

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**COMUNIDADE MICROBIANA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO
FEIJOEIRO, COM E SEM INOCULAÇÃO COM RIZÓBIO,
ASSOCIADO A FONTES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO**

TALLES EDUARDO BORGES DOS SANTOS

Engenheiro Agrônomo

Prof^a Dr^a ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO

Orientadora

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira - UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira - SP

Fevereiro de 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

S237c	<p>Santos, Talles Eduardo Borges dos. Comunidade microbiana do solo e produtividade do feijoeiro, com e sem inoculação com rizóbio, associado a fontes e épocas de aplicação de nitrogênio / Talles Eduardo Borges dos Santos. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009. 97 f.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2009</p> <p>Orientador: Ana Maria Rodrigues Cassiolato Bibliografia: p. 73-92</p> <p>1. Feijão - Adubação. 2. Nitrogênio - Fixação. 3. Solos - Teor de carbono.</p>
-------	--



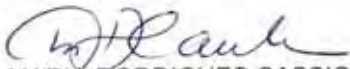
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

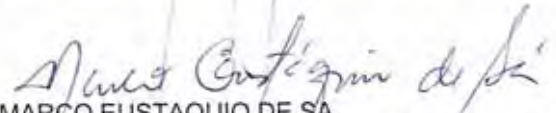
TÍTULO: Comunidade microbiana do solo e produtividade do feijoeiro com e sem inoculação com rizóbio, associado a fontes e épocas de aplicação de nitrogênio

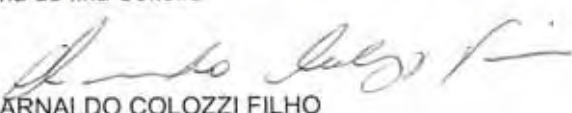
AUTOR: TALLEs EDUARDO BORGES DOS SANTOS
ORIENTADORA: Profa. Dra. ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ARNALDO COLOZZI FILHO
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR


Profa. Dra. DIVA DE SOUZA ANDRADE
Área Técnica de Solos / Instituto Agrônômico do Paraná

Data da realização: 19 de fevereiro de 2009.

*A memória da minha doce e insubstituível mãe **Maria Aparecida Borges dos Santos**;*

*Ao meu honrado pai **Aparecido Rodrigues dos Santos**, que souberam de maneira muito especial conduzir-me por sábios caminhos, dando-me a vida e doando-se por inteiros, renunciando aos seus sonhos para que muitas vezes, pudesse realizar os meus....*

Dedico

*A minha querida irmã **Thaís Diane Borges dos Santos** e a minha amada namorada **Ana Paula Vedoato**,*

*Aos meus avós **Zacarias Borges Carvalho, Domingas Fagundes Carvalho, Maria dos Anjos Santos**, que contribuíram muito para essa conquista, pois estiveram ao meu lado nos momentos difíceis...*

*E a memória do meu avô **Zenon Rodrigues dos Santos** onde resta comigo a recordação e o eterno agradecimento.*

Ofereço

Agradecimentos

Agradeço ESPECIALMENTE a DEUS o Engenheiro dos Engenheiros, pois desde o início esteve comigo, onde muitas vitórias foram conquistadas e derrotas foram superadas;

A Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira pela minha formação profissional;

A Prof^a. Dr^a Ana Maria Rodrigues Cassiolato, minha orientadora, que partilhou seus conhecimentos, ensinando-me a arte de construir um hoje comprometido com o amanhã, orientando-me de maneira sábia e honrada e tornando possível a realização deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Orivaldo Arf, por ter cedido a área experimental;

A Prof^a. Dr^a Marlene Cristina Alves e o Prof. Dr. Antonio Paz Gonzalez, pela oportunidade de realização do Estágio de Doutorado na Espanha,

Aos Professores Marco Eustáquio de Sá e Francisco Maximino Fernandes e aos pesquisadores Arnaldo Colozzi-Filho e Diva Souza Andrade (IAPAR)

Londrina-Pr, pela colaboração na correção do mesmo;

A CAPES, pela concessão da Bolsa de Estudos;

A todos os funcionários do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, em especial a Vera e Valdivino, pela colaboração sempre que precisei;

A todos os funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Unesp de Ilha Solteira, especialmente ao Alvino, e ao meu primo Diego Henrique Santos Martinho, pela ajuda na coleta de solo,

*Aos funcionários da Biblioteca da UNESP, Campus de Ilha Solteira, pela
atenção e carinho;*

A minha família pelo carinho e dedicação;

*E um agradecimento muito especial aos meus amigos (as) que conviveram comigo
durante esse curto, mas intenso, período de Doutorado, Alexander Seleguini,
Mércia Ikarugi Bonfim Celoto, Douglas Corsini, Taynara Zaneli, Juliane Matos,
Barbara Proença, Débora Cristiane Nogueira e Eliana Duarte Cardoso; Flávio
Ferreira da Silva Binotti;*

*Aos meus colegas de laboratório, tanto da Microbiologia do Solo quanto da
Fitopatologia, Tiago Mendes Faria, Márcia Helena Scabora, Sueli da Silva
Aquino, Lígia Lavezzo, Wagner, Juliana Aparecida e Ana Paula Luques
Portugal, pelos momentos que passamos juntos no laboratório;
A todos que ajudaram de alguma forma meus sinceros agradecimentos...*

Versículo da Carta do Apóstolo Paulo aos Romanos

“Sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo seu propósito.”

Romanos 8:28

“Um pouco de ciência nos afasta de Deus. Muito, nos aproxima”

“O Papel dos infinitamente pequenos é infinitamente grande”

Louis Pasteur (1822-1895)

Químico e Microbiologista Francês

COMUNIDADE MICROBIANA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO, COM E SEM INOCULAÇÃO COM RIZÓBIO, ASSOCIADO A FONTES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO

Autor: Talles Eduardo Borges dos Santos

Orientadora: Ana Maria Rodrigues Cassiolato

RESUMO

A cultura do feijão apresenta freqüentes respostas à adubação nitrogenada e à inoculação, porém com diferentes magnitudes, possivelmente reflexo da reação dos microrganismos do solo à interferência antrópica. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi verificar, por meio de variáveis microbiológicas, fertilidade e produtividade do feijoeiro sob semeadura direta, o efeito da inoculação com *Rhizobium tropici* e da aplicação de diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação. Os experimentos foram desenvolvidos na Fazenda Experimental da UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada em Selvíria-MS, sendo estes, realizados nos anos de 2006 e 2007. O delineamento experimental foi de blocos casualizados e analisados em esquema fatorial 2x3x2, com 4 repetições em 2006 e 3 repetições em 2007, sendo constituídos de dois tratamentos de inoculação de sementes (INOC – com inoculação e NINOC- sem inoculação), três épocas de aplicação de N (15A - 15 dias antes da semeadura, SEM - na semeadura e 15D - 15 dias após semeadura) e duas fontes de nitrogênio (uréia - 45% de N e ENTEC[®] 26 - produto comercial com 26 % de N de liberação lenta) na dose de 90 kg ha⁻¹. Os tratamentos com inoculação, juntamente com a aplicação de nitrogênio de diferentes fontes em diferentes épocas, provocaram alterações significativas na comunidade microbiana, sendo que a inoculação de sementes quando aliada à uréia na semeadura ou o emprego do ENTEC[®]26 aos 15 dias após a semeadura, proporcionaram os melhores resultados do ponto de vista microbiológico. A produtividade, porém, não foi influenciada pela inoculação ou pela aplicação de 90 kg de N por ha⁻¹ utilizando uréia ou ENTEC[®]26, aplicados 15 dias antes, na semeadura ou 15 dias após a semeadura.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris* L., adubação nitrogenada, bactérias diazotróficas, comunidade microbiana, componentes de produção.

MICROBIAN SOIL COMMUNITY AND PRODUCTIVITY OF COMMON BEAN WITH AND WITHOUT INOCULATION WITH RIZOBIUM, ASSOCIATE SOURCES AND TIMES OF THE NITROGEN APPLICATION

Author: Talles Eduardo Borges Dos Santos

Adviser: Ana Maria Rodrigues Cassiolato

ASBTRACT:

The common bean shows many results to the nitrogen fertilization and to the inoculation, however with different magnitudes, possibly a reflex of the soil microorganisms' reaction as a consequence of antropic interference. The objective of this work was to verify, through microbiological variables, fertility and the common bean productivity, under no-tillage system, with the inoculation of the *Rhizobium tropici* and the distinct nitrogen sources and different period applications. The experiments were developed at experimental station of UNESP - São Paulo State University, Ilha Solteira Campus, located in Selvíria- MS, and carried through in the years of 2006 and 2007. A randomized blocks design was the treatment were under a 2x3x2 factorial scheme, with 4 repetitions in 2006 and 3 repetitions in 2007, regarding the two treatments with seeds inoculation (INOC – with inoculation and NINOC- without inoculation), three times of N application (15A - 15 days before sowing, SOW - at the sowing and 15D - 15 days after sowing) and two nitrogen sources (urea - 45% of N and ENTEC® 26 - commercial product with 26% and inhibitor of nitrification) in the doses of 90 kg ha⁻¹. The treatments with inoculation, plus the different sources of N and periods of application, significantly modified the microbial community, being that the seeds inoculation, when applied with the urea in the sowing, or with the ENTEC®26 applied 15 days after the sowing, provided better resulted of the microbiological point of view. The productivity, however, was not influenced by the inoculation, neither by the application of 90 kg of N for ha⁻¹ using urea or ENTEC®26, applied 15 days before, in the sowing or 15 days after the sowing.

Words key: *Phaseolus vulgaris* L. nitrogen fertilization, diazotrophic bacteria, microbial community, components of production.

Lista de Figuras

Figura 1: As culturas que representam a produção de grãos no território nacional e suas contribuições em quantidade no cenário graneleiro nacional no ano de 2008 (Fonte: IBGE, 2008).....	18
Figura 2: Estimativa da Produção Agrícola 2008, realizada em setembro 2008 em relação à safra 2007 (Fonte: IBGE, 2008).....	19
Figura 3. Resumo das rotas da nitrificação.....	21
Figura 4. Resumo da rota da desnitrificação.....	22
Figura 5. Resumo da rota da aminação e amonificação.....	23
Figura 6: Imagem IKONOS da área do experimento. Fonte: Google Earth (2008).....	38
Figura 7. Detalhe do espaçamento entrelinha e comprimento da parcela, 2006.....	39
Figura 8. Aspecto visual da cultura, 2007.....	39
Figura 9. Detalhe da quantificação do C-CO ₂ liberado (Incubação).....	43
Figura 10. Teores de CO ₂ (C-CO ₂) liberado na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.....	50
Figura 11. Porcentagem da colonização micorrízica na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.....	53
Figura 12. Números de esporos na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.....	54
Figura 13. Número de nódulos na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.....	56
Figura 14. Valores da massa seca da parte aérea na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijã. Selvíria-MS, 2006	56
Figura 15. Produtividade de grãos na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de	

aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.....	57
Figura 16. Carbono da biomassa microbiana na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.....	60
Figura 17. Teores de carbono orgânico total na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.....	64
Figura 18. Quociente metabólico na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.....	65
Figura 19. Quociente microbiano ($qMIC$) nas diferentes fontes de nitrogênio na fase de florescimento da cultura do feijão Selvíria-MS, 2007	66
Figura 20. Porcentagem da colonização micorrízica na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.....	67
Figura 21. Números de esporos na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.....	68
Figura 22. Número de nódulos nas diferentes fontes de nitrogênio na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.....	69
Figura 23. Massa seca da parte aérea na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.....	70
Figura 24. Produtividade na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.....	71

Lista de Quadros

Quadro 1. Fonte: Principais características das espécies de <i>Rhizobium</i> nodulantes do gênero <i>Phaseolus</i> (adptado de Martinez-Romero, 1994).....	30
---	----

Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) determinada nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 - 0,10 m, na presença e ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), diferentes fontes de nitrogênio (FN) e diferentes épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria - MS, 2006. Média de 4 repetições..... 46
- Tabela 2.** Probabilidade de F, graus de liberdade, coeficiente de variação (CV%) e níveis de significância para carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO₂ (C-CO₂) liberado, quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), colonização micorrízica, número de esporos, na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), em diferentes fontes de nitrogênio (FN) e diferentes épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento do feijão. Selvíria - MS, 2006. Média de 4 repetições..... 48
- Tabela 3.** Médias para as interações significativas para carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria - MS, 2006. Média de 4 repetições..... 48
- Tabela 4.** Médias das interações significativas para carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), colonização micorrízica nas diferentes fontes de nitrogênio (FN) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria - MS, 2006. Média de 4 repetições..... 49
- Tabela 5.** Probabilidade de F, coeficiente de variação (CV%) e níveis de significância para número de nódulos, massa seca da parte aérea, produtividade de grãos na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), em diferentes fontes de nitrogênio (FN) e épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento do feijão. Selvíria - MS, 2006. Média de 4 repetições..... 55
- Tabela 6.** Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) determinada nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 - 0,10 m, na presença e ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), diferentes fontes de nitrogênio (FN) e diferentes épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria - MS, 2007. Média de 3 repetições..... 59
- Tabela 7.** Probabilidade de F, coeficiente de variação (CV%) e níveis de significância para carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO₂ (C-CO₂) liberado, quociente metabólico (qCO_2), carbono orgânico total (COT) quociente microbiano ($qMIC$), colonização micorrízica, número de esporos,

na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> (IR), em diferentes fontes de nitrogênio (FN) e diferentes épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento do feijão. Selvíria - MS, 2007. Média de 3 repetições.....	61
Tabela 8. Médias das interações significativas para para carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO ₂ (C-CO ₂) liberado, quociente microbiano (<i>q</i> MIC), na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> (IR) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria - MS, 2007. Média de 3 repetições.....	61
Tabela 9. Médias das interações significativas para CO ₂ (C-CO ₂) e Carbono orgânico Total (COT), nas diferentes fontes de nitrogênio (FN) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria - MS, 2007. Média de 3 repetições.....	62
Tabela 10. Probabilidade de F, coeficiente de variação (CV%) e níveis de significância para número de nódulos, massa seca da parte aérea, produtividade de grãos na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> (IR), em diferentes fontes de nitrogênio (FN) e épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento do feijão. Selvíria - MS, 2007.....	68
Tabela 11. Desdobramento das interações significativas para número de nódulos na presença ou ausência de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> (IR) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria - MS, 2007. Média de 3 repetições.....	70

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1. Informações sobre a cultura do feijão.....	17
2.1.1. Aspectos econômicos.....	17
2.2. Nitrogênio.....	19
2.2.1. Ciclo bioquímico do nitrogênio.....	19
2.2.2. Nitrificação e a desnitrificação.....	20
2.2.3. Mineralização e imobilização do nitrogênio.....	22
2.3. A importância da adubação nitrogenada para o feijoeiro.....	24
2.3.1. Manejo das épocas de aplicação do nitrogênio.....	25
2.3.2. Fontes nitrogenadas.....	26
2.3.3. Inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> e a nodulação.....	27
2.4. Efeito da adubação nitrogenada na biomassa e na atividade microbiana.....	31
2.5. Influência da adubação nitrogenada na micorrização.....	33
2.6. Dinâmica do nitrogênio em sistema de Plantio direto.....	34
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1. Localização do trabalho de pesquisa e características do local.....	37
3.2. Delineamento experimental.....	37
3.3. Condução do experimento.....	37
3.4. Avaliações realizadas.....	41
A) Análise das características químicas do solo.....	41
A.1) Análise do nitrogênio total do solo e carbono orgânico total.....	41
B) Carbono da biomassa microbiana.....	42
C) Quantificação do carbono do CO ₂ liberado.....	43
D) Quociente metabólico.....	43
E) Quociente microbiano.....	44
F) Porcentagem de colonização micorrízica.....	44
G) Contagem de esporos de fungos micorrízicos arbusculares autóctones	44
H) Número de nódulos.....	45
I) Massa seca da parte aérea.....	45
J) Produtividade de grãos.....	45
K) Análise estatística.....	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO (Ano 2006).....	46
4.1. Características químicas do solo.....	46
4.2. Características microbiológicas.....	47
4.2.1. Carbono da biomassa microbiana.....	47
4.2.2. Atividade microbiana: C-CO ₂ liberado.....	50
4.2.3. Quociente metabólico.....	51
4.2.4. Quociente microbiano.....	52
4.2.5. Colonização micorrízica.....	52

