesmas. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade	52
Gráfico 10	Acúmulo de nitrogênio na parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos valores de pH de cultivo das mesmas. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	53
Gráfico 11	Teor de nitrogênio na parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos valores de pH de cultivo das mesmas. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	54

Gráfico 12 Eficiência relativa de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos valores de pH de cultivo das mesmas. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade 55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultado da análise química e física da amostra de solo (0 a 20 cm de profundidade) antes da adubação e calagem.....	32
Tabela 2	Origem e características das estirpes avaliadas nos ensaios de campo e em casa de vegetação	37
Tabela 3	Valores médios do número de nódulos (NN) de três amostras de solo em função das diluições, da estirpe eficiente utilizada e da ausência ou presença de nitrogênio mineral.	45
Tabela 4	Quadro de médias das estirpes testadas em casa de vegetação para os parâmetros número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA).	46
Tabela 5	Quadro de médias de cada nível de calagem do ensaio em casa de vegetação para os parâmetros número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA)	47
Tabela 6	Valores médios de matéria seca da parte aérea (MSPA-g/vaso) para feijoeiro-comum em casa de vegetação em função da interação entre pH de cultivo da BFNN, nível de calagem e estirpe	56
Tabela 7	Valores médios de teor de nitrogênio na parte aérea (TNPA - %) para feijoeiro-comum em casa de vegetação em função da interação entre pH de cultivo da BFNN, nível de calagem e estirpe	57

Tabela 8	Valores médios de acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA - mg/vaso) de feijoeiro-comum em casa de vegetação em função da interação entre pH de cultivo da BFNN, nível de calagem e estirpe.....	58
Tabela 9	Valores médios de eficiência relativa (ER%) para feijoeiro-comum em casa de vegetação em função da interação entre pH de cultivo da BFNN, nível de calagem e estirpe	59
Tabela 10	Quadro de médias para número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) em função dos contrastes inoculados vs. adicionais com e sem N mineral, em solos com e sem calagem, testados em casa de vegetação	60
Tabela 11	Quadro de médias para número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) em função da inoculação com as estirpes (UFLA 04-195, UFLA 04-202, UFLA 02-100, UFLA 02-68 e CIAT 899) cultivadas em diferentes valores de pH, testados em condições de campo.....	61
Tabela 12	Quadro de médias para número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) em função dos contrastes inoculados vs. adicionais com e sem N mineral, testados em condições de campo	62

Tabela 13	Quadro de médias para número de vagens/planta, número de grãos/vagem, peso de 100 grãos, rendimento, teor (TNG) e acúmulo de N nos grãos (ANG) em função da inoculação com as estirpes (UFLA 04-195, UFLA 04-202, UFLA 02-100, UFLA 02-68 e CIAT 899) cultivadas em diferentes valores de pH, testados em condições de campo.....	63
Tabela 14	Quadro de médias para número de vagens/planta, número de grãos/vagem, peso de 100 grãos, rendimento, teor (TNG) e acúmulo de N nos grãos (ANG) dos contrastes inoculados vs. adicionais com e sem N mineral, testados em condições de campo	64
Tabela 15	Resultado da análise química e física da amostra de solo (0 a 20 cm de profundidade) após calagem, adubação e plantio do feijoeiro-comum.	66

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	O feijoeiro-comum	17
2.2	Fixação biológica de nitrogênio na cultura do feijoeiro-comum	19
2.3	Seleção de isolados quanto a eficiência simbiótica	24
2.4	Efeito do pH na FBN	26
2.5	Inoculantes	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Solo	32
3.2	Densidade das populações nativas	33
3.3	Estirpes avaliadas	35
3.4	Ensaio em casa de vegetação	38
3.5	Ensaio em campo	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	Densidade das populações nativas	44
4.2	Ensaio em casa de vegetação	45
5	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICES	78

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura de grande importância no Brasil, sendo a principal fonte de proteína na dieta da maioria da população e de grande importância na agricultura de subsistência. Esta cultura tem grande exigência nutricional, sendo o nitrogênio um dos elementos essenciais exigidos em maior quantidade.

Atualmente, a aplicação de fertilizantes nitrogenados minerais tem alcançado níveis cada vez maiores, ocasionando elevação de preços e conseqüentemente, dos custos de produção, o que torna seu uso restrito não só para pequenos e médios produtores, mas também para os grandes. Uma alternativa é o aumento da contribuição dos processos biológicos, diminuindo os custos de produção e os prejuízos ao meio ambiente.

A exploração de leguminosas capazes de formar simbiose permite que as bactérias fixadoras de N₂ (bactérias diazotróficas) absorvam este elemento do ar, transformando-o em aminoácidos ou outros compostos que podem ser utilizados na nutrição nitrogenada da planta. A tecnologia da inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas (BFNN) em sementes de leguminosas é muito significativa, uma vez que as aplicações de fertilizantes nitrogenados podem ser reduzidas ou dispensadas, como no caso da soja, podendo, além de aumentar a produtividade e reduzir o custo de produção, economizar combustíveis fósseis, reduzir a poluição do solo, água, atmosfera e contribuir para a sustentabilidade na agricultura.

Resultados de pesquisa mostram que a cultura do feijoeiro-comum pode se beneficiar, no campo, da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e um dos grandes desafios é obter um manejo adequado dessa simbiose, aumentando sua eficiência.

Além dos trabalhos de seleção de estirpes visando competitividade e eficiência é necessária também adaptação às condições edáficas, principalmente pH ácido, um dos fatores mais limitantes, que influenciam na multiplicação, sobrevivência, infecção, formação dos nódulos e hospedeiro, afetando assim a FBN. A seleção de estirpes tolerantes a pH ácido visa a melhor sobrevivência destas nos inoculantes comerciais e também no campo, obtendo uma simbiose mais efetiva nos solos tropicais, onde predominam condições ácidas.

O objetivo do trabalho foi verificar se o cultivo de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em meios com diferentes condições de pH promove alterações na eficiência simbiótica de estirpes de *Rhizobium*, buscando otimizar a produção de inoculantes, e além disso, verificar a eficiência destas estirpes na fixação biológica de nitrogênio e competitividade com populações nativas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O feijoeiro-comum

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à classe Dicotyledoneae, família Leguminosae, gênero *Phaseolus*. Seu grão é um dos mais importantes componentes da dieta alimentar brasileira, principalmente de baixa renda, por ser reconhecidamente uma excelente fonte protéica, com aproximadamente 25% de proteína, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, vitaminas, minerais e fibras.

O feijoeiro é uma cultura relevante na economia brasileira e é cultivado principalmente na agricultura de subsistência, onde os agricultores não possuem renda suficiente para um manejo adequado da cultura. O Brasil se destaca como maior produtor e consumidor mundial de feijoeiro-comum, o qual é produzido em quase todo o território nacional, com destaque para os estados: Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010b).

O feijoeiro-comum é cultivado em três épocas: a 1ª safra ou “das águas” (primavera-verão) que é realizada, principalmente, por pequenos produtores e coincide com o período chuvoso, com produtividade de 1017 kg.ha⁻¹ na safra 2009/2010. A 2ª safra ou “da seca” (verão-outono) é muito praticada por pequenos produtores, pode faltar chuva, com colheita em período seco e produtividade de 728 kg.ha⁻¹ na safra 2009/2010, que pode ser aumentada com irrigação complementar. A 3ª safra ou “de inverno” (outono-inverno) é preferida pelos grandes produtores, com cultivo exclusivamente irrigado e tem produtividade estimada para a safra 2009/2010 de 1059 kg.ha⁻¹ (ARAÚJO; FERREIRA, 2006; CASSINI; FRANCO, 2006; CONAB, 2010a).

Nos últimos anos, a produção tem superado os três milhões de toneladas, que é colhida em aproximadamente quatro milhões de hectares. A produtividade média da cultura nos últimos anos esteve em torno de 800 kg.ha^{-1} , podendo ser considerada baixa, porém foi crescente nos últimos 14 anos (CONAB, 2010b). Em alguns estados, essa média é superior a 1000 kg.ha^{-1} e entre os produtores que utilizam alta tecnologia, minoria nesta cultura, pode ultrapassar a marca de 3000 kg.ha^{-1} .

Os pequenos agricultores, normalmente, usufruem de pouca tecnologia, muitas vezes consorciando esta leguminosa com outras culturas, resultando em baixa produtividade média (525 kg.ha^{-1}), mas que correspondem à maior parte de produção nacional (71%). Já nas grandes propriedades, ocorre o uso intensivo de insumos agrícolas e de tecnologias que exigem grande investimento financeiro, como cultivares melhoradas, irrigação e adequado manejo de solos e do controle de pragas e doenças; há também menores riscos climáticos e mudança do perfil do produtor, explicando as altas produtividades médias, da ordem de 1440 kg.ha^{-1} (STRALIOTTO, 2002).

A expressão do potencial de produção da cultura do feijoeiro depende, dentre outros fatores, de um adequado fornecimento de nutrientes, já que é muito exigente em termos nutricionais, principalmente com relação ao nitrogênio e potássio. A baixa produtividade desta cultura pode estar relacionada também ao ciclo curto (90 a 100 dias) e à pequena profundidade das raízes. O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro-comum, mostrando a importância do suprimento adequado deste nutriente para a cultura, principalmente no período de maior absorção, que ocorre dos 35 aos 50 dias da emergência da planta (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). Este nutriente apresenta alto custo e é facilmente perdido, tanto por volatilização como por lixiviação. Dessa forma é essencial o desenvolvimento de tecnologias de baixo

custo que visem melhorar a produtividade dos pequenos produtores, a baixos custos.

2.2 Fixação biológica de nitrogênio na cultura do feijoeiro-comum

A exploração de leguminosas capazes de estabelecer simbiose com bactérias que fixam o N atmosférico é de grande importância. As bactérias fixadoras de N₂ nodulíferas (BFNN) absorvem o N do ar, convertendo-o em amônia (NH₃), através da enzima nitrogenase. A tecnologia da inoculação de BFNN em sementes de leguminosas pode aumentar a produtividade, reduzir o custo de produção, economizar combustíveis fósseis e reduzir a poluição do solo, água e atmosfera, contribuindo para a sustentabilidade na agricultura. Este processo é mediado por uma parcela de procariotos que interagem com o sistema radicular da planta hospedeira, por meio do desenvolvimento de estruturas hipertróficas denominadas nódulos, onde ocorre a fixação do nitrogênio. Esta interação caracteriza-se por uma simbiose, onde a bactéria é beneficiada pelo suprimento de fotossintatos fornecido pela planta hospedeira a qual recebe o N₂ fixado pelo rizóbio microsimbionte na forma amoniacal.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas e ocorre em grande concentração na atmosfera na forma de N₂ (78%), porém essa forma não está disponível para os eucariotos e maioria dos procariotos, se tornando um fator limitante para a produção agrícola. As principais fontes pelas quais as plantas podem obtê-lo são a matéria orgânica do solo, fertilizantes nitrogenados ou pela fixação biológica de nitrogênio (FBN).

A produção de fertilizantes nitrogenados é feita a partir do N atmosférico e fontes energéticas não renováveis, além disso, possuem baixa eficiência de assimilação, na faixa de 50%, devido a perdas causadas por

práticas culturais inadequadas e processos como escoamento superficial, lixiviação e volatilização do NH_3 (CANTARELLA, 2007). Assim, o uso de fertilizantes nitrogenados de maneira intensiva e inadequada pode acarretar sérios problemas de degradação ambiental e conseqüentemente, queda na produtividade, além de serem muito caros para os produtores, representando de 5 a 20% do custo de produção (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Em solos tropicais, devido às condições de temperatura e umidade, a decomposição da matéria orgânica é rápida, resultando em rápida mineralização e perda de N. O reservatório de N presente na matéria orgânica do solo é limitado e pode se esgotar na ocorrência de cultivos sucessivos, resultando em solos com baixos teores de N, o que afeta a produtividade agrícola.

A maioria das espécies leguminosas de importância econômica é capaz de nodular e fixar N_2 em condições mínimas de nitrogênio. As leguminosas podem ser utilizadas na alimentação humana, animal e podem servir de cobertura e fonte de matéria orgânica para o solo, além da fixação de N_2 , assumindo grande importância na agricultura.

O feijoeiro é capaz de estabelecer simbiose com BFNN, podendo garantir parte de suas exigências em nitrogênio, por meio do processo de fixação biológica. No entanto, há descrédito quanto à capacidade desta leguminosa em fixar N_2 suficiente para alcançar produtividades desejadas. Isso ocorre devido a diversos fatores bióticos e abióticos que afetam as BFNN e a planta hospedeira, influenciando o estabelecimento e a eficiência da simbiose. Dentre esses fatores, a competição com populações de BFNN nativas e estabelecidas no solo, à baixa adaptação às condições ambientais, como temperatura e acidez, a espécie de BFNN e o ciclo do feijoeiro, geralmente limitam a taxa de fixação. Assim, o sistema simbiótico envolve, para seu funcionamento, a interação adequada entre

planta, bactéria e ambiente, ou seja, para um bom funcionamento da simbiose, o feijoeiro-comum deve estar em condições favoráveis.

De acordo com Moreira e Siqueira (2006), o feijoeiro-comum pode ser considerado uma leguminosa promíscua por estabelecer simbiose com diferentes espécies de BFNN, todas de crescimento rápido: *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, *trifolii* e *viceae* (JORDAN, 1984), *Rhizobium tropici* (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991), *Rhizobium etli* (SEGOVIA; YOUNG; MARTINEZ-ROMERO, 1993), *Rhizobium gallicum* (AMARGER; MACHERET; LAGUERRE, 1997), *Rhizobium giardinii* bvs. *giardinii* e *phaseoli* (AMARGER; MACHERET; LAGUERRE, 1997), *Rhizobium mongolense* (VAN BERKUN et al., 1998), *Rhizobium etli* bv. *mimosae* (WANG et al., 1999), *Rhizobium yanglingense* (TAN et al., 2001), *R.(Sinorhizobium) fredii* (CHEN; YAN; LI, 1988; LAJUDIE et al., 1994; SCHOLLA; ELKAN, 1984), *Sinorhizobium americanum* (TOLEDO; LLORET; MARTINEZ-ROMERO, 2003), *R. (Mesorhizobium) loti* (JARVIS et al., 1997; JARVIS; PANKHURST; PATEL, 1982; JORDAN, 1984), *R. (Mesorhizobium) huahuii* (CHEN et al., 1991; JARVIS et al., 1997) e *Azorhizobium doebereineriae* (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), nem sempre sendo todas eficientes no processo de FBN. Pode ser nodulado também por *Burkholderia* spp. (MOREIRA; TIEDJE; MARSH, 2002) e *A. caulinodans* (GONÇALVES; MOREIRA, 2004).

Devido a essa promiscuidade encontrada no feijoeiro-comum, que também afeta a simbiose, maiores cuidados devem ser tomados para que se consiga resultado com a inoculação, como maior número de células da estirpe eficiente e selecionada, que está sendo inoculada e adaptação às condições do ambiente, garantindo vantagem competitiva pelos sítios de infecção em relação as BFNN nativas, que são diversas e eficientes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O feijoeiro-comum, atualmente, possui duas estirpes recomendadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para produção de inoculantes, pertencentes à espécie *Rhizobium tropici* (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991) e que correspondem às estirpes comerciais SEMIA 4077 (CIAT 899) e SEMIA 4080 (PRF 81). Esta espécie é considerada mais estável geneticamente e tolerante a estresses, como os provocados por temperaturas elevadas e acidez do meio, sendo adaptada às condições de solos tropicais (GRAHAM, 1992; GRAHAM et al., 1994; HUNGRIA et al., 2000).

Resultados de pesquisa mostram que é possível a cultura do feijoeiro-comum se beneficiar no campo da FBN. Dessa forma, se torna de fundamental importância a busca de melhorias no manejo dessa simbiose, visando o aumento de sua eficiência.

A quantidade de N fixado simbioticamente por esta cultura é variável, estando na faixa de 4 a 165 kg.ha⁻¹ a cada ano (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). De acordo com Saito (1982), a taxa média de fixação é de 60 kg de N.ha⁻¹ e representa de 30 a 50% do N total acumulado pela planta, podendo substituir total ou parcialmente o uso da adubação nitrogenada, conforme verificado por Mendes et al. (1994) e Ferreira et al. (2000).

Resultados positivos foram encontrados por Peres et al. (1994) em solos de cerrado e sem irrigação, onde a produção do tratamento inoculado foi superior à testemunha que não recebeu N, variando de 0 a 489 kg.ha⁻¹. Stralioetto (2002) relata que somente com a inoculação o feijoeiro pode atingir produtividades de 1500 a 2000 kg.ha⁻¹. Pelegrin et al. (2009), utilizando cv. Pérola em latossolo vermelho distroférrico em Dourados (MS), obtiveram produtividade média de 3131 kg.ha⁻¹ com a estirpe CIAT 899, que foi semelhante à testemunha que recebeu 80 kg.ha⁻¹ de N.

Avaliando, diferentes isolados, nas cultivares de feijão Pérola e Diamante Negro, Hungria et al. (2003) obtiveram rendimentos médios de até 1600 kg.ha⁻¹, sendo semelhantes às estirpes recomendadas CIAT 899 e PRF 81 e à testemunha que recebeu N mineral. Lemos et al. (2003), em um argissolo vermelho eutrófico adubado com 70 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ sob irrigação, no período de inverno e utilizando a cv. Carioca, inoculada com a estirpe de *Rhizobium tropici* CM 255, obtiveram produtividades de 2858 kg.ha⁻¹.

