

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

**INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* ASSOCIADA AO EXSUDATO  
DE SEMENTES DE *Mimosa flocculosa* E ADUBAÇÃO  
NITROGENADA NO FEIJOEIRO IRRIGADO, EM SUCESSÃO À  
SOJA E MILHO**

**EULENE FRANCISCO DA SILVA**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL  
2004**

INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* ASSOCIADA AO EXSUDATO  
DE SEMENTES DE *Mimosa flocculosa* E ADUBAÇÃO  
NITROGENADA NO FEIJOEIRO IRRIGADO, EM SUCESSÃO À SOJA  
E MILHO

Por

EULENE FRANCISCO DA SILVA

**Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,  
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
MESTRE EM AGRONOMIA.**

Aprovada em: 06/02/2004

Prof. Dra. Marlene Estevão Marchetti  
Souza

UFMS – DCA  
(Orientadora)

Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de

UFMS – DCA  
(Co-Orientador)

**Pesq. Dr. Fábio Martins Mercante**  
**Heredia Zárate**

**Embrapa Agropecuária Oeste**  
**(Co-Orientador)**

**Prof. Dr. Néstor A.**

**UFMS – DCA**

Prof. Dr. José Fernando Scaramuzza  
UFMT – MT

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

**INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* ASSOCIADA AO EXSUDATO  
DE SEMENTES DE *Mimosa flocculosa* E ADUBAÇÃO  
NITROGENADA NO FEIJOEIRO IRRIGADO, EM SUCESSÃO À  
SOJA E MILHO**

**EULENE FRANCISCO DA SILVA**  
**Engenheira Agrônoma**

**Orientadora: Prof. Dra. Marlene Estevão Marchetti**

**Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Mato Grosso do Sul, como  
requisito à obtenção do título de Mestre  
em Agronomia, Área de concentração:  
Produção Vegetal**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL  
2004**

## **DEUS É FIEL** Isaías (41:9-13; 17:20)

**“Tu és meu servo, eu te escolhi e não te rejeitei, não temas pois sou contigo, não te assombres, porque eu sou o teu Deus, eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a minha destra fiel.**

**Eis que envergonhados e confundidos serão todos os que estão indignados contra ti; serão conduzidos a nada, e os que contendem contigo perecerão.**

Aos que pelejam contra ti, buscá-la-ás, porém não os acharás; serão reduzidos a nada e a coisa de nenhum valor os que fazem guerra contra ti. Pois eu, sou o Senhor, teu Deus, te tomo pela mão direita e te digo: Não temas que eu te ajudo.

Os aflitos e necessitados buscam águas, e não as há, e a sua língua se seca de sede; mas eu o Senhor, os ouvirei, eu o Deus de Israel, não os desampararei. Para que todos vejam e saibam, considerem e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isso e o Santo de Israel o criou.”

Deus tu és perfeito, santo e fiel. Agradeço-te Pai pelo privilégio de ser chamada de filha, e por me sustentar ao longo desta caminhada. Sei que dias difíceis ainda virão, mas não olho o tamanho dos problemas, pois tenho certeza, que o meu Deus, é muito maior e os resolverá!!!

## DEDICATÓRIA

**A Deus soberano, onipotente, onisciente e onipresente, por ter me concedido o dom da vida, e pela certeza de que o Senhor é comigo e aquilo que determinei Deus me ajudou a concretizar.**

À Antônio Francisco, meu pai *in Memoriam*, que considerava a educação como a maior herança de um filho, mas só teve tempo de me alfabetizar e de despertar em mim o gosto constante de aprender. Mas que com certeza está orgulhoso por mais uma vitória alcançada.

À Elzira da Silva Francisco, minha mãe, mulher ímpar, guerreira e batalhadora, que desde cedo, ensinou-me a lutar pelos meus sonhos e a priorizar os meus estudos. Sempre me deu asas e liberdade para voar e continuar explorando o mundo do trabalho e do conhecimento.

À Ana Ercília da Silva, minha avó pela paciência e dedicação.

Com amor dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

**Toda construção, por mais solitária que pareça, envolve uma rede de relações. É sempre resultado das contribuições de muitas pessoas e organizações. Agradeço a todos que contribuíram para que eu chegasse a concretização desse sonho em especial:**

A Jesus pela fidelidade e bênçãos concedida à minha vida.

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, alicerce dessa caminhada, pela oportunidade concedida para realização do curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À professora Dra. Marlene Estevão Marchetti, pela orientação segura, incentivo, amizade e ensinamentos durante o curso.

Ao professor Luiz Carlos Ferreira de Souza e Fábio Martins Mercante (Embrapa-CPAO), pela amizade, desprendimento e sugestões durante o desenvolvimento dos trabalhos de elaboração da dissertação.

**Após o falecimento do meu pai, várias pessoas me ajudaram e me deram incentivo a continuar meus estudos. Pessoas que passaram a fazer parte da minha família, passando-me seus conhecimentos como professores, mas também se tornando verdadeiros “pais adotivos” e que hoje presto essa singela homenagem. A vocês agradeço de todo o coração: Néstor A. Heredia Zárate e Edson Talarico.**

Aos funcionários da UFMS, em especial à Henrique Cruz, Jesus, Samuel, Nilda e Elda.

Aos docentes do programa de Pós-Graduação, pela amizade e ensinamentos ministrados.

Às Amigas Carolina Tirloni e Adriana Sangalli.

Ao meu namorado Olívio Alves de Mello Júnior por seu companheirismo e compreensão.

A todos os colegas e companheiros do curso pela amizade e colaboração.

Aos meus familiares pelo espírito de luta transmitido durante toda minha vida.

Enfim, à todos aqueles que contribuíram anonimamente de forma indireta e direta deixo aqui meus sinceros **Agradecimentos!!!**

Em todo tempo ama o amigo, mas é na angústia que se faz o irmão. (Pv 17:17)

## **BIOGRAFIA**

EULENE FRANCISCO DA SILVA, FILHA DE ANTÔNIO FRANCISCO (*IN MEMORIAN*) E ELZIRA DA SILVA FRANCISCO, NASCEU NO DIA 22 DE MARÇO DE 1978, NA CIDADE DE FÁTIMA DO SUL, ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL.

EM MARÇO DE 1995, INICIOU O CURSO DE AGRONOMIA, NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL, CONCLUINDO EM FEVEREIRO DE 2001, ONDE FOI BOLSISTA DO GRUPO ESPECIAL DE TREINAMENTO – PET/CAPES, DE 1996 A 2000, ONDE DESENVOLVEU TRABALHOS DE PESQUISA E EXTENSÃO.

EM MARÇO DE 2002, INICIOU O CURSO DE MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL, NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL, DEFENDENDO TESE EM FEVEREIRO DE 2004.



## SUMÁRIO

<b>LISTAS DE QUADROS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTAS DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.. .....</b>	<b>03</b>
2.1 O nitrogênio no solo .....	03
2.2 A importância do nitrogênio para o feijoeiro.....	04
2.3 Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada.....	05
2.4 Fixação biológica do nitrogênio .....	07
2.5 Resposta do feijoeiro à inoculação de rizóbio .....	09
2.6 Exsudatos de sementes de <i>Mimosa flocculosa</i> e seu efeito na nodulação do feijoeiro	11
2.6.1 Características taxonômicas, botânicas, agronômicas e sociológicas de <i>Mimosa flocculosa</i>	11
2.6.2 Nodulação do feijoeiro em resposta à adição de exsudatos de sementes de <i>Mimosa flocculosa</i> .....	12
2.7 Influência da rotação de culturas, adubação nitrogenada e inoculação de rizóbio na produtividade do feijoeiro.....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>

3.1	Área experimental .....	17
3.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	18
3.3	Obtenção do exsudato de sementes de <i>Mimosa flocculosa</i> .....	19
3.4	Inoculação de rizóbio nas sementes de feijoeiro e adição de exsudatos de sementes de <i>M. flocculosa</i> .....	19
3.5	Implantação e condução do ensaio .....	19
3.6	Características avaliadas .....	20
3.6.1	Matéria seca e teor de N parte aérea da planta.....	20
3.6.2	Número e massa seca de nódulos.....	20
3.6.3	Produtividade de grãos e número de vagens por planta.....	21
3.6.4	Massa de 100 grãos .....	21
3.6.5	Teor de N nos grãos .....	21
3.7	Análise Estatística.....	21
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
4.1	Massa seca da parte aérea .....	22
4.2	Número e massa dos nódulos do feijoeiro .....	23
4.3	Número de vagens por planta .....	27
4.4	Produtividade de grãos.....	29
4.5	Massa de 100 grãos.....	31
4.6	Teor de nitrogênio na parte aérea e nos grãos .....	33
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>

<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>37</b>
--------------------------------------------	-----------

## LISTAS DE QUADROS

	PÁGINA
QUADRO 1 <b>Atributos químicos da amostra de solo da área experimental.....</b>	17
QUADRO 2 Resumo da análise de variância para massa seca da parte aérea de planta de feijão, em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho.....	22
QUADRO 3 Massa seca da parte aérea do feijoeiro (g planta <sup>-1</sup> ), em função da inoculação.....	23
QUADRO 4 Resumo da análise de variância para o número e massa dos nódulos das raízes do feijoeiro, em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho.....	24
QUADRO 5 <b>Números de nódulos por planta de feijão em função da adubação nitrogenada e inoculação, em sucessão a cultura da soja e do milho</b>	26
QUADRO 6 <b>Massa de nódulos (mg planta<sup>-1</sup>) do feijoeiro em função da adubação nitrogenada e inoculação, em sucessão a cultura da soja e do milho.....</b> .....	27
QUADRO 7 Resumo da análise de variância do número de vagens por planta de feijão em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho.....	27
QUADRO 8 <b>Número de vagens por planta em função da adubação nitrogenada, inoculação, e sucessão soja e milho.....</b>	28

Resumo da análise de variância para produtividade dos grãos do feijoeiro, em função da adubação

QUADRO 9	nitrogenada, inoculação, e da sucessão soja e milho	29
QUADRO 10	Produtividade dos grãos de feijão ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função da adubação nitrogenada, inoculação, e sucessão soja e milho	30
QUADRO 11	Resumo da análise de variância para a massa de 100 grãos de feijoeiro, em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho.....	32
QUADRO 12	Massa de 100 grãos (g) em função da adubação nitrogenada, inoculação, e sucessão soja e milho	33
QUADRO 13	Resumo da análise de variância para o teor de N na parte aérea e nos grãos do feijoeiro, em função da adubação nitrogenada, inoculação, e sucessão soja e milho.....	34
QUADRO 14	<b>Teor de N na planta (<math>\text{g kg}^{-1}</math>) em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho.....</b>	35
QUADRO 15	<b>Teor de N nos grãos (<math>\text{g kg}^{-1}</math>) em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho</b>	35

## LISTAS DE FIGURAS

	PÁGINA	
FIGURA 1	Médias mensais de temperaturas (°C) máximas e mínimas, e precipitações ocorridas no período de março a julho de 2003, no município de Dourados-MS.	18
FIGURA 2	<b>Massa e número de nódulos do feijoeiro, grupo Carioca variedade IAPAR 81, em função das doses de N.....</b>	25

# ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO ASSOCIADA AO EXSUDATO DE *Mimosa flocculosa* NO FEIJOEIRO, EM DIFERENTES ROTAÇÕES DE CULTURAS

**Autor: Eulene Francisco da Silva**

**Orientadora: Dr<sup>a</sup> Marlene Estevão Marchetti**

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e da inoculação, associada ou não, a exsudatos de *Mimosa flocculosa* em sucessão a soja e ao milho, na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). O experimento foi desenvolvido em condições de campo, em Latossolo Vermelho distroférico, na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no município de Dourados (MS), durante o período de março a julho de 2003. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizado, com quatro repetições, sendo os tratamentos dispostos em parcelas sub-subdivididas. As parcelas foram constituídas de duas culturas de verão, antecessoras à cultura do feijão: soja (*Glycines max* L. Merrill) e milho (*Zea mays* L.). Nas subparcelas foram aplicados três tratamentos envolvendo a inoculação das sementes de feijão: a testemunha sem inoculação, a inoculação das sementes de feijão com o *Rhizobium tropici*, estirpes CIAT 899 e PRF 81, e a associação deste, com os exsudados das sementes de *Mimosa flocculosa*. As sub-subparcelas foram constituídas de quatro doses de adubação nitrogenada aplicadas em cobertura: 0, 40, 80 e 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Cada parcela media 36 m de comprimento por 10 m de largura, e as subparcelas eram compostas por seis linhas de feijão com 36 m de comprimento. As sub-subparcelas foram sorteadas ao acaso dentro das subparcelas, sendo representadas por seis linhas de feijão com cinco metros de comprimento. As características agronômicas estudadas foram número e massa de nódulos, massa seca da parte aérea, número de vagens por planta, produtividade, massa de 100 grãos e teor de N na parte aérea e dos grãos. Os resultados obtidos permitem concluir que a inoculação associada ao exsudato de *Mimosa flocculosa* contribuiu para o aumento da parte aérea do feijoeiro e a adubação nitrogenada até 120 kg.ha<sup>-1</sup> reduziu a sua nodulação, o milho como cultura antecessora

ao feijão contribui para o aumento da massa de 100 grãos, e a produtividade não foi influenciada pelos tratamentos em estudo.