4.2.6. Número de esporos micorrízicos.....	54
4.3. Características fitotécnicas.....	54
4.3.1. Número de nódulos.....	55
4.3.2. Massa seca de planta.....	56
4.3.3. Produtividade.....	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO (Ano 2007).....	58
5.1. Características químicas do solo.....	58
5.2. Características microbiológicas.....	60
5.2.1. Carbono da biomassa microbiana.....	60
5.2.2. Atividade microbiana: C-CO ₂ liberado.....	62
5.2.3. Carbono orgânico total.....	63
5.2.4. Quociente metabólico.....	63
5.2.5. Quociente microbiano.....	65
5.2.6. Colonização micorrízica.....	66
5.2.7. Números de esporos micorrízicos.....	67
5.3. Características fitotécnicas.....	68
5.3.1. Número de nódulos.....	69
5.3.2. Massa seca da planta.....	70
5.3.3. Produtividade.....	71
.	
6. Conclusões.....	72
7. Referencias.....	73
8. Apêndices.....	93
Apêndice A. Dia de semeadura e florescimento e dados de precipitação média mensal, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar, durante os meses de abril de 2006 a agosto de 2006.....	94
Apêndice B. Dia de semeadura e florescimento e dados de precipitação média mensal, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar, durante os meses de abril de 2007 a agosto de 2007.....	95
Apêndice C. Correlação linear entre os parâmetros estudados para a cultura do feijão de inverno, cv. Pérola. Ilha Solteira, 2006.....	96
Apêndice D. Correlação linear entre os parâmetros estudados para a cultura do feijão de inverno, cv. Pérola. Ilha Solteira, 2007.....	97

1. INTRODUÇÃO

A globalização econômica está produzindo inúmeros efeitos na sustentabilidade dos agroecossistemas. As interações são tantas e tão complexas que seria demasiado simplista afirmar que se trata de âmbitos contrapostos. Além do mais, não existem razões teóricas nem evidência empírica suficiente ou concludente para demonstrar que a relação entre globalização e sustentabilidade ambiental seja de sentido único.

Os solos da região do Cerrado brasileiro foram considerados, até o final dos anos sessenta, impróprios à agricultura. A pesquisa científica, entretanto, tornou os Latossolos Vermelhos áreas mais propícias para as culturas de grãos, pois são solos profundos, bem drenados, com inclinações normalmente menores que 3%, portanto o Cerrado brasileiro apresenta alto potencial para a produção agropecuária.

Nos últimos anos, o Cerrado tem elevado significativamente sua participação na produção nacional de alimentos e matérias-primas. Nesta região, a principal alternativa para o cultivo no outono-inverno, com irrigação, é a cultura do feijoeiro. Ultimamente, extensas áreas com esta cultura vêm sendo conduzidas no sistema plantio direto, na palhada da cultura anterior.

O nitrogênio é fator determinante na produtividade do feijoeiro. A resposta à utilização desse nutriente tem sido generalizada em todo o Brasil, observando-se resultados positivos à sua aplicação. Estudos para reduzir o uso do nitrogênio na cultura, pelo processo de fixação simbiótica, têm sido realizados, porém, os resultados têm sido inconsistentes, indicando a necessidade de ampliar os estudos do comportamento desse nutriente no solo e na planta. A eficiência dos fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, a produtividade das culturas anuais podem ser maximizada com alterações na época de aplicação, bem como por diferentes fontes de nitrogênio e cultivares adequados. No entanto, não é tão simples assim obter êxito, pois o nitrogênio está sujeito a perdas por lixiviação, volatilização e imobilização que consiste em uma “perda temporária” (indisponibilidade) de nitrogênio, devido às transformações microbiológicas, tornando muito difícil equacionar todos os fatores dependentes (físicos, químicos e biológicos).

Como todos os fatores apresentados acima são de extrema importância na realização da adubação nitrogenada, a fonte de nitrogênio também contribui de forma primordial. A uréia, por exemplo, é a fonte com maior teor de nitrogênio na sua composição e a mais usada no mundo, porém apresenta uma alta perda por volatilização de N na forma de amônia e, conseqüentemente, perdas para o produtor.

Atualmente buscam-se fontes alternativas de nitrogênio que propiciam um melhor aproveitamento do nitrogênio por parte da planta ou, em outras palavras, que propiciem uma liberação do nitrogênio de forma gradativa, proporcionando maior produtividade e rentabilidade. O emprego da inoculação da cultura do feijoeiro com *Rhizobium* ssp. vem crescendo em meios aos produtores, uma vez que resultados experimentais evidenciam que o potencial de fixação de nitrogênio do feijoeiro, em campo, pode chegar até 110 kg ha⁻¹ por cultivo embora para maioria das cultivares utilizados no Brasil que apresentam boa nodulação e ciclo de 80 a 90 dias, a fixação de nitrogênio pode ficar em torno de 30 kg ha⁻¹ por cultivo, tendo em vista os padrões médio brasileiros de adubação para cultura do feijoeiro.

Apesar de representar uma baixa percentagem do carbono orgânico (2% a 5%) e do nitrogênio total (1 a 5%) do solo, a biomassa microbiana do solo (BMS), que corresponde à parte viva da matéria orgânica, é uma indicadora sensível das mudanças no solo por ser a principal responsável pela transformação da matéria orgânica, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo. A BMS funciona como um reservatório lábil de carbono e de nutrientes importantes para a produção vegetal, como o nitrogênio, o fósforo. Desta forma, a biomassa microbiana, o teor de carbono do CO₂ liberado, o quociente metabólico e as micorrizas podem ser considerados como indicadores biológicos da adequação de sustentabilidade dos sistemas de produção.

Com esse intuito, o objetivo do presente trabalho foi verificar, por meio de variáveis microbiológicas, fertilidade e produtividade do feijoeiro sob semeadura direta, o efeito da inoculação com *Rhizobium tropici* e a aplicação de diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. INFORMAÇÕES SOBRE A CULTURA DO FEIJÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) é originário de regiões da antiga cultura incaica (KAPLAN, 1965). Tornou-se a leguminosa mais importante para a população mundial, principalmente na América Latina, Índia e África, e foi introduzida na Europa após o descobrimento da América, sendo cultivada no Brasil, por todo o território nacional (ZIMMERMANN; TEIXEIRA 1996).

O feijoeiro é considerado uma planta exigente em nutrientes, em decorrência do sistema radicular superficial e ciclo curto (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994), devendo ser os nutrientes colocados à disposição da planta, em tempo e locais adequados. Este se destaca entre as principais culturas anuais, em adaptação ao sistema de plantio direto e tem sido a mais importante, em área cultivada nos sistemas irrigados por aspersão, no período de entressafra, com semeadura em maio a junho (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003).

Nos últimos anos houve um crescente interesse por parte dos produtores, com a inclusão de novas tecnologias como a irrigação por aspersão no sistema de produção, o que propicia a desconcentração dos períodos de safra e a incorporação de novas técnicas de cultivo (SANTOS e BRAGA, 1998), nunca esquecendo que o feijão foi sempre considerado uma cultura de subsistência em pequenas propriedades (YOKOYAMA et al., 1996).

2.1.1. ASPECTOS ECONÔMICOS

No Brasil o feijão é a principal leguminosa fornecedora de proteínas, fazendo parte da dieta diária das classes sócio-econômicas menos favorecidas. Apresenta grande importância na economia brasileira, tanto por questões sociais relacionadas com seu papel na alimentação (porcentagem de proteínas em feijão varia entre 16 e 33%), bem como por ser uma cultura de baixo custo em relação às proteínas de origem animal (OSBORN et al., 1988).

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores mundiais de feijão, porém com um rendimento médio de apenas 600 kg ha⁻¹ (CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA – CEPA, 1994). Esse baixo rendimento ocorre em razão de processo inadequado de cultivo, condições climáticas adversas e incidência de pragas e doenças. Esses fatores, aliados ao elevado custo dos fertilizantes, concorrem para que a cultura seja considerada de subsistência pelos agricultores (ARAÚJO et al., 1987)

Segundo a estimativa do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2008), a produção de grãos teve um aumento significativo na safra nacional de cereais, de leguminosas e de oleaginosas. A pesquisa realizada em setembro de 2008 indicou uma produção da ordem de 145,3 milhões de toneladas em 2008, superior em 9,1% à obtida em 2007 (133,1 milhões de toneladas em relação à área colhida, com um aumento de 4,2% frente à área colhida de grãos em 2007, situando-se em 47,3 milhões de hectares).

As culturas que representam a produção de grãos no território nacional e suas contribuições em quantidade no cenário graneleiro nacional no ano de 2008, já considerado o somatório das três safras na qual o feijão contribui com 2,4% do total da produção de grãos, estão apresentadas na Figura 1.

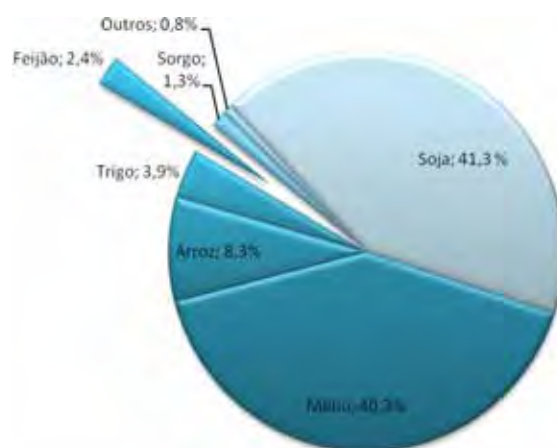


Figura 1: As culturas que representam a produção de grãos no território nacional e suas contribuições em quantidade no cenário graneleiro nacional no ano de 2008. (IBGE, 2008).

Na estimativa da Produção Agrícola 2008, realizada em setembro 2008 pelo IBGE (2008), em relação à safra 2007, foram analisados vinte cinco produtos, dos

quais dezoito apresentavam variações positivas de produção em relação ao ano anterior, incluindo o feijão de segunda e terceira safra, como mostra a Figura 2.

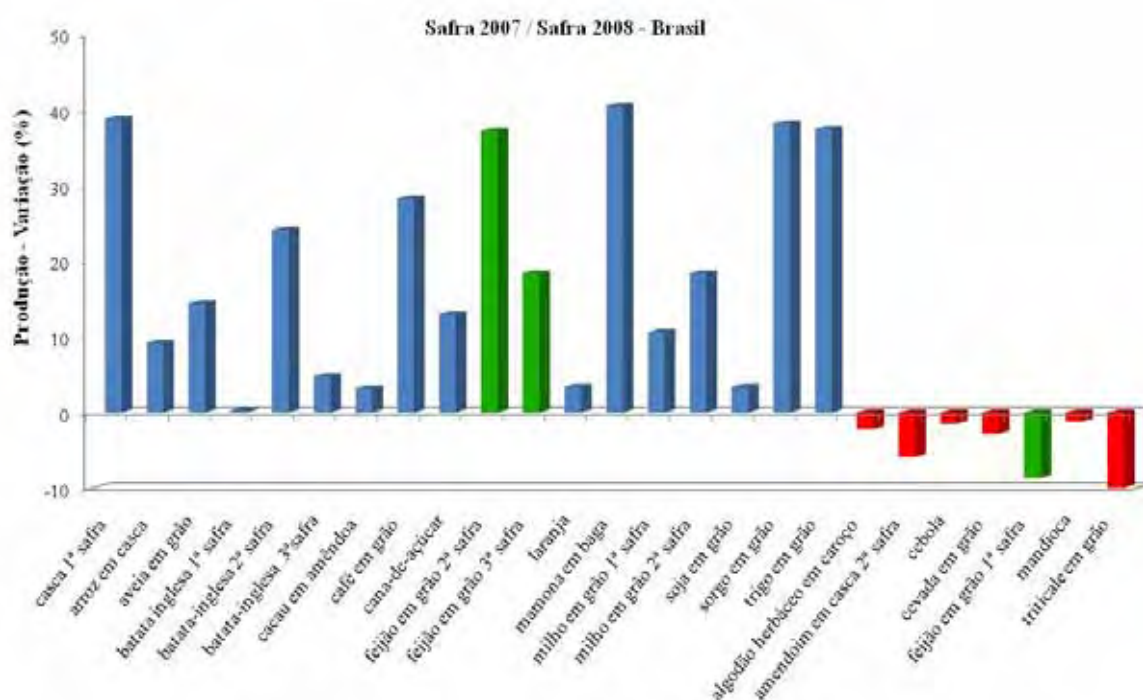


Figura 2: Estimativa da produção agrícola 2008, realizada em setembro 2008 em relação à safra 2007. (Fonte: IBGE, 2008)

2.2. NITROGÊNIO

2.2.1. CICLO BIOQUÍMICO DO NITROGÊNIO

O ciclo biogeoquímico do nitrogênio, que se refere à cadeia de reações de oxirredução do elemento, é um dos mais discutidos devido à sua complexidade e dinâmica. As diversas vias de transferência entre compartimentos de um agroecossistema (entradas e saídas), bem como suas taxas, são bem descritas e contabilizadas (SUTTON et al., 1993).

A atmosfera contém aproximadamente 78% do nitrogênio que não pode ser utilizado diretamente pela plantas superiores, as quais não são capazes de metabolizar o N_2 diretamente a proteína (HAVLIN et al., 2005). Entretanto, as leguminosas podem utilizar este nitrogênio por meio da fixação simbiótica, ou seja, com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (BARBER, 1995)

No solo, o nitrogênio encontra-se distribuído em vários compartimentos com os seguintes valores típicos em kg ha^{-1} : $\text{N}_2=11.550$, $\text{N-orgânico}=7.250$, $\text{N-NH}_4^+=10$ e $\text{N-NO}_3^-=50$, sendo em plantas, valores típicos na ordem de 250 kg ha^{-1} . Cerca de 50 % de nitrogênio do solo apresenta-se em formas quimicamente estáveis, com os maiores reservatórios muito pouco reativos e com o tempo médio de residência estimado em 175 anos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As duas fontes principais por meio das quais as plantas adquirem o nitrogênio são: (a) do solo, através de fertilizantes comerciais, adubos verdes, e / ou mineralização da matéria orgânica, e (b) da atmosfera através da fixação simbiótica de N_2 . O nitrogênio é essencial para o crescimento normal das plantas fazendo parte de processos biológicos do qual N é um componente básico (proteínas, ácidos nucléicos). O nitrogênio é, também, componente fundamental de muitos outros compostos de primordial importância para a unidade fisiológica do metabolismo, tais como a clorofila, nucleotídeos, proteínas, poliaminas, alcalóides, enzimas, hormônios e vitaminas (HAVLIN, 2005).