Hungria et al. (2000), estudando a eficiência de novos isolados no Paraná em solo adubado com 300 kg.ha⁻¹ da formulação NPK 0-28-20 e 40 kg.ha⁻¹ de micronutrientes, verificaram que a inoculação proporcionou rendimentos de grãos de 1356 a 3520 kg.ha⁻¹, que foram semelhantes ao da estirpe referência CIAT 899 e da testemunha com nitrogênio mineral. Do mesmo modo, Mostasso et al. (2001), inoculando novas estirpes de BFNN em feijoeiro-comum cv. Carioca, com aplicação de 84 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg.ha⁻¹ de K₂O, 40 kg.ha⁻¹ de micronutrientes e calagem, obtiveram rendimentos semelhantes aos da testemunha que recebeu N mineral e das estirpes recomendadas para essa cultura (CIAT 899 e PRF 81).

Avaliando a produtividade do feijoeiro-comum inoculado com quatro estirpes de rizóbio (UFLA 02-100, UFLA 02-127, UFLA 02-68 e UFLA 02-86), em Perdões (MG), Soares et al. (2006) observaram que as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 contribuíram significativamente para o aumento do rendimento e para o acúmulo de N nos grãos da cv. Talismã, e não diferiram da estirpe CIAT 899 e da testemunha nitrogenada. Em Formiga (MG), as estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 02-86 foram testadas por Nogueira (2005) na cv. Pérola, onde as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 se igualaram à estirpe CIAT 899 e à testemunha que recebeu adubação nitrogenada; neste trabalho, porém, o rendimento dos tratamentos foi superior aos encontrados no trabalho de

Soares et al. (2006). Em Lavras, Ferreira et al. (2009), testando as estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-86, UFLA 02-127 e UFLA 02-68, em feijoeiro-comum cv. Talismã verificaram que a estirpe UFLA 02-68 superou as demais, inclusive a CIAT 899, e promoveu rendimento de grãos semelhante ao da testemunha com 80 Kg.ha⁻¹ de N.

Estes resultados mostram a importância do uso de estirpes eficientes na FBN, que contribuem de forma expressiva para o rendimento da cultura e aliado a isto, para a redução no custo de produção. Porém, pesquisas devem ser realizadas com o objetivo de melhorar a simbiose, como melhoramento genético do feijoeiro, melhor manejo da cultura, seleção de estirpes mais eficientes, competitivas e tolerantes a condições adversas, em diversos ambientes e sistemas de produção. Com isso, obter maior eficiência e maximizar a produção, como ocorre na cultura da soja, contribuindo para a elaboração de recomendações seguras a respeito dessa prática.

2.3 Seleção de isolados quanto a eficiência simbiótica

A procura por organismos eficientes, capazes de fornecer ou disponibilizar para plantas os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento é um importante passo que antecede a sua introdução como inoculante para uma determinada cultura.

A seleção de estirpes que combinem habilidade na fixação de nitrogênio, adaptação a condições edáficas e climáticas e alta competição por sítios de infecção nodulares é importante para a produção de inoculantes. O melhor conhecimento das comunidades de BFNN será importante para o desenvolvimento de estratégias que visem otimizar a contribuição da FBN em diferentes condições edáficas e climáticas.

Características desejáveis em uma estirpe de BFNN usada em inoculantes comerciais devem incluir: habilidade em formar nódulos e fixar nitrogênio (N) na espécie-alvo; fixar N em uma ampla faixa de genótipos de hospedeiros; crescer bem em meio artificial no veículo do inoculante e no solo; estabilidade genética; baixa mortalidade na semente; compatibilidade com agroquímicos; competitividade com estirpes nativas por sítios de nodulação; colonização da rizosfera do hospedeiro; habilidade de migrar de um sítio inicial de inoculação; fixar N em uma ampla faixa de condições ambientais; formar nódulos e fixar N₂; tolerar stresses ambientais; persistir no solo e colonizar o solo na ausência do hospedeiro (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A seleção prévia de organismos fixadores que mostram eficiência em laboratório e em casa de vegetação, nem sempre é garantia do seu máximo potencial no campo e isso pode ser devido a fatores como inadaptação a condições ambientais do solo e baixa competitividade, entre outros.

O melhoramento vegetal da soja (*Glycine max* L. (Meril.)), direcionado para maior contribuição da FBN e os diversos trabalhos de seleção de BFNN, adaptadas às condições dos solos brasileiros propiciou uma economia em fertilizantes nitrogenados de aproximadamente 3 bilhões de dólares anuais (HUNGRIA et al., 2005; MERCANTE, 2005).

A seleção do feijoeiro-comum e seu cultivo em terras férteis podem ter influenciado na capacidade de nodulação e fixação de nitrogênio em genótipos da espécie (PEREIRA, 1990). Outro ponto importante a ser considerado no processo de seleção de estirpes eficientes na fixação de nitrogênio BFNN-feijoeiro é que o fluxo de carboidratos para os nódulos fica reduzido durante a formação das vagens, limitando a FBN (LAWN; BRUN, 1974). As cultivares de ciclo precoce, geralmente são menos eficientes em fixar nitrogênio (GRAHAM, 1981; HARDARSON et al., 1993). Isso pode ser explicado pelo curto período

vegetativo das plantas e a senescência dos nódulos na fase de enchimento dos grãos, devido à redução do fluxo de carboidratos para os mesmos (RENNIE; KEMP, 1983; RUSCHEL et al., 1982; SA; ISRAEL, 1995).

Diversos fatores como temperatura, acidez do solo, teores de nutrientes no solo (principalmente Ca e P), pouca capacidade competitiva das BFNN inoculadas, número de células presente no inoculo, instabilidade genética dos microsimbiontes e cultivares não adequadas, podem influenciar na fixação biológica de nitrogênio (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A acidez do solo é apontada como um dos principais fatores limitantes ao processo de FBN, afetando o rizóbio, o hospedeiro e o próprio processo simbiótico.

Por esta razão, pesquisas estão sendo desenvolvidas com o objetivo de selecionar estirpes eficientes que potencializem a FBN em solos com limitações ambientais para o estabelecimento da simbiose eficiente, visando maior aproveitamento do processo para a produção da cultura do feijoeiro-comum.

2.4 Efeito do pH na FBN

Os solos ácidos estão distribuídos por grandes áreas pelo mundo, a maior parte dos solos brasileiros apresenta esse problema. A acidez é provocada pela concentração do íon H^+ , normalmente está associada a outros fatores, como saturação e toxidez por Al e Mn, baixa CTC e disponibilidade de nutrientes, reduzindo a sua absorção pelas plantas. Além disso, a acidez afeta diretamente a atividade da microbiota do solo, como a que está envolvida na mineralização da matéria orgânica, nitrificação e FBN, entre outros, tornando-se importante propriedade química para a produção agrícola.

O pH do solo constitui um dos principais fatores limitantes à simbiose BFNN-leguminosas, limitando a multiplicação e sobrevivência das BFNN e,

consequentemente, reduzindo a nodulação e a fixação de nitrogênio (FRANCO; MUNNS, 1982a; GRAHAM et al., 1982; RAZA et al., 2001).

O estágio inicial da infecção é o mais afetado pela acidez do solo. Segundo Vlassak e Vanderleyden (1997), a taxa de nodulação é reduzida em leguminosas cultivadas em solos ácidos. Franco e Munns (1982a) observaram que valores de pH abaixo de 5,5 reduzem a nodulação do feijoeiro, necessitando de calagem.

Os primeiros estágios do processo de infecção, como a troca de sinais moleculares, entre os simbióticos e a aderência à raiz, também são afetados pela acidez. A liberação dos indutores dos genes de nodulação por raízes de soja e feijoeiro-comum foi menor em pH 4,5 que em pH 5,8 (HUNGRIA; STACEY, 1997). O pH baixo também pode afetar a expressão dos genes *nod* em estirpes de *R. leguminosarum* bv. *trifolii* (MCKAY; DJORDEVIC, 1993).

Algumas espécies de BFNN podem tolerar acidez melhor que outras essa tolerância pode variar entre estirpes de uma mesma espécie (VARGAS; GRAHAM, 1988).

De um modo geral, as BFNN crescem em uma faixa de pH ideal entre 6,0 e 7,0, sendo que poucas crescem bem em pH menor que 5,0 (GRAHAM et al., 1994). Estirpes de crescimento rápido são geralmente menos tolerantes à acidez do que as de crescimento lento (GRAHAM et al., 1994; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). No entanto, algumas estirpes de crescimento rápido toleram o pH baixo, como *R. loti* (*Mesorhizobium*), *R. meliloti* e *R. tropici* (GRAHAM et al., 1994; O'HARA et al., 1989; WOOD; COOPER; BJOURSON, 1988).

De acordo com Graham et al. (1994), a estirpe *R. tropici* CIAT 899 tolera a acidez devido à composição e estrutura da membrana externa, sendo também hidrofóbica em condições de pH baixo. Resultados obtidos por O'Hara et al. (1989) demonstraram que estirpes de *Rhizobium meliloti* tolerantes a acidez proporcionam um alto gradiente de pH, quando crescidas em condições

de elevada acidez (pH intracelular entre 7,2 e 7,4 quando o pH externo é ácido), mantendo a alcalinidade citoplasmática relativamente constante, indicando que a capacidade de tolerar a acidez está relacionada com a capacidade de controlar o pH do citoplasma. Em *Rhizobium loti*, a tolerância a acidez está relacionada à constituição da membrana, como a permeabilidade, em conjunto com respostas adaptativas, como fase de crescimento bacteriano e diferenças na expressão de proteínas (CORREA; BARNEIX, 1997).

A origem das estirpes e sua tolerância à acidez também parecem ter boa correlação, ou seja, estirpes isoladas de solos ácidos mostram-se mais adaptadas a essas condições do que as isoladas de pH mais elevado (MOREIRA, 1994), como a estirpe INPA 07-B, que foi isolada de leucena (*Leucaena leucocephala*) em solos ácidos e foi mais tolerante à acidez que outras estirpes, isoladas de solos menos ácidos. Souza, Magalhães e Oliveira (1984) encontraram estirpes de BFNN isoladas de leguminosas florestais nativas, de solos ácidos de terra firme da Amazônia que foram capazes de crescer em meio de cultura sólida com valor de pH 5,0 e não cresceram no valor de pH 7,0. De acordo com Dilworth et al. (1999), esse fato pode ser explicado pelo fenômeno denominado “*acid habituation*” ou “*adaptive tolerance response*”, por meio do qual a sobrevivência de microrganismos que cresceram em condições levemente ácidas e foram, posteriormente, expostos a baixos valores de pH é maior do que se fossem previamente crescidos em condições ótimas. Porém, não se pode dizer que a tolerância está relacionada apenas ao local de isolamento da bactéria.

Chagas Júnior, Oliveira e Oliveira (2009) observaram que isolados tolerantes a acidez foram capazes de alcalinizar ou não modificar o pH do meio ácido (pH 4,5), e considerou como um mecanismo de adaptação a essa condição de stresse.

Quantidade maior de exopolissacarídeos (EPS) produzida por *Rhizobium* indica maior tolerância à acidez em relação a estirpes que produzem menor quantidade (CUNNINGHAM; MUNNS, 1984). Porém, Ferreira (2008) observou o contrário, onde estirpes de *Rhizobium* produziram menor quantidade de EPS no valor de pH mais baixo, onde ocorreu também melhor crescimento da estirpe. Dessa forma, a maior produção de EPS pode estar relacionada com condição de stresse para a bactéria. Trabalhando com estirpes de *Bradyrhizobium*, Barberi et al. (2004), Miguel e Moreira (2001) relacionam a maior produção de EPS por estas bactérias com as condições de acidez do meio de cultura.

A aplicação de calcário em solos ácidos reduz os efeitos da acidez, corrigindo a deficiência de alguns elementos e a toxidez de outros. De acordo com Lovato, Pereira e Vidor (1985), a calagem pode aumentar a população de BFNN, como no caso de *R. phaseoli* em alguns solos ácidos no Rio Grande do Sul. Porém, a calagem não é economicamente viável em algumas áreas, quando se necessita de altas doses de calcário, devido ao alto custo para seu transporte. Com isso, o desenvolvimento de sistemas adaptados à acidez seria uma estratégia favorável, como o uso de BFNN tolerantes à acidez.

Para se cultivar o feijoeiro-comum em solos com elevada acidez é necessário que as estirpes de BFNN utilizadas nos inoculantes sejam adaptadas a essa condição, além de serem competitivas e eficientes no processo de infecção. Dessa forma, as estirpes estabelecer-se-iam melhor, proporcionando nodulação adequada sob tais condições. A utilização de *R. tropici* em solos ácidos é favorecida, pois esta é mais competitiva em pH em torno de 5,0 do que em pH maior que 6,0 (FREY; BLUM, 1994).

2.5 Inoculantes

No Brasil, a soja é o melhor exemplo de como um processo biológico pode ser manejado eficientemente para aumento da produção e redução expressiva de seus custos e dos impactos ambientais. Nessa cultura ocorre a substituição total de adubos químicos nitrogenados, pela inoculação com BFNN selecionadas por sua alta eficiência. A seleção de bactérias associada ao melhoramento vegetal gerou variedades de soja altamente responsivas a este processo biológico. A inoculação no Brasil é praticamente restrita a soja: 99% dos 26,4 milhões de doses de inoculante consumidos no país em 2003 foram para essa cultura, sendo esta porcentagem praticamente constante em anos posteriores. A não utilização desse processo nos sistemas de produção de outras leguminosas de importância econômica, e que já tem inoculantes disponibilizados pela pesquisa brasileira, se deve, dentre os diversos fatores, à falta de acesso a informação por pequenos, médios e grandes produtores; à falta de interesse das empresas produtoras de inoculante em vender no varejo; à falta de conhecimento e preparo técnico dos possíveis responsáveis pela sua recomendação. Além disso, a recomendação de estirpes inoculantes para as demais espécies leguminosas, com exceção da soja, foi baseada em número reduzido de experimentos, restritos a condições edafo-climáticas específicas.

A inoculação de sementes de feijoeiro nas regiões produtoras do Brasil não é uma prática comum, e as recomendações de adubação, normalmente ignoram essa possibilidade de contribuição da FBN na demanda de nitrogênio por esta leguminosa.

O inoculante de BFNN pode ser encontrado na forma sólida ou líquida, contendo a cultura da estirpe previamente selecionada. A turfa é um veículo muito utilizado nas formulações, por apresentar características desejáveis, como

alta retenção de água, granulometria fina e alta porcentagem de matéria orgânica. A maior parte do inoculante produzido é uma mistura de turfa com pH neutralizado e cultura líquida de estirpes de BFNN recomendadas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O controle de qualidade nos inoculantes utilizados no Brasil é feito por órgão competente ligado ao MAPA, o qual exige que o material usado como veículo na produção do inoculante deva ser desinfestado, apresentar 10^8 células de BFNN por grama ou mL no momento da semeadura e não conter nenhum contaminante em fator de diluição 10^{-5} .

O fato dos inoculantes serem produzidos com o pH próximo a neutralidade, pode limitar a adaptação das estirpes às condições de acidez dos solos tropicais e conseqüentemente, à simbiose efetiva. Algumas estirpes apresentam melhor crescimento quando cultivadas em pH mais baixo (BARBERI et al., 2004). Dessa forma, produzir o inoculante na faixa de pH preferido pela estirpe pode melhorar a eficiência no campo. Por outro lado, submetê-la a uma condição de estresse, encontrada na maioria dos solos, durante a produção do inoculante poderá aumentar sua sobrevivência e eficiência, quando for submetida às condições stressantes do campo (“*acid habituation*”).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Solo

Foi estabelecido que a área para coleta de solo e instalação de um ensaio de campo deveria apresentar pH na faixa de 5,0, para avaliar a tolerância das estirpes à acidez, e não ter antecedentes de semeadura de leguminosa e inoculação. Dessa forma, as atividades foram realizadas em área experimental do Campus da Universidade Federal de Lavras, em um latossolo vermelho, de textura argilosa, cultivado com cana-de-açúcar há alguns anos e que atendia às exigências citadas, sem registro de cultivo com feijoeiro e inoculação e com pH de 5,1. As demais características químicas e físicas do solo empregado encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 Resultado da análise química e física da amostra de solo (0 a 20 cm de profundidade) antes da adubação e calagem

Característica	Unidades	Valores
pH em H ₂ O (1:2,5)		5,1
P (Fósforo Mehlich I)	mg.dm ⁻³	4,0
K (Potássio Mehlich I)	mg.dm ⁻³	80
Ca	cmol _c .dm ⁻³	1,2
Mg	cmol _c .dm ⁻³	0,3
Al	cmol _c .dm ⁻³	0,4
H + Al	cmol _c .dm ⁻³	6,3
S.B	cmol _c .dm ⁻³	1,7
T	cmol _c .dm ⁻³	8,0
t	cmol _c .dm ⁻³	2,1
m	%	19
V	%	21,3
Matéria Orgânica	dag.kg ⁻¹	2,7

“Continua...”

Tabela 1, “continuação”

Característica	Unidades	Valores
Areia	dag/kg	20
Silte	dag/kg	21
Argila	dag/kg	59

Análise realizada pelo Laboratório do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. S.B= soma de bases. T= Capacidade de troca de cátions a pH 7. t= Capacidade efetiva de troca de cátions. m= Saturação por alumínio. V= Saturação por bases.