**MANURING NITROGENADA AND ASSOCIATED INOCULATION  
EXSUDATO OF *Mimosa flocculosa* IN FEIJEIRO, IN DIFFERENT ROTATIONS  
OF CULTURES**

**Author: Eulene Francisco of Silva**

**Advisor: Dra Marlene Estevão Marchetti**

**ABSTRACT**

With objective of evaluating the effects of the manuring of nitrogen and of the inoculation, associated the exsudatos of *Mimosa flocculosa* in different rotations, in the culture of the bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.) experiment was developed, in field conditions, in Latossols Red distroférico, in the University Federal of Mato Grosso do Sul, in the city of Dourados (MS) Brazil, during the period of March to July of 2003. The used experimental desing was it of randomized blocks, with four replicates, being the treatments disposed in sub-subdivided portions. The portions were constituted of two summer cultures, predecessors to the culture of the bean: soy (*Glycines max* L. Merrill) and corn (*Zea mays* L.). In the sub portion they were applied three treatments involving the inoculation of the bean seeds: the witness without inoculation, the inoculation of the bean seeds with the *Rhyzobium tropici*, ancestries CIAT 899 and PRF 81, and the association of this, with the exsudados of the seeds of *Mimosa flocculosa*. The sub-sub portion they were constituted of four measure of manuring applied of nitrogen in covering in the culture of the bean plant (0, 40, 80 and 120 kg.ha<sup>-1</sup> of N). Each portion measured 36 meters in length for 10 meters of width, and the sub portions they were composed for six bean lines with 36 meters in length. The sub-sub portions they were maybe raffled inside to the of the sub portions, being represented by six bean lines with five meters in length, and the useful area was considered the three center lines of the sub-sub portions. The studied agronomic characteristics were number and mass of nodules, matter evaporates of the aerial part, tenor of N in the aerial part and of the grains, productivity and number of beans for beans and mass of a hundred grains. The



obtained results allow to conclude that the inoculation associated to the exsudato of *Mimosa flocculosa* contributed to the increase of the aerial part of the bean plant and the manuring nitrogen it reduced your nodules and, the corn as culture predecessor to the bean contributes to the increase of the weight of a hundred grains.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão é a base da alimentação de 300 milhões de pessoas, especialmente na América Latina e no Sul e Leste da África, sendo considerado, por alguns nutricionistas, um alimento perfeito, pois é fonte de proteína, fibras e carboidratos complexos. A produção mundial de feijão é estimada em 18 milhões de toneladas anuais, com valor correspondente de aproximadamente 11 bilhões de dólares. O Brasil é o principal produtor e consumidor de feijão da espécie *Phaseolus vulgaris* L. A produção em 2002 foi de 3.017.280 t, com produtividade média de 727,6 kg ha<sup>-1</sup>, considerada baixa, se comparada com os mais de 5.000 kg ha<sup>-1</sup> conseguidos em condições experimentais (Conab, 2003; Embrapa, 2003a; FAO, 2003).

Um dos fatores limitantes à produtividade do feijoeiro é a baixa disponibilidade de nutrientes nos solos brasileiros, sobretudo fósforo (P) e nitrogênio (N). A adição de N na forma de fertilizantes tem custo alto e nem sempre tem a eficiência esperada. Isso porque, na busca de maiores produtividades, são aplicadas grandes quantidades de fertilizante nitrogenado a cada safra, muitas vezes equivalente ou superiores a 120 e a 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, com baixa eficiência, geralmente inferior a 50% do que é aplicado, podendo em solos arenosos, ficar entre 5 a 10% (Duque *et al.*, 1985), além disso, traz sérios riscos ao meio ambiente.

Por ser a cultura do feijoeiro de exigência nutricional relativamente elevada, a pequena propriedade, geralmente, não dispõe de recursos para a aplicação de fertilizantes, normalmente necessários. Isso gera deficiências nutricionais que, associadas à susceptibilidade a pragas e doenças, vêm dificultando a obtenção de produções maiores que as obtidas atualmente (Cassini e Franco, 1998).

Contudo, a associação do feijoeiro com bactérias do grupo dos rizóbios, capazes de fixar o N<sub>2</sub> atmosférico e fornecê-lo à planta, resulta numa tecnologia capaz de substituir, pelo menos parcialmente, a adubação nitrogenada, na cultura, resultando em benefícios ao pequeno produtor. Apesar do conceito geral de que o feijoeiro apresenta baixa capacidade fixadora, os resultados de pesquisas, obtidos em condições de campo, indicam a possibilidade dessa espécie se beneficiar da inoculação com o rizóbio, atingindo níveis de produtividade entre 1.500 e 2.000 kg ha<sup>-1</sup> (Embrapa, 2003b).

Uma alternativa para promover incrementos na nodulação e, conseqüentemente, na eficiência da fixação biológica de N<sub>2</sub> (FBN), consiste na utilização de moléculas bioativas, presentes em exsudatos de plantas, capazes de promover um efeito sinérgico na nodulação do feijoeiro. Estudando o estabelecimento da nodulação do feijoeiro na presença de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* e *Leucaena leucocephala*, Mercante e Franco (2000) verificaram que tais exsudatos promoveram aumentos significativos na nodulação da planta.

Entretanto, diversos fatores ambientais podem limitar a FBN na interação *Rhizobium*-feijoeiro, interferindo nas atividades fisiológicas de cada um dos parceiros envolvidos (Mercante, 1993; Hungria *et al.*, 1993). Sendo assim, a maximização da FBN é alcançada em condições ideais para a cultura do feijoeiro, para o crescimento e sobrevivência do rizóbio e, finalmente, para a formação dos nódulos e atividade da nitrogenase (Straliotto *et al.*, 2002).

Neste contexto, resultados obtidos por Silveira e Silva (1996) e Urchei *et al.* (2000) mostraram ligeira superioridade no rendimento de grãos do feijoeiro cultivado sob sistema plantio direto (SPD) em relação ao manejo convencional do solo, principalmente sob irrigação, no período de inverno. Além disso, tem sido demonstrado que o SPD oferece condições mais favoráveis aos microrganismos fixadores de N<sub>2</sub>, tanto para sua sobrevivência no solo quanto no interior dos nódulos. Neste sentido, foram detectados incrementos na nodulação do feijoeiro (Andrade e Voss, 1991) e de outras leguminosas, como, por exemplo, da soja (Voss e Sidiras, 1985). Neste estudo com a soja, os autores observaram incremento de 70% no número de nódulos radiculares e melhor distribuição percentual dos nódulos com a profundidade, nos solos sob SPD.

Em outros estudos com soja, quando experimentos sob SPD ou convencional foram comparados, constatou-se incrementos no número de células viáveis e diversidade de *Bradyrhizobium*, na nodulação, no crescimento das plantas, nas taxas de FBN e no rendimento de grãos no SPD (Hungria, 2000). Contudo, as pesquisas no Brasil são bastante escassas sobre a eficiência da inoculação de rizóbio em feijoeiro, associada a moléculas bioativas, e sobre o uso de adubação nitrogenada, em SPD, quando cultivado sob diferentes sucessões de cultura. Dessa forma, o presente estudo

teve como objetivos avaliar os efeitos da inoculação de rizóbio, associada a exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa*, e da adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro em sucessão à soja e milho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O nitrogênio no solo

O N existente no solo encontra-se predominantemente na forma orgânica, em uma enorme variedade de compostos ou radicais, que refletem a diversidade existente de plantas e microrganismos do solo. O N orgânico não está disponível às plantas, sendo necessária sua transformação em formas inorgânicas ou minerais, por meio do processo de mineralização. As formas minerais (amônio e nitrato) são aproveitáveis pelas plantas, e desta forma, de maior interesse para a nutrição vegetal (Corrêa, 1999).

Segundo Arf *et al.* (1999), a taxa de absorção do N ocorre, praticamente, durante todo o ciclo da cultura do feijoeiro, mas a época de maior exigência, quando a velocidade de absorção é máxima, acontece dos 35 aos 55 dias da emergência da planta. A maior parte é translocada para a semente durante o período de enchimento dos grãos (Amane, 1997). Desta forma, a adubação nitrogenada deve ser realizada de modo a propiciar boa nutrição da planta no período em que ainda é possível aumentar o número de vagens por planta, isto é, até o início do florescimento (Rosolem, 1996).

A preferência pela forma iônica de N pode mudar durante o ciclo da cultura, de acordo com o estágio de crescimento. Depois de absorvido pelas raízes, o N é transportado no xilema e depois redistribuído no floema, sendo ambos os processos rápidos. O  $\text{NH}_4^+$  absorvido pela planta deve ser incorporado ao esqueleto carbônico na raiz, sendo translocado na parte aérea na forma de aminoácidos, amidas e compostos relacionados para posterior utilização, não podendo ser armazenado, por ser tóxico à planta e por atuar como desacoplador de fotofosforilação (Marschner, 1995). O N absorvido na forma de nitrato poderá ser transportado como tal, dependendo do potencial de redução do nitrato nas raízes. Nas plantas fixadoras de  $\text{N}_2$ , o N será transportado em compostos como glutamina, asparagina e ureídeos (Faquim, 1994).

## 2.2 A importância do nitrogênio para o feijoeiro

O nitrogênio desempenha funções fundamentais na fisiologia do feijoeiro, atuando tanto na sua estrutura quanto no seu metabolismo (Taiz e Zeiger, 1991). O N altera a composição da planta de forma mais intensa do que qualquer outro nutriente, refletindo a competição por fotossintatos, entre várias rotas metabólicas (Marschner, 1995).

Os diversos compostos contendo N participam de várias funções metabólicas nas plantas, como absorção iônica, fotossíntese, respiração, biossíntese, multiplicação e diferenciação celulares (Malavolta *et al.*, 1997); osmorregulação, mantendo o equilíbrio eletroquímico celular pelo acúmulo de nitrato no vacúolo, e é constituinte de enzimas. O nitrato é reduzido a amônia pela atividade da redutase do nitrato e nitrito redutase em reações localizadas, respectivamente, no citoplasma e cloroplasto. O amônio é incorporado em  $\alpha$ -cetoglutarato formando aminoácidos, os quais seguem diferentes rotas metabólicas, como síntese de proteínas, coenzimas e ácidos nucléicos, dentre outras moléculas vitais (Marschner, 1995).

Nas folhas do feijoeiro, o teor de N varia de 15,4 a 51,0 g kg<sup>-1</sup> e nos caules, de 11,0 a 32,0 g kg<sup>-1</sup> (Oliveira e Thung, 1988). Já Raij *et al.* (1996) verificaram uma faixa mais estreita para o teor foliar de N considerada adequada para feijoeiro, entre 30 e 50 g kg<sup>-1</sup> e Dourado Netto e Fancelli (2000) verificaram que os teores críticos de N na folha do feijoeiro está compreendido entre 20,0 e 30,0 g kg<sup>-1</sup>.

Plantas com teores de N abaixo de 10,0 g kg<sup>-1</sup> em seus diferentes componentes e durante seu ciclo, são consideradas deficientes desse elemento (Oliveira e Thung, 1988). Segundo Oliveira *et al.* (1996), a deficiência de N no feijoeiro é caracterizada por plantas atrofiadas, com caules delgados; folhas apresentando coloração entre verde pálido e amarela; os ramos são reduzidos, com poucas produção de flores e as vagens contêm poucas e pequenas sementes. A coloração amarelada das folhas do feijoeiro, em condições de deficiência de N, está associada com a menor produção de clorofila e com modificações na forma dos cloroplastos.

De acordo com Parra (1989), as deficiências de N se verificam com maior frequência em solos degradados por manejo inadequado e com baixa disponibilidade de

matéria orgânica, em condições favoráveis ao processo de mineralização. Outra característica que está relacionada ao surgimento de sintomas de deficiência, é sua alta mobilidade no solo, podendo ser facilmente lixiviado para camadas mais profundas.

Segundo Hedge e Srinivas (1990), a irrigação exerce influências sobre a acumulação de nutrientes na cultura do feijoeiro. As mais freqüentes induzem ao aumento da quantidade total de N acumulado e de sua distribuição na planta, principalmente, devido à maior redução de matéria seca. Pessoa *et al.* (1996) observaram aumento nas quantidades totais de N, P e K acumulados pelo feijoeiro sob irrigação em relação ao cultivo não irrigado.

Embora a importância do N seja amplamente reconhecida e comprovada no crescimento e desenvolvimento das plantas, além do incremento da produção, é discutida a viabilidade da aplicação desse nutriente para as leguminosas, como é o caso do feijoeiro. Isso porque ele pode ser suprido, pelo menos em parte, por meio da fixação simbiótica (Oliveira *et al.*, 1996). Porém, estima-se, que para o feijoeiro, a capacidade de suprimento de N, via fixação, corresponda a apenas 20 a 33% do necessário (Cassini e Franco, 1998). A baixa freqüência de resposta à inoculação do feijoeiro em condições de campo é atribuída, na maioria das vezes, à susceptibilidade da planta aos mais diversos estresses ambientais, ao ataque de pragas e doenças e ao ciclo curto da cultura (Hardarson, 1993; Mercante *et al.*, 1999).

### **2.3 Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada**

A adubação com fertilizantes nitrogenados induz ao aumento da produção de grãos do feijoeiro, em conseqüência do incremento no número de vagens por plantas, no número de grãos por vagens e na massa de 100 grãos. O mais influenciado pela adubação nitrogenada e mais diretamente relacionado ao aumento da produtividade é o número de vagens por plantas (Almeida *et al.*, 1988; Calvache *et al.*, 1995; Diniz, 1995). Isso porque plantas de feijoeiro mal supridas de N produziram menos flores e, conseqüentemente, menos vagens e sementes por vagens (Milléo *et al.*, 1999).

Diniz (1995) verificou que o N aplicado em cobertura, induziu o aumento da produtividade de grãos, o número de vagens por planta, a altura de planta, a massa de 100 grãos e o estande final. Entretanto, Arf *et al.* (1991) não observaram diferenças

significativas com a aplicação de N no solo e, ou via foliar no número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Richart *et al.* (1998) também não observaram aumentos significativos na massa de 100 grãos e no número de grãos por vagens, com a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

Araujo *et al.* (1987) verificaram resultados conflitantes com relação à massa de 100 grãos, sendo que as doses de 30 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionaram aumentos significativamente superiores aos obtidos com a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, porém, não diferiram estatisticamente da testemunha. Essas divergências na resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada podem estar no fato de a planta apresentar ciclo curto (90 a 100 dias) e sistema radicular pouco desenvolvido, estando sujeito à queda de produtividade em função de qualquer tipo e nível de estresse (Rosolem e Boaretto, 1987). Ainda, conforme foi ressaltado por Rosolem (1996), as condições de resposta à aplicação de N estão sujeitas à situação do solo e do local de semeadura, tais como cultura anterior, teor de matéria orgânica, compactação do solo, textura do solo e irrigação.