Um das formas mais conhecidas de saída de nitrogênio do sistema é a perda por volatilização da amônia do solo, porém um ponto ainda obscuro e pouco avaliado e quantificado são as perdas do elemento na forma de amônia (NH_3) pela parte aérea dos vegetais (SUTTON et al., 1993). Uma vez que aproximadamente 75% do nitrogênio das folhas estão associados com os cloroplastos, fisiologicamente importantes na fotossíntese (DALLING, 1985). Essa via de saída do nitrogênio tem sido citada por contribuir no aumento dos níveis de NH_3 da atmosfera (SUTTON et al., 1993), sendo responsável por 15 - 20% do total das emissões gasosas de NH_3 (ASMAN et al., 1998). Corroborando, Sutton et al. (1993) apresentaram resultados por meio de medidas micrometeorológicas que evidenciaram valores de emissões pelos vegetais na faixa de $5 - 15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N-NH_3 .

Para a cultura da cevada, Schjoerring et al. (1993) encontraram perdas de $1 - 2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N-NH_3 em três níveis de fertilização com nitrogênio. Harper et al. (1987) observaram maiores perdas de NH_3 pela parte aérea da cultura do trigo de inverno, cerca de $8 \pm 2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N-NH_3 , 20 dias após a adubação nitrogenada e $7 \pm 1,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N-NH_3 , no período entre a antese e a colheita, totalizando cerca de $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N-NH_3 em um ciclo da cultura.

2.2.2. NITRIFICAÇÃO E A DESNITRIFICAÇÃO

O N-orgânico contido nos aminoácidos, ou outros monômeros produzidos pela ação das enzimas extracelulares sobre as moléculas mais complexas, é absorvido pelos microrganismos e dentro das células, sofrem desaminação, sendo parte do grupo amino excretado como amônia que entra em equilíbrio formando amônio (NH_4^+) no solo. A amônia continua a sofrer transformações, convertendo-se em nitrito (NO_2^-), que imediatamente, converte-se em nitrato (NO_3^-), processo chamado nitrificação (Figura 3) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Em sistemas agrícolas, a nitrificação promove aumento do NO_3^- , o qual é o produto final do processo, sendo que isso provoca aumento do N solúvel na solução do solo. Esse N não é adsorvido pelos minerais de argila por ser um ânion, portanto não se acumula no solo e tende a ser lixiviado para os rios, lagos e águas subterrâneas (desfavorável do ponto de vista da qualidade do meio ambiente) (PICCOLO, 2005).

Estima-se que entre 15 a 18 x 10⁷ toneladas de nitrogênio são perdidas por esse processo. Nos solos agrícolas, estas perdas podem atingir 70 % do nitrogênio aplicado como fertilizante, embora na maioria dos casos, esses valores situem-se entre 25 e 30 %, sendo que tudo isso depende da cultura e das condições de solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

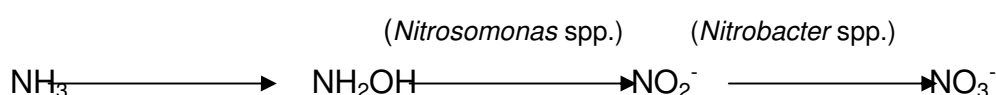


Figura 3. Resumo das rotas da nitrificação

A desnitrificação é o processo redutivo de nitrogênio mais conhecido e que consiste na redução bioquímica de formas oxidadas e a N_2 e N_2O , envolvendo quatro fases redutivas catalisadas por diferentes enzimas do periplasma, membrana e citoplasma bacteriano. O processo é realizado por várias bactérias anaeróbias facultativas, as quais representam entre 1 e 5% da população total de bactérias do solo (Figura 4) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Em sistemas agrícolas, o processo da desnitrificação química é importante quando se considera a aplicação agrícola de fertilizantes nitrogenados como a uréia, podendo ocorrer consideráveis perdas de N interferindo diretamente na eficiência do fertilizante, devido ocorrerem elevadas

perdas de CO₂ e N₂ aumentando a decomposição da uréia (pH baixo aumenta as perdas) (PICCOLO, 2005).



Figura 4. Resumo da rota da desnitrificação

2.2.3. MINERALIZAÇÃO E IMOBILIZAÇÃO DO NITROGÊNIO

Por meio da mineralização, a matéria orgânica, especialmente restos orgânicos de origem mais recente, é decomposta com a liberação de gás carbônico e formas minerais de nitrogênio, bem como enxofre e fósforo (AMADO et al., 2002).

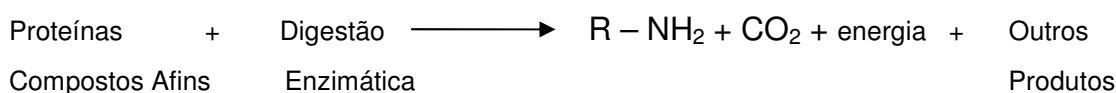
A mineralização do nitrogênio orgânico passa por diversas etapas promovidas por microrganismos, que culminam com a formação de nitrato (RAIJ, 1991) por meio de reações: a) aminação, que é a decomposição hidrolítica de proteínas e liberação de amins e aminoácidos. Em meio neutro, as bactérias são dominantes na quebra de proteínas, com o envolvimento de alguns fungos e actinomicetos, mas sob condições ácidas, os fungos prevalecem e b) amonificação, representada pelo processo que retoma o nitrogênio incorporado para a forma de amônia (Figura 5). Uma população muito diversificada de bactérias (aeróbicos e anaeróbicos), fungos e actinomicetos são capazes de liberar amônio (HAVLIN et al., 2005). A mineralização deve-se à ação de microrganismos quimiorganotróficos do solo que requerem carbono como fonte de energia (RAIJ, 1991).

A mineralização de nitrogênio é influenciada por fatores que controlam o crescimento e a atividade microbiana no solo, bem como pela qualidade ou taxa de aplicação do resíduo. A adição de N em resíduos com alta relação C:N aumenta a sua taxa de degradação no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Existem fatores ambientais que também afetam a disponibilidade do nitrogênio no solo para as plantas, relacionados à sua ação sobre a atividade de microrganismos decompositores, destacando-se a temperatura e a umidade, o teor e a localização da matéria orgânica do solo e a quantidade de resíduo vegetal deixado ou adicionado ao solo (AMADO et al., 2002).

De acordo com Barber (1995) aproximadamente 2% do nitrogênio no solo é mineralizado a cada ano. Presumindo uma camada de solo de 0,20 m de espessura e densidade de 1,3, isto representa de 10 a 200 kg nitrogênio anual liberado do solo.

Como a maioria dos solos apresenta um total de nitrogênio na faixa de 0,05 a 0,1% N, eles liberam de 25 a 50 kg ha⁻¹ nitrogênio por ano. Normalmente, o teor de nitrogênio total da camada de 0 a 0,20 m dos solos brasileiros cultivados varia de 0,05 a 0,5% de nitrogênio, o que equivale de 1.000 a 10.000 kg ha⁻¹ (MALAVOLTA, 1980). Isto representa disponibilidade de 20 a 200 kg ha⁻¹ de N.

AMINAÇÃO:



AMONIFICAÇÃO:

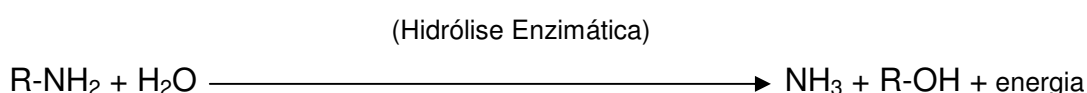


Figura 5. Resumo da rota da aminação e amonificação.

A imobilização de nitrogênio é a conversão de nitrogênio inorgânico (NH₃ e NO₃⁻ oriundo dos fertilizantes minerais ou orgânicos (reimobilização) para a forma orgânica. A imobilização é basicamente o contrário da mineralização. Entretanto, esse processo, além de ser promovido por microrganismos quimiorganotróficos, é realizado também pelas plantas por meio da assimilação e incorporação em seus tecidos (BARBEL, 1995). O processo é favorecido em solos com relação C/N muito acima daquela encontrada em solos cultivados bem drenados, situada em torno de 10, ou quando são incorporados ao solo restos orgânicos frescos de relação C/N alta (RAIJ, 1991).

Apesar da redução drástica do teor de nitrogênio mineral no solo na presença de resíduos de alta relação C/N (>30:1), a imobilização não representa uma perda irreversível de nitrogênio para a cultura subsequente, em virtude da população microbiana não crescer indefinidamente, começando a ocorrer progressiva liberação de nitrogênio a partir do ponto em que o carbono facilmente oxidável começa a desaparecer (LOPES et al., 1998). A maioria dos pesquisadores considera a relação C/N de 25/1 como o ponto de equilíbrio, onde inferior a essa começa a ocorrer liberação de nitrogênio para o solo. Ressalta-se, entretanto, que esses processos ocorrem no solo simultaneamente, onde pode ocorrer a reimobilização e

remineralização do mesmo “pool” de nitrogênio. Mas, se por um lado a biomassa microbiana imobiliza o nitrogênio, diminuindo a sua disponibilidade para as culturas, por outro pode se constituir em uma fonte de nitrogênio potencialmente mineralizável. Os nutrientes imobilizados pela comunidade microbiana podem atingir valores elevados, mas a sua reciclagem e liberação são mais rápidas do que as de outras frações da matéria orgânica do solo. À medida que ocorre a morte dos microrganismos, estes são rapidamente mineralizados pelos microrganismos remanescentes, liberando os nutrientes imobilizados no processo conhecido como remineralização (MARY et al., 1996). Tal processo pode suprir uma quantidade significativa de nitrogênio para as plantas (BONDE, 1988).

2.3. A IMPORTÂNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA O FEIJOEIRO

O nitrogênio é fator determinante na produtividade do feijoeiro (FONTES et al., 1973). A resposta à utilização deste nutriente tem sido generalizada em todo o Brasil, com respostas positiva à aplicação (ROSOLEM, 1987).

A adubação nitrogenada inadequada é um fator que muitas vezes determina o insucesso no cultivo do feijoeiro. Enquanto alguns produtores continuam aplicando doses excessivas de nitrogênio, outros aplicam quantidades insuficientes deste elemento, limitando a produtividade da lavoura, mesmo que outros fatores de produção sejam otimizados (GUERRA et al., 2000). Embora haja a recomendação de uso de fertilizante nitrogenado para a cultura do feijão, resultados de várias pesquisas sugerem que é possível que a cultura do feijoeiro também se beneficie da fixação biológica do nitrogênio.

De maneira geral, tem-se obtido respostas do feijoeiro ao nitrogênio em todo Brasil, embora a frequência e a amplitude dos resultados variem de região para região, e ainda dentro de uma mesma região, em função do clima e das condições fitossanitárias da cultura (MALAVOLTA, 1972). De um total de 71 ensaios de campo com a cultura do feijão, conduzidos em 30 municípios de Minas Gerais, em 43 deles, ou seja, em 61% dos casos, houve resposta positiva a aplicação do N (VIEIRA et al., 1998). Em diferentes regiões de São Paulo, em 32 dos 54 ensaios de adubação nitrogenada no feijoeiro houve respostas ao nutriente aplicado (MALAVOLTA, 1972).

A despeito desse fato, a cultura do feijão tem apresentado freqüentes respostas à adubação nitrogenada (GOMES JÚNIOR et al., 2005), embora com

diferentes magnitudes. Por essa razão, o nitrogênio é sempre recomendado nas fórmulas de adubação e inúmeros experimentos, sobre doses, formas e épocas de aplicação (OLIVEIRA; THUNG, 1988).

A cultura do feijão tem se mostrado cada vez mais responsiva à aplicação de nitrogênio, fato relacionado ao aumento da expectativa de produção propiciado pela evolução das cultivares e das técnicas de cultivo. Para Oliveira et al. (1996), quantidades superiores a 100 kg ha^{-1} são requeridas para garantir a extração do nutriente associada a altas produções e, na prática, essas doses têm sido utilizadas. Também têm sido comuns respostas lineares a aplicações de doses de nitrogênio superiores a 100 kg ha^{-1} (CARVALHO et al., 2003).

2.3.1. MANEJO DAS ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO

Nas últimas décadas, houve um empenho por parte dos pesquisadores em melhoramento vegetal para lançar cultivares de feijão com alto potencial de produtividade. No entanto, os resultados de lavoura mostram que essa capacidade produtiva não está sendo realmente expressada. Isso pode ser explicado pela baixa tecnologia empregada, pelas condições climáticas nem sempre favoráveis e pela carência de informações compatíveis com as cultivares utilizadas, principalmente no que se refere à época, à quantidade e à necessidade de parcelamento da adubação nitrogenada (SANTI et al., 2006).

Os resultados experimentais indicam que a maior demanda de nitrogênio ocorre a partir dos 20-25 dias após a emergência da plântula, quando o feijoeiro tem maior taxa de crescimento (ALMEIDA; BULISANI, 1980), todavia Rosolem et al. (1987) observou que o aproveitamento do adubo foi maior quando a cobertura foi realizada no máximo até 36 dias após a emergência. Arf et al. (1999), por sua vez, afirmaram que absorção de nitrogênio ocorre praticamente durante todo o ciclo da cultura, mas a época de maior exigência e a velocidade de absorção é máxima entre os 35 aos 50 dias da emergência da planta.

Dada sua importância para o feijoeiro, a adição de nitrogênio deve ser feita na semeadura e em cobertura (SÁ et al., 1982). A aplicação deve ser realizada quando a planta tiver raízes já bem desenvolvidas (MALAVOLTA, 1979). O fornecimento de nitrogênio em cobertura (30 Kg ha^{-1} : uréia) aos 15 dias após emergência ou semeadura (20 Kg ha^{-1} : sulfato de amônio) mais cobertura propiciou acréscimos

significativos no rendimentos de grãos do cultivar Carioca MG da ordem de 48 e 93%, respectivamente (ANDRADE et al., 2001).

Mascarenhas et al. (1960) aplicaram 50 kg ha^{-1} de nitrogênio no feijoeiro aos 7, 14, e 21 dias após a emergência das plantas e obtiveram efeito positivo da adição do nitrogênio, porém sem diferenças entre os momentos de aplicação. Soratto et al. (2001), estudando a aplicação de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura, aos 15, 25 e 35 dias após a emergência, verificaram melhor desenvolvimento e aumentos da produtividade da cultura do feijão irrigado, cultivado em sistema de plantio direto. O feijoeiro irrigado por pivô central também foi objeto de estudo de Silveira e Damasceno (1993), que testaram o efeito de doses de nitrogênio e o parcelamento da adubação potássica, e observaram que o aumento da dose de nitrogênio aplicado proporcionou aumento na massa seca, teor e conteúdo de nitrogênio na parte aérea da planta, bem como o número de vagens por planta.

Trabalhos desenvolvidos por Bem et al. (1977) mostraram efeito positivo das épocas de aplicação sobre o rendimento do feijoeiro, ao passo que Kornelius et al. (1975) não o encontraram. O aumento de produtividade foi maior com o aumento da dose de nitrogênio, independentemente da época de aplicação (SILVA et al., 1977).