3.2 Densidade das populações nativas

Um ensaio para determinar a densidade das populações nativas do solo foi conduzido no Laboratório de Microbiologia do Solo/DCS/UFLA, utilizando vidros escuros de 500 mL, tipo “*big neck*”, contendo solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com quantidade inferior de N, com um suporte de papel filtro para as raízes, o qual foi cortado nas dimensões da garrafa. As garrafas, já contendo o papel filtro e a solução nutritiva, foram autoclavadas por 40 minutos à pressão de $1,5 \text{ kg/cm}^2$, a 127°C .

Foram coletadas 3 amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm na área experimental já citada anteriormente, antes do plantio e inoculação do feijoeiro-comum. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado (DIC), com nove repetições (três em cada amostra de solo) e esquema fatorial 9×2 envolvendo 9 tratamentos e 2 valores de pH da solução nutritiva. As sementes foram inoculadas com 1 mL da suspensão de solo das diluições seriadas 10^{-1} a 10^{-6} , que foram comparados ao controle positivo (inoculação com a estirpe eficiente recomendada para a cultura do feijoeiro-comum, CIAT 899), além de duas testemunhas sem inoculação (uma com adição de N mineral e outra sem N mineral) para controle de possível contaminação, todos testados em solução nutritiva com pH ajustado para 6,0 e 6,9. As duas condições de pH da solução nutritiva foram testadas com o objetivo de testar a hipótese de que, por estar

usando um solo com pH mais baixo, as BFNN estariam mais adaptadas a condição de acidez e dessa forma nodulariam mais a planta-isca na solução com pH mais baixo, capturando mais BFNN nativas.

Foi utilizada a solução de Hoagland e Arnon (1950) completa para os tratamentos com N mineral.

Como planta-isca foi utilizada o feijoeiro-comum cultivar BRSMG Majestoso (ABREU et al., 2007) e as sementes foram desinfestadas superficialmente com álcool etílico 98,2° por 30 segundos e hipoclorito de sódio a 2% por dois minutos. Em seguida, foram lavadas seis vezes com água destilada esterilizada para retirada de resíduos dos tratamentos anteriores. Após esses procedimentos, as sementes foram imersas em água destilada esterilizada por 2 horas. Posteriormente foram colocadas para germinar em placas de petri, contendo papel filtro e algodão umedecidos e esterilizados, a 28°C em câmara de crescimento. Foi semeada uma semente por vaso e posteriormente, feita a inoculação de cada semente com 1 mL da solução proveniente das diluições seriadas; no caso da estirpe referencia CIAT 899, foi inoculado 1 mL do inoculo crescido.

As plantas foram colhidas aos 30 dias para determinação da nodulação (contagem).

Para a estimativa do número mais provável (NMP) de células de rizóbios, nas três amostras coletadas foi considerado positivo para presença e negativo para ausência, em cada diluição, usando o programa MPNES (*Most Probable Number Estimate*) (WOOMER; SINGLETON; BOHLOOL, 1988).

3.3 Estirpes avaliadas

Foram selecionadas quatro estirpes da coleção de BFNN do Laboratório de Microbiologia do Solo (UFLA), que já haviam sido testadas em outros trabalhos e que mostraram eficiência na simbiose com feijoeiro-comum (FERREIRA, 2008; FERREIRA et al., 2009; NOGUEIRA, 2005; SOARES et al., 2006). As estirpes de BFNN testadas foram UFLA 04-195 (*Rhizobium etli*), UFLA 04-202 (*R. etli*), UFLA 02-100 (*R. etli*) e UFLA 02-68 (*R. etli* *bv. mimosae*) (Tabela 2).

Duas destas estirpes, UFLA 04-195 e UFLA 04-202 foram isoladas de nódulos usando o siratro como planta-isca, que foi inoculada com suspensões de solo a partir de amostras obtidas de solos ácidos na Amazônia Ocidental, em trabalho realizado por Lima et al. (2009). Ferreira (2008) testou estas estirpes em feijoeiro-comum, em vasos de Leonard em casa de vegetação e verificou que elas proporcionaram produção de matéria seca e acúmulo de N na parte aérea semelhante a da testemunha que recebeu adubação nitrogenada sem inoculação e aos tratamentos com estirpes referência, recomendadas como inoculantes para esta cultura. Este mesmo autor também avaliou a tolerância destas estirpes à acidez e observou que elas apresentam melhor crescimento em pH 5,0 quando cultivadas em meio de cultura 79 líquido (FRED; WAKSMAN, 1928).

As estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-68 foram isoladas por Pereira (2000) de nódulos de feijoeiro do município de Theobroma (RO) e selecionadas em trabalhos posteriores (FERREIRA et al., 2009; NOGUEIRA, 2005; SOARES et al., 2006), apresentando eficiência variável. A estirpe UFLA 02-100 apresenta melhor crescimento em meio de cultura 79 líquido (FRED; WAKSMAN, 1928) quando cultivada em pH 6,0, apresentando um decréscimo no pH 5,0. Já a estirpe UFLA 02-68 não mostra crescimento diferenciado entre

essas três condições de pH, quando cultivadas nesse mesmo meio de cultura (dados não publicados).

As quatro estirpes foram comparadas à estirpe controle de *R. tropici*, CIAT 899, recomendada como inoculante para a cultura do feijoeiro-comum pelo MAPA. Esta estirpe apresenta melhor crescimento em pH 5,0 quando cultivada em meio de cultura 79 líquido (FERREIRA, 2008).

Tabela 2 Origem e características das estirpes avaliadas nos ensaios de campo e em casa de vegetação

Estirpes	Espécie	Local de origem	pH do solo	Planta de origem	T.C.¹	pH do meio²	Melhor pH de crescimento³
UFLA 04-195	<i>Rhizobium etli</i>	FA ⁴	4,0	Siratiro	Rápido	Ácido	5,0 (Ferreira, 2008)
UFLA 04-202	<i>Rhizobium etli</i>	P ⁴	5,2	Siratiro	Rápido	Ácido	5,0 (Ferreira, 2008)
UFLA 02-100	<i>Rhizobium etli</i>	Theobroma-RO	-	Feijão	Rápido	Neutro	6,0 (d.n.p.) ⁶
UFLA 02-68	<i>Rhizobium etli</i> <i>bv mimosae</i>	Theobroma-RO	-	Feijão	Rápido	Neutro	N.D. ⁵ (d.n.p.) ⁶
-	<i>Rhizobium tropici</i>	Colômbia	-	-	Rápido	Ácido	5,0 (Ferreira, 2008)

1. Taxa de crescimento, sendo R rápido (2 a 3 dias);
2. Alteração do pH do meio de cultura 79, com indicador azul de bromotimol;
3. Condição de pH do meio de cultura 79 em que a estirpe apresenta melhor crescimento (condições testadas: 5,0; 6,0 e 6,9);
4. Floresta secundária em estágio avançado de regeneração (FA) e pastagem (P), na Amazônia Ocidental.
5. Não mostrou diferença de crescimento nas três condições de pH testadas;
6. Dados não publicados.

3.4 Ensaio em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da UFLA, de 11/11 a 28/12/2009. O solo foi coletado na camada arável (0-20 cm), destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 4 mm, antes de ser usado como substrato.

O cálculo da dose de calcário foi realizado segundo o método de saturação por bases, de modo a elevar a saturação para 60%, nos tratamentos com calagem. O calcário foi aplicado 30 dias antes da semeadura, mantendo-se a umidade do solo para que ocorresse a reação. Em todas as parcelas foi efetuada uma adubação com 300; 300; 40; 0,8; 1,5; 3,6; 5,0 e 0,15 mg dm⁻³ de K, P, S, B, Cu, Mn, Zn e Mo, respectivamente (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com 4 repetições e esquema fatorial (5 x 3 x 2) + 4, envolvendo cinco estirpes, três valores de pH do meio de cultura 79 e dois níveis de calagem (presença e ausência) mais quatro tratamentos adicionais. As cinco estirpes foram UFLA 02-100, UFLA 02-68, UFLA 04-195 e UFLA 04-202, mais a estirpe recomendada como inoculante para feijoeiro-comum, CIAT 899, que foram cultivadas em meio 79 sólido em três valores de pH (5,0, 6,0 e 6,9), por três vezes consecutivas e posteriormente, transferidas para meio 79 líquido para produção do inóculo. Os quatro tratamentos adicionais foram as testemunhas sem inoculação, com ou sem N mineral, na presença ou ausência de calagem. O nitrogênio mineral correspondeu a 300mg.dm⁻³, fonte NH₄NO₃, parcelados em três aplicações.

Foi utilizada cultivar de feijoeiro-comum BRSMG Majestoso (ABREU et al., 2007), de grão tipo carioca, que apresenta resistência a antracnose e mancha angular. As sementes foram desinfetadas superficialmente com álcool etílico 98,2° por 30 segundos e hipoclorito de sódio a 2% por dois minutos. Em

seguida, as sementes foram lavadas seis vezes com água destilada esterilizada para retirada de resíduos dos tratamentos anteriores. Após esses procedimentos, as sementes foram imersas em água destilada esterilizada por 2 horas. Posteriormente, foram colocadas para germinar em placas de petri, contendo papel filtro e algodão umedecidos e esterilizados, a 28°C em câmara de crescimento. Foram utilizadas quatro sementes pré-germinadas por vaso e em cada uma foi inoculado 1 mL do inoculo, crescido no meio 79 líquido (pH 5,0, 6,0 e 6,9) contendo aproximadamente 10^8 células bacterianas mL⁻¹. Após a emergência foi feito o desbaste, deixando-se duas plântulas por vaso com capacidade de 1,8 dm³.

As plantas foram colhidas no período da floração (aproximadamente aos 45 dias após emergência) para avaliar as seguintes variáveis: número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER%), teor (TNPA%) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA). A eficiência relativa (ER) foi calculada em relação à produção de MSPA das plantas do tratamento que recebeu N mineral por meio da expressão, $ER = (MSPA \text{ tratamento}) * 100 / (MSPA \text{ da TCN})$. Para o cálculo da ER, os tratamentos que receberam calagem foram comparados à testemunha que recebeu N mineral e calagem, já os tratamentos sem calagem foram comparados à testemunha que recebeu N mineral sem calagem.

O teor de nitrogênio total foi avaliado pelo método semi-microkjedahl, de acordo com Sarruge e Haag (1979), determinando-se a percentagem de N na matéria seca da parte aérea. O N acumulado na parte aérea foi calculado multiplicando-se o peso da matéria seca da parte aérea pelo teor de N (%) e dividindo por 100.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o sistema de análise estatística SISVAR, versão 4.0 (FERREIRA, 2000). As

médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

3.5 Ensaio em campo

O ensaio de campo foi instalado em área experimental da UFLA, citada anteriormente (item 3.1). O ensaio foi conduzido na safra da “seca”, no período de 25/02 a 25/05/2010, usando o nível tecnológico 2 (NT2) preconizado pela 5ª Aproximação das Recomendações, para o uso de corretivos e fertilizantes no estado de Minas Gerais (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999). O nível de fertilidade do solo estava abaixo das condições ideais de plantio com relação a algumas características (Tabela 1).

Os dados diários de temperatura máxima, mínima e média (°C) estão no Gráfico 1, e os de precipitação (mm) e umidade relativa (%) no Gráfico 2. A precipitação no período do ensaio foi inferior a relatada no ano de 2009, no mesmo período.

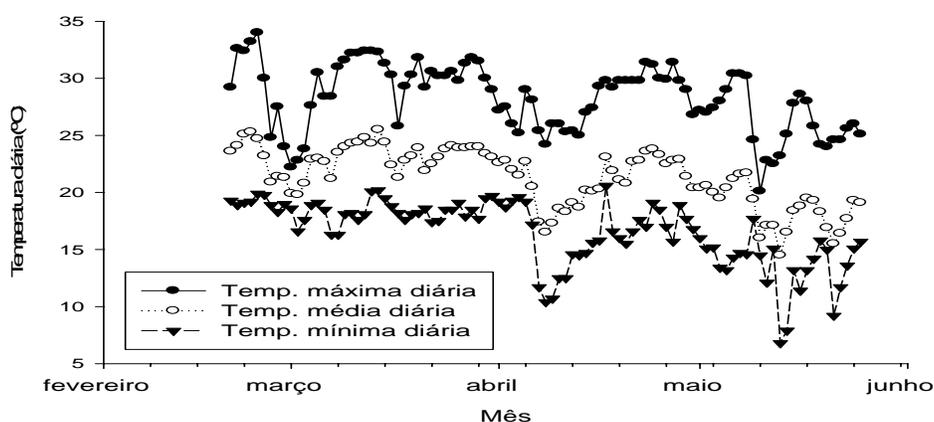


Gráfico 1 Valores diários de temperatura máxima, média e mínima (°C) para o período do ensaio de campo

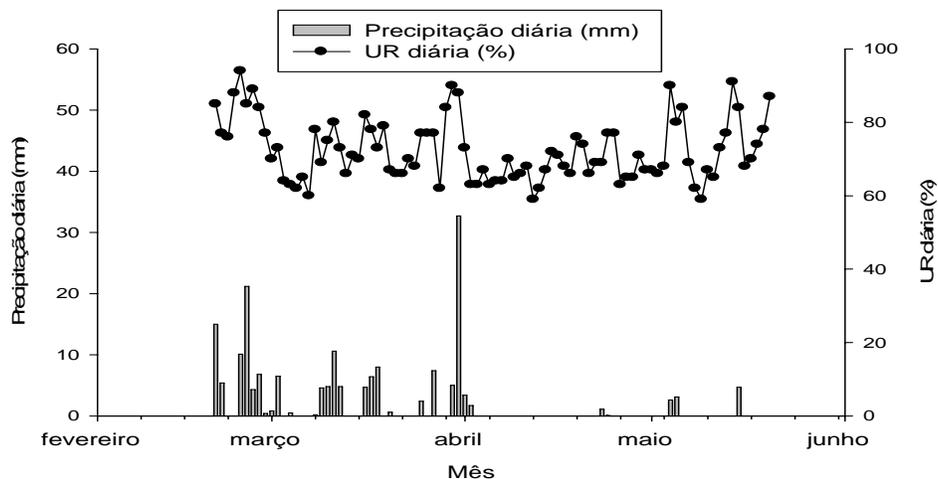


Gráfico 2 Valores diários de precipitação (mm) e umidade relativa (UR) para o período do ensaio de campo

Foi utilizada a cultivar BRSMG Majestoso (ABREU et al., 2007), de grão tipo carioca. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e esquema fatorial $(5 \times 3) + 2$, envolvendo cinco estirpes e três valores de pH do meio de cultura 79, mais dois tratamentos adicionais. As estirpes foram UFLA 02-100, UFLA 02-68, UFLA 04-195 e UFLA04-202, mais a estirpe recomendada como inoculante para o feijoeiro-comum (CIAT 899), cultivadas em três valores de pH (5,0, 6,0 e 6,9) por três vezes consecutivas em meio 79 sólido e posteriormente, transferidas para o meio 79 líquido para a produção do inoculo. Os tratamentos adicionais foram as testemunhas sem inoculação, com ou sem N mineral. No ensaio de campo todos os tratamentos receberam calagem.

O inoculante foi preparado com turfa esterilizada em autoclave, na proporção 3:2 de turfa e culturas em meio 79 líquido, contendo aproximadamente 10^8 células de BFNN mL^{-1} , inoculando-se 250g do inoculante para cada 10kg de sementes.

Após a demarcação dos sulcos, todos os tratamentos, inclusive as testemunhas, receberam adubação fosfatada e potássica à base de 80 kg.ha^{-1} de P_2O_5 e 20 kg.ha^{-1} de K_2O , usando como fontes o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente, incorporados a 6 cm de profundidade no sulco de semeadura. Além desta adubação, a testemunha nitrogenada recebeu 70 kg.ha^{-1} de N (fonte uréia), parcelados em duas vezes: 35 kg.ha^{-1} de N aplicados na semeadura e 35 kg.ha^{-1} de N aos 20 dias após a emergência. A semeadura foi feita imediatamente após a inoculação, na densidade de 15 sementes por metro, no dia 25 de fevereiro de 2010. O ensaio foi mantido livre de plantas invasoras através de capinas manuais e para o controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) foi feita aplicação de inseticida aos 30 dias do ciclo da cultura. Não houve necessidade de outros tratamentos fitossanitários.

As parcelas foram constituídas por seis linhas de 4m de comprimento, espaçadas em 0,50m, totalizando 12 m^2 de área total e 4 m^2 de área útil (as duas linhas destinadas à colheita dos grãos).

Por ocasião do florescimento foram coletadas 10 plantas de cada parcela, na terceira e quarta linhas, para avaliação do número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER%), teor (TNPA%) e acúmulo (ANPA) de nitrogênio na parte aérea.

A colheita foi realizada em 25 de maio de 2010, quando foi avaliado o número de vagens/planta, número de grãos/vagem, peso de 100 grãos, rendimento de grãos, teor (TNG%) e acúmulo (ANG) de nitrogênio nos grãos. Para avaliação do rendimento de grãos, a sua umidade foi corrigida para 13%.

A eficiência relativa (ER) foi calculada em relação à produção de MSPA das plantas do tratamento que recebeu N mineral por meio da expressão, $ER = (\text{MSPA tratamento}) * 100 / (\text{MSPA da TCN})$.