Lima *et al.* (2001) estudaram a adubação parcelada com N via solo e observaram que, independentemente das doses utilizadas ou da fertilização com K, houve aumento da produção de matéria seca. A omissão de N em cobertura reduziu o teor de clorofila do feijoeiro, diminuindo a produção de matéria seca, mas não interferindo no número de flores.

Com relação à produtividade, Vieira (1998) cita que de um total de 71 ensaios conduzidos em 30 municípios de Minas Gerais, realizados em condições de campo, observou que em 61 % dos ensaios, houve resposta positiva à aplicação do N. Num ensaio conduzido em Tocantins, na Zona da Mata de MG, houve resposta positiva da cultura apenas à dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em levantamentos feitos por Rosolem (1996), observou-se variação muito ampla com relação à resposta do feijoeiro a doses de N, variando de 30 a 150 kg ha<sup>-1</sup>, sugerindo que a cultura, em algumas situações, pode responder a doses maiores que as recomendadas atualmente.

Ambrosano *et al.* (1996) verificaram que a aplicação de N no feijoeiro irrigado proporcionou aumento na produtividade da cultura, sendo que em solos de baixa fertilidade, houve resposta quando parcelou-se 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura.

O feijoeiro respondeu à adubação nitrogenada em cobertura, atingindo produção de grãos máxima de 3.170 kg ha<sup>-1</sup> com aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Mas, o

número de parcelamento do N em cobertura não influenciou a produtividade do feijoeiro. A dose máxima econômica foi de 132 kg ha<sup>-1</sup> para a produção de 3.079 kg ha<sup>-1</sup> (Barbosa Filho, 1999). Carvalho *et al.* (2001) observaram que a aplicação de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N propiciou, em média incrementos de 38 % na produtividade da cultura.

A adubação nitrogenada inadequada é outro fator que muitas vezes determina o insucesso no cultivo do feijoeiro. Enquanto alguns produtores continuam aplicando doses excessivas de N, outros aplicam quantidades insuficientes, limitando a produtividade da lavoura, mesmo que outros fatores de produção sejam otimizados. Frizzone (1986) verificou redução na produção de matéria seca de grãos, sob doses maiores que 120 kg ha<sup>-1</sup> de N e atribuíram essa redução ao desbalanço entre fotossíntese e respiração.

Segundo Tolley-Henry e Raper (1986), com o fornecimento de N excessivo, a planta apresenta declínio na atividade fotossintética, de modo a atingir níveis abaixo daqueles adequados à demanda de respiração das plantas. Com isso, há degradação de compostos orgânicos nitrogenados que passam a ser usados como fonte de energia, proporcionando acúmulo de amônio, redução no crescimento e na produção.

Carvalho (1992) e Calheiros *et al.* (1996) recomendam a dose de N de 90 kg ha<sup>-1</sup> para obtenção da máxima produtividade. Por outro lado, Silveira e Damasceno (1993) recomendam apenas 72 kg ha<sup>-1</sup> de N para maximizar a produtividade do feijoeiro.

Contudo, deve-se salientar que a maximização do uso de N pelo feijoeiro é de grande importância, tanto do aspecto econômico quanto ambiental, uma vez que esse nutriente apresenta risco ao meio ambiente pelo seu efeito potencialmente poluidor de lençóis freáticos.

## **2.4 Fixação biológica do nitrogênio**

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) consiste, essencialmente, na transformação biológica do nitrogênio (N<sub>2</sub>) atmosférico em amônia (NH<sub>3</sub>), sendo realizada principalmente por bactérias especializadas, em vida livres no ambiente ou em associação com plantas, principalmente leguminosas. Na associação com leguminosas, a bactéria denominada comumente de rizóbio caracteriza-se pela capacidade de interação



com o sistema radicular da planta hospedeira, promovendo o desenvolvimento de estruturas altamente especializadas – o nódulo radicular – onde se processa a FBN. Essa interação representa simbiose, ou mais especificamente, uma interação mutualística, pois a bactéria se beneficia do suprimento de fotossintatos ou carbono orgânico fornecidos pela planta hospedeira, enquanto a planta recebe N fixado pelo rizóbio microssimbionte na forma amoniacal, assimilando em composto nitrogenados que podem ser translocados para suas diferentes partes (Oliveira *et al.*, 1996).

A FBN em leguminosas consiste, essencialmente de três etapas principais: pré-infecção (complexa cadeia de sinais moleculares desencadeada pela planta hospedeira), infecção, desenvolvimento nodular e ativação e funcionamento do nódulo (Oliveira *et al.*, 1996).

De acordo com Oliveira *et al.* (1996), os principais fatores determinantes da produtividade do feijoeiro, que interagem com a FBN são: (a) acidez do solo - o alumínio solúvel, ou trocável ( $Al^{+3}$ ), interfere negativamente na sobrevivência do rizóbio no solo; (b) temperatura e umidade - podem influenciar a persistência do rizóbio no próprio inoculante, ou influenciar na sobrevivência das células de rizóbio inoculada no solo; (c) deficiências nutricionais - no caso do feijoeiro, a aplicação de elevadas doses de N por ocasião do plantio pode restringir seriamente a nodulação e, conseqüentemente, a fixação do N e a fisiologia da planta e simbiose com as estirpes nativas.

Resultados experimentais evidenciam que o potencial de fixação de N do feijoeiro, em condições de campo, pode chegar até  $110 \text{ kg ha}^{-1}$  por cultivo (Rennie, 1984). De acordo com Mendes *et al.*, (1995), para a maioria dos cultivares utilizados no Brasil que apresentam boa nodulação e ciclo de 80 a 90 dias, a fixação pode ficar em torno de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Durante muitos anos, o feijoeiro foi considerado leguminosa de nodulação específica, sendo nodulado apenas por *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*. Com os avanços e técnicas de biologia molecular e avaliação de um grupo maior de isolados que nodulam o feijoeiro, provenientes de diferentes regiões, foram constatadas características bastante heterogêneas entre eles (Mercante *et al.*, 1999). Isso permitiu que fossem divididos em dois grupos diferentes, correspondentes às estirpes tipo I e II (Martinez *et al.*, 1988; Brom *et al.*, 1988). Posteriormente, com base em diferenças

fisiológicas e genéticas, as estirpes tipo II foram reclassificadas numa nova espécie, *Rhizobium tropici*, sendo divididas em dois grupos, II A e II B (Martinez-Romero *et al.*, 1991). Segovia *et al.* (1993) reclassificaram as estirpes tipo I em *R. etli*. Mais recentemente, duas outras espécies capazes de nodular e fixar nitrogênio em feijoeiros, foram descritas: *R. gallicum* e *R. giardinii* (Amarger *et al.*, 1997).

Por muitos anos, as estirpes de *Rhizobium* usadas comercialmente para inoculação do feijoeiro do Brasil pertenciam ao grupo de estirpes tipo I (*R. leguminosarum* bv. *phaseoli* e *R. etli*), que apresentam elevado grau de instabilidade genética. Isto poderia explicar pelo menos em parte, a variabilidade nas respostas à inoculação do feijoeiro, com perdas freqüentes da eficiência simbiótica e, até mesmo, perda em sua viabilidade em culturas armazenadas (Flores *et al.*, 1988; Martinez-Romero *et al.*, 1991).

O conhecimento de que *R. tropici* apresenta maior estabilidade genética, pela menor reiteração dos genes *nifH*, levou a recomendação de que apenas a espécie *R. tropici* deveria ser utilizada na produção de inoculantes comerciais brasileiros para a cultura do feijoeiro (Hungria e Araujo, 1995). Atualmente, as estirpes CIAT 899 e PRF 81 de *R. tropici* são as recomendadas para a utilização em inoculantes comerciais no Brasil.

De fato, as pesquisas têm mostrado que a inoculação do feijoeiro com estirpes de *R. tropici* representa um grande potencial para o aumento da fixação de N<sub>2</sub> (Mercante *et al.*, 1999). Essas estirpes apresentam diversas características agronomicamente importantes para as condições tropicais, como tolerância a temperaturas elevadas, toxidez de alumínio, acidez elevada e altos níveis de antibiótico (Martinez-Romero *et al.*, 1991).

Contudo, deve-se considerar que as exigências nutricionais das plantas noduladas são maiores que daquelas que recebem N mineral, pois há necessidade de manter não apenas a planta e o rizóbio, mas também atender o requerimento específico do sistema simbiótico.

## **2.5 Resposta do feijoeiro à inoculação de rizóbio**

Há relatos de que cerca de 65 a 70% das sementes de soja utilizadas no Brasil são inoculadas, enquanto para sementes de feijão essa taxa não passa de 0,5% (Stone e Sartorato, 1994).

Os relatos dos efeitos do N combinado na simbiose do feijoeiro são contraditórios. Franco e Döbereiner (1968) observaram que a aplicação de dose equivalente a 20 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou aumento substancial na nodulação, enquanto Trichant e Rigauf (1984) demonstraram que a aplicação de N-nitrato na concentração de 3 mM causou redução no fornecimento do poder redutor para a dinitrogenase, contribuindo para redução na fixação de N. Mais recentemente, Silva *et al.* (1993) observaram que a aplicação de N foliar no feijoeiro inoculado foi menos supressiva que a aplicação ao solo e resultou em aumentos significativos na nodulação e atividade da nitrogenase. Os autores sugeriram que deve haver a possibilidade de se aumentar a fixação de N com aplicação de doses “homeopáticas” de N foliar.

Adeel *et al.* (1999) constataram que apenas a omissão de N-mineral na adubação reduziu a produção de matéria seca da parte aérea de feijão, tanto de plantas inoculadas como sem inoculação. Franco (1995) recomenda a inoculação como única fonte de N para cultivares que apresentam boa nodulação (Carioca e Ouro negro) e para níveis de produtividade de até 1.500 kg ha<sup>-1</sup>; deve ser recomendada adubação. Neste caso, para produtividades superiores, este autor recomenda a adubação com N mineral em cobertura no início do florescimento. Entretanto, resultados obtidos por Hungria *et al.* (2000) indicam que é possível que a cultura do feijoeiro se beneficie do processo de FBN, podendo alcançar níveis de produtividade de até 2.500 kg ha<sup>-1</sup>.

Peres *et al.* (1994), analisando o efeito da inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão, em solo de Cerrado, observaram que o número de nódulos por planta foi significativamente maior nos tratamentos com inoculação do que nas testemunhas e com N, apresentando em média mais de 20 nódulos por planta, numa fase bem inicial do ciclo. Na segunda avaliação de nodulação, o número e a massa de nódulos do tratamento inoculado foram maiores que da testemunha. Neste estudo, sobressaiu o cultivar Carioca, que apresentou ganho com a inoculação de 489 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, evidenciando elevado potencial de resposta à inoculação.

Em relação ao efeito do N sobre a massa nodular por planta, existe uma faixa na concentração de nitrato (4 a 14 mM), na qual se observam grandes reduções no

tamanho do nódulo. Em estudo no campo, verificaram-se maiores efeitos detrimenais do N sobre o crescimento dos nódulos do que na atividade específica deles. De acordo com Streeter (1988), o desenvolvimento do nódulo é mais influenciado pelo nitrato do que pelo amônio. Em geral, as doses de fertilizante nitrogenado recomendadas influem na nodulação a partir de 40 kg ha<sup>-1</sup> N ou 5 mM de N mineral, principalmente em solos de baixa fertilidade (Graham, 1981; Tsai *et al.*, 1993).

Barboza *et al.* (2002) observaram, em três safras, que a inoculação das sementes de feijão com as estirpes de *Rhizobium tropici* avaliadas não resultou em benefício para a nodulação, crescimento e produção do feijoeiro. Esse efeito foi atribuído à população nativa de rizóbio e ao pH relativamente baixo do solo.

Vieira *et al.* (2002), objetivando avaliar o comportamento de novas linhagens de feijoeiro comum na presença de adubação com N mineral ou inoculação das sementes com rizóbio, conduziram 10 ensaios em campo durante quatro safras. Em geral, a adubação com N mineral superou a inoculação, influenciando desde o estande final até o rendimento de grãos, mas a magnitude das diferenças foi dependente do fator safra (época das águas ou da seca), o que reforça a importância dos programas de melhoramento, da avaliação em diferentes safras e diferentes anos agrícolas.

## **2.6 Exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* e seu efeito na nodulação do feijoeiro**

### **2.6.1 Características taxonômicas, botânicas, agronômicas e sociológicas de *Mimosa flocculosa***

De acordo com o Sistema de Classificação de Cronquist, a taxonomia de *Mimosa flocculosa* obedece a seguinte hierarquia: Divisão: Magnoliophyta (angiosperma); Classe: Magnoliopsida (Dicotiledonea); Ordem: Fabales; Família: Mimosaceae (Leguminosae Mimosoidae); Espécie: *Mimosa flocculosa* Burkart. Também é conhecida popularmente como bracatinga-da-branca, bracatinga-do-campo, bracatinga-rósea, jurema e vassoura no Paraná (Carvalho, 2003).

Sua forma biológica é de arvoreta perenifólia, com 2 a 5 m de altura, na idade adulta, sendo a maior altura conhecida de 10 m, obtida em condições experimentais. Seu

tronco é irregular e curto, suas ramificações racemosa, dicotômica a tricotômica, com copa irregular, ampla e densa. Apresenta folhas compostas, bipinadas, paripinadas, saindo aos pares, com flores rósea e numerosas e os seus frutos são craspédio segmentado, formando 2 a 3 artículos, cor alaranjado ferrugíneo, pubescente, com até 5 sementes com forma irregular de cor marrom escura, com até 4 cm de comprimento (Carvalho, 2003).