2.3.2. FONTES NITROGENADAS

Outro fator que compõe o presente trabalho são as fontes de nitrogênio, sendo a uréia o fertilizante nitrogenado mais comum e empregado em grande escala, porém com grande potencial de perdas, e o ENTEC[®] 26, fertilizante nitrogenado revestido (estabilizado), que possui como diferencial a liberação gradativa do nitrogênio. A comparação entre o desempenho de cada fertilizante é importante para obtenção de mais informações sobre a resposta da cultura ao emprego das fontes de nitrogênio e, portanto, para o aperfeiçoamento do manejo da adubação nitrogenada na cultura do feijão.

A uréia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) apresenta 45% de nitrogênio solúvel em água; absorve com facilidade a umidade do ar (hidroscopicidade). Nesta forma sofre perdas do nitrogênio pela hidrólise e a volatilização da amônia, fato que ocorre principalmente em solo úmidos e bem intemperizados (COSTA et al., 2004) Entretanto, são encontrados na literatura inúmeros trabalhos de pesquisa por meio dos quais demonstram que a uréia em cobertura pode ser tão eficiente quanto outras fontes de

nitrogênio, desde que ocorra uma precipitação ou se proceda à irrigação após a sua aplicação.

Outra solução para diminuir a perda pela imobilização do nitrogênio é a aplicação de fertilizantes nitrogenados de liberação lenta no lugar da uréia. Atualmente, existe no mercado de fertilizantes o ENTEC[®] 26 (sulfonitrato de amônio - $\text{NH}_4 \text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), que apresenta 26% de nitrogênio e também 15% de enxofre. Este produto é solúveis em água e de liberação lenta, ou seja, menor volatilização do nitrogênio, mas necessitando de estudos com relação a sua viabilidade econômica. O uso racional do nitrogênio aumenta a eficiência na sua utilização, considerado os custos financeiros e energéticos e os riscos ambientais envolvidos (COSTA et al., 2004).

Uma maior produção por unidade de nitrogênio aplicado pode ser alcançada quando há um maior aproveitamento desse nutriente por parte da planta, isso pode ser possível quando se faz uso de fertilizantes de liberação lenta (KNOBLAUCH; BACHA, 2005).

Estudando o efeito das fontes (Uréia, Sulfato de Amônio e ENTEC[®] 26) de nitrogênio aplicadas na semeadura ou em cobertura no estágio V₄, Perez et al. (2007) verificaram que as fontes não interferiram na produtividade do feijoeiro de inverno, porém Costa et al. (2007) relataram que a aplicação de nitrogênio na forma de ENTEC[®] 26 proporcionou maior produtividade de grãos do milho safrinha em comparação com outras fontes estudadas, a uréia e uréia protegida com produtos amiláceos (Amiréia[®]).

2.3.3. INOCULAÇÃO COM *RHIZOBIUM TROPICI* E A NODULAÇÃO

O feijoeiro, sendo uma leguminosa, beneficia-se da associação simbiótica com rizóbio, o que contribui para economia de nitrogênio. Com a fixação biológica do nitrogênio atmosférico é possível se obter até 2500 kg ha⁻¹ de rendimento de grãos de feijão na ausência de adubação nitrogenada (STRALIOTTO et al., 2002).

Considerando-se que a fixação biológica de nitrogênio pode contribuir para o aumento do rendimento da cultura do feijoeiro, pode diminuir ou substituir a utilização de fertilizantes nitrogenados em cobertura e, com isso, diminuir os custos de produção e o impacto ambiental proporcionado pelo uso de fertilizantes químicos. A prática de inoculação do feijoeiro ainda é recente, necessitando informações mais

precisas sobre o assunto para que a mesma possa ser difundida e utilizada rotineiramente (FERREIRA et al., 2000).

Estudos para reduzir o uso do nitrogênio na cultura, pelo processo de fixação simbiótica, têm sido realizados, porém, os resultados têm sido inconsistentes em função da influência de fatores fisiológicos e nutricionais (FRANCO; DÖBEREINER, 1988).

Aliado a este fato tem-se que, com a opção do cultivo de feijão no período de outono/inverno, a cultura tem sido implantada em novas áreas, dentre as quais destaca-se a região Noroeste de São Paulo, Sul de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Tocantins e Mato Grosso do Sul, utilizando-se irrigação e insumos modernos. Neste contexto, a inoculação, como fonte de suprimento nitrogenado por meio das bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, seria um importante recurso a ser utilizado para a redução dos custos.

Nestas regiões, porém, mesmo no período de inverno, ocorrem altas temperaturas, que podem afetar a persistência dos rizóbios no próprio inoculante, como também pode influenciar a sobrevivência das células de rizóbios inoculados no solo, limitando tanto a nodulação quanto a fixação biológica de nitrogênio (FERREIRA et al., 2000).

O rizóbio do feijoeiro é uma alfa-Proteobactéria gram-negativa (-), bastonetiforme, aeróbica obrigatória sem endosporos e, naturalmente, encontrada nos solos dos diversos domínios morfoclimáticos brasileiros, sendo, nessa condição, denominada *rizóbio nativo*. Na condição de vida livre, não consegue fixar nitrogênio e, quando a fixação pode ser detectada, geralmente está associada à condição microaerófila específica e os produtos dessa fixação não são disponíveis para as plantas. Quando a bactéria está presente na rizosfera de plantas leguminosas, observa-se a interação com o sistema radicular dessas plantas, promovendo a geração de estruturas radiculares altamente diferenciadas, denominadas nódulos radiculares (RAPOSEIRAS et al., 1998, MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Atualmente são descritos cinco gêneros principais de rizóbios na família Rhizobiaceae: *Rhizobium* e *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Allorhizobium*, *Azorhizobium* e *Bradyrhizobium*, sendo do gênero *Rhizobium* as espécies que nodulam o feijoeiro (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Até 1991, reconhecia-se oficialmente a existência de apenas uma espécie de rizóbio com capacidade de

nodular o feijoeiro, denominada inicialmente de *Rhizobium phaseoli*. A sistemática e a taxonomia do gênero *Rhizobium* realizadas até então era baseada somente na planta hospedeira de onde o rizóbio era isolado. Depois, constatou-se que os rizóbios isolados do feijoeiro, do trevo e da ervilha apresentavam características genéticas e fisiológicas semelhantes, o que determinou a inclusão desses rizóbios em uma única espécie, denominada *Rhizobium leguminosarum*. Esta espécie é constituída de três biovares (*phaseoli*, *viciae* e *trifolii*) para os isolados provenientes de feijão, ervilha e trevo, respectivamente (RAPOSEIRAS et al., 1998, MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Em *Phaseolus vulgaris*, a nodulação ocorre com pelo menos 12 espécies de rizóbio (*R. leguminosarum* bvs *phaseoli*, *trifolii* e *viceae*, *R. tropici*, *R. etlli*, *R. giardinii*, *R. mongolense*, *R. yanglingense*, *Sinorhizobium freddi*, *S. americanum*, *A. doebereineriae*, *Mesorhizobium loti* e *M. huakuii*) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A escolha da espécie de *Rhizobium*, porém, é um fator importante para a fixação simbiótica de nitrogênio, pois existe grande variabilidade entre espécies e raças de *Rhizobium* com respeito à resposta a variações de temperatura (RAPOSEIRAS et al., 1998).

Foi observado que estirpes da espécie *R. tropici* são mais resistentes à temperaturas elevadas, que as estirpes de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (RAPOSEIRAS et al., 1998). Sob altas temperaturas, houve estímulo à nodulação, sem prejuízo ao desenvolvimento das plantas, mostrando tolerância da simbiose com *R. tropici* a elevadas temperaturas (ARAÚJO et al., 1993). Isto indica que mesmo com temperaturas elevadas a simbiose *Rhizobium*-feijoeiro pode não ser afetada por este fator e assim essa prática ser adotada com uma maior segurança (Quadro 1). Conforme Oliveira et al. (1998) a dominância entre estirpes de *Rhizobium* é diferenciada pela temperatura e pelo estágio de desenvolvimento da planta sendo que, quando se comparou estirpes de *R. tropici* com a população nativa de *Rhizobium* foi verificado que a estirpe CIAT- 899 se apresentou mais efetiva em temperatura de 25°C, enquanto que a 35°C a população nativa foi mais efetiva.

Além da temperatura, vários fatores do solo influenciam a nodulação e a fixação biológica do nitrogênio. Entre eles, a toxicidade por alumínio e manganês, deficiências de cálcio, fósforo e micronutrientes, são prejudiciais à simbiose (LOVATO et al., 1985). O nitrogênio é um nutriente cuja presença ou ausência afeta

a simbiose de várias formas (PEREIRA, 1982). Em excesso o nitrogênio mineral pode causar uma diminuição da eficiência simbiótica, porém quando em pequenas quantidades aplicadas na cultura do feijão, permite um aumento no crescimento dos nódulos e maior fixação de nitrogênio, sendo que teores muito baixos de nitrato no solo podem ser limitantes à atividade simbiótica (RUSCHEL; SAITO, 1977). A nodulação e a fixação biológica de nitrogênio pelo feijoeiro, segundo Tsai et al. (1993), responderam positivamente ao aumento dos teores de P, K e S do solo, e que quando o feijoeiro recebeu um balanço adequado de nutrientes não houve inibição, mas sim um efeito sinérgico da adubação nitrogenada sobre a nodulação e fixação do nitrogênio.

Quadro 1. Fonte: Principais características das espécies de *Rhizobium* nodulantes do gênero *Phaseolus* (adptado de Martinez-Romero, 1994)

Característica	<i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	<i>Rhizobium tropici</i>	<i>Rhizobium etli</i>
Planta hospedeira	<i>Phaseolus</i> sp.	<i>Phaseolus vulgaris</i> ; <i>Leucena</i> sp	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Temperatura de crescimento (meio YMA)	25-28°C	28-32°C	25-28°C
pH (meio YMA)	6,8	5-6,8	6,8
Reiteirrações genômicas (nifH)	não determinada	Não (cópia simples)	sim (múltiplas cópias)
Estabilidade genômica	não determinada	estável	instável

Destaca-se o papel desempenhado pelos micronutrientes, em particular do molibdênio para na fixação simbiótica do nitrogênio, apesar da pequena quantidade desse nutriente que é absorvida pela planta, o molibdênio é considerado essencial por fazer parte de duas enzimas, a redutase do nitrato e a nitrogenase (DECHEN et al., 1991). A redutase do nitrato promove a redução do nitrogênio absorvido na forma nítrica, para posteriormente ser incorporado em compostos orgânicos (MENGUEL; KIRBY, 1987) e a nitrogenase catalisa a reação de fixação do nitrogênio atmosférico (TANAKA et al., 1993).

No entanto, essa tecnologia, ainda em descrédito quanto à capacidade do feijoeiro em fixar nitrogênio atmosférico em quantidades suficientes para suprir suas exigências de produção quando em associação simbiótica, a ponto de se recomendar o uso de fertilizantes nitrogenados para a cultura, conforme sugerido por

(VARGAS et al., 1990). Assim, recentes pesquisas apontam na direção contrária, sugerindo a possibilidade da cultura se beneficiar da fixação do nitrogênio, com o uso de inoculantes mais específicos.

2.4. EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA BIOMASSA E NA ATIVIDADE MICROBIANA

As plantas absorvem nitrogênio do solo na forma inorgânica (N-NH_4^+ e N-NO_3^-), porém o nitrogênio do solo encontra-se quase totalmente na forma orgânica, não disponível. Os processos de transformação do nitrogênio do solo são mediados por microrganismos que utilizam os resíduos de plantas como fonte de energia e nutrientes. Os resíduos com alta relação C/N (acima de 30) favorecem a imobilização temporária do nitrogênio inorgânico do solo na biomassa microbiana, reduzindo a disponibilidade para as plantas. É o caso dos resíduos das gramíneas do gênero *Brachiaria*, que antecedem a cultura anual no sistema de integração lavoura-pecuária. Assim, o manejo da adubação nitrogenada deve considerar os processos microbiológicos do solo de forma a disponibilizar o nitrogênio na época de maior demanda para a cultura (CARVALHO et al., 2005)

Sabe-se que entre 40 a 60% do nitrogênio aplicado na forma de fertilizantes são absorvidos pelas plantas, e 20 a 50% é incorporado ao solo como nitrogênio orgânico, porém, pouco se conhece sobre o efeito causado pelas aplicações de fertilizantes nitrogenados na biomassa microbiana do solo, principalmente em ecossistemas tropicais, e em solo sob cerrado (FURTINI NETO et al., 2001).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é definida como a parte viva da MOS, composta por todos os microrganismos menores que 5×10^{-3} mm, como fungos, bactérias e actinomicetos, e pela microfauna, como os protozoários (JENKINSON e POWLSON, 1976).

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pela planta e o quarto elemento mais comum na composição, perdendo apenas para o carbono, hidrogênio e oxigênio (PAUL e CLARK, 1989). Porém, o nitrogênio é também o único entre os nutrientes essenciais ao crescimento das plantas, que não liberado pelo intemperismo de minerais (N-NH_4 e N-NO_3), sendo que esta é a forma assimilada pelas culturas (SCHULTEN; SCHNITZER, 1998). A BMS é um componente lábil da fração orgânica do solo e representa de 1 a 4% do C orgânico total do solo (Corg) e mais de 5% do nitrogênio total do solo (JENKINSON; POLWLSO, 1976). As determinações de C e

N da BMS (C_{mic} e N_{mic}) demonstram ser sensíveis para quantificar as mudanças no manejo do solo (CARTER; RENNIE, 1982).

Em geral, a quantidade da BMS é regulada pela disponibilidade de nutrientes, pela capacidade de proteção do solo (estrutura e estabilidade dos agregados), além da temperatura e da umidade (BONDE et al., 1988). Na maior parte dos estudos, com a proporção de carbono de compostos orgânicos imobilizados na BMS foi mais positivamente relacionada com o nitrogênio do que com o carbono oriundo de substratos. Isso significa que, em muitos sistemas, o nitrogênio, mais do que o carbono, influenciou a imobilização de carbono orgânico (Corg) na BMS. É necessário, portanto, entender o efeito de diferentes sistemas de manejo do solo sobre a quantidade da BMS e sua ação na liberação e no fornecimento adequado de nutrientes para as culturas no Cerrado (WARDLE, 1992).

A quantificação da biomassa microbiana é indispensável, pois apresenta papel fundamental dentro dos ciclos geoquímicos dos elementos de interesse para a produtividade agrícola e para ecologia (FERNANDES et al., 1995). O carbono orgânico total ou a matéria orgânica total do solo encontram-se entre essas variáveis (LARSON; PIRCE, 1994). Portanto, em uma extremidade, tem-se a medida de carbono da biomassa microbiana (CBM), bastante variável e sensível e, na outra, a medida do carbono orgânico total do solo, pouco variável e pouco sensível. A fração leve da matéria orgânica do solo tem-se constituído numa medida de sensibilidade intermediária e, mais importante, que reflete as ações antrópicas (SIX et al., 2000).

Em condições tropicais, em que a dinâmica da matéria orgânica é relativamente rápida, são escassos os estudos que visam determinar os efeitos da adubação mineral ou orgânica nos compartimentos da matéria orgânica do solo (KANCIKERIMATH; SINGH, 2001), evidenciando, assim, os estudos que avaliam a participação dos microrganismos nos processos de fertilização natural de solos mineralogicamente pobres (GRISI, 1984).

Neste sentido, a estimativa da biomassa microbiana do solo é uma importante ferramenta na compreensão do processo de ciclagem de nutrientes nos sistemas agrícolas, pois além de atuar como agente de transformação da matéria orgânica constitui um reservatório dinâmico de nutrientes (CARTER; RENNIE, 1982).