O teor de nitrogênio total foi avaliado pelo método semi-microkjedahl, de acordo com Sarruge e Haag (1979), determinando-se a percentagem de N na matéria seca da parte aérea e nos grãos. O N acumulado foi calculado multiplicando-se o peso da matéria seca da parte aérea ou o rendimento pelo teor de N (%) e dividindo por 100.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o sistema de análise estatística SISVAR, versão 4.0 (FERREIRA, 2000). As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Nos três ensaios, os valores das variáveis, número de nódulos (NN) e matéria seca de nódulos (MSN), foram previamente transformados pela fórmula $(X+0,5)^{0,5}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade das populações nativas

A densidade média de BFNN nativas, obtida com a solução nutritiva no pH 6,9, usando feijoeiro-comum como planta-isca, variou de $0,42 \times 10^4$ à $9,07 \times 10^4/g$ de solo, enquanto com a solução nutritiva no pH 6,0 a densidade média variou de $0,10 \times 10^4$ a $2,14 \times 10^4/g$ de solo. A diferença na densidade entre as duas condições de pH foi muito pequena e não pode ser confirmado o efeito do pH na captura das BFNN nativas. A solução com pH mais baixo não foi necessariamente a que conseguiu capturar mais BFNN nativas de um solo ácido, como era esperado.

Essa densidade média encontrada, nas duas soluções, situa-se na faixa encontrada em outros trabalhos (PEREIRA, 2000; SOARES et al., 2006; VALE, 2005).

O ensaio foi conduzido em um curto período de tempo (30 dias), pois, os recipientes tinham capacidade para apenas 500 mL de solução nutritiva e não permitiam a reposição da mesma. Dessa forma, não foi possível avaliar a eficiência das populações nativas do solo.

A média do número de nódulos (NN) das 3 amostras de solo, para cada diluição, encontram-se na Tabela 3. A planta de feijoeiro-comum cultivada em solução nutritiva com pH 6,0 foi capaz de capturar BFNN nativas até a diluição 5, enquanto que a cultivada em solução com pH 6,9 capturou até a diluição 6. Nenhuma das testemunhas apresentou nódulos, comprovando a falta de contaminação do ensaio.

Tabela 3 Valores médios do número de nódulos (NN) de três amostras de solo em função das diluições, da estirpe eficiente utilizada e da ausência ou presença de nitrogênio mineral

Tratamento	NN	
	pH 6,0	pH 6,9
Diluição 1	136 a	127 a
Diluição 2	101 a	177 a
Diluição 3	116 a	80 a
Diluição 4	19 b	105 a
Diluição 5	14 b	19 b
Diluição 6	0 b	14 b
CIAT 899	41 b	185 a
TSN	0 b	0 b
TCN	0 b	0 b
CV (%)	60,64	60,25

Em cada coluna, médias das três amostras de solo seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, segundo o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

4.2 Ensaio em casa de vegetação

As análises de variância são representadas nas Tabelas 1A a 6A (APÊNDICES).

Nenhuma das variáveis analisadas foi afetada pelo pH de cultivo das estirpes, apenas o número de nódulos e teor de N na parte aérea apresentaram diferenças entre as estirpes estudadas. A interação pH*Calagem também não afetou nenhuma variável analisada, indicando que o nível de calagem no solo não favoreceu nenhum valor de pH de preparo do inoculante. Estes resultados corroboram com os encontrados por Barberi (2003), que trabalhou com a estirpe BR29 (*Bradyrhizobium elkanni*) cultivada em diferentes valores de pH e sua simbiose com a soja, em solo com diferentes níveis de calagem (presente ou ausente).

Em relação à variável, número de nódulos (NN), verificou-se significância para as fontes de variação estirpes e calagem, e para a interação

entre eles. A análise de variância para esta característica encontra-se na Tabela 1A.

No geral as estirpes CIAT 899, UFLA 04-195, UFLA 04-202 e UFLA 02-100 apresentaram NN estatisticamente superior ao da estirpe UFLA 02-68. Para os demais parâmetros (MSN, MSPA, ER e ANPA), com exceção do TNPA, elas não diferiram estatisticamente (Tabela 4). As interações pH*Estirpe e pH*Calagem*Estirpe também não foram significativas para NN.

Tabela 4 Quadro de médias das estirpes testadas em casa de vegetação para os parâmetros número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA)

Estirpes	NN/ vaso	MSN (g/vaso)	MSPA (g/vaso)	ER (%)	TNPA (%)	ANPA (mg.vaso ⁻¹)
CIAT 899	840 a	0,317 a	3,73 a	39,1 a	1,48 b	55,7 a
UFLA 04-195	808 a	0,341 a	3,66 a	38,7 a	1,73 a	63,7 a
UFLA 04-202	856 a	0,343 a	3,94 a	41,7 a	1,58 a	62,4 a
UFLA 02-100	675 a	0,354 a	3,69 a	38,9 a	1,64 a	61,1 a
UFLA 02-68	544 b	0,270 a	3,63 a	38,8 a	1,59 a	57,2 a

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

O solo que recebeu calagem possibilitou, em média, um maior NN que o solo sem calagem (Tabela 5). No desdobramento da interação Calagem*Estirpe (Figura 3), as estirpes CIAT 899 e UFLA 04-195 não mostraram diferenças nesse parâmetro, entre os tratamentos que receberam ou não a calagem, mostrando que a acidez dos solos não afeta a capacidade de nodular dessas estirpes. Este fato confirma a tolerância da estirpe CIAT 899 à acidez (GRAHAM et al., 1994). Já as demais estirpes apresentaram maior NN no solo que recebeu a calagem (Gráfico 3). Voss, Freire e Selbach (1984), avaliando a capacidade de competição por sítios de infecção, observaram que o efeito dos

níveis de calcário variou com as estirpes de *Rhizobium phaseoli* testadas (Car 04, Car 37, Car 43, Semia 487 e Semia 492).

Tabela 5 Quadro de médias de cada nível de calagem do ensaio em casa de vegetação para os parâmetros número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA)

Calagem	NN/ vaso	MSN (g/vaso)	MSPA (g/vaso)	ER (%)	TNPA (%)	ANPA (mg.vaso ⁻¹)
Com calagem	885 a	0,372 a	4,11 a	33,0 b	1,72 a	70,5 a
Sem calagem	605 b	0,278 b	3,35 b	46,0 a	1,49 b	49,7 b

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

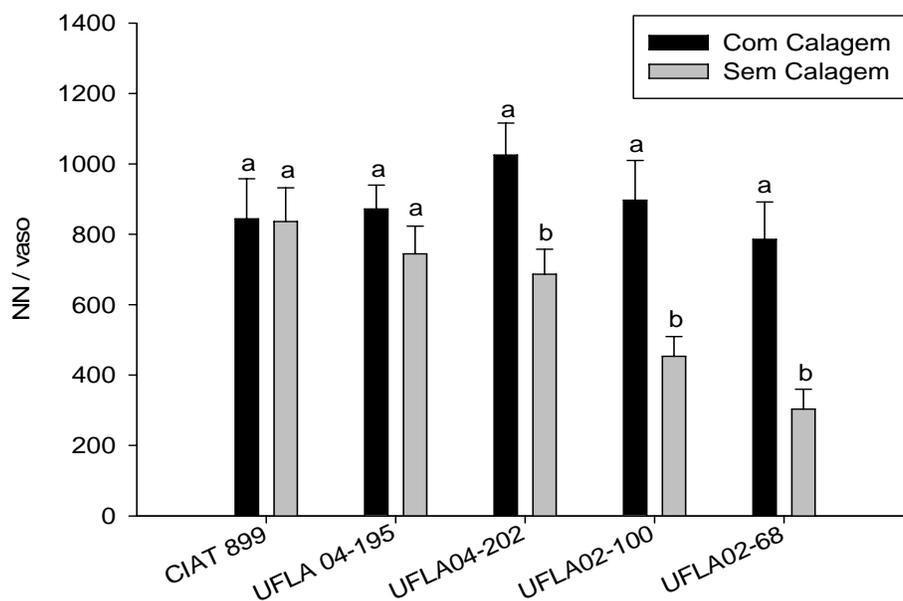


Gráfico 3 Número de nódulos das estirpes inoculadas em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Para a variável, matéria seca de nódulos (MSN), os níveis de calagem afetaram a MSN, assim como ocorreu no NN (Tabela 5). Houve significância também para a interação Calagem*Estirpe, porém, no seu desdobramento essa diferença foi detectada apenas para as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-68 (Gráfico 4). Para as demais fontes de variação, inclusive interações, não foi encontrado significância.

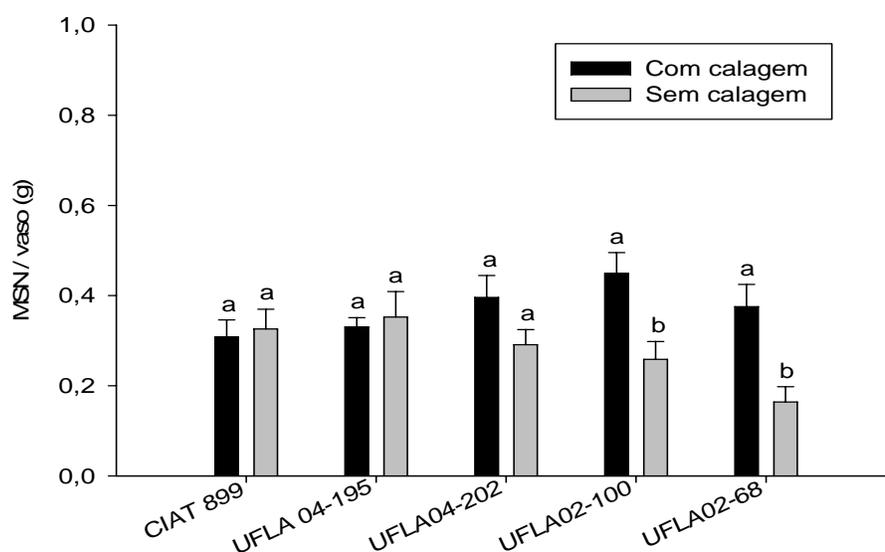


Gráfico 4 Matéria seca de nódulos de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Em relação à matéria seca da parte aérea (MSPA) verificou-se significância para calagem e para as interações pH*Estirpe, Calagem*Estirpe e pH*Calagem*Estirpe (Tabela 3A). Estas mesmas fontes de variação também foram significativas para TNPA, ANPA e ER (Tabelas 5A, 6A e 7A).

Em geral, as estirpes não mostraram diferenças em promover o crescimento da planta, verificado por meio de MSPA, ANPA e ER, embora para

o TNPA, a estirpe CIAT 899 tenha apresentado o menor valor (Tabela 4). Também em termos médios, os tratamentos que receberam calagem superaram os demais em relação à MSPA, TNPA e ANPA (Tabela 5). De fato, todas as estirpes, com exceção da UFLA 02-68, possibilitaram maior produção de MSPA (Gráfico 5) e maior TNPA (Gráfico 6) e ANPA (Gráfico 7) de feijoeiro-comum, quando inoculadas em solo que recebeu calagem.

A eficiência relativa (ER) dos tratamentos foi superior no solo que não recebeu calagem (Tabela 5). Dessa forma, pode-se dizer que a diferença entre os tratamentos inoculados e o que recebeu adubação nitrogenada é menor quando não se aplica a calagem no solo. De fato, no desdobramento da interação Calagem*Estirpe, houve significância para todas as estirpes, possibilitando maior eficiência relativa, quando inoculadas em solo sem calagem (Gráfico 8).

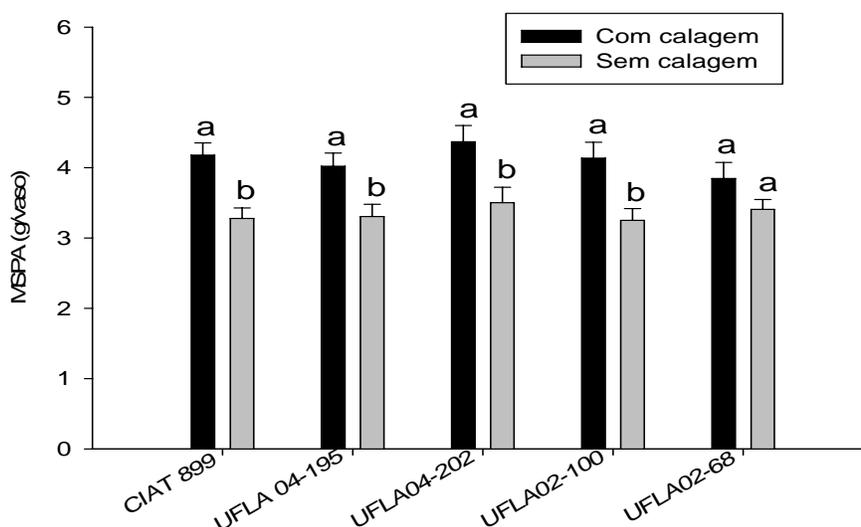


Gráfico 5 Matéria seca da parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

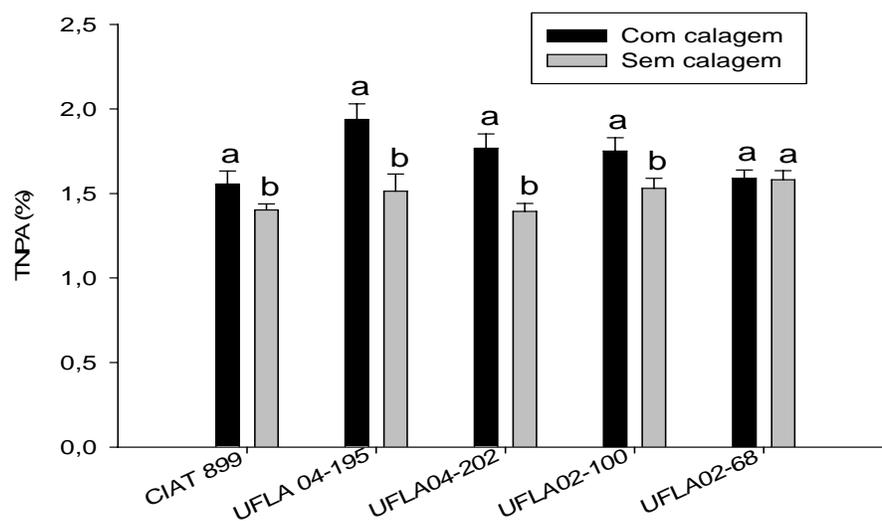


Gráfico 6 Teor de nitrogênio na parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

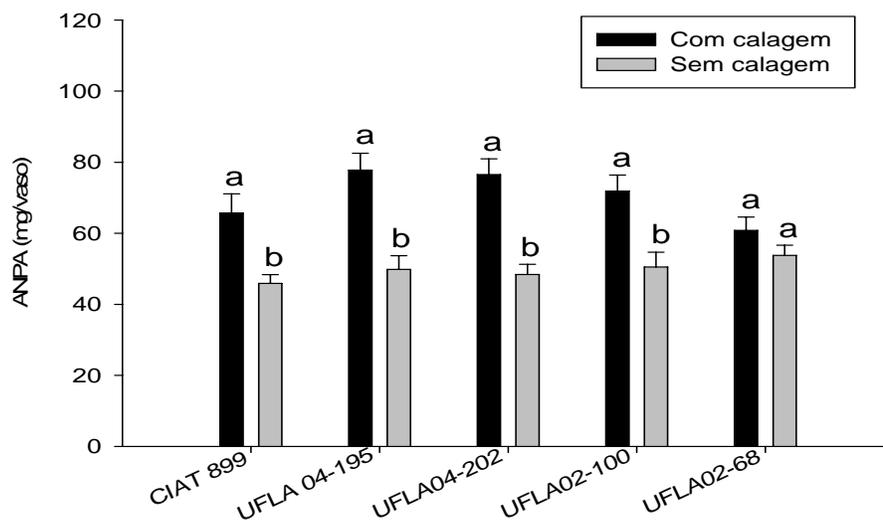


Gráfico 7 Acúmulo de nitrogênio na parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

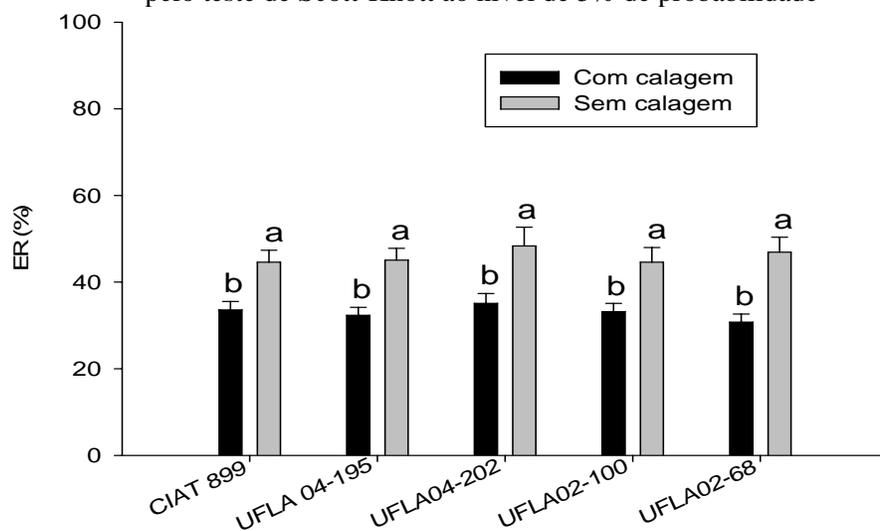


Gráfico 8 Eficiência relativa de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos níveis de calagem. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

A interação pH*Estirpe para os parâmetros MSPA, ANPA, TNPA e ER está representada nos Gráficos 9, 10, 11 e 12, respectivamente.