Como características sociológicas, a *Mimosa flocculosa* é invasora de terrenos abertos e se propaga por meio de semente, apresenta vida muito curta (1 a 5 anos). É encontrada de 23° S em MS a 25° S no PR, no Brasil, atingindo 26 ° S no Paraguai. Habita em locais úmidos, sujeitos a períodos de encharcamento, onde forma agrupamentos densos. Seu crescimento é rápido no primeiro ano após o plantio, atingindo de 2 a 4 m de altura (Carvalho, 2003).

**Pode ser usada como fonte de energia (lenha), apenas para uso doméstico, em regiões apícolas, pois apresenta potencial melífero, sendo suas flores muito atrativas e visadas por abelhas e outros insetos, produzindo pólen e néctar em grande quantidade. É utilizada em paisagismo, pois possui folhas claras, precocidade e belas flores róseas. Agronomicamente, é usada para reflorestamento em áreas de recuperação ambiental, pois tem potencial para recuperação de solos erodidos, rasos, áreas degradadas pela exploração de minérios e áreas terraplanadas. Isso, por cobrir rapidamente o terreno, fixar N<sub>2</sub>, apresentar boa deposição de biomassa no solo e permitir aparecimento de regeneração natural rica e diversificada. Também, é recomendada para cultivo em solos com drenagem lenta e em**

## **margens desmatadas de rios (Carvalho, 2003).**

### **2.6.2 Nodulação do feijoeiro em resposta à adição de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa***

A coordenação das diversas etapas da formação dos nódulos radiculares em leguminosas ocorre por uma intensiva troca de sinais moleculares entre a planta e seu microssimbionte. Esse processo se inicia com a exsudação de diferentes substâncias (compostos fenólicos) pela planta hospedeira, que, além de atuarem como quimioatratantes para a bactéria, são capazes de atuarem como indutores dos genes da nodulação do rizóbio (Firmin *et al.*, 1986; Redmond *et al.*, 1986). Quando tais genes são ativados, os microssimbiontes são estimulados a sintetizarem outros sinais, denominados oligossacarídeos lipoquitínicos (López-Lara *et al.*, 1995). Revisões com melhor detalhamento sobre os genes da nodulação do rizóbio e os sinais moleculares envolvidos na nodulação de leguminosas podem ser verificadas em Hungria (1994) e Mercante *et al.* (2002).

Neste contexto, resultados experimentais recentes têm mostrado a possibilidade de se obter incrementos na nodulação de leguminosas por meio do efeito sinérgico entre compostos indutores dos genes da nodulação, presentes nos exsudatos de sementes e raízes de determinadas espécies vegetais.

Kapulnik *et al.* (1987) constataram que a adição de flavonóides indutores às raízes de alfafa inoculada aumentou a nodulação, mostrando que naquelas condições, os flavonóides eram os fatores limitantes. Em relação ao feijoeiro, Hungria *et al.* (1992) observaram um aumento na transcrição dos genes da nodulação de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* pela ação sinérgica entre a malvidina, principal indutor das sementes de feijão, e a genisteína, indutor mais ativo das raízes. Do mesmo modo, foi observado um aumento na nodulação do feijoeiro quando consorciado com *Mimosa flocculosa* e inoculado com estirpes de *R. tropici* (Cunha, 1992).

Mercante e Franco (2000), testando a adição de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* e de *Leucaena leucocephala*, no semeio do feijoeiro, em condições axênicas, observaram que ambas proporcionaram aumentos significativos na sua

nodulação, quando a estirpe CNF 42 de *R. etli* foi inoculada. Nesse caso, verificou-se aumento na nodulação de 46 e 40%, respectivamente, em relação ao tratamento com *P. vulgaris* não supridos com exsudatos adicionais. Nos testes “in vitro”, utilizando estirpes marcadas com gene *gusA*, a mistura de exsudatos de sementes de feijoeiro e *M. flocculosa* também promoveu aumentos significativos na expressão dos genes da nodulação, tanto de estirpes de *R. tropici* quanto de *R. etli*. Estes mesmos autores verificaram que o estabelecimento da nodulação do feijoeiro em vasos com solo Podzólico Vermelho Amarelo, onde houve a inoculação da estirpe CIAT 899 de *R. tropici*, a adição de exudato de semente de *M. flocculosa* neutralizou o efeito inibitório do N mineral na produção de nódulo do feijoeiro, efeito este não observado com a inoculação das demais estirpes de rizóbio. Contudo, resultados experimentais obtidos por Mercante *et al.* (1995) demonstraram que a presença de N-mineral no momento da indução não inibiu a expressão dos genes *nodABC* de estirpes de *R. tropici*, *R. etli* e *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, apesar de a nodulação de dois cultivares de feijoeiro terem sido inibidas, mesmo em baixos níveis de N adicionados.

## **2.7 Influência da rotação de culturas, adubação nitrogenada e inoculação de rizóbio na produtividade do feijoeiro**

O feijoeiro tem sido usado em rotação com milho, aveia, soja, trigo, leguminosas forrageiras e diferentes tipos de sorgo. Nas áreas onde foi usado o plantio direto tem-se verificado aumentos dos níveis de nutrientes, aumento da atividade de microrganismos, melhor aproveitamento do nitrogênio fixado, melhor infiltração e armazenamento de água, maior estabilidade dos agregados do solo, aumento na produção de matéria seca e controle da variação de temperatura do solo (Silva *et al.*, 1996).

Na implantação e na condução do sistema plantio direto (SPD) de maneira eficiente, é indispensável que o esquema de rotação de cultura promova na superfície do solo a manutenção permanente de quantidade mínima de palhada, que não deve ser inferior a 2,0 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca (Fiorin e Campos, 1998). Como segurança, devem ser adotados sistemas de rotação que produzam em média 6 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> ou mais de matéria seca. Neste caso, a soja contribui com muito pouco, raramente ultrapassando 2,5

t ha<sup>-1</sup> de massa (Ruedell, 1998), mas é uma cultura altamente rentável, devendo ser incluída no sistema. Por outro lado, a cultura do milho, de ampla adaptação a diferentes condições, tem ainda a vantagem de deixar grande quantidade de restos culturais que, se bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar o solo (Fiorin e Campos, 1998).

A rotação de culturas, como prática corrente na produção agrícola, tem recebido, ao longo do tempo, reconhecimento acentuado do ponto de vista técnico, como um dos meios indispensáveis ao bom desenvolvimento de uma agricultura estável. Diversos estudos têm demonstrado os efeitos benéficos da rotação de culturas, tanto sobre as condições de solo quanto sobre a produção das culturas subseqüentes em relação à massa de 100 grãos e produtividade (Gaudêncio *et al.*, 1986). Isso vem confirmar a tendência de obtenção de resultados benéficos da adubação verde, ainda que no verão, sobre o rendimento do feijoeiro (Arf *et al.*, 1996; Silva *et al.*, 1996; Silveira e Silva, 1996) e também do milho como sua cultura antecessora (Santos *et al.*, 1996; Silveira e Silva, 1996).

Em termos de qualidade de fitomassa, a incorporação de leguminosas tem sido mais vantajosa ao feijoeiro do que a de gramíneas (Bulisani *et al.*, 1987). Nessa situação, expressam-se com intensidade os efeitos de cobertura da superfície do solo (“mulch”), de maior aeração, de penetração de raízes, de maior capacidade de retenção de água e sensível redução na variação de temperatura diária do solo (Bulisani *et al.*, 1987). Além disso, conforme Miyasawa *et al.* (1993), os efeitos dos resíduos vegetais das leguminosas na melhoria da fertilidade dos solos ácidos, embora sejam de curta duração, podem ser muito importantes, pelo menos na fase inicial da cultura subseqüente.

Teixeira *et al.* (1994), ao avaliarem dez rotações de culturas, verificaram que as rotações com leguminosas determinaram os maiores incrementos de N total no solo. Miyazawa *et al.* (1993), testando várias espécies de plantas, incluindo leguminosas, consideraram que, pelo menos na fase inicial, a próxima cultura num sistema de rotação pode beneficiar-se em termos de fertilidade do solo com os resíduos vegetais, sobretudo os de menor relação C:N, por serem os mais eficientes na neutralização do H<sup>+</sup>.

Reginato e Souza (2003) observaram que o esquema de rotação que proporcionou maior produção de grãos foi aquele em que se empregou como cultura



antecessora o nabo forrageiro, com média de 1.193 kg ha<sup>-1</sup>, seguida pelo cultivo da aveia preta com produção de 1.127 kg ha<sup>-1</sup>.

Em estudos de viabilidade econômica de sistemas agrícolas irrigados por aspersão nos cerrados, Santos *et al.* (1996) e Silveira e Silva (1996) obtiveram os melhores retornos econômicos quando o feijoeiro e o milho foram componentes do mesmo esquema de rotação de culturas, em vista dos níveis de produtividade alcançados e da relação de preços dos insumos e de produtos na época da análise. Apesar dos custos de produção serem maiores para o feijoeiro, obteve-se a mais alta liquidez com essa cultura.

Oliveira *et al.* (2002) observaram que as maiores produções foram obtidas quando o feijão foi semeado no solo sobre palhada de milho consorciado com *Brachiaria brizantha* (3.508 kg ha<sup>-1</sup>), seguidos de soja (3.273 kg ha<sup>-1</sup>) e arroz (3.255 kg ha<sup>-1</sup>). Considerando que o solo apresentava-se com boa fertilidade para a produção do feijoeiro, as altas produções obtidas onde se cultivou milho, a braquiária e o sorgo, foram atribuídas às altas quantidades de resíduos produzidos, ao N proveniente do resíduo cultural mineralizado e ao efeito desses resíduos na umidade do solo. As altas produções obtidas onde se cultivou a soja podem ser atribuídas ao N deixado no solo pela cultura por meio da fixação biológica.

Wutke *et al.* (1998), estudando o rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com culturas graníferas e adubos verdes, constataram efeito positivo das rotações em relação ao pousio na cultura do feijoeiro. O tratamento com a mucuna-preta, foi o que se sobressaiu seguido de *Crotalaria juncea* e milho. Para esses tratamentos, obtiveram-se aumentos percentuais médios de, respectivamente, 15,4%, 14,1% e 2,1% em relação àquele com pousio, significando aumentos de rendimento correspondentes a 276 kg ha<sup>-1</sup>, 253 kg ha<sup>-1</sup> e 38 kg ha<sup>-1</sup>. Entretanto, Silveira *et al.* (1994) concluíram, após quatro anos de estudo, que o feijão produz menos quando cultivado após o milho, em relação ao arroz.

Silveira *et al.* (2001) concluíram que, de modo geral, os piores rendimentos do feijoeiro foram alcançados nas rotações milho-feijão e milho-feijão-milho-feijão-arroz-feijão e os melhores nas rotações arroz/calopogônio e arroz. A menor produtividade do feijoeiro após o milho foi atribuída, em parte, à deficiência de N, pela maior competição dos microrganismos, pelo nutriente, durante a decomposição da palhada do milho. Em

feijoeiros cultivados em sucessão ao milho, Salgado *et al.* (1992) observaram clorose semelhante à desenvolvida por deficiência de N e menores conteúdos e teores de N na planta, em relação à sucessão ao arroz, sendo que, para esses tratamentos, sugeriu-se aumentar a dosagem de N.

Lollato *et al.* (2002) citam a ocorrência de baixa produtividade do feijoeiro, mesmo sem problema fitossanitário aparente, quando cultivado sobre palhada da mesma espécie, arroz ou soja.

Chagas *et al.* (2002) estudando os modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura de feijoeiro irrigado no inverno, em Leopoldina e Oratório (MG), observaram diferenças significativas entre doses de N em feijoeiro semeado sobre a palhada de milho. Em Oratórios, o efeito da adubação nitrogenada foi bastante pronunciado, pois enquanto o rendimento de feijão com aplicação de N produziu em média 2.268 kg ha<sup>-1</sup>, o tratamento sem N produziu apenas 1.398 kg ha<sup>-1</sup>, com ponto de máxima produção em 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em Leopoldina esse efeito foi menos intenso.

Estudos conduzidos por Urchei *et al.* (2000) mostraram que, no cultivo do feijoeiro irrigado sob sistema plantio direto, houve um aumento na produção de matéria seca total, no índice de área foliar, na taxa de crescimento da cultura, na taxa de crescimento relativo, na taxa assimilatória líquida, apresentando menor razão de área foliar.

**De modo geral, o plantio direto tem proporcionado melhores condições para o aproveitamento do N pelas culturas, proveniente de adubações minerais, e, por outro lado, tem influenciado positivamente a produção de nódulos em leguminosas (Voss e Sidiras 1985; Araújo e Henson, 1988), quando se utilizam sementes inoculadas. Experimentos realizados em Latossolo Vermelho Escuro, em Goiânia-GO, indicaram que o plantio direto favoreceu o aumento da massa seca da parte aérea, dos**

**nódulos das raízes e da produtividade do feijoeiro, quando as sementes receberam inoculação (Embrapa, 1994). Pelo não revolvimento do solo, o plantio direto favorece o acúmulo de matéria orgânica sobre as camadas mais superficiais do solo, a qual influencia positivamente no crescimento dos nódulos (Vieira *et al.*, 1999).**

De acordo com Andrade *et al.* (2000), algumas plantas em rotação estimulam diferencialmente o número de células e a diversidade da população de rizóbio do solo, dentre elas citam-se a leucena, a crotalaria e a mucuna, que são capazes de aumentar o estímulo à nodulação do feijoeiro em até 1.000 vezes.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Área experimental**

**A pesquisa foi desenvolvida no período de março a julho 2003, em área do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias (NCA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Dourados, MS. O município localiza-se a 22° 14' de latitude Sul e 54° 49' de longitude Oeste e altitude de 452**

metros. O clima regional é classificado pelo sistema internacional de Köppen como Mesotérmico úmido (Mato Grosso do Sul, 1990). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, originalmente sob vegetação de cerrado, do qual foram coletadas amostras na profundidade de 0 – 20 cm para obtenção das características químicas, determinadas conforme Embrapa (1997) (Quadro 1).