A respiração microbiana reflete a atividade microbiológica do solo, e é medida através da quantificação do CO_2 liberado e/ou de O_2 é comumente utilizada devido à sua menor concentração na atmosfera (0,035%) em relação ao O_2 (20%) (PAUL e

CLARK, 1989), e também por refletir a atividade tanto de microrganismos aeróbios quanto anaeróbios (GAMA- RODRIGUES, 1999)

Quando a respiração microbiana é relacionada com o carbono da biomassa microbiana, é possível determinar o quociente metabólico (qCO_2), o qual possibilita quantificar de forma mais clara e com menor variabilidade a atividade microbiana (AQUINO et al., 2005), além de caracterizar os efeitos na atividade biológica decorrente da atividade antrópica, como o empobrecimento dos solos causados pelo revolvimento e a adição de alguns fertilizantes nitrogenados. O qCO_2 indica alta atividade específica por unidade de biomassa quando seu valor for baixo. Valores altos de qCO_2 mostram que a eficiência da atividade microbiana do solo está baixa que os microrganismos do solo estão sobre estresse ambiental (WARDLE, 1995), pois a biomassa microbiana eficiente libera menos carbono em forma de CO_2 pela respiração, mas incorpora carbono em sua constituição aumentando, assim, a sua massa microbiana (AQUINO et al., 2005). Isto pode refletir, também, nas variações na proporção de BMS metabolicamente ativa e em crescimento e, quanto mais essa proporção de BMS ativa, maior será o quociente metabólico (FISK; FAHEY, 2001).

2.5. INFLUENCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA MICORRIZAÇÃO

As micorrizas do tipo arbuscular são de ocorrência generalizada nas plantas vasculares e exercem enorme efeito na nutrição mineral, propiciando, principalmente, a maior absorção de fósforo e aumentando a tolerância da planta a diversos tipos de estresse (SIQUEIRA, 1994). Além desses efeitos, as micorrizas arbusculares estão envolvidas na conservação, armazenagem e ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.

A nutrição nitrogenada de plantas com micorrizas arbusculares tem merecido pouca atenção, quando comparada com o volume de estudos sobre o efeito dessa associação na assimilação fosfática (BOWEN; SMITH, 1981). Nos poucos estudos envolvendo as micorrizas arbusculares e a nutrição nitrogenada das leguminosas, verifica-se uma relação sinérgica, resultante de efeitos indiretos da micorrização na nodulação e fixação biológica do N_2 (AMES et al., 1984).

Em espécies que não formam simbiose com rizóbio, foi demonstrado uma maior absorção de nitrogênio em plantas com micorrizas arbusculares, resultante do aumento da superfície de exploração do solo pelas hifas fúngicas (AMES et al.,

1984), permitindo uma absorção do nitrogênio não acessível para a raiz, principalmente do NH_4^+ , já que este íon é menos móvel no solo que o NO_3^- . Entretanto, altos níveis podem afetar negativamente o estabelecimento da micorriza, sendo a forma amoniacal mais inibitória do que a nítrica (SILVEIRA, 1992).

Estudando a influência da adubação nitrogenada na micorrização e produtividade do arroz de terras altas em sistema plantio direto, Nosse et al. (2008) concluíram que a adubação nitrogenada influenciou a esporulação, mas não a colonização micorrízica.

Diversos estudos recentes demonstram que as micorrizas arbusculares absorvem e transferem até 49% do nitrogênio absorvido pela planta (JOHANSEN et al., 1994), representando importante mecanismo de aquisição deste nutriente, mesmo em leguminosas (SPRENT, 1994).

Plantas micorrizadas podem apresentar maior atividade da enzima glutamina sintetase (GS), nas raízes (SMITH et al., 1985), favorecendo a assimilação do nitrogênio. Cliquet e Stewart (1993) encontraram aumento na atividade da enzima nitrato redutase (NR), assimilação de amônio, produção de glutamina e translocação de nitrogênio no xilema de raízes de milho colonizadas com o fungo micorrízico *Glomus fasciculatum*. A atividade da NR e da GS em geral, é maior tanto nas raízes quanto na parte aérea de plantas bem supridas com fósforo. Contudo, ainda não se determinou se esta maior atividade da GS é devida ao efeito da adubação fosfática ou à colonização micorrízica (OLIVER et al., 1983).

Diversas espécies florestais nativas só responderam à adição de nitrogênio quando devidamente micorrizadas (PEREIRA et al., 1995). Uma questão relevante, neste caso, seria determinar se os efeitos das micorrizas arbusculares na resposta ao nitrogênio seriam resultantes da maior absorção deste nutriente pelo fungo ou do favorecimento pela nutrição fosfática (OLIVER et al., 1983). Embora alguns especialistas preconizem a micorrização como maneira de facilitar o crescimento de espécies florestais (JANOS, 1980), eles não relacionam os efeitos das micorrizas arbusculares com uma melhor utilização do nitrogênio do solo.

2.6. DINÂMICA DO NITROGÊNIO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Os resíduos vegetais presentes na superfície do solo em plantio direto, juntamente ao não revolvimento do solo, levam a uma decomposição mais lenta e

gradual do material orgânico, tendo como conseqüência alterações físicas, químicas e biológicas do solo, que irão repercutir na fertilidade e na produtividade das culturas (HOLTZ, 1995). A decomposição de palhada de gramíneas com alta relação C/N pode induzir deficiência de nitrogênio em plantas, em função da imobilização deste nutriente pelos microrganismos (KURIHARA et al., 1998).

Em sistemas de semeadura direta na palha, os processos de mineralização e imobilização são muito importantes, porque alteram as respostas das culturas à aplicação de nitrogênio. Nessas condições há a tendência de se antecipar a aplicação de nitrogênio em relação à semeadura, para compensar a eventual imobilização do nitrogênio pela microbiota do solo, evitando, assim, a diminuição da disponibilidade de N-mineral para a cultura seguinte (BARBOSA FILHO et al., 2005).

Além de proteger o solo e adicionar nitrogênio, o consórcio entre espécies gramíneas e leguminosas produz matéria seca com relação C/N intermediária àquela das espécies em cultivos isolados, o que leva à menor taxa de decomposição em relação aos resíduos de leguminosas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de nitrogênio pelas culturas comerciais (GIACOMINI et al., 2003).

Em sistema de plantio direto, Freire et al. (2001) mencionaram que a ausência de revolvimento do solo na camada de 0-0,10 m resulta, ao longo do tempo, em um aumento significativo do teor de matéria orgânica, devido, principalmente, à redução na taxa de decomposição. Porém, em algumas regiões como as do Cerrado do Brasil Central, a taxa de decomposição dos restos de cultura que ficam na superfície do solo é elevada, reduzindo a formação de palhada na superfície. Por essas razões, os autores afirmaram que não se deve generalizar a recomendação de uso de maior quantidade de nitrogênio na semeadura em sistema de plantio direto.

De acordo com Sá (1999), a presença de resíduos culturais de fácil decomposição cuja relação C/N seja de 15 a 20:1 (soja, feijão, tremoço, nabo-forrageiro) significa disponibilidade de energia para os microrganismos, cuja população tenderá a crescer. Por outro lado, se o material em decomposição tiver pouco nitrogênio, relação C/N superior a 30:1 (aveia-preta, milheto, milho, sorgo), esse será o fator limitante do crescimento da população microbiana, que apresenta, em média, relação C/N de 10:1.

Nesse sentido, a imobilização ocorre quando resíduos de culturas com alto

teor de carbono e baixo de nitrogênio, são incorporados ao solo. O processo de imobilização é favorecido quando a relação C/N for acima de 30:1, enquanto que materiais com relação C/N baixa (menos de 20:1) favorecem uma mineralização mais rápida. Em relações C/N na amplitude de 20 a 30:1, os dois processos praticamente se igualam (LOPES, 1998).

Do ponto de vista prático, a adição de resíduos culturais com alta relação C/N, antes do plantio de uma cultura, possibilitará o consumo de nitrogênio pela biomassa microbiana do solo, imobilizando-o na sua massa celular, podendo causar deficiências na cultura em desenvolvimento, caso não seja adicionado nitrogênio via fertilizante. A população microbiana não se mantém crescendo indefinidamente e, a partir do ponto em que o carbono facilmente oxidável desaparece e o sistema em decomposição tiver a relação C/N menor que 25, começa a ocorrer a liberação de N para as plantas (SÁ, 1999).

Como se observa ainda existe várias dúvidas na literatura, necessitando mais estudos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DO TRABALHO DE PESQUISA E CARACTERÍSTICAS DO LOCAL

O trabalho foi realizado no período de abril a agosto dos anos de 2006 e 2007, repetindo as mesmas parcelas nos dois anos, na área experimental pertencente a UNESP - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS) (Figura 6). A área apresenta como coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e de 20° 22' latitude sul, com altitude de 335m. A precipitação média anual é de 1370 mm, a temperatura média é 23,5° e a umidade relativa do ar está entre 70 e 80 % (média anual). O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico argiloso (EMBRAPA, 1999).

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 4 repetições para o ano de 2006 e 3 repetições para o ano de 2007 e analisados em esquema fatorial 2x3x2, sendo constituídos de dois tratamentos com inoculação de sementes (INOC – com inoculação e NINOC- sem inoculação), três épocas de aplicação de nitrogênio (15A - 15 dias antes da semeadura, SEM - na semeadura e 15D - 15 dias após semeadura) e duas fontes de nitrogênio (URÉIA - 45% de N e ENTEC® 26 - produto comercial com 26 % de nitrogênio de liberação lenta) na dose de 90 kg ha⁻¹. As parcelas foram constituídas por 6 linhas de 6,0 m de comprimento espaçadas 0,50 m entre si. A área útil foi constituída pelas 4 linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha (Figura 7).

3.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A semeadura do feijão foi realizada em área anteriormente ocupada com a cultura do milho e *Brachiaria brizantha* (com a produção média de massa seca dos

restos culturais de 14 e 15 t ha⁻¹, respectivamente). Os tratamentos foram instalados em local onde o sistema de plantio direto foi implantado no ano agrícola 1996/97. Aos 10 dias e 30 antes da primeira adubação antecipada, a área de cultivo foi dessecada com o herbicida glyphosate (1560 g ha⁻¹ do i.a.) e, posteriormente, manejada com desintegrador mecânico com objetivo de facilitar a implantação das parcelas experimentais para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente. A área foi novamente dessecada utilizando o herbicida glyphosate (1560 g ha⁻¹ do i.a.) 3 dias antes da semeadura para os dois anos de cultivo.

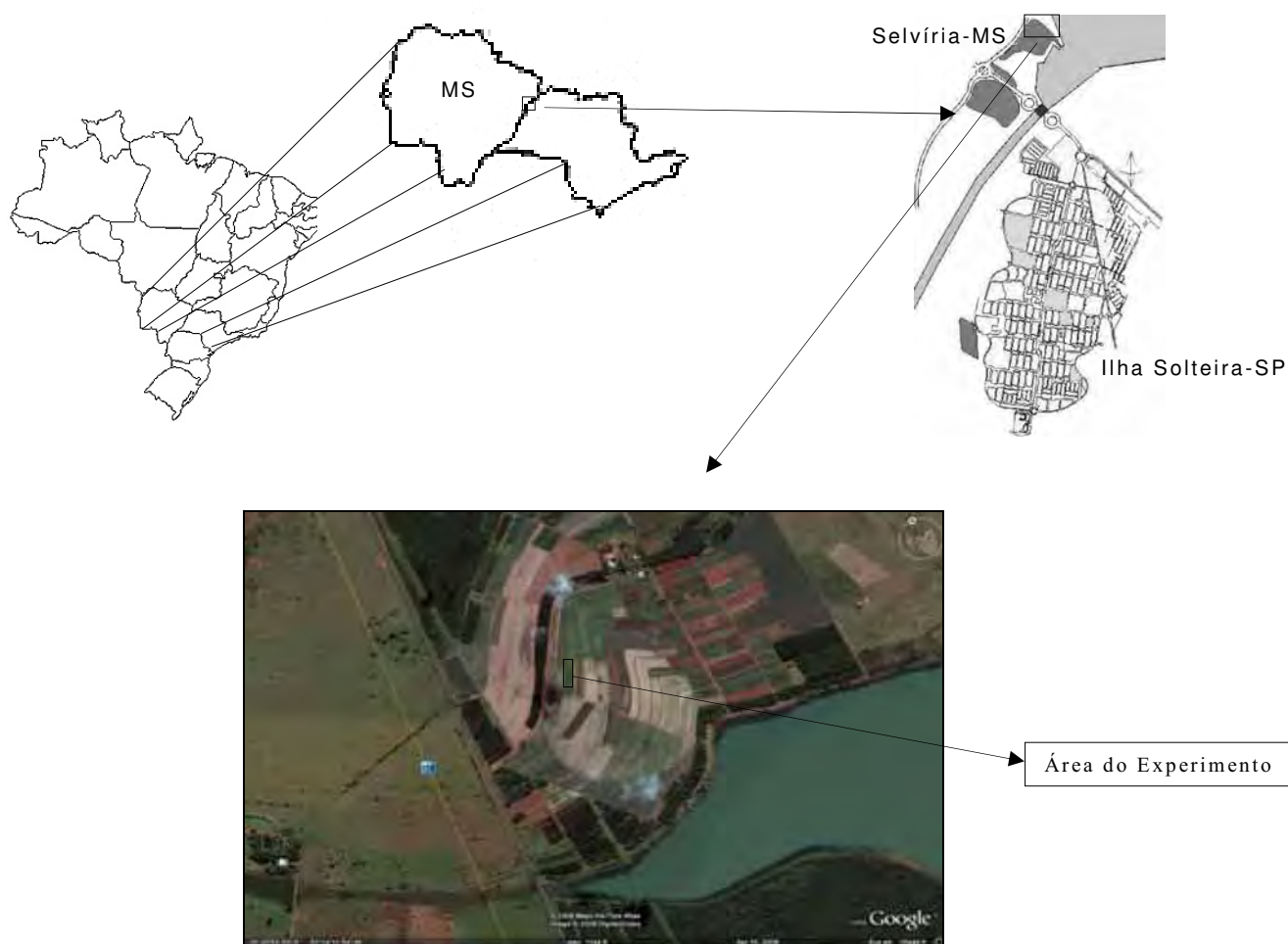


Figura 6: Imagem IKONOS da área do experimento. Fonte: Google Earth (2008).

O feijão foi semeado, mecanicamente, no dia 26 de maio de 2006 e 03 de maio de 2007 (Apêndice A e B, respectivamente) utilizando o cultivar Pérola, com sementes suficientes para obtenção de 10 plantas m⁻¹. As sementes não receberam tratamento, para evitar efeito do defensivo agrícola nos tratamentos com inoculação

de sementes. As parcelas com inoculação de semente foram inoculadas com a mistura das estirpes a SEMIA 4077 (= CIAT 899) e a SEMIA 4080 (= PRF 81), esta última isolada de um solo do Paraná e recomendada desde 1998, tendo comprovado alta capacidade de fixação de N_2 e competitividade contra rizóbios nativos em diversos ensaios realizados no Brasil (HUNGRIA et al., 2000). A SEMIA 4077 é a estirpe-padrão da espécie *R. tropici* e pertence ao tipo IIB (Martínez-Romero et al., 1991) e a SEMIA 4080 apresenta propriedades fisiológicas intermediárias entre os tipos IIA e IIB de *R. tropici* (HUNGRIA et al., 2000), mas sua posição taxonômica exata ainda necessita ser definida. As estirpes foram escolhidas por serem mais resistentes às temperaturas elevadas, comparadas as estirpes de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (OLIVEIRA et al., 1998).