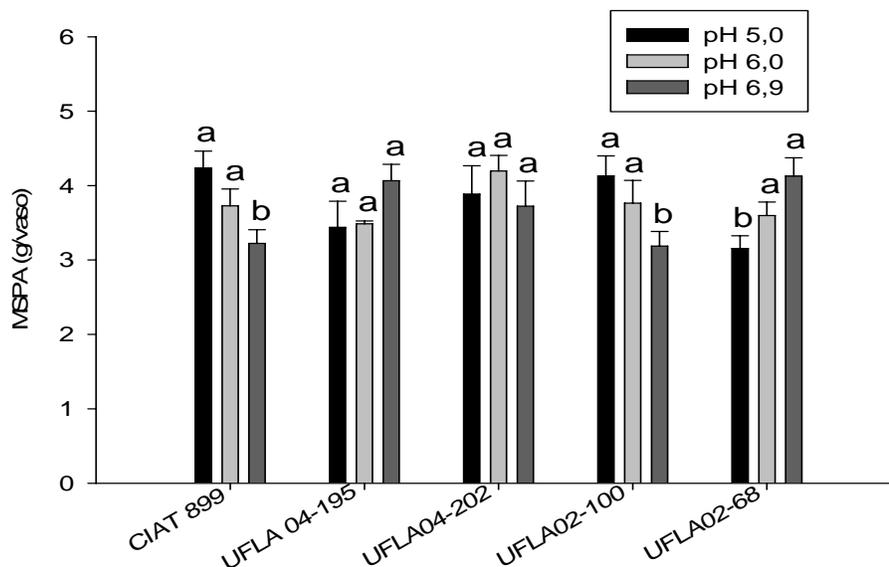


Gráfico 9 Matéria seca da parte aerea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos valores de pH de cultivo das mesmas. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

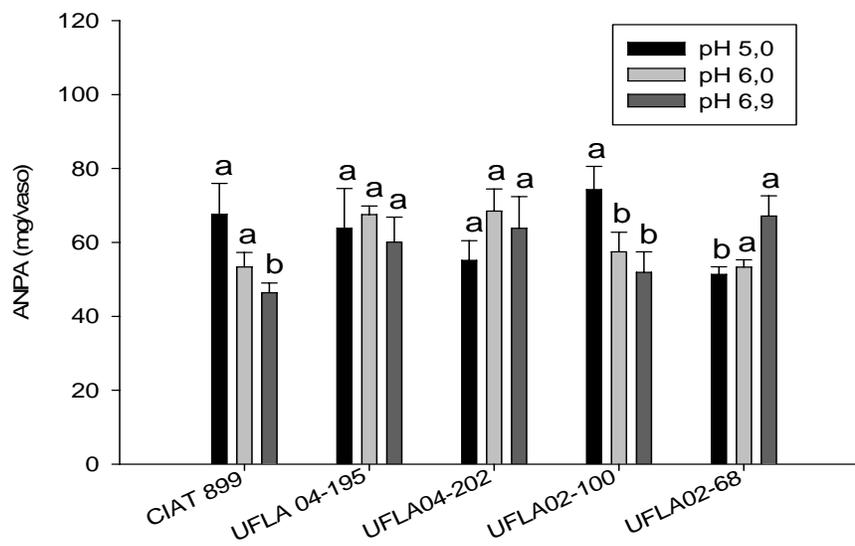


Gráfico 10 Acúmulo de nitrogênio na parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos valores de pH de cultivo das mesmas. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

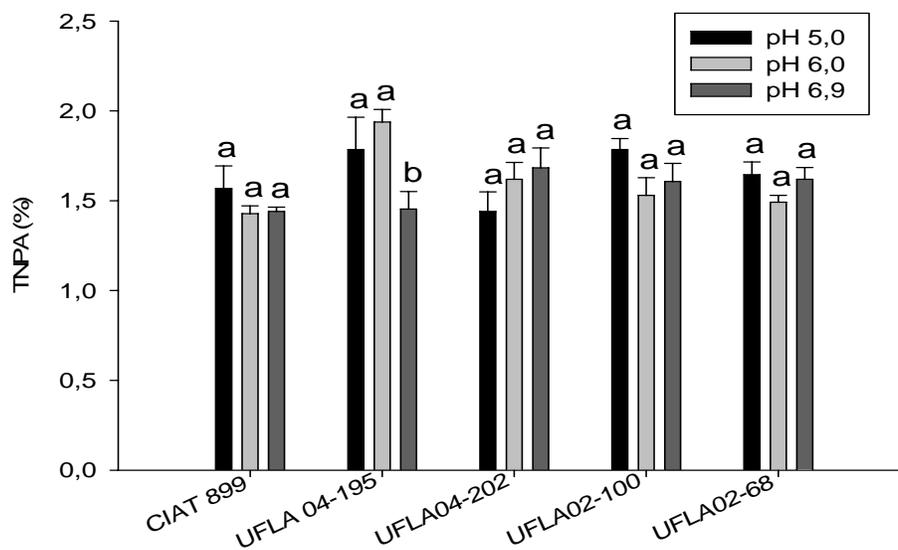


Gráfico 11 Teor de nitrogênio na parte aérea de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos valores de pH de cultivo das mesmas. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

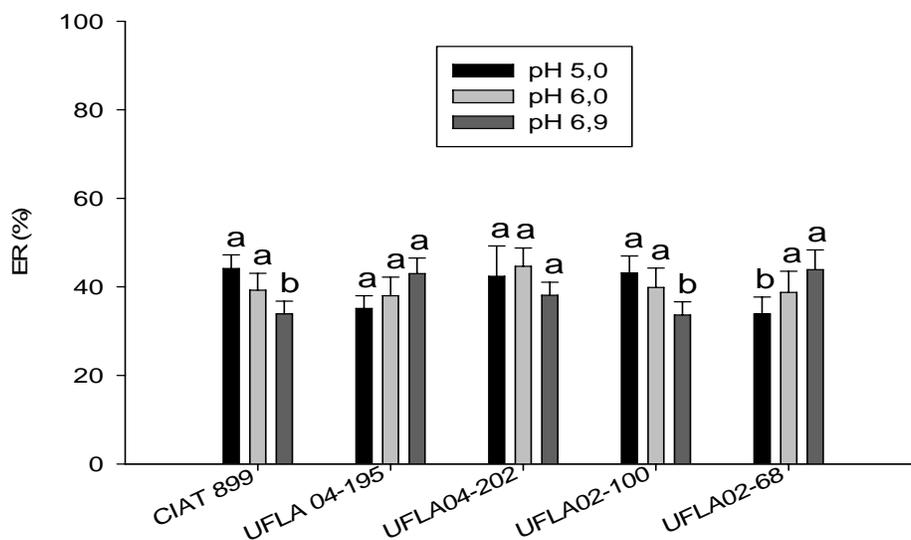


Gráfico 12 Eficiência relativa de feijoeiro-comum inoculado com diferentes estirpes em função dos valores de pH de cultivo das mesmas. Letras iguais, dentro de cada estirpe, indicam médias de um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

No desdobramento da interação tripla para a característica MSPA (Tabela 6), houve significância apenas quando foram envolvidas as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-68. A estirpe UFLA 02-100 se destacou no solo com calagem quando cultivada nos valores de pH 5,0 e 6,0, diferença que não ocorreu no solo sem calagem. A estirpe UFLA 02-68 apresentou melhor desempenho no solo, que recebeu calagem quando cultivada nos valores de pH 6,0 e 6,9, não ocorrendo diferença no solo sem calagem.

Para o solo que não recebeu calagem, o pH de cultivo não afetou nenhuma das estirpes, apresentando a mesma produção de MSPA. Esses resultados mostram que as estirpes cultivadas em pH mais elevado (6,9), quando inoculadas em solo ácido, apresentam a mesma eficiência que estirpes cultivadas em pH ácido (5,0) para esta característica, descartando a teoria de “acid

habituation” (DILWORTH et al., 1999). De acordo com Barberi et al. (2004), alguns autores (BROMFIELD; JONES, 1980; GEMELL; ROUGHLEY, 1993; HOWIESON; ROBSON; ABBOTT, 1992) encontraram baixa correlação entre estirpes tolerantes a pH ácido em meio de cultura e tolerância à acidez do solo, o que pode ser explicado pela facilidade de alteração do pH do meio (baixo poder tampão e alta concentração de células). Já no solo, o poder tampão é maior e o número de células menor. No entanto, os testes “*in vitro*” visando selecionar estirpes tolerantes a acidez tem sido bastante utilizados (BARBERI, 2003; MIGUEL; MOREIRA, 2001).

No desdobramento da interação tripla para TNPA, houve significância apenas quando envolveu a estirpe UFLA 04-195, que proporcionou maior teor quando cultivada nos valores de pH 5,0 e 6,0, tanto no solo que recebeu calagem como no solo que não recebeu (Tabela 7).

Tabela 6 Valores médios de matéria seca da parte aérea (MSPA- g/vaso) para feijoeiro-comum em casa de vegetação em função da interação entre pH de cultivo da BFNN, nível de calagem e estirpe

Tratamentos		CIAT 899	UFLA 04-195	UFLA 04-202	UFLA 02-100	UFLA 02-68
Com calagem	5,0	4,72 a	4,18 a	4,03 a	4,66 a	3,24 b
	6,0	4,15 a	3,52 a	4,56 a	4,31 a	3,78 a
	6,9	3,67 a	4,37 a	4,51 a	3,44 b	4,52 a
Sem calagem	5,0	3,75 a	2,70 a	3,74 a	3,60 a	3,07 a
	6,0	3,31 a	3,45 a	3,83 a	3,22 a	3,42 a
	6,9	2,78 a	3,76 a	2,94 a	2,94 a	3,73 a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada nível de calagem, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para o parâmetro ANPA, a interação tripla foi significativa, quando envolveu as estirpes CIAT 899, UFLA 02-100 e UFLA 04-195 (Tabela 8). Em solo com calagem, a estirpe CIAT 899 possibilitou maior ANPA quando cultivada em pH 5,0 ou 6,0, e a estirpe UFLA 02-100, em pH 5,0. Em solo sem

calagem, a estirpe UFLA 04-195 foi menos eficaz no pH 5,0. De acordo com Ferreira (2008), esta é a condição de pH do meio de cultura 79, em que esta estirpe apresenta melhor crescimento, porém alguns trabalhos relatam que a tolerância às condições em meio de cultura não significa tolerância às condições do campo, como citado anteriormente.

O desdobramento da interação tripla sobre ER (Tabela 9) mostrou que na presença de calagem não houve diferenças entre os valores de pH de cultivo, para nenhuma das estirpes. Sem calagem, entretanto, as estirpes CIAT 899 e UFLA 04-202, cultivadas em pH 5,0 ou 6,0 possibilitaram maior eficiência relativa no feijoeiro, enquanto a estirpe UFLA 02-195 se destacou quando cultivada em pH 6,0 ou 6,9.

Tabela 7 Valores médios de teor de nitrogênio na parte aérea (TNPA - %) para feijoeiro-comum em casa de vegetação em função da interação entre pH de cultivo da BFNN, nível de calagem e estirpe

Tratamentos		CIAT 899	UFLA 04-195	UFLA 04-202	UFLA 02-100	UFLA 02-68
Com calagem	5,0	1,74 a	2,14 a	1,66 a	1,89 a	1,68 a
	6,0	1,51 a	2,07 a	1,84 a	1,51 a	1,46 a
	6,9	1,43 a	1,61 b	1,81 a	1,86 a	1,63 a
Sem calagem	5,0	1,40 a	1,43 a	1,22 a	1,68 a	1,61 a
	6,0	1,35 a	1,81 a	1,41 a	1,56 a	1,53 a
	6,9	1,46 a	1,30 b	1,56 a	1,36 a	1,61 a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada nível de calagem, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8 Valores médios de acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA - mg/vaso) de feijoeiro-comum em casa de vegetação em função da interação entre pH de cultivo da BFNN, nível de calagem e estirpe

Tratamentos		CIAT 899	UFLA 04-195	UFLA 04-202	UFLA 02-100	UFLA 02-68
Com calagem	5,0	82,2 a	89,2 a	64,5 a	87,7 a	53,6 a
	6,0	62,3 a	72,6 a	83,1 a	63,9 b	55,0 a
	6,9	52,4 b	71,4 a	81,9 a	64,1 b	73,9 a
Sem calagem	5,0	53,0 a	38,3 b	45,8 a	60,9 a	49,2 a
	6,0	44,4 a	62,4 a	53,8 a	51,0 a	51,7 a
	6,9	40,4 a	48,8 a	45,7 a	39,7 a	60,5 a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada nível de calagem, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para todos os parâmetros analisados, excetuando-se a ER, os tratamentos com calagem superaram os sem calagem, corroborando com resultados obtidos por Barberi (2003) e Munns, Fox e Koch (1977). O fato dos tratamentos sem calagem terem se desenvolvido menos não significa falta de adaptação da estirpe à acidez. Pode ter ocorrido um fator mais estressante para a planta (sensibilidade a acidez) que, conseqüentemente, afetou a simbiose, que é mais sensível aos stresses ambientais, que plantas recebendo N mineral. De acordo com Moreira e Siqueira (2006), o hospedeiro pode ser mais afetado pela acidez do que a bactéria.

Os contrastes inoculados vs. adicionais com N mineral, com e sem calagem, foram significativos para todas as variáveis analisadas (Tabela 1A à 6A). Na Tabela 10 verifica-se que em todas as situações (com e sem calagem) os tratamentos inoculados apresentaram maior número (NN) e matéria seca de nódulos (MSN) que as testemunhas que receberam N mineral. Para as demais variáveis analisadas as testemunhas que receberam N mineral superaram os tratamentos inoculados. Nas testemunhas sem N mineral as variáveis analisadas não diferiram dos tratamentos inoculados, mostrando a capacidade da população

nativa de BFNN em nodular e promover o crescimento vegetal no feijoeiro-comum.

Tabela 9 Valores médios de eficiência relativa (ER%) para feijoeiro-comum em casa de vegetação em função da interação entre pH de cultivo da BFNN, nível de calagem e estirpe

Tratamentos	CIAT 899	UFLA 04-195	UFLA 04-202	UFLA 02-100	UFLA 02-68
5,0	37,8 a	33,0 a	32,0 a	37,0 a	25,8 a
Com calagem					
6,0	33,3 a	28,5 a	36,8 a	34,8 a	30,3 a
6,9	29,8 a	35,5 a	36,5 a	27,8 a	36,3 a
Sem calagem					
5,0	50,5 a	37,3 b	52,8 a	49,3 a	42,0 a
6,0	45,3 a	47,5 a	52,5 a	45,0 a	47,3 a
6,9	38,0 b	50,5 a	39,8 b	39,5 a	51,5 a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada nível de calagem, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apenas a testemunha que recebeu N mineral, sem calagem, não foi nodulada pela população nativa, comprovando o efeito benéfico da calagem nas populações microbianas do solo e na nodulação.

As temperaturas médias no período do ensaio, fora da casa de vegetação, foram de 29,3°C, 18°C e 23°C para temperatura máxima, mínima e média, respectivamente. Dentro da casa de vegetação, as temperaturas foram, certamente, bem superiores, o que pode ter afetado a infecção, formação e função dos nódulos. Hungria et al. (1985) verificaram queda drástica do N acumulado na parte aérea, em temperaturas superiores a 31°C. Nesta condição, a formação de nódulos pode ocorrer, porém estes nódulos se tornam ineficientes (HUNGRIA; FRANCO, 1993).

A planta de feijoeiro-comum adubada com N mineral também pode ser afetada pela temperatura alta, porém menos que a planta em simbiose.

Tabela 10 Quadro de médias para número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) em função dos contrastes inoculados vs. adicionais com e sem N mineral, em solos com e sem calagem, testados em casa de vegetação

Contrastes	NN/ Vaso	MSN (g/vaso)	MSPA (g/vaso)	ER (%)	TNPA (%)	ANPA (mg.vaso ⁻¹)
SC Inoculados ¹	605 a	0,278 a	3,35 a	45,9 a	1,48 a	49,7 a
SCSN ³	480 a	0,269 a	3,27 a	45,0 a	1,38 a	44,8 a
SC Inoculados ¹	605 a	0,278 a	3,35 b	45,9 b	1,48 b	49,7 b
SCCN ⁴	0 b	0,000 b	7,50 a	100,0 a	3,34 a	245,0 a
CC Inoculados ²	885 a	0,372 a	4,11 a	33,0 a	1,48 a	70,5 a
CCSN ⁵	903 a	0,464 a	4,15 a	33,25 a	1,53 a	63,6 a
CC Inoculados ²	885 a	0,372 a	4,11 b	33,0 b	1,48 b	70,5 b
CCCN ⁶	190 b	0,063 b	12,62 a	100,0 a	2,40 a	302,1 a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada contraste, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

1. Inoculação, em solo sem calagem, das estirpes UFLA 04-195, UFLA 04-202, UFLA 02-100, UFLA 02-68 e CIAT 899 cultivadas em diferentes condições de pH;
2. Inoculação, em solo com calagem, das estirpes UFLA 04-195, UFLA 04-202, UFLA 02-100, UFLA 02-68 e CIAT 899 cultivadas em diferentes condições de pH;
3. Testemunha sem N mineral em solo sem calagem;
4. Testemunha com N mineral em solo sem calagem;
5. Testemunha sem N mineral em solo com calagem;
6. Testemunha com N mineral em solo com calagem.