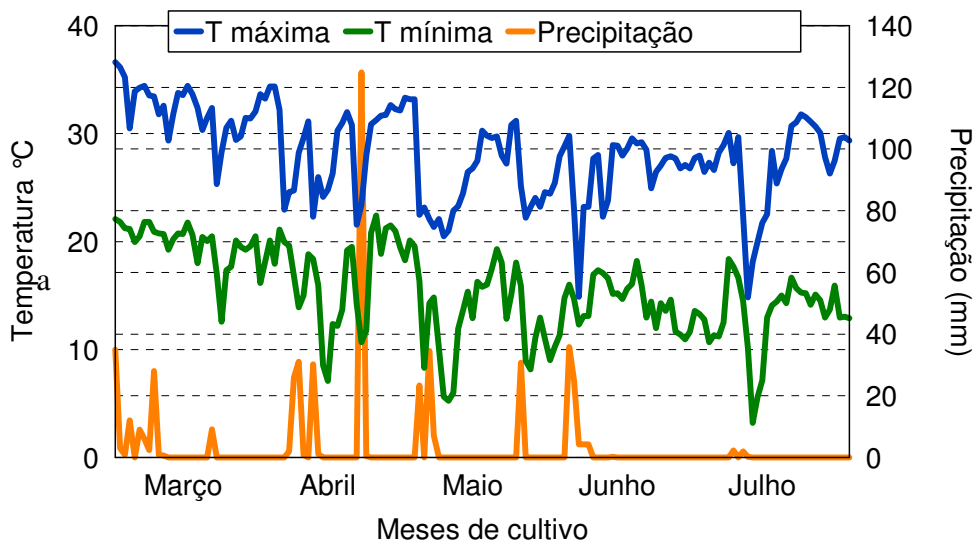
Quadro 1. Atributos químicos da amostra de solo da área experimental <sup>1</sup>

Atributos	Ex
pH (1:2,5)	Ág
pH (1:2,5)	Ca
M.O. (g.dm <sup>-3</sup> )	W
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	M
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> .d m <sup>-3</sup> )	M
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> .d m <sup>-3</sup> )	K
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> .d m <sup>-3</sup> )	K

$\text{Al}^{3+}$   
 (mmol<sub>c</sub>.d  
 m<sup>-3</sup>)  
 $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$   
 (mmol<sub>c</sub>.d  
 m<sup>-3</sup>)  
 Soma de  
 Bases  
 (mmol<sub>c</sub>.d  
 m<sup>-3</sup>)  
 CTC  
 (mmol<sub>c</sub>.d  
 m<sup>-3</sup>)  
 V (%)

(1) Análises realizadas no Laboratório do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da UFMS.

As precipitações pluviométricas correspondente às quantidades de chuva ocorrida no local de instalação do experimento, e as temperaturas foram extraídas de um conjunto de dados pertencentes à estação agrometeorológica do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias – UFMS (Figura 1). A umidade relativa do ar ocorrida durante o período de março a julho de 2003 ficou em torno de 77%.



Figur

1: Médias mensais de temperaturas (°C) máximas e mínimas, e precipitações ocorridas no período de março a julho de 2003, no município de Dourados-MS.

### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, com 24 tratamentos dispostos em parcelas sub-subdivididas. As parcelas foram constituídas de duas culturas de verão antecessoras à cultura do feijão: soja (*Glycines max* L. Merrill) e milho (*Zea mays* L.). Nas subparcelas, foram aplicados três tratamentos envolvendo a inoculação das sementes de feijão: (a) testemunha sem inoculação; (b) inoculação das estirpes CIAT 899 + PRF 81 de *Rhizobium tropici* nas sementes de feijão; e (c) associação do inoculante contendo as estirpes de rizóbio acima mencionadas com a adição de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa*. As sub-subparcelas foram constituídas de quatro doses de adubação nitrogenada: 0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A fonte de N utilizada foi uréia, sendo aplicados 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura para todos os tratamentos, exceto à testemunha, e o restante aplicado em cobertura no estágio V6 (seis trifólios), na forma manual, na entre linha da cultura, ao lado das plantas. Cada parcela media 36 metros de comprimento por 10 metros de largura, e as subparcelas eram compostas por seis linhas de feijão com 36 metros de comprimento. As sub-subparcelas foram sorteadas ao acaso dentro das subparcelas, sendo representadas por seis linhas de feijão com cinco metros de comprimento.

### 3.3 Obtenção do exsudato de sementes de *Mimosa flocculosa*

Para a obtenção dos exsudatos das sementes de *Mimosa flocculosa*, foram adotados os procedimentos utilizados por Mercante e Franco (2000). Assim, as sementes foram escarificadas com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, por 5 minutos, e lavadas em água corrente. Em seguida, foram tratadas com álcool absoluto por 30 segundos, e imersas em hipoclorito de sódio (30%) por três minutos e lavadas com água destilada esterilizada. Posteriormente, foram imersas em 100 mL de água destilada esterilizada,

onde permaneceram em leve agitação (80 rpm) por 15 horas, obtendo-se assim a solução com os exsudatos de sementes.

### **3.4 Inoculação de rizóbio nas sementes de feijoeiro e adição de exsudatos de sementes de *M. flocculosa***

Para a inoculação, utilizaram-se 100g de inoculante turfoso produzido pela FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Porto Alegre, RS), contendo as estirpes CIAT 899 e PRF 81 de *Rhizobium tropici*, para 10 kg de sementes de feijoeiro, var. IAPAR 81. Para melhor aderência do inoculante, foram adicionados às sementes 36 mL de solução açucarada, a 10%. No tratamento com adição de exsudatos de sementes de *M. flocculosa*, adicionou-se 60 mL do exsudato para cada 10 kg de semente.

### **3.5 Implantação e condução do ensaio**

O feijão do grupo Carioca variedade IAPAR 81, foi semeado mecanicamente em 14 março de 2003, obedecendo aos tratamentos de inoculação das sementes, utilizando-se uma semeadora equipada para plantio direto, com três linhas de semeadura, espaçadas 0,45 m entre si, regulada para distribuir 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 00-20-20 e densidade de 12 sementes por metro linear.

Para o controle de plantas daninhas, antes da semeadura do feijão, utilizou-se o herbicida “glyphosate”, na dose de 3,0 L ha<sup>-1</sup>, e para o controle de plantas daninhas em pós-emergência, realizado em abril e maio de 2003, utilizou-se os herbicidas bentazon + acifluorfen-sódio em mistura comercial com dose de 1,2 L ha<sup>-1</sup>, e o herbicida sethoxydim na dose de 1,2 L ha<sup>-1</sup>.

**A irrigação foi realizada por sistema de aspersão convencional, com os aspersores dispostos no espaçamento 12 x 12 metros. O manejo das irrigações foi realizado utilizando-se tensiômetros de mercúrio. As irrigações foram**

**efetuadas de acordo com a necessidade hídrica da cultura, cujo critério se baseou sempre no momento em que os tensiômetros, instalados a 0,15 e 0,30 m, indicavam uma tensão superior a 40 kPa.**

Em praticamente todo o ciclo, quando detectado a presença da mosca branca (*Bemisia tabaci*) foi realizado o controle com o inseticida methamidophos, na dose de 0,5 L ha<sup>-1</sup> e diametoxam, na dose de 30 g ha<sup>-1</sup>.

### **3.6 Características avaliadas**

No florescimento, foram coletadas cinco plantas inteiras em linha contínua, logo após a bordadura, para obtenção da massa seca da parte aérea, teor de N da parte aérea, número e massa de nódulos secos.

#### **3.6.1 Massa seca e teor de N parte aérea da planta**

Após a coleta, as plantas foram lavadas, colocadas em sacos de papel, e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante. Após a pesagem, o material vegetal foi moído em moinho tipo Willey e, submetido à digestão sulfúrica para determinação do teor de N-total, através do método Kjeldahl, segundo Malavolta *et al.* (1997).

#### **3.6.2 Número e massa seca de nódulos**

No florescimento pleno das plantas, foi aberta uma trincheira e retirado todo o volume de solo a 15 cm de profundidade para coleta das raízes de cinco plantas e obtenção dos nódulos. Após a lavagem das raízes, os nódulos foram destacados, contados e levados à estufa com circulação forçada de ar a 65°C. Depois de 36 horas, foram pesados para obtenção da massa seca.

#### **3.6.3 Produtividade de grãos e número de vagens por planta**

Após a maturação fisiológica, foram colhidas as plantas das duas linhas centrais de cinco metros de comprimento dentro de cada sub-subparcela. Após as



plantas serem trilhadas para debulha das vagens, os grãos foram pesados, e a produção extrapolada para  $\text{kg ha}^{-1}$ . Durante a colheita foram amostradas aleatoriamente 5 plantas por parcela onde se determinou o número de vagens por planta.

#### **3.6.4 Massa de 100 grãos**

Com auxílio de um tabuleiro contador de cinquenta aberturas, foram feitas três amostras de 100 grãos cada. Em seguida, essas amostras foram pesadas em balança analítica com duas casas decimais, e através da média geral das três amostras, determinou-se a massa de 100 grãos.

#### **3.6.5 Teor de N nos grãos**

Após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a  $65^{\circ}\text{C}$  até massa constante, os grãos foram moídos e procedeu-se a extração através da digestão sulfúrica para determinação do teor de N através do método Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

### **3.7 Análise Estatística**

**Para os procedimentos estatísticos utilizou-se o aplicativo computacional SAEG 5 (Ribeiro Jr., 2001). Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e quando houve significância pelo teste F, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para os dados quantitativos foi realizada a análise de regressão, até 5% de probabilidade.**

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Massa seca da parte aérea

A massa seca da parte aérea das plantas de feijoeiro foi influenciada ( $p < 0,05$ ) apenas pela inoculação (Quadro 2).

Quadro 2. Resumo da análise de variância para massa seca da parte aérea de planta de feijão, em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio
Bloco	3	6,7486 <sup>ns</sup>
Sucessão (Suc)	1	6,6115 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	3	6,5000
Inoculação (Inoc)	2	61,9492*
Interação (Suc x Inoc)	2	7,5093 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	12	9,1531
Dose N	3	25,1218 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Suc)	3	17,5641 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Inoc)	6	3,3111 <sup>ns</sup>
Int. (Dose N x Inoc x Suc)	6	2,2439 <sup>ns</sup>
Resíduo	54	10,0499
CV (%)	-	20,03

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A maior produção de massa seca da parte aérea foi observada quando se utilizou a inoculação associada a exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* (Quadro 3), que ocorreu, provavelmente, devido ao estímulo dado à nodulação do feijoeiro pelo exsudato utilizado. Tal estímulo pode ter ocorrido em função do efeito sinérgico promovido pelo aumento de indutores dos genes da nodulação do rizóbio. Apesar de não ter sido estatisticamente diferente, o número e a massa nodular das raízes quando

associado ao exsudato de sementes de *M. flocculosa*, em magnitude foi superior aos demais tratamentos, independente da sucessão à soja ou ao milho. Isso pode ter contribuído para maior eficiência do processo de fixação biológica de N<sub>2</sub> e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento das plantas.

Quadro 3. Massa seca da parte aérea do feijoeiro (g planta<sup>-1</sup>), em função da inoculação

Inoculação	Massa seca
Inoculação + <i>Mimosa flocculosa</i>	17,42 a
Testemunha	14,90 b
Inoculação	15,46 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De fato, as pesquisas têm mostrado que a inoculação do feijoeiro com estirpes de *R. tropici* representa um grande potencial para o aumento da fixação de N<sub>2</sub> (Martinez-Romero *et al.*, 1991; Mercante *et al.*, 1998). A falta de resposta à inoculação do feijoeiro, muitas vezes, reflete a baixa infecção dos nódulos por uma estirpe inoculada mais eficiente em comparação com as estirpes nativas do solo (Graham, 1981; Thies *et al.*, 1991). Experimentos para estudar a competição entre estirpes de *Rhizobium* demonstraram o grande potencial do grupo de estirpes pertencentes à espécie *R. tropici* (Stralioetto *et al.*, 1991; Vlassak *et al.*, 1996) para nodulação do feijoeiro.