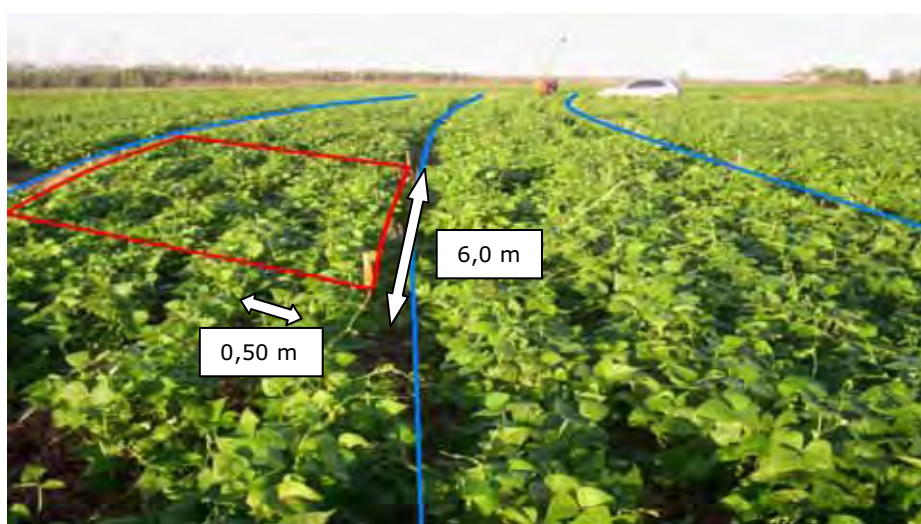


Figura 7. Detalhe do espaçamento entrelinha e comprimento da parcela, 2006.



Figura 8. Aspecto visual da cultura, 2007.

O cultivar Pérola foi originado na Embrapa Arroz e Feijão da seleção do cultivar Aporé que apresenta crescimento indeterminado, hábito do tipo II / III (semi-ereto a prostrado). Este é resistente ao mosaico comum, moderadamente resistente a murcha de *Fusarium*, intermediário para ferrugem, suscetível a mosaico dourado, crestamento bacteriano comum e antracnose (EMBRAPA/ CNPAF, 1997).

A adubação química básica no sulco de semeadura foi calculada de acordo com as características químicas do solo e levando em consideração as recomendações de (AMBROSANO et al., 1996), e foi constituída de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Após a semeadura a área foi irrigada para promover a germinação das sementes. A emergência ocorreu aos 6 e 5 dias após a semeadura para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente.

Nos tratamentos com aplicação do nitrogênio de forma antecipada, foram realizadas adubações a lanço nas parcelas e no restante das parcelas perto da linha de semeadura. Sendo um cultivo da época de abril a agosto (período seco), sob irrigação, realizado pelos médios e grandes produtores, geralmente usuários de melhor tecnologia, optou-se pela incorporação do adubo nitrogenado. Após a aplicação de nitrogênio, a área foi irrigada com o objetivo de minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização. O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado através de um sistema de irrigação do tipo pivô central.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado com a aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl + fomesafen (160 + 200 g ha⁻¹ do i.a.) e fomesafen (225 g ha⁻¹ do i.a.) aos 20 e 17 dias após emergência das plântulas para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente. Aos 49 dias após emergência das plântulas foi realizada pulverização com deltamethrine (262 g ha⁻¹ do i.a.) e aos 50 dias após emergência das plantas foi realizada pulverização com mancozeb (1200 g ha⁻¹ do i. a.) para o cultivo de 2006. O controle das pragas e doenças no cultivo de 2007 foi feito através de pulverizações, que se iniciaram 10 dias após a emergência das plântulas, com a utilização do inseticida methamidophos (300g ha⁻¹ do i. a.) e, posteriormente, aos 69 dias da emergência das plântulas realizou-se nova pulverização com a utilização do fungicida thiophanate methyl + com a utilização do inseticida e acaricida parathion methyl (450 + 300 g ha⁻¹ do i. a.).

3.4. AVALIAÇÕES REALIZADAS

O florescimento pleno ocorreu cerca de 40 e 43 dias após a emergência das plântulas e a colheita foi realizada manualmente aos 82 e 97 dias após a emergência das plântulas os anos de 2006 e 2007, respectivamente (Apêndices A e B, respectivamente).

A coleta das amostras de solo foi feita em junho e julho para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente, durante a fase de florescimento. De cada parcela foi retirada uma amostra composta, de 10 amostras simples de solo, na camada de 0 - 0,10 m, em local próximo a planta. O solo foi seco ao ar, peneirado (2 mm) e homogeneizado. Parte de cada amostra foi enviada para análise das características químicas e parte foi enviada para as análises microbiológicas.

A) ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

As análises químicas do solo foram realizadas no laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da UNESP, Campus de Ilha Solteira. Para tanto, o pH foi determinado em CaCl_2 . O P, K, Ca^{+2} e Mg^{+2} foram extraídos com resina trocadora de íons, na relação solo: água: resina de 1:10:1; Al^{+3} extraído com KCl 1N (H+Al). O P foi determinado por colorimetria; o K por fotometria de chama e Ca^{+2} e Mg^{+2} por espectrometria de absorção atômica; (H + Al^{+3}) empregando o pH SMP; Al^{+3} por titulação com NaOH 0,025 N e matéria orgânica por colorimetria, de acordo com (RAIJ; QUAGGIO, 1983).

A.1) ANÁLISE DO NITROGÊNIO TOTAL DO SOLO E CARBONO ORGÂNICO TOTAL

Para o ano de 2007 foram acrescentadas as análises de nitrogênio total do solo (NTS) e carbono orgânico total (COT). As determinações de nitrogênio total e carbono orgânico total foram realizadas no Departamento de Serviços de Apoio a Investigación (SAI) - Universidade da Coruña – Espanha. Para tanto as amostras de solo (< 2mm) foram moídas em almofariz de ágata e submetidas a análise no Analisador Elementar ThermoQuest Flash EA 1108, na qual o princípio da análise dos elementos foi à combustão seca que permite determinar a concentração de

carbono, nitrogênio e outros elementos em uma grande variedade de compostos orgânicos e inorgânicos.

O método analítico baseia-se na oxidação completa da amostra mediante uma combustão instantânea. Os gases resultantes da combustão são transportados mediante um gás portador (hélio) por meio de um forno de redução e de uma coluna cromatográfica, onde se produz a separação destes, empregando finalmente um detector de condutividade térmica para a sua quantificação.

B) CARBONO DA BIOMASSA

Para as análises microbianas, foram avaliadas 4 repetições por tratamento, sendo cada repetição constituída da média aritmética dos resultados da análise microbiana de 2 amostras compostas. O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi avaliado pelo método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987) que envolve a eliminação da microflora do solo pelo clorofórmio. O carbono liberado pela morte dos microrganismos foi determinado por extração seguido de digestão, e comparado às amostras de solo não-fumigadas. Foram utilizadas 2 amostras de 10 g de solo inicialmente peneirado, sendo que somente uma foi fumigada com clorofórmio (CHCl_3) livre de etanol. Para tanto, as amostras permaneceram em um dessecador por dois dias a 27 °C. O carbono microbiano foi extraído, tanto do solo fumigado como do não-fumigado, com o emprego de extrator K_2SO_4 0,5 mol L^{-1} . Após agitação por 30 minutos e filtração em papel de filtro Whatman nº1, os extratos foram centrifugados a 302,1 g por 3 minutos. O carbono microbiano presente nos extratos foi oxidado quando misturado com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,4 mol L^{-1}) e ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. A mistura foi encaminhada ao bloco digestor, onde permaneceu por 30 minutos a uma temperatura de 90 °C. O excesso de dicromato foi, então, retitulado com sulfato ferroso amoniacal [$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] utilizando difenilamina como indicador, revelando a quantidade de dicromato não utilizado na oxidação. A partir deste valor calculou-se a quantidade de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ gasto na oxidação do C-orgânico e conseqüentemente a quantidade de carbono da biomassa microbiana extraída.

A biomassa representada pelo carbono microbiano foi então determinada por:
 $\text{CBM} = C_f - C_{f_n}/k_{ec}$, sendo que:
 C_f : representa o C- CO_2 liberado pelo solo fumigado durante os dias de incubação.

C_{in} : representa o C-CO₂ liberado pelo solo não fumigado durante os dias de incubação.

K_{ec} : corresponde ao fator de mineralização do C, na qual foi utilizado 0,45 a 25°C (ANDERSON; DOMSCH, 1978, SIQUEIRA et al., 1994)

C) QUANTIFICAÇÃO DO CARBONO DO CO₂ LIBERADO

Para a quantificação do C-CO₂ liberado 100 g de solo, inicialmente peneirado, foram colocadas em jarros de vidro com tampa de rosca, onde a umidade do solo foi corrigida até 70% da capacidade de campo, sendo no centro depositado um frasco contendo 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ (Figura 11). Os jarros foram fechados hermeticamente e mantidos em câmara climatizada a 27 °C por 96 horas em 2006 e 2007. O tempo de incubação foi determinado por meio de uma curva de calibração, resultante de um monitoramento diário. A titulação do NaOH livre, à qual foi acrescido 1 mL de solução saturada de BaCl₂, foi realizada empregando HCl 0,1 mol L⁻¹. O controle foi feito com jarros de vidro, sem solo, contendo frascos com NaOH. A titulação da NaOH livre permitiu calcular, por subtração, a quantidade de CO₂ que combinou com o NaOH (ANDERSON; DOMSCH, 1982).



Figura 9. Detalhe da quantificação do C-CO₂ liberado (Incubação)

D) QUOCIENTE METABÓLICO

A determinação do quociente metabólico (qCO_2) foi estimada pela razão C-CO₂ liberado / CBM.

E) QUOCIENTE MICROBIANO

Para o ano de 2006 o quociente microbiano (qMIC) foi determinado pela razão [CBM / Carbono orgânico total (MO/1,724)], considerando a média da densidade do solo (Ds) na área de $1,39 \text{ g cm}^{-3}$, e para o ano de 2007 o quociente microbiano foi estimado pela razão (CBM/ COT) na camada de 0-0,10 m de profundidade.

F) PORCENTAGEM DE COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA

Para determinação da porcentagem da colonização micorrízica, um grama de raiz de cada amostra armazenada foi cortada no comprimento de 1 cm, lavada em água corrente e clarificada em KOH 10% e acidificadas com HCl 1% à 90 °C, coloridas com azul de tripano 0,05 % e preservadas em lactoglicerol (PHILLIPS; HAYMAM, 1970). A verificação da porcentagem de segmentos colonizados foi feita em placa quadriculada onde 100 segmentos foram avaliados por repetição, por tratamento, sob microscópio estereoscópio (40x).

G) CONTAGEM DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES AUTÓCTONES

Para esta análise foi utilizado o solo rizosférico inicialmente peneirado, de onde os esporos dos FMA foram separados e coletados segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) e de centrifugação e flutuação com sacarose (JENKINS, 1964). Por amostra, 100 gramas de solo foram misturados em 300 mL de água, em um béquer, e agitados vigorosamente. Após decantação por alguns segundos, para sedimentação das partículas maiores e/ou mais densas que os esporos, o sobrenadante foi passado por duas peneiras, com aberturas de 710 e 50 μm , na seqüência da maior para a menor abertura da malha, e o procedimento foi repetido 4 vezes.

Com auxílio de uma pisseta, o material depositado na peneira de 50 μm foi recolhido, transferido para tubos e centrifugado por 3 minutos a 302,1 g. O sobrenadante foi cuidadosamente descartado e o precipitado ressuspensionado em sacarose 50 % para novamente ser centrifugado por mais 1,5 minutos. Os esporos

presentes no sobrenadante foram transferidos para a peneira de malha de 50 μm , lavados com água em abundância, para retirar o excesso de sacarose, e recolhidos em um béquer pequeno. A contagem dos esporos de FMA autóctones foi realizada usando uma placa de acrílico com anéis concêntricos, sob microscópio estereoscópio.

H) NÚMERO DE NÓDULOS

Foi avaliado o número de nódulos formados por bactérias fixadoras de nitrogênio, presentes no sistema radicular de cinco plantas, na época do florescimento, sendo estas, parte das plantas utilizadas para avaliação da massa seca da parte aérea, as quais foram coletadas com auxílio de um enxadão da área útil das parcelas. As plantas foram lavadas em água corrente e contados os nódulos encontrados no sistema radicular.

I) MASSA SECA DA PARTE AÉREA

Por ocasião do florescimento pleno das plantas, foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado na área útil, que foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados e levados ao laboratório e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de $65^{\circ}\text{C}\pm 5$ até atingir massa em equilíbrio. Posteriormente as amostras foram pesadas e os valores convertidos em g planta^{-1} .

J) PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

Para a avaliação da produtividade de grãos, as plantas da área útil de cada parcela foram arrancadas, deixadas para secagem ao sol e submetidas à trilha mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} (13% base úmida).

K) ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO (ano 2006)

4.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

A maioria dos fertilizantes nitrogenados, quando aplicados no solo, sofre hidrólise enzimática libera NH_4^+ e essa reação de hidrólise consome prótons (H^+), o que provoca uma elevação do pH ao redor das partículas (KOELLIKER; KISSEL, 1988), devido a ação da urease, uma enzima produzida por bactérias e fungos e também presente em resíduos vegetais (MATTOS JÚNIOR et al., 2002). No presente trabalho (Tabela 1), na análise das características químicas do solo, de maneira geral, não foram observadas efeitos significativos para as diferentes fontes de nitrogênio, bem como entre inoculação e épocas de aplicação.

Tabela 1. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) determinada nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 - 0,10 m, na presença e ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), diferentes fontes de nitrogênio (FN) e diferentes épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria -MS, 2006. Média de 4 repetições.