4.3 Ensaio de campo

Não houve efeito significativo de estirpes, nem de pH de cultivo sobre as características NN, MSN, MSPA, ER, TNPA e ANPA. A interação pH*Estirpe foi significativa. As análises de variância encontram-se nas Tabelas 7A a 12A.

A estirpe UFLA 02-68 apresentou maior NN, MSPA, ER e ANPA quando o cultivo para o preparo do inoculante foi realizado nos valores de pH 5,0 e 6,0 (Tabela 11). No ensaio em casa de vegetação, os valores de pH de cultivo 6,0 e 6,9 foram os melhores para esta estirpe promover maior MSPA, ER

e ANPA. A MSN foi maior quando a estirpe foi cultivada no pH 6,0 e o TNPA foi maior com o cultivo no valor de pH 5,0 ou 6,9. Para a estirpe CIAT 899 apenas houve significância quanto ao parâmetro TNPA, possibilitando maior teor na planta, quando foi cultivada no valor de pH 5,0 e 6,0. Para as demais estirpes não houve diferenças significativas entre os valores de pH do meio (Tabela 11).

Tabela 11 Quadro de médias para número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) em função da inoculação com as estirpes (UFLA 04-195, UFLA 04-202, UFLA 02-100, UFLA 02-68 e CIAT 899) cultivadas em diferentes valores de pH, testados em condições de campo

Tratamentos		NN	MSN (g)	MSPA (g)	ER (%)	TNPA (%)	ANPA (mg.planta ⁻¹)
pH	Estirpe						
5,0	CIAT 899	55 a	0,038 a	6,08 a	99 a	3,49 b	212,74 a
6,0		28 a	0,023 a	5,42 a	90 a	4,02 a	214,39 a
6,9		53 a	0,043 a	5,93 a	98 a	3,44 b	205,74 a
5,0	UFLA04-195	24 a	0,025 a	4,85 a	81 a	3,57 b	168,97 a
6,0		54 a	0,048 a	5,17 a	82 a	3,78 b	195,42 a
6,9		30 a	0,025 a	6,75 a	107 a	3,78 b	257,06 a
5,0	UFLA04-202	78 a	0,075 a	6,11 a	99 a	3,91 a	235,31 a
6,0		50 a	0,038 a	4,95 a	81 a	3,73 b	185,07 a
6,9		105 a	0,048 a	6,22 a	105 a	3,63 b	231,91 a
5,0	UFLA02-100	76 a	0,048 a	6,58 a	107 a	3,55 b	229,47 a
6,0		65 a	0,043 a	6,55 a	107 a	3,84 a	251,97 a
6,9		42 a	0,025 a	5,42 a	89 a	3,63 b	195,66 a
5,0	UFLA02-68	42 a	0,030 a	6,62 a	105 a	4,07 a	269,75 a
6,0		125 a	0,103 a	8,14 a	134 a	3,44 b	282,09 a
6,9		33 a	0,028 a	3,71 a	61 a	3,89 a	145,21 a
	TSN	70 a	0,048 a	5,72 a	93 a	4,05 a	232,61 a
	TCN	16 a	0,005 a	6,23 a	100 a	4,49 a	279,61 a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada estirpe em função das condições de pH, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O contraste inoculado vs. adicional com N mineral, com exceção do parâmetro TNPA, não mostrou diferenças significativas entre os tratamentos inoculados e a testemunha que recebeu N mineral (CN). O TNPA foi superior na

testemunha que recebeu N mineral. Entre os tratamentos inoculados e a testemunha sem N mineral (SN) também não houve diferença (Tabela 12). No entanto, todos os tratamentos apresentaram teores de nitrogênio na parte aérea acima do nível crítico que, segundo Ambrosano et al. (1996) é de 3%, no período do florescimento. Isso indica que as estirpes usadas e a população nativa foram eficientes para atender parte da demanda da planta por nitrogênio durante o seu ciclo e mostra a importância da fixação biológica de nitrogênio para a cultura do feijoeiro.

A nodulação com estirpes nativas foi abundante no tratamento sem inoculação e sem N mineral e as plantas mostraram crescimento similar ao das inoculadas com estirpes eficientes e da testemunha com N mineral.

Tabela 12 Quadro de médias para número de nódulos (NN), matéria seca de nódulos (MSN) e de parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) em função dos contrastes inoculados vs. adicionais com e sem N mineral, testados em condições de campo

Contrastes	NN/ Vaso	MSN (g/vaso)	MSPA (g/vaso)	ER (%)	TNPA (%)	ANPA (mg.vaso⁻¹)
Inoculados	57 a	0,042 a	5,90 a	96 a	3,72 a	218,72 a
SN	70 a	0,048 a	5,72 a	93 a	4,05 a	232,61 a
Inoculados	57 a	0,042 a	5,90 a	96 a	3,72 b	218,72 a
CN	16 a	0,005 a	6,23 a	100 a	4,49 a	279,61 a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada contraste, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação às características avaliadas por ocasião da colheita, não houve significância para estirpes, para diferentes condições de cultivo das estirpes e nem para a interação entre esses dois (Tabelas 13A a 18A), exceto no caso do peso de 100 grãos (Tabela 13). Nesse particular, a estirpe UFLA 02-100 proporcionou maior peso quando cultivada no pH 6,0 e as demais estirpes não diferiram.

Tabela 13 Quadro de médias para número de vagens/planta, número de grãos/vagem, peso de 100 grãos, rendimento, teor (TNG) e acúmulo de N nos grãos (ANG) em função da inoculação com as estirpes (UFLA 04-195, UFLA 04-202, UFLA 02-100, UFLA 02-68 e CIAT 899) cultivadas em diferentes valores de pH, testados em condições de campo

Tratamentos		Nº	Nº	Peso	Rendimento	TNG	ANG
pH	Estirpe	vagens/ planta	grãos/ vagem	100 grãos	kg.ha ⁻¹	(%)	(kg.ha ⁻¹)
5,0	CIAT 899	9,6 a	4,5 a	21,29 a	1233,1 a	3,64 a	44,53 a
6,0		10,8 a	4,6 a	21,28 a	1373,8 a	3,69 a	50,85 a
6,9		9,4 a	4,7 a	20,91 a	1324,4 a	3,56 a	48,25 a
5,0	UFLA 04-195	11,0 a	4,6 a	20,42 a	1245,6 a	3,56 a	44,70 a
6,0		11,4 a	4,7 a	20,52 a	1390,6 a	3,87 a	53,53 a
6,9		11,3 a	4,7 a	21,29 a	1395,0 a	3,69 a	51,43 a
5,0	UFLA 04-202	9,9 a	4,8 a	20,75 a	1171,3 a	3,51 a	41,98 a
6,0		9,5 a	4,8 a	20,65 a	1381,9 a	3,72 a	51,52 a
6,9		11,7 a	4,5 a	21,14 a	1529,4 a	3,61 a	55,06 a
5,0	UFLA 02-100	10,7 a	4,8 a	19,73 b	1306,3 a	3,51 a	45,78 a
6,0		9,9 a	4,6 a	22,69 a	1464,4 a	3,59 a	52,75 a
6,9		10,5 a	4,6 a	20,08 b	1192,5 a	3,77 a	45,29 a
5,0	UFLA 02-68	10,2 a	4,7 a	20,57 a	1091,3 a	3,72 a	40,46 a
6,0		11,3 a	4,4 a	21,89 a	1385,6 a	3,59 a	49,92 a
6,9		8,8 a	4,5 a	20,56 a	1040,6 a	3,62 a	37,40 a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada estirpe em função das condições de pH, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos contrastes inoculados vs. adicionais, o peso de 100 grãos foi superior na testemunha que recebeu adubação com N mineral em relação aos tratamentos inoculados, mas não houve diferença para os demais parâmetros (Tabela 14). Entre os tratamentos inoculados e testemunha sem N mineral não houve diferença.

As estirpes selecionadas e a estirpe CIAT 899, proporcionaram rendimento de grãos que não diferiram significativamente da testemunha com N na dose total de 70kg.ha⁻¹ e da testemunha que não recebeu N mineral (Tabela 14).

Tabela 14 Quadro de médias para número de vagens/planta, número de grãos/vagem, peso de 100 grãos, rendimento, teor (TNG) e acúmulo de N nos grãos (ANG) dos contrastes inoculados vs. adicionais com e sem N mineral, testados em condições de campo

Contrastes	Nº vagens/planta	Nº grãos/vagem	Peso 100 grãos	Rendimento kg.ha ⁻¹	TNG (%)	ANG (kg.ha ⁻¹)
Inoculados	10,4 a	4,6 a	20,917 a	1301,7 a	3,64 a	47,56 a
SN	10,7 a	4,7 a	21,513 a	1578,8 a	3,81 a	60,07 a
Inoculados	10,4 a	4,6 a	20,917 b	1301,7 a	3,64 a	47,56 a
CN	10,0 a	4,7 a	22,695 a	1243,1 a	3,79 a	46,90 a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada contraste, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A falta de resposta para os diferentes tratamentos pode estar relacionada às condições climáticas no período do ensaio. O principal fator que pode ter afetado é a precipitação pluvial, que foi muito baixa no período, afetando a planta, as BFNN e conseqüentemente, a simbiose. A média de precipitação no período do ensaio foi de apenas 180 mm, que é muito baixa em relação ao ideal para a cultura do feijoeiro-comum, que situa-se entre 300 e 400 mm (ANDRADE; CARVALHO; VIEIRA, 2008). Durante a formação de vagens e enchimento dos grãos, fase muito crítica para o feijoeiro, em relação à deficiência hídrica choveu apenas 12 mm.

A falta de chuva pode ter afetado também a disponibilidade do N mineral aplicado nas parcelas que receberam este fertilizante, contribuindo para o pouco desenvolvimento das mesmas, que não se destacaram quando comparadas aos outros tratamentos.

Vargas et al. (1991), avaliando a capacidade nodulante de genótipos de feijão, não obtiveram diferenças significativas entre os tratamentos com e sem N mineral e os tratamentos inoculados e também teve o ensaio afetado por uma estiagem prolongada.

A falta de chuva afeta também a bactéria. Peres et al. (1994), avaliando a inoculação e a adubação nitrogenada em diferentes cultivares de feijoeiro em solo de Cerrado, teve a nodulação reduzida devido à senescência dos nódulos, após a ocorrência de um veranico. Este mesmo autor também não encontrou diferenças significativas no rendimento de grãos entre os tratamentos com e sem N mineral e os inoculados.

Apesar da falta de chuva, verifica-se que o rendimento médio de grãos do ensaio foi um pouco superior à média nacional, que na última safra “da seca” foi de 728 kg ha⁻¹ (CONAB, 2010a).

Com relação à estirpe UFLA 02-100, os resultados do presente estudo se assemelham aos obtidos por Soares et al. (2006) em solo de Perdões (MG), pois a produtividade obtida com ela foi semelhante à da estirpe referência CIAT 899 e à testemunha que recebeu N mineral. Já a estirpe UFLA 02-68 não se mostrou tão eficiente no trabalho de Soares et al. (2006) como no presente estudo, onde se igualou aos demais tratamentos. Os autores, porém, obtiveram produtividades inferiores às encontradas no presente trabalho.

No trabalho de Ferreira et al. (2009), em Lavras (MG), a estirpe UFLA 02-100 foi equivalente à CIAT 899 e à testemunha sem N mineral, com produtividade inferior à testemunha adubada com N mineral, que foi alcançada apenas pela estirpe UFLA 02-68. As produtividades deste trabalho foram semelhantes as do presente estudo.

Hungria et al. (2000), estudando a eficiência e competitividade de novos isolados de BFNN para o Brasil, obtiveram produtividades variando entre 750 a 3.519kg ha⁻¹, tendo também resposta positiva em função da inoculação de novas estirpes, algumas destas, proporcionando produtividade semelhante à estirpe referência CIAT 899 e ao controle com N mineral, como neste trabalho.

Mostasso et al. (2001), estudando a seleção de estirpes para feijoeiro-comum em cerrados brasileiros, obtiveram produtividades entre 1.612 e 2.600kg ha⁻¹, valores que também não diferiram significativamente entre os tratamentos. As adubações de base com fósforo e potássio usadas por Hungria et al. (2000) e Mostasso et al. (2001) foram, respectivamente, 300 kg.ha⁻¹ da formulação NPK 0-28-20 e 84 kg P₂O₅.ha⁻¹ mais 60 kg K₂O.ha⁻¹. Além disso, ambos receberam 40 kg.ha⁻¹ de micronutrientes e o de Mostasso et al. (2001) recebeu também calagem. Estas diferenças nas produtividades dos trabalhos citados podem ser atribuídas a fatores como solo, adubação, época de semeadura, irrigação, dentre outros. Aplicando 2,6 t.ha⁻¹ de calcário, o pH do solo que era de 5,1 passou para 5,5 após o cultivo do feijoeiro-comum (Tabela 15).

Tabela 15 Resultado da análise química e física da amostra de solo (0 a 20 cm de profundidade) após calagem, adubação e plantio do feijoeiro-comum

Característica	Unidades	Valores
pH em H ₂ O (1:2,5)		5,5
P (Fósforo Mehlich I)	mg.dm ⁻³	3,4
K (Potássio Mehlich I)	mg.dm ⁻³	44
Ca	cmol _c .dm ⁻³	2,0
Mg	cmol _c .dm ⁻³	0,6
Al	cmol _c .dm ⁻³	0,1
H + Al	cmol _c .dm ⁻³	4,5
S.B	cmol _c .dm ⁻³	2,7
T	cmol _c .dm ⁻³	7,2
t	cmol _c .dm ⁻³	2,8
m	%	3,6
V	%	37,5
Matéria Orgânica	dag.kg ⁻¹	2,5
Areia	dag/kg	19
Silte	dag/kg	15
Argila	dag/kg	66

Análise realizada pelo Laboratório do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. S.B= soma de bases. T= Capacidade de troca de cátions a pH 7. t= Capacidade efetiva de troca de cátions. m= Saturação por alumínio. V= Saturação por bases.

5 CONCLUSÕES

A calagem proporcionou maior acúmulo de biomassa e nodulação das plantas, além de uma melhor nutrição mineral (nitrogênio) devido às condições favoráveis a simbiose planta-BFNN.

O valor de pH para produção de inoculante variou com as estirpes utilizadas.

A inoculação das estirpes selecionadas e a população nativa de BFNN proporcionaram produtividade semelhante à testemunha com nitrogênio mineral.

A população nativa de BFNN apresentou alta eficiência simbiótica com a cultura do feijoeiro em campo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. et al. BRSMG Majestoso: another common bean cultivar of carioca grain type for the state of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 7, p. 403-405, 2007.
- AMARGER, N.; MACHERET, V.; LAGUERRE, G. *Rhizobium gallicum* sp.nov. and *Rhizobium giardinii* sp.nov. from *Phaseolus vulgaris* nodules. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 47, n. 4, p. 996-1006, Oct. 1997.
- AMBROSANO, E. J. et al. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. cap.19, p.187-199.
- ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 67-86.
- ARAÚJO, G. A. A.; FERREIRA, A. C. B. Manejo do solo e plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.) **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 87-114.
- BARBERI, A. **Crescimento de *Bradyrhizobium elkanii* estirpe BR29 em meio com diferentes valores de pH e desempenho de sua simbiose com soja (*Glycine Max* (L.) Merrill)**. 2003. 43 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- BARBERI, A. et al. Crescimento de *Bradyrhizobium elkanii* estirpe BR 29 em meios de cultivo com diferentes valores de pH inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 397-405, mar./abr. 2004.
- BROMFIELD, E. S. P.; JONES, D. G. Studies on acid tolerance of *Rhizobium trifolii* in culture and soil. **Journal Applied Bacteriology**, Washington, v. 48, n. 3, p. 243-264, Mar. 1980.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 375-470.

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

CHAGAS JÚNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. N. Tolerância à acidez e alumínio tóxico por isolados de rizóbios de solos no Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 467-470, 2009.

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

CHEN, W. X.; YAN, G. H.; LI, J. L. Numerical taxonomic study of fast-growing soybean rhizobia and a proposal that *Rhizobium fredii* be assigned to *Sinorhizobium* gen. nov. **International Journal Systematic Bacteriology**, Reading, v. 38, n. 4, p. 392-397, 1988.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo levantamento, julho 2010 /. Brasília, 2010a. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3graos_09.12.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Feijão total (1ª, 2ª e 3ª safras)**: safras 1976/77 a 2009/10. Brasília, 2010b. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/FeijaoTotalSerieHist.xls>>. Acesso em: 12 jul. 2010.

CORREA, O. S.; BARNEIX; A. J. Cellular mechanisms of pH tolerance in *Rhizobium loti*. **World Journal Microbiology Biotechnology**, London, v. 13, n. 2, p. 153–157, Mar. 1997.

CUNNINGHAM, S. D.; MUNNS, D. N. The correlation between extracellular polysaccharide production and acid tolerance in *Rhizobium*. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 48, n. 6, p. 1213–1226, Nov./Dez. 1984.

DILWORTH, M. J. et al. Survival and exopolysaccharide production in *Sinorhizobium meliloti* WSM419 are affected by calcium and low pH. **Microbiology**, Reading, v. 45, n. 7, p.1585-1593, July 1999.