#### 4.2 Número e massa dos nódulos do feijoeiro

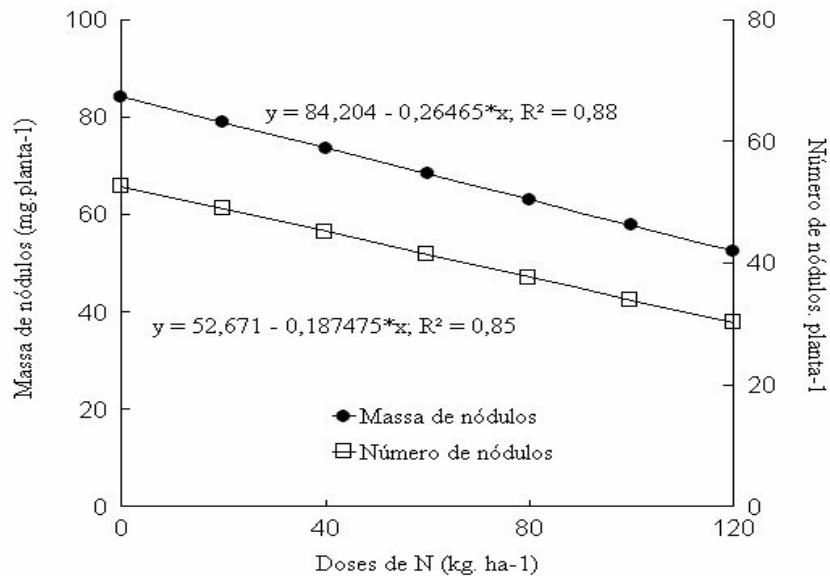
**Com relação ao número e massa de nódulos, verificou-se efeito significativo (p<0,01) apenas para as doses de N aplicada às plantas (Quadro 4).**

Quadro 4. Resumo da análise de variância para o número e massa dos nódulos das raízes do feijoeiro, em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios	
		Nº de nódulos	Massa de nódulos
Bloco	3	911,865 <sup>ns</sup>	257,083 <sup>ns</sup>
Sucessão (Suc)	1	3425,35 <sup>ns</sup>	37,5000 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	3	654,1449	344,184
Inoculação (Inoc)	2	718,531 <sup>ns</sup>	1191,88 <sup>ns</sup>
Interação (Suc x Inoc)	2	116,844 <sup>ns</sup>	153,781 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	12	247,0589	552,3611
Dose N	3	2647,91 <sup>**</sup>	5441,58 <sup>**</sup>
Interação (Dose N x Suc)	3	818,295 <sup>ns</sup>	10,781 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Inoc)	6	257,036 <sup>ns</sup>	771,88 <sup>ns</sup>
Int. (Dose N x Inoc x Suc)	6	403,110 <sup>ns</sup>	696,865 <sup>ns</sup>
Resíduo	54	326,6068	843,0093
CV (%)	-	43,63	43,52

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A massa e o número de nódulos decresceram linearmente, à medida que houve aumento da adubação nitrogenada nas doses testadas (Figura 2). Este fato também foi observado por Trichant e Rigau (1984), que demonstraram que a aplicação de N-nitrato na concentração de 3 mM causou redução no fornecimento de poder redutor para a dinitrogenase, contribuindo para redução na fixação de N<sub>2</sub>.



**Figura 2: Massa e número de nódulos do feijoeiro, grupo Carioca variedade IAPAR 81, em função das doses de N.**

Em relação ao efeito do N sobre a massa nodular por planta, existe uma faixa na concentração de nitrato foliar (4 a 14 mM), na qual se observam grandes reduções no tamanho do nódulo. Em estudo no campo, verificaram-se maiores efeitos deletérios do nutriente sobre o crescimento dos nódulos do que na atividade específica do nódulo. O desenvolvimento do nódulo é mais influenciado pelo nitrato do que pelo amônio (Streeter, 1988). Em geral, as doses de fertilizante nitrogenado influenciam a nodulação a partir de 40 kg ha<sup>-1</sup> N ou 5 mM de N mineral, principalmente em solos marginais e de baixa fertilidade (Graham, 1981; Tsai *et al.* 1993).

O efeito inibitório do N na formação dos nódulos e na fixação de N<sub>2</sub> interfere, segundo Streeter (1988, citado por Mercante e Franco, 2000) em vários estágios: controlar a produção de flavonóides pela planta; influenciar a adesão da bactéria à parede celular da raiz; alterar a taxa de infecção do rizóbio, a atividade da nitrogenase e a massa de nódulo por planta. De acordo com Schultze *et al.* (1994), o primeiro efeito do N mineral no estabelecimento da simbiose ocorre já no reconhecimento da planta hospedeira e o *Rhizobium* atuando em diferentes etapas no processo de infecção: (1) ausência de indução de gene *nod* do rizóbio pela perda de flavonóides indutores e, ou,

repressão da expressão do gene *nod*; (2) incapacidade da bactéria em ligar-se aos pêlos radiculares para iniciar a deformação dos pelos radiculares e formação do cordão de infecção.

Mercante e Franco (2000) citaram evidências de que determinados hormônios da planta poderiam estar envolvidos no controle da nodulação quando o N é adicionado, como o ácido indol acético (AIA) que é necessário para o processo de infecção, o qual pode ser destruído pelo nitrito formado pela adição de nitrato. Estes autores, contudo, mencionam que o AIA ligado ao nitrato, pelo menos parcialmente, compensaria o efeito negativo do nitrato na infecção.

**Ao analisarmos o Quadro 5 e 6 nota-se um aumento em magnitude na massa e no número de nódulos por planta, quando adicionados exsudatos das sementes de *Mimosa flocculosa*, fato este que, provavelmente, contribuiu para o desenvolvimento da parte aérea das plantas.**

**Quadro 5. Números de nódulos por planta de feijão em função da adubação nitrogenada e inoculação, em sucessão a cultura da soja e do milho**

Inoculação	DOSES N				Média
	0	40	80	120	
SUCESSÃO SOJA					
Testemunha	62,5	53,5	43,4	37,1	49,1
Inoculante	59,9	43,1	33,8	27,5	41,1
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	62,4	51,4	56,7	37,5	51,9
Média	61,6	49,3	44,6	34,1	47,4
SUCESSÃO MILHO					
Testemunha	41,3	53,7	38,1	22,8	38,9
Inoculante	31,7	49,7	32,5	19,6	33,4
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	48,7	56,8	29,8	27,8	40,8

Média	40,5	52,43	33,5	25,4	37,9
-------	------	-------	------	------	------

**Quadro 6. Massa de nódulos (mg planta<sup>-1</sup>) do feijoeiro em função da adubação nitrogenada e inoculação, em sucessão a cultura da soja e do milho**

Inoculação	DOSES N				Média
	0	40	80	120	
	SUCESSÃO SOJA				
Testemunha	87,0	69,8	75,3	54,0	71,5
Inoculante	72,5	58,8	48,3	74,3	63,4
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	79,3	88,3	76,7	59,3	79,9
Média	79,6	72,3	66,7	62,5	71,6
	SUCESSÃO MILHO				
Testemunha	81,3	97,8	69,0	45,8	73,4
Inoculante	58,0	76,8	56,3	37,8	57,2
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	89,8	94,8	59,9	49,9	73,6
Média	76,3	89,8	61,7	44,5	68,2

### 4.3 Número de vagens por planta

A análise de variância para o número de vagens por planta não foi significativa ( $p < 0,05$ ) para sucessão de cultura, para a inoculação, doses de nitrogênio e suas interações (Quadro 7).

Quadro 7. Resumo da análise de variância do número de vagens por planta de feijão em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio
Bloco	3	0,3353 <sup>ns</sup>
Sucessão (Suc)	1	0,0020 <sup>ns</sup>

Resíduo (a)	3	0,0243
Inoculação (Inoc)	2	0,2937 <sup>ns</sup>
Interação (Suc x Inoc)	2	0,3442 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	12	0,2735
Dose N	3	0,2540 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Suc)	3	0,1782 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Inoc)	6	0,1840 <sup>ns</sup>
Int. (Dose N x Inoc x Suc)	6	0,0356 <sup>ns</sup>
Resíduo	54	0,1699
CV (%)	-	3,14

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O número médio de vagens por planta foi menor (Quadro 8) que o encontrado por Reginato e Souza (2003) que foi de 16 vagens. Apesar de o número de vagens por planta ser uma característica controlada geneticamente, Corrêa (1999) estudando adubação nitrogenada em solos de várzea, encontrou respostas significativas dessa característica para as doses de N aplicadas em diferentes tipos de solo; além disso, observou relação direta com a produção de grãos.

### **Quadro 8. Número de vagens por planta em função da adubação nitrogenada, inoculação, e sucessão soja e milho**

Inoculação	DOSES N				Média
	0	40	80	120	
SUCESSÃO SOJA					
Testemunha	13,2	13,3	13,3	13,6	13,3
Inoculante	12,6	12,9	13,1	13,2	12,9
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	13,10	13,2	12,9	13,2	13,1
Média	12,9	13,2	13,1	13,3	13,1
SUCESSÃO MILHO					
Testemunha	13,0	13,3	13,1	13,3	13,2
Inoculante	13,2	13,1	12,8	13,3	13,1
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	13,2	13,4	12,8	12,9	13,1
Média	13,2	13,3	12,9	13,2	13,1



**Teixeira (1998) observou que o número médio de vagens por planta foi semelhante nas três safras (inverno-primavera, seca e das águas), sendo que nas águas apresentou uma estimativa de 7,6 vagens por planta, contra 8,3 vagens por planta, nas demais safras. Entretanto, o incremento da dose de N resultou em acréscimo linear no número de vagens. Os acréscimos podem ser devido a maior altura de plantas e,ou maior emissão de ramos reprodutivos.**

Como pode ser observado anteriormente, quando as sementes de feijão foram inoculadas com rizóbio e adicionado exsudato de *M. flocculosa* houve um aumento na massa seca da parte aérea, porém, esse crescimento não influenciou no aumento do número de vagens por planta, provavelmente, devido à baixa temperatura ocorrida na época do florescimento (Figura 1). Segundo Fancelli e Dourado Netto (2001) quando no florescimento há predominância de temperaturas baixas pode afetar o processo de fecundação de flores. A germinação do pólen do feijoeiro é reduzida em temperaturas inferiores a 10°C, ao passo que temperaturas abaixo de 16,8°C concorrem para a redução do crescimento do tubo polínico, interferindo no processo de fertilização. Temperaturas menores que 12°C também resultam na redução do número de vagens por plantas e de sementes por vagens.

#### **4.4 Produtividade de grãos**

**Com relação à produtividade do feijoeiro, a análise de variância não detectou diferença estatística significativa, entre a sucessão soja e milho, a inoculação, adubação**

## nitrogenada e suas interações (Quadro 9).

Quadro 9. Resumo da análise de variância para produtividade dos grãos do feijoeiro, em função da adubação nitrogenada, inoculação, e da sucessão soja e milho

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio
Bloco	3	61464,65 <sup>ns</sup>
Sucessão (Suc)	1	338025,70 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	3	529029,6
Inoculação (Inoc)	2	11036,46 <sup>ns</sup>
Interação (Suc x Inoc)	2	51945,27 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	12	189977,30 <sup>ns</sup>
Dose N	3	270096,90 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Suc)	3	321436,80 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Inoc)	6	33282,21 <sup>ns</sup>
Int. (Dose N x Inoc x Suc)	6	249822,50 <sup>ns</sup>
Resíduo	54	126438,00
CV (%)	-	15,61

ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Em geral, a produtividade de grãos da cultura de feijoeiro foi, em magnitude, superior, quando a cultura antecessora foi o milho (2.337 kg ha<sup>-1</sup>) (Quadro 10), sendo superior à média de Mato Grosso do Sul (1.263 kg ha<sup>-1</sup>) (Conab, 2003), abrangendo sistemas irrigados ou não. Esses dados concordam com Santos *et al.* (1996) e Silveira e Silva (1996) que obtiveram os melhores retornos econômicos quando o feijoeiro e o milho foram componentes do mesmo esquema de rotação de culturas, em vista dos níveis de produtividade alcançados e da relação de preços dos insumos e de produtos na época da análise. Apesar dos custos de produção serem maiores para o feijoeiro, obteve-se a mais alta liquidez com essa cultura.

Oliveira *et al.* (2002) observaram que as maiores produções foram obtidas quando o feijão foi semeado no solo sobre palhada de milho consorciado com

*Brachiaria brizantha* (3.508 kg ha<sup>-1</sup>), seguidos de soja (3.273 kg ha<sup>-1</sup>) e arroz (3.255 kg ha<sup>-1</sup>). Considerando que o solo apresentava-se com boa fertilidade para a produção do feijoeiro, as altas produções obtidas onde se cultivou milho, a braquiária e o sorgo, foram atribuídas às altas quantidades de resíduos produzidos, ao N proveniente do resíduo cultural mineralizado e ao efeito desses resíduos na umidade do solo. As altas produções obtidas onde se cultivou a soja podem ser atribuídas ao N deixado no solo pela cultura por meio da fixação biológica.

Quadro 10. Produtividade dos grãos de feijão (kg ha<sup>-1</sup>) em função da adubação nitrogenada, inoculação, e sucessão soja e milho

Inoculação	DOSES N				Média
	0	40	80	120	
SUCESSÃO SOJA					
Testemunha	2.499,6	2.257,9	2.374,8	1.832,8	2.241,3
Inoculante	2.234,9	1.935,4	2.348,8	2.222,8	2.185,5
Inoc + <i>M.</i>	2.052,9	2.053,5	2.462,6	2.346,8	2.228,9
<i>flocculosa</i>					
Média	2.262,5	2.082,3	2.395,4	2.134,1	2.218,6
SUCESSÃO MILHO					
Testemunha	2.087,9	2.127,1	2.327,8	2.788,7	2.332,3
Inoculante	2.381,2	2.295,6	2.448,1	2.454,3	2.394,8
Inoc + <i>M.</i>	2.254,6	2.162,4	2.219,1	2.500,5	2.284,1
<i>flocculosa</i>					
Média	2.241,2	2.195,0	2.331,6	2.581,2	2.337,1

Analisando a testemunha absoluta (sem N e sem inoculação), nota-se que a produtividade (2.449,6 kg ha<sup>-1</sup>) foi superior, em magnitude, aos demais tratamentos, exceto na rotação com milho, na dosagem de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (2.581,2 kg ha<sup>-1</sup>) (Quadro 10). A ausência de diferenças significativas entre os diferentes tratamentos indica que as estirpes de rizóbio nativas presentes no solo apresentaram elevada eficiência no processo simbiótico com o feijoeiro. Além disso, observou-se que a adubação com N mineral não contribuiu para o aumento de rendimento de grãos, independente da dose utilizada.

Chagas *et al.* (2002), estudando os modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura de feijoeiro irrigado no inverno em Leopoldina e Oratórios (MG), observaram diferenças significativas entre doses de N em feijoeiro semeado sobre a palhada de milho. Em Oratórios, o efeito da adubação nitrogenada foi bastante pronunciado, pois enquanto o rendimento de feijão com aplicação de N produziu em média 2.268 kg ha<sup>-1</sup>, o tratamento sem N produziu apenas 1.398 kg ha<sup>-1</sup>, sendo o ponto de máxima produção em 120 kg ha<sup>-1</sup> de N.