Causa de variação	P-resina mgdm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V (%)	
												mmol _c dm ⁻³
IR	INOC	37,75	31,12	5,56	3,82	36,00	22,0 b	20,79	0,00	61,7 b	91,8a	76,58
	ÑINOC	43,75	31,58	5,68	4,01	41,29	27,6a	19,04	0,00	72,9a	82,6 b	75,66
FN	URÉIA	40,95	31,29	5,63	3,93	38,33	24,62	19,79	0,00	66,85	80,3 b	72,08a
	ENTEC [®] 26	40,54	31,41	5,61	3,90	38,95	25,04	20,04	0,00	67,86	94,1a	80,16 b
EAN	15A	37,50	31,00	5,60	3,87	38,19	25,81	20,06	0,00	67,84	87,91	76,12
	SEM	43,15	30,81	5,63	3,93	36,62	23,25	19,87	0,00	63,82	83,70	75,56
	15D	41,25	32,25	5,63	3,94	41,12	25,43	19,81	0,00	70,42	90,23	76,68
IR		0,156 ^{ns}	0,588 ^{ns}	0,211 ^{ns}	0,318 ^{ns}	0,130 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,133 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,040	0,024	0,595 ^{ns}
FN		0,920 ^{ns}	0,882 ^{ns}	0,856 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,837 ^{ns}	0,827 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,840 ^{ns}	0,001 ^{**}	0,000 ^{**}
EAN		0,497 ^{ns}	0,326 ^{ns}	0,957 ^{ns}	0,937 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,538 ^{ns}	0,982 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,593 ^{ns}	0,393 ^{ns}	0,866 ^{ns}
IRxFN		0,646 ^{ns}	0,404 ^{ns}	0,718 ^{ns}	0,570 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,207 ^{ns}	1,000 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,541 ^{ns}	0,635 ^{ns}	0,470 ^{ns}
IRxEAN		0,299 ^{ns}	0,928 ^{ns}	0,973 ^{ns}	0,855 ^{ns}	0,914 ^{ns}	0,925 ^{ns}	0,926 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,909 ^{ns}	0,285 ^{ns}	0,550 ^{ns}
FNxEAN		0,031 ^{ns}	0,516 ^{ns}	0,780 ^{ns}	0,331 ^{ns}	0,781 ^{ns}	0,895 ^{ns}	0,591 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,823 ^{ns}	0,057 ^{ns}	0,073 ^{ns}
IRxFNxEAN		0,728 ^{ns}	0,672 ^{ns}	0,761 ^{ns}	0,473 ^{ns}	0,329 ^{ns}	0,222 ^{ns}	0,862 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,298 ^{ns}	0,416 ^{ns}	0,509 ^{ns}
DMS _{IR} (5%)		5,94	1,20	0,13	0,27	4,90	2,88	1,63	0,00	7,56	5,60	2,45
DMS _{FN} (5%)		5,94	1,20	0,13	0,27	4,90	2,88	1,63	0,00	7,56	5,60	2,45
DMS _{EAN} (5%)		7,28	1,47	0,16	0,33	6,01	3,53	2,00	0,00	9,26	6,86	3,00
CV (%)		35,25	9,27	5,64	16,74	30,68	28,06	19,83	0,00	27,12	15,50	7,79

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (INOC: com inoculação, NINOC: sem inoculação; épocas de adubação: 15A: 15 dias antes da semeadura; e SEM: semeadura e 15D: 15 dias depois da semeadura).

Com relação a inoculação com rizóbio, diferenças significativas foram verificadas para o Mg e SB, com os maiores valores na ausência de inoculação (27,66 e 72,96 mmol_c dm⁻³, respectivamente), enquanto que para CTC, os maiores

valores foram encontrados na inoculação ($91,87 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e na utilização do ENTEC[®]26 como fertilizante nitrogenado ($94,17 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Tabela 1.).

Assim como os resultados encontrados no presente trabalho, a literatura é enfática em estabelecer correlações entre o pH e as fontes de nitrogênio, na qual fontes de nitrogênio, como a uréia sofrem mais rapidamente o processo de nitrificação, onde o íon amônio passa a nitrato proporcionando a liberação de cátions 2H^+ e, assim, ocasionando um queda no pH (RAIJ, 1991). Por outro lado, o ENTEC[®] 26 tem a capacidade de manter estável por um período maior de tempo o nitrogênio na forma de NH_4^+ (CANTARELLA; MARCELINO, 2007).

De maneira geral, também não foi observado efeito significativo da inoculação em relação ao pH, visto que seria possível que a inoculação promovesse a estimulação da comunidade microbiana e, por consequência, a imobilização de alguns elementos. Clarkson (1985) relata que as formas orgânicas de alguns elementos no solo estão contidas na biomassa microbiana, ocasionando uma deficiência temporária decorrente do seu crescimento, o que aumentaria a exsudação de enzimas ácidas extracelulares na região rizosférica para recuperação dos nutrientes imobilizados, causando assim uma leve acidez. Entretanto, no presente trabalho, também não foi observado uma aumento significativo na CBM em relação a inoculação.

Para todas as variáveis, exceto para P, os teores foram considerados altos (Tabela 1). No tratamento inoculado e com aplicação do nitrogênio 15 dias antes da semeadura, os valores de P observados foram considerados médios ($37,75$ e $37,50 \text{ mgdm}^{-3}$, respectivamente).

4.2. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

4.2.1. CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA

Houve significância para interações das causas de variação IRxEAN e FNxEAN nas variáveis CBM, $q\text{CO}_2$ e $q\text{MIC}$ (Tabela 2), sendo que para colonização micorrízica a interação ocorreu apenas para causa de variação FNxEAN. Faz-se notar, também, a ausência de significância e interações para as variáveis C- CO_2 liberado e número de esporos.

Tabela 2. Probabilidade de F, graus de liberdade, coeficiente de variação (CV%) e níveis de significância para carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO₂ (C-CO₂) liberado, quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), colonização micorrízica, número de esporos, na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), em diferentes fontes de nitrogênio (FN) e diferentes épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento do feijão. Selvíria-MS, 2006. Média de 4 repetições.

Causas de Variação	Graus de liberdade	CBM ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)	C-CO ₂ ($\mu\text{g CO}_2\text{ g solo}$ seco dia^{-1})	qCO_2 ($\mu\text{g C g}^{-1}\text{ dia}/\mu\text{g CO}_2$ $\text{g solo seco dia}^{-1}$)	$qMIC$ (%)	Colonização micorrízica (%)	nº esporos (100g de solo seco^{-1})
IR	1	0,085 ^{ns}	0,208 ^{ns}	0,002 ^{**}	0,196 ^{ns}	0,048	0,109 ^{ns}
FN	1	0,198 ^{ns}	0,719 ^{ns}	0,772 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,150 ^{ns}	0,663 ^{ns}
EAN	2	0,006 ^{**}	0,555 ^{ns}	0,034 [*]	0,025 [*]	0,973 ^{ns}	0,463 ^{ns}
IRxFN	1	0,378 ^{ns}	0,377 ^{ns}	0,291 ^{ns}	0,386 ^{ns}	0,183 ^{ns}	0,106 ^{ns}
IRxEAN	2	0,012 [*]	0,644 ^{ns}	0,010 [*]	0,017 [*]	0,750 ^{ns}	0,631 ^{ns}
FNxEAN	2	0,000 ^{**}	0,349 ^{ns}	0,001 ^{**}	0,000 ^{**}	0,024 [*]	0,205 ^{ns}
IRxFNxEAN	2	0,105 ^{ns}	0,629 ^{ns}	0,098 ^{ns}	0,106 ^{ns}	0,606 ^{ns}	0,744 ^{ns}
(Tratamentos)	(11)	-	-	-	-	-	-
RESÍDUO	36	-	-	-	-	-	-
TOTAL	47	-	-	-	-	-	-
CV(%)	-	26,05	13,17	36,65	12,74	29,76	30,06

* e : significativo a 1e 5%, respectivamente; ^{ns}: não significativo.

Para CBM verifica-se claramente uma menor biomassa microbiana quando foi realizada a inoculação de sementes juntamente a adubação nitrogenada 15 dias antes da semeadura ($267,77 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco). Em contraste, não houve diferenças estatísticas para ausência de inoculação para três épocas de aplicação do nitrogênio, onde também não mostrou variação estatística dos tratamentos inoculados quando a adubação nitrogenada foi realizada na semeadura ou 15 dias após a semeadura (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das interações significativas para carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006. Média de 4 repetições.

IR/EAN	15 A	SEM	15D
CBM ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)			
INOC	267,77bB	508,38aA	494,48aA
NINOC	476,10aA	461,45aA	513,98aA
DMS Tukey (5%): 84,77			
qCO_2 ($\mu\text{g C g}^{-1}\text{ dia}/\text{mg CO}_2\text{ g solo seco dia}^{-1}$)			
INOC	0,039aA	0,023aB	0,022aB
NINOC	0,019bA	0,022aA	0,018aA
DMS Tukey (5%): 0,006			
$qMIC$ (%)			
INOC	2,07bB	4,13aA	3,74aA
NINOC	3,73aA	3,60aA	3,81aA
DMS Tukey (5%): 0,75			

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (INOC: com inoculação, NINOC: sem inoculação, 15A: 15 dias antes da semeadura: e SEM: semeadura e 15D: 15 dias depois da semeadura).

Contraopondo em parte estes resultados, Hungria et al. (1997) relataram influência da inoculação de sementes na biomassa microbiana e observaram que o

feijoeiro inoculado estimula a diversificação de espécies, sendo parte desses efeitos relacionados com a maior exsudação de compostos fenólicos pelas sementes e raízes, resultando em acúmulo na rizosfera e aumentando significativamente o CBM. Uma maior população microbiana proporciona uma maior absorção de nitrogênio do solo, o qual, posteriormente, será disponibilizado de forma gradual para as plantas, criando uma depressão temporária de nitrogênio disponível às plantas (RUSCHEL e SAITO, 1977). Tendo em vista a interação significativa para CBM nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação (Tabela 4), os tratamentos mostraram uma maior eficiência quando a uréia foi aplicada na semeadura ($645,56 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) e o ENTEC[®]26 15 dias após a semeadura ($610,82 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco). Esses resultados podem ser explicados, pois quando se aplica a uréia na semeadura, ocorre à liberação do nitrogênio de forma rápida aumentando a população microbiana e, também, a imobilização, provocando uma depressão temporária de nitrogênio no momento de formação dos nódulos e, conseqüentemente, um aumento na exudação de compostos fenólicos, sendo este responsável pelo o aumento da CBM.

Tabela 4. Médias das interações significativa para carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), quociente microbiano ($q\text{MIC}$), colonização micorrízica nas diferentes fontes de nitrogênio (FN) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006. Média de 4 repetições.

FN/EAN	15 A	SEM	15D
CBM ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)			
URÉIA	384,94aB	645,56aA	397,64aB
ENTEC[®]26	358,93aB	324,27bB	610,82bA
DMS Tukey (5%): 84,77			
$q\text{CO}_2$ ($\mu\text{g C g}^{-1}$ dia/$\text{mg CO}_2 \text{g solo seco dia}^{-1}$)			
URÉIA	0,030aA	0,015aB	0,026aA
ENTEC[®]26	0,027aA	0,030bA	0,015bB
DMS Tukey (5%): 0,006			
$q\text{MIC}$ (%)			
URÉIA	3,02aB	5,25aA	2,91bB
ENTEC[®]26	2,77aB	2,47bB	4,65aA
DMS Tukey (5%): 0,75			
Colonização micorrízica (%)			
URÉIA	57,0aB	65,2aA	60,5aA
ENTEC[®]26	61,0aA	54,0bB	58,1aA
DMS Tukey (5%): 5,42			

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (15A: 15 dias antes da semeadura; e SEM: semeadura e 15D: 15 dias depois da semeadura).

A adubação feita após a emergência das plantas, uma vez que as plantas já noduladas podem proporcionar benefício máximo dessas fontes de nitrogênio em épocas diferentes do crescimento das plantas (FELIX et al., 1981). Esta pode ser a possível explicação para o satisfatório resultado observado com a aplicação do fertilizante nitrogenado ENTEC[®] 15 dias, após a semeadura. Após a fase de formação dos nódulos, a adubação com ENTEC[®] também favoreceu a planta, bem como, a rizosfera, proporcionando os maiores valores para CBM.

4.2.2. ATIVIDADE MICROBIANA: C-CO₂ LIBERADO

Estudando o efeito da aplicação do nitrogênio na atividade microbiana na cultura da cevada, França (2007) verificou que à medida que disponibiliza mais nitrogênio no solo, maior é a atividade respiratória dos microrganismos. A Figura 10 indica que não há diferenças estatísticas significativas para três causas de variação, possibilitando inferir que a inoculação, bem como as diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação, disponibilizara quantidades parecidas de nitrogênio no solo na época de florescimento do feijoeiro.

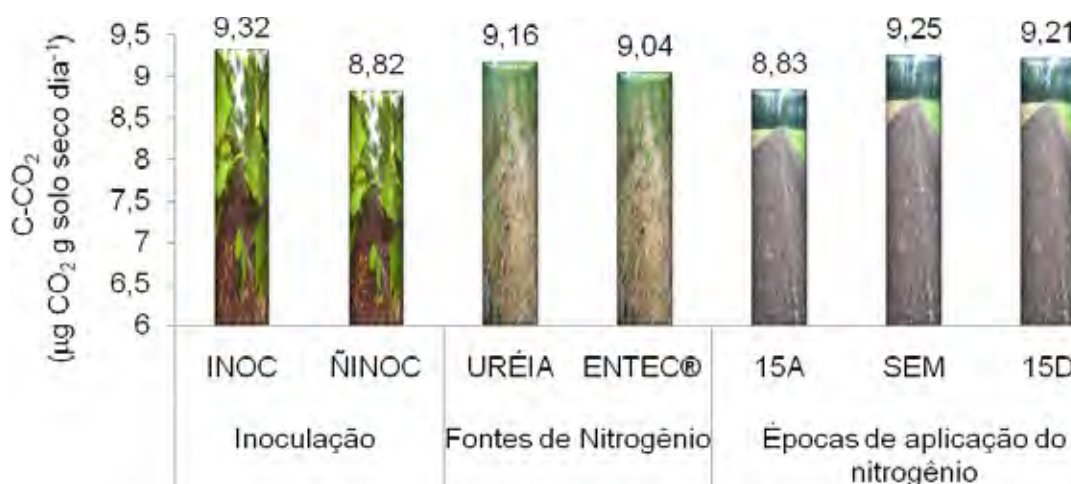


Figura 10. Teores de carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.

Coser (2006) verificou que diferentes doses do nitrogênio e em vários estágios fenológicos da cultura da cevada, no estágio de florescimento, na camada

de 0,5 a 0,10 m, com 90 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, proporcionaram 15,50 µg CO₂ g solo seco dia⁻¹, valores um pouco acima dos observados no presente trabalho.

4.2.3. QUOCIENTE METABÓLICO

No desdobramento da interação significativa para qCO_2 (Tabela 3), os maiores resultados foram verificados nos tratamentos sem inoculação. O quociente metabólico (qCO_2) relaciona por meio de razão matemática a respiração basal com a biomassa microbiana, indicando atividade específica por unidade de biomassa para valores de qCO_2 . Os altos valores de qCO_2 mostram que a eficiência da atividade microbiana do solo está baixa e que os microrganismos do solo estão, possivelmente, sob estresse ambiental (WARDLE et al., 1995), pois uma biomassa microbiana eficiente libera menos carbono em forma de CO₂ pela respiração, mas incorpora carbono em sua constituição aumentando, assim, na sua massa microbiana (AQUINO, 2005). Pode refletir, também, as variações na proporção de BMS metabolicamente ativa em crescimento, pois quanto maior a BMS ativa maior será o quociente metabólico (FISK; FAHEY, 2001).