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

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programas e Resumos...**São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

FERREIRA, P. A. A. **Eficiência simbiótica de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio em feijoeiro e sua tolerância a acidez e alumínio “in vitro”**. 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

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

FRANCO, A. A.; MUNNS, D. N. Acidity and aluminum constraints on nodulation, nitrogen fixation, and growth of *Phaseolus vulgaris* in solution culture. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 2, p. 296-301, Mar./Abr. 1982a.

FRANCO, A. A.; MUNNS, D. N. Nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris* in solution culture. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 66, p. 149-160, 1982b.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Laboratory manual of general microbiology**: with special reference to the microorganisms of the soil. New York: McGraw-Hill, 1928. 145 p.

FREY, S. D.; BLUM, L. K. Effect of pH on competition for nodule occupancy by type I and type II strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 163, n. 2, p. 157-164, June 1994.

FUJIHARA, S.; YONEYAMA, D. T. Effects of pH and osmotic stress on cellular polyamine contents in the soybean rhizobia *Rhizobium fredii* p220 and *Bradyrhizobium japonicum* A 1017. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 59, n. 4, p. 1104–1109, Apr. 1993.

GEMELL, L. G.; ROUGHLEY, R. J. Field evaluation in acid soils of strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* selected for their tolerance or sensitivity to acid soil factors in agar medium. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, n. 10, p. 1447-1452, Oct. 1993.

GONÇALVES, M.; MOREIRA, F. M. S. Specificity of the Legume *Sesbania virgata* (Caz.) Pers. and its Nodule Isolates *Azorhizobium johannae* with other Legume Hosts and Rhizobia. **Symbiosis**, Philadelphia, v. 36, p. 57-68, 2004.

GRAHAM, P. H. Some problems of nodulation; symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 4, p. 93-112, 1981.

GRAHAM, P. H. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 38, n. 6, p. 475-484, June 1992.

GRAHAM, P. H. et al. Acid pH tolerance in strains of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and initial studies on the basis for acid tolerance of *Rhizobium tropici* UMR1899. **Canadian Journal Microbiology**, Ottawa, v. 40, n. 3, p. 198-207, Mar. 1994.

GRAHAM, P. H. et al. Variation in acid soil tolerance among strains of *Rhizobium phaseoli*. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 5, p. 121-128, 1982.

HARDARSON, G. et al. Genotypic variation in biological nitrogen fixation by common bean. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 152, n. 1, p. 59-70, May 1993.

HERNANDEZ, G. (Ed.). **Highlights on nitrogen fixation research**. New York: Plenum, 1999. p. 251-254.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32 p. (Circular 347).

HOWIESON, J. G.; ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K. Acid tolerant species of *Medicago* produce root exudates at low pH which induce the expression of nodulation genes in *Rhizobium meliloti*. **Australian Journal Plant Physiology**, Murdoch, v. 19, n. 3, p. 287-296, 1992.

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

HUNGRIA, M. et al. Characterization of new efficient and competitive strains for the bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop in Brazil. In: MARTINEZ, E.; HUNGRIA, M. et al. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 32, n. 11/12, p. 1515-1528, Oct. 2000.

HUNGRIA, M. et al. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, D.; NEWTON, W.E. (Ed.). **Nitrogen fixation in agriculture: forestry ecology and environment**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2005. p. 25-42.

HUNGRIA, M.; FRANCO, A. A. Effects of high temperatures on nodulation and N₂ fixation in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.149, p. 95-102, 1993.

HUNGRIA, M.; STACEY, G. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 5/6, p. 519-830, May/June, 1997.

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

JARVIS, B. D. W.; PANKHURST, C. E.; PATEL, J. J. *Rhizobium loti*, a new species of legume root nodule bacteria. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 32, p. 378-380, 1982.

JARVIS, B. D. W. et al. Transfer of *Rhizobium loti*, *Rhizobium huakuii*, *Rhizobium ciceri*, *Rhizobium mediterraneum* and *Rhizobium tianshanense* to *Mesorhizobium* gen. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 47, n. 3, p. 895-898, 1997.

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

LAJUDIE, P. et al. Polyphasic taxonomy of rhizobia: emendation of the genus *Sinorhizobium* and description of *Sinorhizobium meliloti* com. nov.; *Sinorhizobium sahari* sp. nov.; and *Sinorhizobium teranga*, sp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 44, p. 715-733, 1994.

LAWN, R. J.; BRUN, W. A. Symbiotic nitrogen fixation in soybean. Effect of photosynthetic source sink manipulations. **Crop Science**, Madison, v. 14, n. 1, p.11-16, Jan./Feb. 1974.

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

LIMA, A. S. et al. Nitrogen-fixing bacteria communities occurring in soils under different uses in the Western Amazon Region as indicated by nodulation of siratro (*Macropodium atropurpureum*). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 20, p. 1-19, 2009.

LOVATO, P. E.; PEREIRA, J. C.; VIDOR, C. Flutuação populacional de *Rhizobium phaseoli* em solos com e sem calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.9, p.9-12, 1985.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 201 p.

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

MCKAY, I. A.; DJORDJEVIC, M. Production and excretion of nod metabolites by *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* are disrupted by the same environmental factors that reduce nodulation in the field. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 59, n. 10, p. 3385-3392, Oct. 1993.

MENDES, I. C. et al. Eficiência fixadora de estirpes de rizóbio em duas culturas de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 421-425, set./dez. 1994.

MERCANTE, F. M. **Uso de inoculante garante economia de 3 bilhões de dólares na cultura da soja no país**. [S. l.]: EMBRAPA, 2005. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2005/artigo.2005-12-05.0506770395/>>. Acesso em: 23 maio 2010.

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, p. 873-883, out./dez. 2001.

MOREIRA, F. M. S. Fixação biológica de nitrogênio em espécies arbóreas. In: ARAÚJO R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismo de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p.121-150.

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

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

MOREIRA, F. M. S.; TIEDJE, J. ; MARSH, T. L. *Burkholderia* spp. are among fast growing symbiotic diazotrophs isolated from diverse land use systems in Amazônia and from Brazilian Leguminosae Forest species. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE RHIZOBIOLOGIA, 21., 2002, Cocoyoc. **Memórias...** Cocoyoc, 2002. p. 45-46.

MOSTASSO, L. et al. Selection of bean (*Phaseolous vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, Jan. 2001.

MUNNS, D. N.; FOX, R. L.; KOCH, B. L. Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 46, n. 3, p. 591-601, 1977.

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

NORRIS, V. et al. Calcium in bacteria: a solution to which problem? **Molecular Microbiology**, Oxford, v. 5, n. 4, p. 775-778, 1991.

O'HARA, G. W. et al. Maintenance of intracellular pH and acid tolerance in *Rhizobium meliloti*. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 55, n. 8, p.1870–1876, Aug. 1989.

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

PEREIRA, E. G. **Diversidade de rizóbio em diferentes sistemas de uso da terra da Amazônia**. 2000. 93 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

PEREIRA, P. A. A. Evidências de domesticação e disseminação do feijoeiro comum e conseqüências para o melhoramento genético da espécie. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 19-23, jan. 1990.

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

RAZA, S. et al. Tolerance of *Bradyrhizobium* sp. (*Lupini*) strains to salinity, pH, CaCO₃ and antibiotics. **The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 32, p. 379-383, 2001.

RENNIE, R. J.; KEMP, G. A. N₂ fixation in field beans quantified by 15N dilution: effect of strains of *Rhizobium phaseoly*. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n. 4, p. 640-644, July/Aug. 1983.

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

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 68, p. 1-16, dez. 1994. Encarte.

RUSCHEL, A. P. et al. Field evaluation of N₂ fixation and N utilization by *Phaseolus* bean varieties determined by 15N isotope dilution. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 65, n. 3, p. 367-407, 1982.

SA, T. M.; ISRAEL, D. W. Nitrogen assimilation in nitrogen fixing soybean plants during phosphorus deficiency. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 3, p. 814-820, May/June 1995.

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

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

SCHOLLA, L.; ELKAN, G. H. *Rhizobium fredii* sp.nov., a fast-growing species that effectively nodulates soybean. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 34, n. 4, p. 484-486, 1984.

SEGOVIA, L.; YOUNG, J. P. W.; MARTINEZ-ROMERO, E. Reclassification of american *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* type I strains as *Rhizobium etli* sp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 43, p. 374-377, 1993.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência Agronômica de Rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões, MG. II-Feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 803-811, 2006.

SOUZA, L. A. G.; MAGALHÃES, F. M. M.; OLIVEIRA, L. A. Avaliação do crescimento de *Rhizobium* de leguminosas florestais tropicais em diferentes meios de cultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 165-168, jun. 1984.

STRALIOTTO, R. A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002. Disponível em: < http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbnl_inocula_feijoeiro.html>. Acesso em: 25 abr. 2010.

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

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

VALE, H. M. M. **Densidade, eficiência e diversidade de populações de rizóbio capazes de nodular o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos da região Centro-Oeste de Minas Gerais.** 2005. 78 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

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

VARGAS, A. A. T.; GRAHAM, P. H. *Phaseolus vulgaris* variety and *Rhizobium* strain variation in acid-pH tolerance and nodulation under acid conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 19, p. 91-101, 1988.

VARGAS, A. A. T. et al. Comparação entre genótipos de feijão quanto à capacidade nodulante e à produtividade com inoculação com rizóbios e/ou adubação de N-mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 267-272, 1991.

VLASSAK, K. M.; VANDERLEYDEN, J. Factors influencing nodule occupancy by inoculants rhizobia. **Critical Review in Plant Science**, Boca Raton, v.16, n. 2, p.163-229, 1997.

VOSS, M.; FREIRE, J. R. J.; SELBACH, P. A. Efeito dos níveis de calcário no solo e na capacidade de competição de estirpes de *Rhizobium phaseoli* por sítio de nodulação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 4, p. 433-439, abr. 1984.

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

WOOD, M.; COOPER, J. E.; BJOURSON, A. J. Response of *Lotus rhizobia* to acidity and aluminum in liquid culture and in soil. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 107, n. 2, p. 227-231, 1988.

WOOMER, A. N.; SINGLETON, P. W.; BOHLOOL, B. B. Ecological indicators of native rhizobia in tropical soils. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 54, n. 7, p. 1112-1116, July 1988.

APÊNDICES

Tabela 1A Análise de Variância, para a variável, número de nódulos (NN) do ensaio em casa de vegetação

FV	GL	SQ	QM	F_C	F_t
BLOCO	3	602,381910	200,793970	6,982*	2,707
TRATAMENTO	(33)	6242,563102	189,168579	6,578*	1,575
pH	2	41,911919	20,955960	0,729	3,099
Calagem	1	946,123371	946,123371	32,901*	3,948
Estirpe	4	854,482392	213,620598	7,428*	2,474
pH*Calagem	2	86,106797	43,053398	1,497	3,099
pH*Estirpe	8	219,088962	27,386120	0,952	2,044
Calagem*Estirpe					
Cal.*UFLA02-100	1	456,996272	456,996272	15,892*	3,948
Cal.*UFLA02-68	1	736,075977	736,075977	25,596*	3,948
Cal.*UFLA04-202	1	205,239516	205,239516	7,137*	3,948
Cal.*UFLA04-195	1	36,324979	36,324979	1,263	3,948
Cal.*CIAT899	1	0,006710	0,006710	0,0002	3,948
pH*Calagem*Estirpe	8	238,384659	29,798082	1,036	2,044
Fat.SC*Ad.SCSN	1	7,210693	7,210693	0,251	3,948
Fat.SC*Ad.SCCN	1	489,749825	489,749825	17,031*	3,948
Fat.CC*Ad.CCSN	1	0,552327	0,552327	0,019	3,948
Fat.CC*Ad.CCCN	1	258,030188	258,030188	8,973*	3,948
Erro	99	2846,933810	28,756907		
TOTAL	135	9691,878821			

*Significante

Tabela 2A Análise de Variância para a variável, matéria seca de nódulos (MSN)
do ensaio em casa de vegetação

FV	GL	SQ	QM	F_c	F_t
BLOCO	3	0,104825	0,034942	6,496*	2,707
TRATAMENTO	(33)	0,565254	0,017129	3,184*	1,575
pH	2	0,001947	0,000973	0,181	3,099
Calagem	1	0,082305	0,082305	15,301*	3,948
Estirpe	4	0,036326	0,009081	1,688	2,474
pH*Calagem	2	0,005122	0,002561	0,476	3,099
pH*Estirpe	8	0,028467	0,003558	0,661	2,044
Calagem*Estirpe					
Cal.*UFLA02-100	1	0,064617	0,064617	12,013*	3,948
Cal.*UFLA02-68	1	0,085413	0,085413	15,879*	3,948
Cal.*UFLA04-202	1	0,018752	0,018752	3,486	3,948
Cal.*UFLA04-195	1	0,000402	0,000402	0,075	3,948
Cal.*CIAT899	1	0,000477	0,000477	0,089	3,948
pH*Calagem*Estirpe	8	0,056335	0,007042	1,309	2,044
Fat.SC*Ad.SCSN	1	0,000019	0,000019	0,004	3,948
Fat.SC*Ad.SCCN	1	0,027387	0,027387	5,091*	3,948
Fat.CC*Ad.CCSN	1	0,002286	0,002286	0,425	3,948
Fat.CC*Ad.CCCN	1	0,030893	0,030893	5,743*	3,948
Erro	99	0,532479	0,005379		
TOTAL	135	1,202558			

*Significante

Tabela 3A Análise de Variância para a variável, matéria seca da parte aérea (MSPA) do ensaio em casa de vegetação

FV	GL	SQ	QM	F_c	F_t
BLOCO	3	1,720826	0,573609	1,267	2,707
TRATAMENTO	(33)	394,457001	11,953242	26,393	1,575
pH	2	0,249680	0,124840	0,276	3,099
Calagem	1	17,366021	17,366021	38,345*	3,948
Estirpe	4	1,408563	0,352141	0,778	2,474
pH*Calagem	2	0,338327	0,169163	0,374	3,099
pH*Estirpe					
pH *UFLA02-100	2	3,594608	1,797304	3,968*	3,099
pH *UFLA02-68	2	3,783808	1,891904	4,177*	3,099
pH *UFLA04-202	2	0,927258	0,463629	1,024	3,099
pH *UFLA04-195	2	1,945058	0,972529	2,147	3,099
pH *CIAT899	2	4,080408	2,040204	4,505*	3,099
Calagem*Estirpe					
Cal.*UFLA02-100	1	4,681667	4,681667	10,337*	3,948
Cal.*UFLA02-68	1	1,157204	1,157204	2,555	3,948
Cal.*UFLA04-202	1	4,489350	4,489350	9,913*	3,948
Cal.*UFLA04-195	1	3,081667	3,081667	6,804*	3,948
Cal.*CIAT899	1	4,860000	4,860000	10,731*	3,948
pH*Calagem*Estirpe					
pH*C.Cal.*UFLA02-100	2	3,171017	1,585508	3,501*	3,099
pH*C.Cal.*UFLA02-68	2	3,318317	1,659158	3,663*	3,099
pH*C.Cal.* UFLA04-202	2	0,691817	0,345908	0,764	3,099
pH*C.Cal.* UFLA04-195	2	1,586067	0,793033	1,751	3,099
pH*C.Cal.* CIAT899	2	2,188867	1,094433	2,417	3,099
pH*S.Cal.*UFLA02-100	2	0,870950	0,435475	0,962	3,099
pH*S.Cal.*UFLA02-68	2	0,871800	0,435900	0,962	3,099
pH*S.Cal.* UFLA04-202	2	1,954217	0,977108	2,157	3,099
pH*S.Cal.* UFLA04-195	2	2,367150	1,183575	2,613	3,099
pH*SCal.* CIAT899	2	1,905517	0,952758	2,104	3,099
Fat.SC*Ad.SCSN	1	0,023602	0,023602	0,052	3,948
Fat.SC*Ad.SCCN	1	64,449571	64,449571	142,306*	3,948
Fat.CC*Ad.CCSN	1	0,00672	0,00672	0,015	3,948
Fat.CC*Ad.CCCN	1	271,724321	271,724321	599,973*	3,948
Erro	99	44,836549	0,452894		
TOTAL	135	441,014376			

*Significante

Tabela 4A Análise de Variância para a variável, teor de nitrogênio na parte aérea (TNPA) do ensaio em casa de vegetação