#### 4.5 Massa de 100 grãos

**Analisando-se a massa de 100 grãos, observou-se diferença significativa ( $p \leq 0.01$ ) apenas com relação às sucessões de culturas (Quadro 11).**

Quadro 11. Resumo da análise de variância para a massa de 100 grãos de feijoeiro, em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio
Bloco	3	0,8846 <sup>ns</sup>
Sucessão (Suc)	1	31,266 <sup>**</sup>
Resíduo (a)	3	4,6210
Inoculação (Inoc)	2	2,9776 <sup>ns</sup>

Interação (Suc x Inoc)	2	2,9925 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	12	1,7465
Dose N	3	0,2018 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Suc)	3	1,6146 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Inoc)	6	2,2198 <sup>ns</sup>
Int. (Dose N x Inoc x Suc)	6	11053,6 <sup>ns</sup>
Resíduo	54	1,8963
CV (%)	-	5,15

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**A maior massa de 100 grãos foi obtida quando o feijão teve o milho como cultura antecessora (27,2 g) em relação à soja (26,6 g) (Quadro 12). Côrrea (2002), estudando a caracterização e análise genética de genótipos de feijoeiro comum em Dourados-MS, observou que, em média, as massas de 100 grãos oscilaram entre 15,18 a 27,20 g, dependendo do cultivar.**

Diversos estudos têm demonstrado os efeitos benéficos da rotação de culturas, tanto sobre as condições de solo quanto sobre a produção das culturas subsequentes, em relação à massa de 100 grãos e produtividade (Gaudêncio *et al.*, 1986). Isso vem confirmar a tendência de obtenção de resultados benéficos da adubação verde, ainda que no verão, sobre o rendimento do feijoeiro (Arf *et al.*, 1996; Silva *et al.*, 1996; Silveira e Silva, 1996) e também do milho como sua cultura antecessora (Santos *et al.*, 1996; Silveira e Silva, 1996).

Inoculação	DOSES N				Média
	0	40	80	120	
SUCESSÃO SOJA					
Testemunha	27,0	26,1	26,1	27,7	26,7
Inoculante	29,9	25,8	26,6	25,9	26,9
Inoc + M. floculosa	25,4	26,5	26,3	26,0	26,0
Média	27,4	26,1	26,1	26,6	26,6
SUCESSÃO MILHO					
Testemunha	26,9	26,4	26,6	26,9	26,7
Inoculante	27,4	27,3	27,8	28,5	27,8
Inoc + M. floculosa	26,8	27,6	27,6	26,9	27,2
Média	27,1	27,1	27,3	27,4	27,2

#### 4.6 Teor de nitrogênio na parte aérea e nos grãos

**Nenhum dos tratamentos influenciaram o teor de N na parte aérea das plantas nem nos grãos de feijoeiro (Quadro 13).**

Quadro 13. Resumo da análise de variância para o teor de N na parte aérea e nos grãos do feijoeiro, em função da adubação nitrogenada, inoculação, e sucessão soja e milho

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios	
		Teor de N (planta)	Teor de N (grãos)
Bloco	3	0,344 <sup>ns</sup>	1,042 <sup>ns</sup>
Sucessão (Suc)	1	0,958 <sup>ns</sup>	0,1045 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	3	0,2954	0,3245
Inoculação (Inoc)	2	0,658 <sup>ns</sup>	0,173 <sup>ns</sup>
Interação (Suc x Inoc)	2	0,645 <sup>ns</sup>	0,032 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	12	0,4236	0,5526
Dose N	3	0,212 <sup>ns</sup>	0,192 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Suc)	3	0,254 <sup>ns</sup>	0,082 <sup>ns</sup>
Interação (Dose N x Inoc)	6	0,0783 <sup>ns</sup>	0,075 <sup>ns</sup>
Int. (Dose N x Inoc x Suc)	6	0,098 <sup>ns</sup>	0,034 <sup>ns</sup>
Resíduo	54	0,1705	0,1995
CV (%)	-	12,18	11,96

<sup>ns</sup> não significativos pelo teste F.

Segundo Oliveira e Thung (1988), na folha o teor de N varia de 15,4 a 51,0 g kg<sup>-1</sup>, e nos caules, está normalmente entre 11,0 a 32,0 g kg<sup>-1</sup>. Raij *et al.* (1996) encontraram faixa mais estreita para o teor foliar de N considerada adequada para feijoeiro, situada entre 30 a 50 g kg<sup>-1</sup>. Dourado Netto e Fancelli (2000) verificaram que os teores críticos de N na folha do feijoeiro estão compreendidos entre 20,0 a 30,0 g kg<sup>-1</sup>.

Com relação ao teor de N nos grãos, Pessoa *et al.* (1996) relatam que com 34,7 g kg<sup>-1</sup> de N no grão, a planta não apresenta deficiência do elemento. Como podem ser observados (Quadro 14 e 15), os teores de N nos grãos e na parte aérea da planta do feijoeiro estão acima dos teores críticos apresentados pelos diversos autores citados anteriormente, não tendo sido limitantes para a produção da cultura. Esses resultados reforçam a indicação da ocorrência de estirpes nativas de rizóbio com elevada eficiência simbiótica com o feijoeiro.

**Quadro 14. Teor de N na planta (g kg<sup>-1</sup>) em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho**

Inoculação	DOSES N				Média
	0	40	80	120	
SUCESSÃO SOJA					
Testemunha	33,9	33,7	36,3	35,9	34,9
Inoculante	36,2	38,4	36,9	35,4	36,7
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	35,0	32,9	31,4	32,8	33,1
Média	35,1	35,1	34,9	34,7	34,9
SUCESSÃO MILHO					
Testemunha	28,6	29,9	32,5	30,6	30,4
Inoculante	31,2	36,2	34,2	35,4	34,2
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	30,4	35,3	36,8	34,0	34,1
Média	30,1	33,8	34,5	33,3	32,9

**Quadro 15. Teor de N nos grãos (g kg<sup>-1</sup>) em função da adubação nitrogenada, inoculação e sucessão soja e milho**

Inoculação	DOSES N				Média
	0	40	80	120	
SUCESSÃO SOJA					
Testemunha	37,9	37,2	36,4	38,9	37,6
Inoculante	38,7	36,4	37,4	39,2	37,9
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	38,1	37,3	34,4	38,8	37,1
Média	38,2	36,9	36,1	38,9	37,6
SUCESSÃO MILHO					
Testemunha	35,4	37,1	37,9	38,8	37,3
Inoculante	38,6	36,3	38,6	37,3	37,7
Inoc + <i>M. flocculosa</i>	37,5	33,6	35,3	33,6	34,9
Média	37,2	35,7	37,3	36,5	36,2



## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- 1. A inoculação de rizóbio associada à adição de exsudato de sementes de *Mimosa flocculosa* contribuiu para o melhor desenvolvimento da parte aérea do feijoeiro.**
- 2. A adubação nitrogenada nas doses testadas reduziu, de forma linear, a nodulação do feijoeiro.**
3. O milho como cultura antecessora ao feijão contribuiu para o aumento da massa de 100 grãos.
- 4. A adição de N combinado não contribuiu para o aumento do número de vagens por planta e produtividade de grãos do feijoeiro, independente da dose utilizada.**

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEEL, J.J.C.; MONNERATI, P.H.; ROSA, R.C.C. Alterações nos teores foliares do nitrogênio do feijoeiro submetido a deficiência de nitrogênio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. **Resumos expandidos**. Goiânia: EMBRAPA, 1999. p.745-748.

ALMEIDA, A.A.F.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Desenvolvimento e participação de assimilados em *Phaseolus vulgaris* submetido a três doses de nitrogênio e três níveis de luz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.8, p.837-847, 1988.

AMANE, M.I.V. **Adubação nitrogenada e molibdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L. ) na zona da mata de Minas Gerais: efeito de doses, calagem e *Rhizobium***. Viçosa, 1997. 83p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa.

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, 1997.

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; AMBROSANO, G.M.B.; BULISANI, E.A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.N.A.; DE SORGI, D. Efeito do nitrogênio no cultivo do feijão irrigado no inverno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, p.338-342, 1996.

ANDRADE, D.S.; COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E.L.; HUNGRIA, M. Rizóbio e inoculação. In: **Feijão: tecnologia de produção**. Instituto Agrônômico, Londrina, PR, 2000. p.37-48. (IAPAR - Informe da pesquisa, 15).

ANDRADE, D.S.; VOSS, M. Nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob sistema de plantio convencional e direto e em sucessão trigo e aveia. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Porto Alegre, 1991. **Resumos**. Porto Alegre, 1991.

ARAUJO, R.S.; HENSON, R.A. Fixação biológica do nitrogênio. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988, p.213-217.

ARAUJO, G.A.A.; FONTES, L.A.N.; AMARAL, F.A.L.; CONDE, A.R. Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, n.34, p.333-339, 1987.

ARF, O.; FERREIRA, E.C.; CARVALHO, M.A.C.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Efeito de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. **Resumos expandidos**. Goiânia: EMBRAPA, 1999. p.790-793.

ARF, O.; SILVA, L.S.; BUZETTI, S.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.; HERNANDEZ, F.B.T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento de feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., Goiânia, 1996. **Anais**. Goiânia EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. v.1, p.435-437. (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 69).

ARF, O.; FORNASIERI FILHO, D.; MALHEIROS, E.B.; SAITO, S.M.T. Efeito da inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca 80. **Científica**, v.19, p.29-38, 1991.

BARBOSA FILHO, M. P. Adubação nitrogenada de cobertura e seu efeito econômico na cultura do feijoeiro irrigado. EMBRAPA-CNPAP, Pesquisa em foco, nº31 dez. 1999. Goiânia-GO.

BARBOZA, M.L.; VIEIRA, N.M.B.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, F.M.S. Inoculação de semente de feijoeiro com diferentes estirpes de *Rhizobium tropici*. IN: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 7., Viçosa, 2002. **Resumos expandidos**. Viçosa, 2002. p.754-756.

BROM, S.; CAMUT, S.; MARTINÉZ, E.; D'AVILA, G.; PALACIOS, R. Narrow and broad-host symbiotic of plasmids of *Rhizobium* spp. Strains that nodulate *Phaseolus vulgaris*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.54, p.1280-1283, 1988.

BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D.; ROSTON, A.J. A cultura do feijoeiro no estado de São Paulo. In: BULISANI, E.A. (coord). **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.29-88.

CALHEIROS, C.B.M.; QUEIROZ, J.E.; FRIZZONE, J.A.; PESSOA, P.C.S. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: água como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.7, p.509-515, 1996.

CALVACHE, M.; REICHARDT, K.; SILVA, J.C.A.; PORTEZAN FILHO. Adubação nitrogenada do feijoeiro sob estresse de água. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.649-651.

CARVALHO, A.M. Efeito de diferentes lâminas de água e forma de parcelamento de nitrogênio em cobertura, via fertirrigação, no rendimento de grãos da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca). Lavras:ESAL, 1992, 94p. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia).

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

CARVALHO, P.E.R. Espécies Arbóreas Brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR : Embrapa Florestas, 2003. p.239-245.

CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. Fixação biológica de nitrogênio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. **Feijão**: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas. Viçosa-UFV, 1998, p.153-180.

CHAGAS, J.M.; SOARES, P.C.; SALGADO, L.T.; CARDOSO, A.A.; CHAGAS, R.B. Modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura de feijoeiro irrigado no inverno. IN: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 7., Viçosa, 2002. **Resumos expandidos**. Viçosa, 2002. p.734-736.

CONAB (Campanha Nacional de Abastecimento). **Análise conjuntural 2002**. Disponível em:< <http://www.conab.gov.br>> Acesso em junho de 2003.

CORRÊA, F.S. **Adubação nitrogenada e níveis críticos foliares de nitrogênio em feijoeiro cultivado em solos de várzea**. Lavras: UFLA, 1999. 45p. Tese (Mestrado em Agronomia).

CÔRREA, A.M. Caracterização e análise genética de genótipos de feijoeiro comum. Dourados: UFMS, 2002. 92p. Tese (Mestrado em Agronomia).

CUNHA, C.O. **Rhizobia nodulating *Phaseolus vulgaris* and legumes trees: study of some aspects dealing with heat tolerance and nodulation control.** Bélgica: Catholic University of Leuven, 1992. 98p. (Dissertação de Mestrado).

DINIZ, A.R. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. Lavras: UFLA, 1995. 60p. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia).

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

DUQUE, F.F.; NEVES, M.C.P.; FRANCO, A.A.; VICTORIA, R.L.; BODDEY, R.M. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and quantification of N<sub>2</sub> fixation using 15N. **Plant and Soil**, v.88, p.333-343. 1985.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão. **A cultura do feijoeiro.** Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/>> Acesso em : julho de 2003a.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão. **A cultura do feijoeiro.** Disponível em :<<http://www.cnpaf.embrapa.br>> Acesso em fevereiro de 2003b.

EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed.rev.atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão (Goiânia, GO). **Relatório técnico do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão 1990-1992.** Goiânia, 1994. 325p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETTO, D. Ecofisiologia: Implicações práticas de manejo. IN: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETTO, D. **Sistema de produção de feijão irrigado**. Piracicaba: Departamento de produção vegetal, ESALQ, USP, 2001. p.196-211.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAOESTAT – Agricultural Production Statical Databases. Disponível em: < <http://www.fao.org.br>> Acesso em fevereiro de 2003.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 277p.

FIORIN, J.E.; CAMPOS, B.C. de. Rotação de culturas. In: CAMPOS, B.H.C. de (Coord). **A cultura do milho no plantio direto**. Cruz Alta, RS: FUNDACEP-FECOTRIGO. 1998. Cap 2., p.7-14.