FV	GL	SQ	QM	F_c	F_t
BLOCO	3	0,207408	0,069136	1,259	2,707
TRATAMENTO	(33)	19,864863	0,601966	10,965*	1,575
pH	2	0,138622	0,069311	1,263	3,099
Calagem	1	1,668521	1,668521	30,394*	3,948
Estirpe	4	0,777758	0,194440	3,542*	2,474
pH*Calagem	2	0,229372	0,114686	2,089	3,099
pH*Estirpe					
pH *UFLA02-100	2	0,273433	0,136717	2,490	3,099
pH *UFLA02-68	2	0,106358	0,053179	0,969	3,099
pH *UFLA04-202	2	0,256458	0,128229	2,336	3,099
pH *UFLA04-195	2	0,981733	0,490867	8,942*	3,099
pH *CIAT899	2	0,095275	0,047638	0,868	3,099
Calagem*Estirpe					
Cal.*UFLA02-100	1	0,292604	0,292604	5,330*	3,948
Cal.*UFLA02-68	1	0,000337	0,000337	0,006	3,948
Cal.*UFLA04-202	1	0,843750	0,843750	15,370*	3,948
Cal.*UFLA04-195	1	1,071038	1,071038	19,010*	3,948
Cal.*CIAT899	1	0,141067	0,141067	2,570	3,948
pH*Calagem*Estirpe					
pH*C.Cal.*UFLA02-100	2	0,369050	0,184525	3,361*	3,099
pH*C.Cal.*UFLA02-68	2	0,113517	0,056758	1,034	3,099
pH*C.Cal.* UFLA04-202	2	0,076067	0,038033	0,693	3,099
pH*C.Cal.* UFLA04-195	2	0,671267	0,335633	6,114*	3,099
pH*C.Cal.* CIAT899	2	0,202067	0,101033	1,840	3,099
pH*S.Cal.*UFLA02-100	2	0,218517	0,109258	1,990	3,099
pH*S.Cal.*UFLA02-68	2	0,016017	0,008008	0,146	3,099
pH*S.Cal.* UFLA04-202	2	0,221817	0,110908	2,020	3,099
pH*S.Cal.* UFLA04-195	2	0,565267	0,282633	5,148*	3,099
pH*SCal.* CIAT899	2	0,021017	0,010508	0,191	3,099
Fat.SC*Ad.SCSN	1	0,042667	0,042667	0,777	3,948
Fat.SC*Ad.SCCN	1	12,915440	12,915440	235,267*	3,948
Fat.CC*Ad.CCSN	1	0,135851	0,135851	2,475	3,948
Fat.CC*Ad.CCCN	1	1,719580	1,719580	31,324*	3,948
Erro	99	5,434817	0,054897		
TOTAL	135	25,507088			

*Significante

Tabela 5A Análise de Variância para a variável, acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do ensaio em casa de vegetação

FV	GL	SQ	QM	F_C	F_t
BLOCO	3	1780,218015	593,406005	3,409*	2,707
TRATAMENTO	(33)	376437,510674	11407,197293	65,535*	1,575
pH	2	416,769845	208,384923	1,197	3,099
Calagem	1	12983,984441	12983,984441	74,593*	3,948
Estirpe	4	1130,377362	282,594340	1,624	2,474
pH*Calagem	2	654,527132	327,263566	1,880	3,099
pH*Estirpe					
pH *UFLA02-100	2	2175,723633	1087,861817	6,250*	3,099
pH *UFLA02-68	2	1188,952158	594,476079	3,415*	3,099
pH *UFLA04-202	2	734,116658	367,058329	2,109	3,099
pH *UFLA04-195	2	222,755700	111,377850	0,640	3,099
pH *CIAT899	2	1866,534933	933,267467	5,362*	3,099
Calagem*Estirpe					
Cal.*UFLA02-100	1	2731,093350	2731,093350	15,690*	3,948
Cal.*UFLA02-68	1	293,650104	293,650104	1,687	3,948
Cal.*UFLA04-202	1	4726,146004	4726,146004	27,152*	3,948
Cal.*UFLA04-195	1	4669,902017	4669,902017	26,829*	3,948
Cal.*CIAT899	1	2334,256504	2334,256504	13,410*	3,948
pH*Calagem*Estirpe					
pH*C.Cal.*UFLA02-100	2	1504,712017	752,356008	4,322*	3,099
pH*C.Cal.*UFLA02-68	2	1026,980150	513,490075	2,950	3,099
pH*C.Cal.* UFLA04-202	2	868,873517	434,436758	2,496	3,099
pH*C.Cal.* UFLA04-195	2	796,677817	398,338908	2,288	3,099
pH*C.Cal.* CIAT899	2	1846,457867	923,228933	5,304*	3,099
pH*S.Cal.*UFLA02-100	2	893,932917	446,966458	2,568	3,099
pH*S.Cal.*UFLA02-68	2	283,821017	141,910508	0,815	3,099
pH*S.Cal.* UFLA04-202	2	174,641150	87,320575	0,502	3,099
pH*S.Cal.* UFLA04-195	2	1167,620417	583,810208	3,354*	3,099
pH*SCal.* CIAT899	2	328,685600	164,342800	0,944	3,099
Fat.SC*Ad.SCSN	1	91,655525	91,655525	0,527	3,948
Fat.SC*Ad.SCCN	1	143027,222600	143027,22260	821,696*	3,948
Fat.CC*Ad.CCSN	1	178,382200	178,382200	1,025	3,948
Fat.CC*Ad.CCCN	1	201080,336100	201080,33610	1155,21*	3,948
Erro	99	17232,283085	174,063466		
TOTAL	135	395450,011774			

*Significante

Tabela 6 A Análise de Variância para a variável, eficiência relativa (ER) do ensaio em casa de vegetação

FV	GL	SQ	QM	F_c	F_t
BLOCO	3	3533,794118	1177,931373	23,374*	2,707
TRATAMENTO	(33)	35378,970588	1072,090018	21,273	1,575
pH	2	56,016667	28,008333	0,556	3,099
Calagem	1	5005,208333	5005,208333	99,318*	3,948
Estirpe	4	155,883333	38,970833	0,773	2,474
pH*Calagem	2	85,716667	42,858333	0,850	3,099
pH*Estirpe					
pH *UFLA02-100	2	373,000000	186,500000	3,701*	3,099
pH *UFLA02-68	2	400,083333	200,041667	3,969*	3,099
pH *UFLA04-202	2	174,333333	87,166667	1,729	3,099
pH *UFLA04-195	2	254,083333	127,041667	2,521	3,099
pH *CIAT899	2	420,583333	210,291667	4,173*	3,099
Calagem*Estirpe					
Cal.*UFLA02-100	1	782,041667	782,041667	15,518*	3,948
Cal.*UFLA02-68	1	1568,166667	1568,166667	31,117*	3,948
Cal.*UFLA04-202	1	1053,375000	1053,375000	20,902*	3,948
Cal.*UFLA04-195	1	975,375000	975,375000	19,354*	3,948
Cal.*CIAT899	1	726,000000	726,000000	14,406*	3,948
pH*Calagem*Estirpe					
pH*C.Cal.*UFLA02-100	2	186,166667	93,083333	1,847	3,099
pH*C.Cal.*UFLA02-68	2	222,000000	111,000000	2,203	3,099
pH*C.Cal.* UFLA04-202	2	57,166667	28,583333	0,567	3,099
pH*C.Cal.* UFLA04-195	2	100,666667	50,333333	0,999	3,099
pH*C.Cal.* CIAT899	2	128,666667	64,333333	1,277	3,099
pH*S.Cal.*UFLA02-100	2	191,166667	95,583333	1,897	3,099
pH*S.Cal.*UFLA02-68	2	181,166667	90,583333	1,797	3,099
pH*S.Cal.* UFLA04-202	2	442,166667	221,083333	4,387*	3,099
pH*S.Cal.* UFLA04-195	2	386,166667	193,083333	3,831*	3,099
pH*S.Cal.* CIAT899	2	315,166667	157,583333	3,127*	3,099
Fat.SC*Ad.SCSN	1	3,037500	3,037500	0,060	3,948
Fat.SC*Ad.SCCN	1	10975,538000	10975,538000	217,786*	3,948
Fat.CC*Ad.CCSN	1	0,266670	0,266670	0,005	3,948
Fat.CC*Ad.CCCN	1	16842,126040	16842,126040	334,196*	3,948
Erro	99	4989,205882	50,396019		
TOTAL	135	43901,970588			

*Significante

Tabela 7A Análise de Variância para a variável, número de nódulos (NN) do ensaio em campo

FV	GL	SQ	QM	F _c	F _t
BLOCO	3	53,219480	17,739827	2,214	2,824
TRATAMENTO	(16)	216,985866	13,561617	1,692	1,887
pH	2	9,379205	4,689603	0,585	3,216
Estirpe	4	41,849078	10,462269	1,306	2,591
pH*Estirpe					
pH*UFLA02-100	2	9,403796	4,701898	0,588	3,216
pH *UFLA02-68	2	79,024632	39,512316	4,931*	3,216
pH*UFLA04-202	2	15,381862	7,690931	0,960	3,216
pH*UFLA04-195	2	12,288284	6,144142	0,767	3,216
pH *CIAT899	2	10,275534	5,137767	0,641	3,216
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	10,651308	10,651308	1,329	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	1,069791	1,069791	0,134	4,069
Erro	48	384,623094	8,012981		
TOTAL	67	654,828439			

*Significante

Tabela 8A Análise de Variância para a matéria seca de nódulos (MSN) do ensaio em campo

FV	GL	SQ	QM	F _c	F _t
BLOCO	3	0,003497	0,001166	2,323	2,824
TRATAMENTO	(16)	0,013605	0,000850	1,693	1,887
pH	2	0,001240	0,000620	1,235	3,216
Estirpe	4	0,002134	0,000534	1,064	2,591
pH*Estirpe					
pH *UFLA02-100	2	0,000499	0,000249	0,496	3,216
pH *UFLA02-68	2	0,006114	0,003057	6,090*	3,216
pH *UFLA04-202	2	0,001312	0,000656	1,307	3,216
pH *UFLA04-195	2	0,000622	0,000311	0,620	3,216
pH *CIAT899	2	0,000403	0,000201	0,400	3,216
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	0,000604	0,000604	1,203	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	0,000012	0,000012	0,024	4,069
Erro	48	0,024102	0,000502		
TOTAL	67	0,041203			

*Significante

Tabela 9A Análise de Variância para a matéria seca da parte aérea (MSPA) do ensaio em campo

FV	GL	SQ	QM	F_c	F_t
BLOCO	3	2,674041	0,891347	0,255	2,824
TRATAMENTO	(16)	60,843712	3,802732	1,087	1,887
pH	2	2,587293	1,293647	0,370	3,216
Estirpe	4	3,215733	0,803933	0,230	2,591
pH*Estirpe					
pH*UFLA02-100	2	3,521117	1,760558	0,503	3,216
pH *UFLA02-68	2	40,391217	20,195608	5,771*	3,216
pH*UFLA04-202	2	3,960800	1,980400	0,566	3,216
pH*UFLA04-195	2	8,240450	4,120225	1,177	3,216
pH *CIAT899	2	0,960017	0,480008	0,137	3,216
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	0,404261	0,404261	0,116	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	0,120378	0,120378	0,034	4,069
Erro	48	167,961959	3,499207		
TOTAL	67	231,479712			

*Significante

Tabela 10A Análise de Variância para o teor de nitrogênio na parte aérea (TNPA) do ensaio em campo

FV	GL	SQ	QM	F_c	F_t
BLOCO	3	0,151124	0,050375	0,478	2,824
TRATAMENTO	(16)	4,831612	0,301976	2,868*	1,887
pH	2	0,078363	0,039182	0,372	3,216
Estirpe	4	0,180307	0,045077	0,428	2,591
pH*Estirpe					
pH*UFLA02-100	2	0,179467	0,089733	0,852	3,216
pH *UFLA02-68	2	0,840617	0,420308	3,992*	3,216
pH*UFLA04-202	2	0,169317	0,084658	0,804	3,216
pH*UFLA04-195	2	0,117600	0,058800	0,558	3,216
pH *CIAT899	2	0,811667	0,405833	3,855*	3,216
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	2,250407	2,250407	21,375*	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	0,401393	0,401393	3,813	4,069
Erro	48	5,053576	0,105283		
TOTAL	67	10,036312			

*Significante

Tabela 11A Análise de Variância para o acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do ensaio em campo

FV	GL	SQ	QM	F _c	F _t
BLOCO	3	1825,467471	608,489157	0,106	2,824
TRATAMENTO	(16)	94564,010447	5910,250653	1,031	1,887
pH	2	4102,041013	2051,020507	0,358	3,216
Estirpe	4	5163,887057	1290,971764	0,225	2,591
pH*Estirpe					
pH *UFLA02-100	2	6426,834217	3213,417108	0,560	3,216
pH *UFLA02-68	2	45865,576817	22932,788408	3,999*	3,216
pH *UFLA04-202	2	6307,500117	3153,750058	0,550	3,216
pH *UFLA04-195	2	16344,724650	8172,362325	1,425	3,216
pH *CIAT899	2	168,625117	84,312558	0,015	3,216
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	13904,003200	13904,003200	2,425	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	723,877400	723,877400	0,126	4,069
Erro	48	275199,616129	5733,325336		
TOTAL	67	371589,094047			

*Significante

Tabela 12A Análise de Variância para a eficiência relativa (ER) do ensaio em campo

FV	GL	SQ	QM	F _c	F _t
BLOCO	3	12808,161765	4269,387255	4,508*	2,824
TRATAMENTO	(16)	15882,764706	992,672794	1,048	1,887
pH	2	543,100000	271,550000	0,287	3,216
Estirpe	4	976,100000	244,025000	0,258	2,591
pH*Estirpe					
pH *UFLA02-100	2	852,166667	426,083333	0,450	3,216
pH *UFLA02-68	2	10740,166667	5370,083333	5,671*	3,216
pH *UFLA04-202	2	1325,166667	662,583333	0,699	3,216
pH *UFLA04-195	2	1684,500000	842,250000	0,890	3,216
pH *CIAT899	2	199,500000	99,750000	0,105	3,216
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	51,337500	51,337500	0,054	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	47,259400	47,259400	0,050	4,069
Erro	48	45455,588235	946,991422		
TOTAL	67	74146,514706			

*Significante

Tabela 13A Análise de Variância para número de vagens/planta de feijoeiro-comum do ensaio em campo

FV	GL	SQ	QM	F_C	F_t
BLOCO	3	13,930588	4,643529	1,631	2,824
TRATAMENTO	(16)	42,483824	2,655239	0,933	1,887
pH	2	1,224333	0,612167	0,215	3,216
Estirpe	4	12,121000	3,030250	1,064	2,591
pH*Estirpe	8	28,069000	3,508625	1,232	2,165
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	0,640667	0,640667	0,225	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	0,364261	0,364261	0,128	4,069
Erro	48	136,664412	2,847175		
TOTAL	67	193,078824			

Tabela 14A Análise de Variância para número de grãos/vagem de feijoeiro-comum do ensaio em campo

FV	GL	SQ	QM	F_C	F_t
BLOCO	3	0,631499	0,210500	1,940	2,824
TRATAMENTO	(16)	0,843403	0,052713	0,486	1,887
pH	2	0,044010	0,022005	0,203	3,216
Estirpe	4	0,153027	0,038257	0,352	2,591
pH*Estirpe	8	0,635973	0,079497	0,732	2,165
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	0,009313	0,009313	0,086	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	0,001127	0,001127	0,010	4,069
Erro	48	5,209526	0,108532		
TOTAL	67	6,684428			

Tabela 15A Análise de Variância para peso de 100 grãos de feijoeiro-comum do ensaio em campo

FV	GL	SQ	QM	F _C	F _t
BLOCO	3	0,869146	0,289715	0,178	2,824
TRATAMENTO	(16)	42,285476	2,642842	1,625	1,887
pH	2	7,659403	3,829702	2,355	3,216
Estirpe	4	1,305040	0,326260	0,201	2,591
pH*Estirpe					
pH *UFLA02-100	2	20,854067	10,427033	6,411*	3,216
pH *UFLA02-68	2	4,664217	2,332108	1,434	3,216
pH *UFLA04-202	2	0,542317	0,271158	0,167	3,216
pH *UFLA04-195	2	1,822067	0,911033	0,560	3,216
pH *CIAT899	2	0,365267	0,182633	0,112	3,216
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	11,850370	11,850370	7,286*	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	1,328345	1,328345	0,817	4,069
Erro	48	78,068029	1,626417		
TOTAL	67	121,222651			

*Significante

Tabela 16A Análise de Variância para rendimento de grãos em feijoeiro-comum no ensaio de campo

FV	GL	SQ	QM	F _C	F _t
BLOCO	3	901313,970588	300437,990196	3,361*	2,824
TRATAMENTO	(16)	1362896,139706	85181,008732	0,953	1,887
pH	2	360903,958333	180451,979167	2,019	3,216
Estirpe	4	268892,083333	67223,020833	0,752	2,591
pH*Estirpe	8	423592,916667	52949,114583	0,592	2,165
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	12870,063000	12870,063000	0,144	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	287820,350000	287820,350000	3,220	4,069
Erro	48	4290701,654412	89389,617800		
TOTAL	67	6554911,764706			

*Significante

Tabela 17A Análise de Variância para teor de nitrogênio nos grãos de feijoeiro-comum (TNG) em ensaio de campo

FV	GL	SQ	QM	F_c	F_t
BLOCO	3	0,272687	0,090896	1,348	2,824
TRATAMENTO	(16)	0,736444	0,046028	0,683	1,887
pH	2	0,105653	0,052827	0,783	3,216
Estirpe	4	0,068657	0,017164	0,255	2,591
pH*Estirpe	8	0,376013	0,047002	0,697	2,165
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	0,082140	0,082140	1,218	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	0,112234	0,112234	1,664	4,069
Erro	48	3,237038	0,067438		
TOTAL	67	4,246169			

Tabela 18A Análise de Variância para acúmulo de nitrogênio nos grãos de feijoeiro-comum (ANG) em ensaio de campo

FV	GL	SQ	QM	F_c	F_t
BLOCO	3	897,572488	299,190829	2,034	2,824
TRATAMENTO	(16)	2100,736694	131,296043	0,893	1,887
pH	2	676,279930	338,139965	2,299	3,216
Estirpe	4	410,026590	102,506647	0,697	2,591
pH*Estirpe	8	420,534720	52,566840	0,357	2,165
Fat. Inoc.*Ad.CN	1	1,653400	1,653400	0,011	4,069
Fat. Inoc.*Ad.SN	1	586,031300	586,031300	3,984	4,069
Erro	48	7060,565612	147,095117		
TOTAL	67	10058,874794			