FIRMIN, J.L.; WILSON, K.E.; ROSSEN, L.; JOHNSTON, A.W.B. Flavonoid activation of nodulation genes in Rhizobium reseversed by other compounds present in plant. **Nature**, v.324, p.90-92, 1986.

FLORES, M.; GONZÁLEZ, V.; PARDO, M.A.; LEIJA, A.; MARTÍNEZ, E.; ROMERO, D.; PINERO, D.; DÁVILA, G.; PALACIOS, R. Genomic instability in *Rhizobium phaseoli*. **Journal Bacteriology**, v.170, p.1191-1196, 1998.

FRANCO, A.A. Nutrição nitrogenada na cultura do feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.70, p.4-5, 1995.

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

FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta do feijoeiro ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. Lavras: ESAL, 1986. 133p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

GAUDÊNCIO, C.A.; YORINORI, J.T.; GARCIA, A.; QUEIROZ, E.F. **Rotação de culturas com a soja no norte do Estado do Paraná**. Londrina : Embrapa-CNPSO, 1986. 10p. (Embrapa-CNPSO. Pesquisa em Andamento, 10).

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

HARDARSON, G.; BLISS, F.A.; CIGALES-RIBEIRO, M.R.; HENSON, R.A.; KIPE-NOLT, J.A.; LONGERI, L.; MANRIQUE, A.; PEÑA-CABRIALES, J.J.; PEREIRA, P.A.A.; SANABRIA, C.A.; TSAI, S.M. Genotypic variation in biological nitrogen fixation by common bean. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, p.59-70, 1993.

HEDGE, D.M.; SRINIVAS, K. Plant water relations and nutrient uptake in French bean: **Irrigation Science**, Springer-Verlag, v.11, p.51-56, 1990.

HUNGRIA, M. Características biológicas em solos manejados sob plantio direto. IN: REUNIÓN BIENAL DE LA RED LATINO AMERICANO DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 5., 1999. Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: EPAGRI, 2000. p.1-15. CD-ROM..

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; CHUEIRE, L.M.O.; PROBANZA, A.; GUTIERREZ-MAÑERO, F.G.; MEGIAS, M. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, n.11-12, p.1515-1528, 2000.



HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. Relatos da VI Reunião de Laboratórios para recomendação de estirpes de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. IN: HUNGRIA, M.; BALOTA, E.L.; COLOZZE FILHO, A.; ANDRADE, D.S. (eds). **Microbiologia do solo: desafios para o século XXI**. Londrina: IAPAR/EMBRAPA-CNPSO, p.476-489, 1995.

HUNGRIA, M. Sinais moleculares envolvidos na nodulação de leguminosas por rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.339-364, 1994.

HUNGRIA, M.; FRANCO, A.A.; SPRENT, J.L.; New sources of high-temperature tolerant rhizobia of *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.149, p.103-109, 1993.

HUNGRIA, M.; JOHNSTON, A.W.B.; PHILLIPS, D.A. Effects of flavonoids released naturally from bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on *nod-D* regulated gene transcription in *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli*. **Molecular Plant Microbe Interact**, v.5, p.199-203, 1992.

KAPULNIK, Y.; JOSEPH, C.M.; PHILLIPS, D.A. Flavones limitations to root nodulation and symbiotic nitrogen fixation in alfafa. **Plant Physiology**, Rockville, v.84, p.1193-1196, 1987.

LIMA, E.V.; ARAGÃO, C.A.; MORAIS, O.M.; TANAKA, R.; GRASSI FILHO, H. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.125-129, 2001.

LOLLATO, M.A.; PARRA, M.S.; SHIOGA, P.S. Desenvolvimento do feijoeiro cultivado com diferentes coberturas de solo. IN: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 7., Viçosa, 2002. **Resumos expandidos**. Viçosa, 2002. p.607-609.

LÓPEZ-LARA, I.M.; Van DER DRIFT, K.M.G.M.; Van BRUSSEL, A.A.N.; HAVERKAMP, J.; LUGTENBERG, B.J.J.; THOMAS-OATES, J.E.; SPAINK, H.P.

Induction of nodule primordian on *Phaseolis* in *Acacia* by lipo-chitin oligosaccharide nodulation signals from broad-host-range *Rhizobium* strain GRH2. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.29, p.465-477, 1995.

MACEDO JÚNIOR, E.K.; FARIA, M.A. de; SOARES, A.M. Produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a cinco níveis de tensão de água no solo. **Ciência e Prática**, v.18, n.4, p.438-444, 1994.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 210p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MARTÍNEZ, E.; FLORES, M.; BROM, S.; ROMERO, D.; D'AVILA, G.; PALACIOS, R. *Rhizobium phaseoli*: a molecular genetics view. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.108, n.1, p.179-184, 1988.

MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOIA, L.; MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A.; GRAHAM, P.; PARDO, M.A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena spp.* trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v.5, p.417-426, 1991.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. Atlas Multireferencial. Campo Grande, 1990. 28p.

MENDES, I.C.; SUHET, A.R.; PEREZ, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.421-425, 1995.

MERCANTE, F.M.; GOI, S.R.; FRANCO, A.A. Importância dos compostos fenólicos nas interações entre espécies leguminosas e rizóbios. **Revista Universidade Rural**, Série: Ciência e vida, Rio de Janeiro, v.22, n.1, p.65-81, 2002.

MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A. Expressão dos genes *nod* de *Rhizobium tropici*, *R. etli*, e *R. leguminosarum* bv. *Phaseoli* e estabelecimento da nodução do feijoeiro na presença de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* e *Leucaena leucocephala*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.301-310, 2000.

MERCANTE, F.M.; TEIXEIRA, M.G.; ABBOUD, A.C.S.; FRANCO, A.A. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro sob condições simbióticas. **Revista Universidade Rural**, Série: Ciência e vida, Rio de Janeiro, v.21, n.1-2, p.127-146, 1999.

MERCANTE, F.M.; CUNHA, C.O.; STRALIOTTO, R.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; VANDERLEYDEN, J.; FRANCO, A.A. *Leucaena leucocephala* a trap-host for *Rhizobium tropici* strains from the Brazilian “Cerrado” Region. **Revista Microbiologia**, v.29, p.49-58, 1998.

MERCANTE, F.M.; CUNHA, C.O.; STRALIOTTO, R., MARTINS, L.M.V.; FRANCO, A.A.; RUMJANEK, N.G. Efeito do nitrogênio mineral na troca de sinais moleculares durante o processo de infecção das raízes do feijoeiro por *Rhizobium*. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.495-497, 1995.

MERCANTE, F.M. **Uso de *Leucaena leucocephala* na obtenção de *Rhizobium* tolerante a temperatura elevada para inoculação do feijoeiro**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, Rio de Janeiro. 1993. 149p. Tese (Mestrado em Microbiologia).

MILLÉO, M.V.R.; MONFERDINI, M.A.; ROSSI, M.S. Avaliação da eficiência agrônômica de métodos para o suprimento de nitrogênio para a cultura do feijoeiro.

In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999.  
**Resumos expandidos.** Goiânia: EMBRAPA, 1999. p.760-763.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.411-416, 1993.

OLIVEIRA, I.P.; OLIVEIRA, R.M.; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; THUNG, M. D. Produção do feijoeiro em plantio direto sobre diferentes resíduos e sua resposta à aplicação de nitrogênio. IN: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 7., Viçosa,. 2002. **Resumos expandidos.** Viçosa, 2002. p.715-717.

OLIVEIRA, L.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. IN: ARAÚJO, R. S., RAVA, C.A.; STONE, L. F. (eds) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p.169-221.

OLIVEIRA, S.A.D.; THUNG, M.R.T.; Nutrição mineral. IN: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.175-212.

PARRA, M.S. Nutrição e adubação. IN: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. **O Feijão no Paraná**. Londrina: 1989, p.70-100. (Circular, 63).

PERES, J.R..L.; SUHET, A.R.; MENDES, I.C.; VARGAS, M.A.T. Efeito de inoculação com Rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.415-420, 1994.

PESSOA, A.C.S.; LELLING, C.R.S.; POZZEBON, E.J.; KONIG, O. O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob níveis de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.69-74, 1996.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. *et al.* (Eds) **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2.ed. 1996. 285p. (Boletim técnico 100).

REDMOND, J.M.; BATLEY, M.; DJORDJEVIC, M.A.; INNES, R.W.; KUEMPEL, P.L.; ROLFE, B.G. Flavones induce expression of nodulation genes in Rhizobium. **Nature**, London, v.323, p.623-635, 1986.

REGINATO, P.; SOUZA, L.C.F. **Efeito da sucessão de cultura e manejo de nitrogênio na produtividade de feijoeiro em sistema de plantio direto**. Relatório apresentado ao CNPq – PIBIC, UFMS – Dourados, MS -2002/2003. 12p. (Dados não publicados).

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

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa:UFV, 2001. 301p.

RICHART, A.; PESSOA, A.C.S; LUCHESE, E.B.; CAVALLET, E.V.; KUHN, O.J. Produtividade do feijoeiro “FT Nobre” em resposta ao manejo da adubação nitrogenada e adubação foliar com molibdênio. IN: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZA, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2. Caxambu, 1998. **Resumos**. Caxambu: Universidade Federal de Lavras, 1998. p.478.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. IN: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A. STONE, L.F. (Coord) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.353-416.

ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E. Adubação foliar do feijoeiro. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 2., Botucatu, 1987. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.449-512.

RUEDELL, J.A. A soja numa cultura sustentável. IN: SILVA, M.T.B. da (Coord). **A soja em rotação de cultura em plantio direto**. Cruz Alta, RS: FUNDACEP-FECOTRIGO. 1998. Cap 1. p.1-34.

SALGADO, L.T.; ARAÚJO, G.A.A.; VIEIRA, R.F. Efeitos de espaçamento e época de aplicação de nitrogênio em dois cultivares de feijão de outono–inverno. In. EPAMIG (Belo Horizonte, MG). **Projeto Feijão**. Relatório 88/92. Viçosa, 1992. p.19-22.

SANTOS, A.B.; SILVA, O.F.; FERREIRA, E. Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., Goiânia, 1996. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. v.1, p.474-475. (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 69).

SCHULTZE, M.; KONDOROSI, E.; RATET, P.; BUIRÉ, M.; KONDOROSI, A. Cell and molecular biology of Rhizobium-Plant Interactions. **International Review Cytology**, v.156, p.1-75, 1994.

SEGOVIA, L.; YOUNG, J.P.W.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* type, strains *Rhizobium etli* sp. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v.43, p.374-377, 1993.

SILVA, J.T.A.; GONZAGA, V.; SATURNINO, H.M. Efeito da incorporação de leguminosas sobre a produção do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., Manaus, 1996. **Resumos expandidos**. Manaus, Universidade do Amazonas, 1996. v.1, p.30-31.

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

SILVEIRA, P.M.; SILVA, O.M.; STONE, L.F.; SILVA, J.G. Efeito do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, p.257-263, 2001.

SILVEIRA, P.M.; SILVA, J.G. Efeito do preparo de solo e da rotação de cultura sobre o rendimento do feijoeiro irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., Goiânia, 1996. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. v.1, p.462-464. (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 69).

SILVEIRA, P.M.; SILVA, S.C.; SILVA, O.F.; DAMASCENO, M.A. Estudo de sistemas agrícolas irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.8, p.1243-1252, 1994.

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

STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão: recomendações técnicas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 83p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 48).

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M.G.; MERCANTE, F.M. Fixação biológica de nitrogênio. IN: HOMERO, A.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. (eds). **Feijão: Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.123-153.

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

STREETER, J. Inhibition of legume nodule formation and N<sub>2</sub> fixation by nitrate. **Plant Science**, v.7, p.1-23, 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings, 1991. 559 p.

TEIXEIRA, I. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) submetido a diferentes densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada**. Lavras: UFLA, 1998. 67p. Tese (Mestrado em Fitotecnia).

TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M.; MIELCNEZUK, J. Nitrogênio no solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n. 2, p.207-214, 1994.

THIES, J.E.; SINGLETON, P.W.; BOHLOOL, B.B. Environmental effects competition for nodule occupancy between introduced and indigenous rhizobia and among introduced strains. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.57, p.19-28, 1991.

TOLLEY-HENRY, L.; RAPER, C.D. Utilization of ammonium as nitrogen source. **Plant Physiology**, Maryland, v.82, p.54-50, 1986.

TRINCHANT, J.C.; RIGAUF, J. Nitrogen fixation in French-beans in the presence of nitrate: effect on bacteroid respiration and comparison with nitrite. **Journal of Plant Physiology**, v.116, p.209-217, 1984.



TSAI, S.M.; BONETTI, R.; AGBALA, S.M.; ROSSETTO, R. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.153, p.131-138, 1993.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P. Melhoramento de espécies cultivadas. In: BORÉM, A. (ed.), **Melhoramento de plantas**. UFV: Viçosa, 1999, p.273-349.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. IN: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. p.123-152.

VIEIRA, N.M.B.; SILVA, V.M.P.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, F.M.S. Avaliação de genótipos de feijoeiro em relação a sua resposta a inoculação das sementes com *Rhizobium*. IN: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 7., Viçosa, 2002. **Resumos expandidos**. Viçosa, 2002. p.776-778.

VLASSAK, K.; VANDERLEYDEN, J.; FRANCO, A.A. Competition and persistence of *Rhizobium tropici* and *Rhizobium etli* tropical soil during successive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) culture. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.21, p.681-687, 1996.

VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com o convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n. 7, p.775-782, 1985.

**WUTKE, E.B.; FANCELLI, A.L.;  
PEREIRA, J.C.V.N.A.;  
AMBROSANO, G.M.B.  
Rendimento do feijoeiro irrigado  
em rotação com culturas  
graníferas e adubos verdes.**

**Bragantia, Piracicaba, v.57, n.2,  
p.325-338, 1998.**