Os valores da interação significativa para qCO_2 , nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação. Os maiores valores foram quando a uréia foi utilizada na semeadura (0,015 µg C g⁻¹ dia/mg CO₂ g solo seco dia⁻¹) ou quando o ENTEC[®] foi empregado 15 dias após a semeadura (0,015 µg C g⁻¹ dia/mg CO₂ g solo seco dia⁻¹), resultados muito semelhantes em termos circunstanciais aos verificados e apresentados na Tabela 3, evidenciando uma relação inversamente proporcional entre estresse da comunidade microbiana e seu crescimento quantitativo. O presente trabalho evidenciou (Tabela 4) que a aplicação do fertilizante ENTEC[®] 26 15 após a semeadura (0,015 µg C g⁻¹ dia/mg CO₂ g solo seco dia⁻¹), isto é, na presença da planta de feijão, devido a liberação lenta do nitrogênio, proporcionou uma menor competição (menor estresse) na comunidade microbiana, proporcionando uma aumento da mesma, assim como, com a aplicação da uréia na semeadura (0,015 µg C g⁻¹ dia/mg CO₂ g solo seco dia⁻¹). Contrapondo a estas informações, alguns autores, como Fisk e Fahey (2001), associam o aumento do qCO_2 ao da maior biomassa microbiana do solo fisiologicamente ativa e não a um

estresse causado pela adição de nitrogênio ao solo ou por mudanças na fertilidade do solo

4.2.4. QUOCIENTE MICROBIANO

As alterações na relação q_{MIC} , segundo Sparling (1992), refletem o padrão de entrada de matéria orgânica nos sistemas, bem como à eficiência de conversão do CBM, às perdas de C do solo e à estabilização do C-Orgânico na fração mineral do solo. Assim, valores elevados dessa variável indicam acúmulo de carbono no solo, enquanto que os menores, perdas de carbono ao longo do tempo. Com base nisso, é possível inferir que a inoculação de sementes juntamente a aplicação do nitrogênio 15 dias antes da semeadura (Tabela 3), proporcionaram os menores resultados (2,07%). Bem parecidos em termos circunstanciais foram os resultados para CBM (267,77 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), ficando explícito que esses tratamentos possuem a mesma eficiência na estabilização do C-Orgânico na fração mineral do solo, lembrando que não houve diferenças estatísticas para MO (Tabela 1) e, portanto, não sendo possível atribuir à quantidade de MO.

Com relação à q_{MIC} , os valores encontrados nesse trabalho estão dentro dos limites relatados por Silva et al. (2007), os quais trabalharam com o feijão cultivar BRS-Valente, em plantio direto, em diversas coberturas vegetais, sendo uma delas o milho, onde os valores variaram de 2,18 a 3,50%. Novamente, percebe-se, no presente trabalho (Tabela 4), uma maiores valores para o q_{MIC} quando a uréia foi utilizada na semeadura (5,25%) e ENTEC[®] 15 dias após a semeadura (4,65%).

4.2.5. COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA

O tratamento de inoculação com *R. tropici* exibiu significativa variação na porcentagem na colonização micorrízica (Figura 11), sendo que a inoculação proporcionou um total de 62% das plantas micorrizadas em contraste o tratamento não inoculado com 5% a menos de suas plantas micorrizadas. Essa diferença pode ser atribuída o teor de fósforo existente no solo (Tabela 1), uma vez que não houve diferenças estatísticas entre os teores de P para inoculação ou ausência dela, porém estão em níveis diferentes de fertilidade, onde o nível mais alto de P pode ter

interferido na colonização micorrízica. Saif (1987), estudando a influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pinto* consorciados, correlacionou a inibição a colonização por FMA com a acumulação de nutrientes de baixa mobilidade, em particular o P. Outra explicação possível seria o que foi explícito por Barea et al. (1992), os quais afirmam que um dos principais papéis destes fungos é o fornecimento de P para a planta hospedeira e o suprimento da alta demanda desse nutriente para os nódulo. O processo de FBN é altamente exigente em energia na forma de ATP, de modo que o adequado suprimento de P proporcionado pelos FMA beneficia a simbiose, indicando bom relacionamento entre rizóbio e fungos micorrízicos. Burity et al. (2000), trabalhando com inoculação de rizóbio e fungos micorrízicos em mudas de sabiá, concluíram que a presença do rizóbio aumenta a colonização micorrízica.

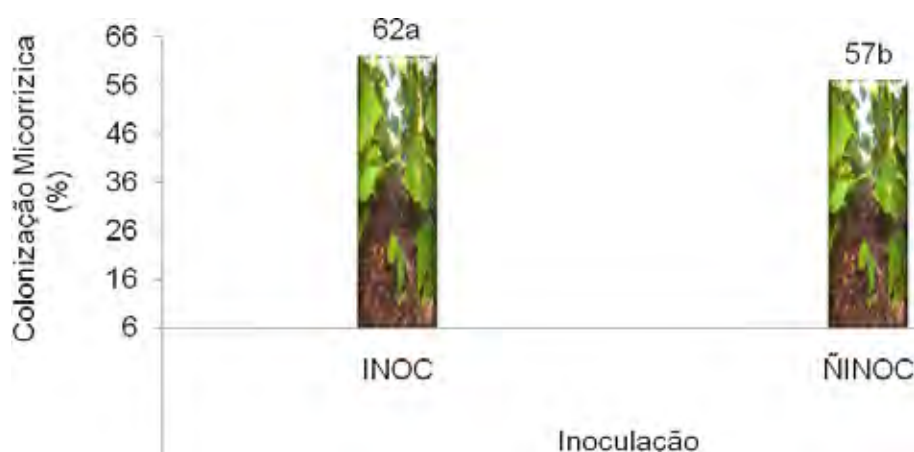


Figura 11. Porcentagem da colonização micorrízica, na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.

Os valores para colonização micorrízica observados no desdobramento da interação significativa fontes de nitrogênio e épocas de aplicação (Tabela 4) segue praticamente a mesma tendência das variáveis de carbono, onde a uréia, quando aplicada na semeadura, proporcionou os maiores resultados, ou seja, 65,2% das plantas micorrizadas, seguido do ENTEC[®], quando aplicado 15 dias após a semeadura, com 58,1% das plantas micorrizadas. Esta, porém, não diferiu quando aplicado 15 dias antes da semeadura (61%). Alvarenga et al. (1999), estudando o teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos, observaram uma interdependência entre as variáveis teor de

carbono total, carbono microbiano, agregação e fungos micorrízicos, sendo as alterações mais evidentes na camada superficial do solo.

4.2.6. NÚMERO DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS

No que se refere à quantidade de esporos produzidos, verifica-se que a nem inoculação, nem a utilização de diferentes fertilizantes nitrogenados e, tampouco, as diferentes épocas de aplicação do nitrogênio, mostraram efeitos significativos (Figura 12), bem como interações significativas (Tabela 2) Burity et al. (2000) trabalhando com inoculação de rizóbio e FMA em mudas de sabiá, concluiu que a presença do rizóbio diminui a esporulação, enquanto Nosse et al. (2003), estudando a influência dos restos vegetais e adubação nitrogenada na micorrização na cultura do arroz cultivado em plantio direto, relatam que a adubação nitrogenada influenciou a esporulação, mas não a colonização, uma vez que 100% da plantas haviam sido colonizadas, e encontraram valores superiores em relação a número de esporos do presente trabalho (acima de 200 esporos 100 g^{-1} de solo), porém faz-se necessário estudo mais aprofundado para se chegar a conclusões mais precisas do fato observado.

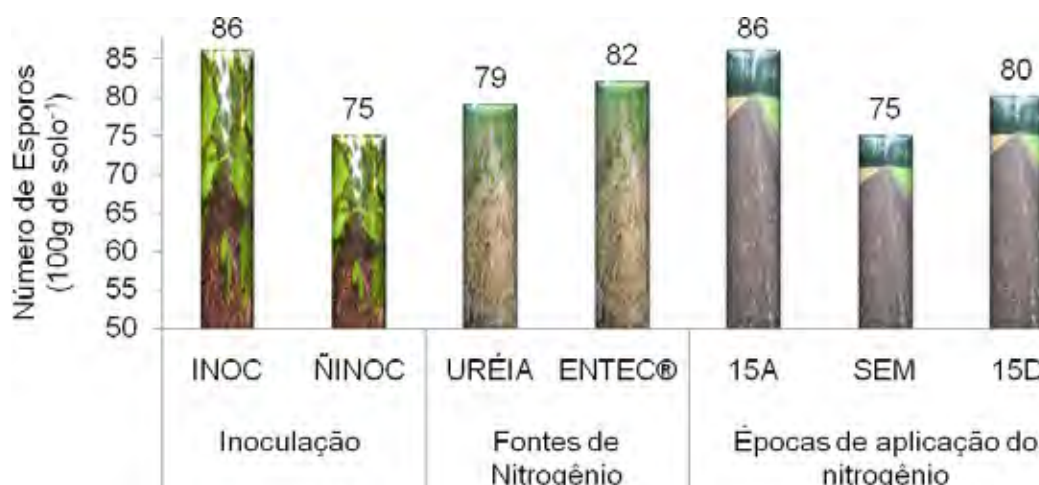


Figura 12. Números de esporos na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.

4.3. CARACTERÍSTICAS FITOTÉCNICAS

Para os resultados obtidos constata-se a ausência de significância em todas as causas de variação para massa seca da parte aérea e produtividade de grãos, porém para números de nódulos e comprimento radicular houve uma variação significativa para inoculação, mas sem efeitos significativos estatísticos para as interações duplas.

4.3.1. NÚMERO DE NÓDULOS

Houve efeito da inoculação sobre o número de nódulos produzidos, na qual a quantidade de nódulos encontrados em plantas inoculadas foi 14% superior a plantas não inoculadas (Tabela 5). Uma nodulação maior na presença da inoculação também foi relatada por Venturini et al. (2003), em plantas de feijão variedade TPS Nobre.

Tabela 5. Probabilidade de F, coeficiente de variação (CV%) e níveis de significância para número de nódulos, massa seca da parte aérea, produtividade de grãos na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), em diferentes fontes de nitrogênio (FN) e épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento do feijão. Selvíria -MS, 2006. Média de 4 repetições.

Causas de Variação	Graus de liberdade	Número de nódulos	Massa seca da parte aérea (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
IR	1	0,007 ^{**}	0,999 ^{ns}	0,723 ^{ns}
FN	1	0,075 ^{ns}	0,798 ^{ns}	0,086 ^{ns}
EAN	2	0,306 ^{ns}	0,253 ^{ns}	0,426 ^{ns}
IRxFN	1	0,529 ^{ns}	0,127 ^{ns}	0,532 ^{ns}
IRxEAN	2	0,114 ^{ns}	0,324 ^{ns}	0,492 ^{ns}
FNxEAN	2	0,305 ^{ns}	0,586 ^{ns}	0,915 ^{ns}
IRxFNxEAN	2	0,231 ^{ns}	0,204 ^{ns}	0,694 ^{ns}
(Tratamentos)	(11)	-	-	-
RESÍDUO	36	-	-	-
TOTAL	47	-	-	-
CV(%)	-	49,06	22,94	14,32

^{**} e ^{ns}: significativo a 1e 5%, respectivamente; ^{ns}: não significativo.

Nota-se a ausência de diferenças estatísticas entre as diferentes fontes e épocas de aplicação do nitrogênio (Figura 13), o que contradiz em parte os resultados encontrados por Fullin et al. (1999), que relatam que doses de nitrogênio na semeadura podem incrementar a nodulação, corroborando Ruschel et al. (1979). Felix et al. (1981) explicam que esse benefício pode ser devido à utilização do nitrogênio mineral no período entre o esgotamento das reservas cotiledonares e o início da atividade dos nódulos.

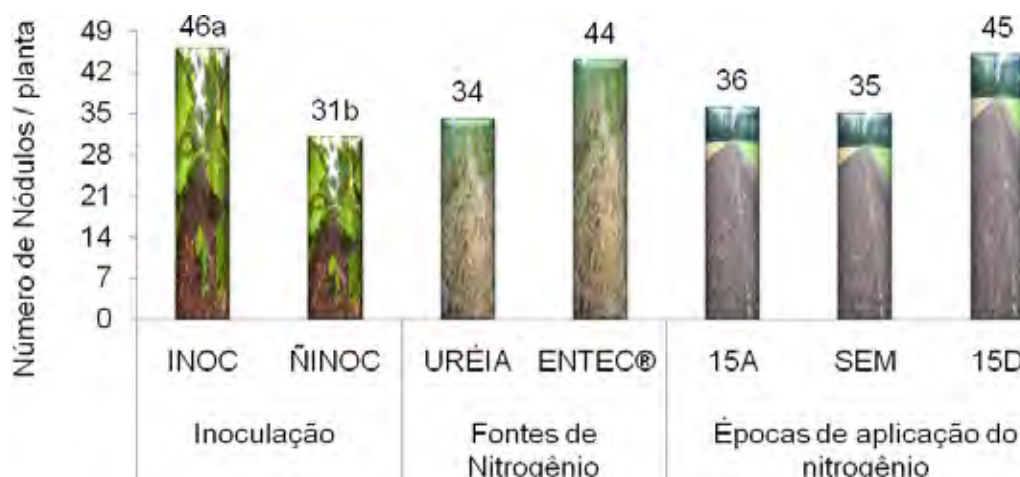


Figura 13. Número de nódulos na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.

4.3.2. MASSA SECA DA PARTE AÉREA

Os resultados referentes à massa seca de plantas (Figura 14), avaliadas na fase de florescimento do feijoeiro, não revelaram a influência da inoculação, nem das diferentes fontes de nitrogênio ou de suas épocas de aplicação, visto que não houve interação significativa dentro das causas de variação (Tabela 5).

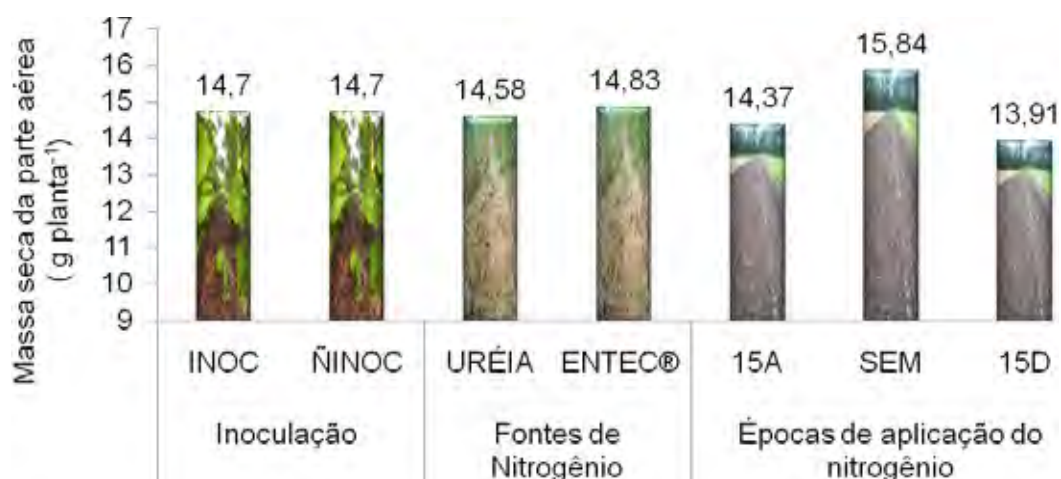


Figura 14. Valores da massa da parte aérea na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.

Arf et al. (2007) analisando o efeitos de fontes (uréia, ENTEC[®]26 e sulfato de amônio), corroboram em parte com o presente trabalho na qual concluíram que as diferentes fontes não influenciam no acúmulo de matéria seca da planta, porém as épocas influenciam, sendo que o nitrogênio quando aplicado, parcialmente ou totalmente na semeadura proporcionou maior acúmulo de matéria seca, o mesmo foi observado por Soratto (2002) quanto a época de aplicação da adubação nitrogenada.

4.3.3. PRODUTIVIDADE

Como a exemplo da massa seca de plantas, a produtividade, não foi influenciada pela inoculação, pelas fontes de nitrogênio bem como por suas diferentes épocas de aplicação (Tabela 5). Souza (2006) estudando o efeito de fontes nitrogenadas (uréia e ENTEC), épocas de aplicação (20 DAE e 36 DAE, aplicado em dose total) e doses (0, 50, 100, e 150 kg ha⁻¹ de N) também verificou que as fontes e épocas de aplicação não tiveram influência na produtividade de grãos do feijoeiro de inverno irrigado.

Essa ausência de significância entre tratamentos com inoculação e sem inoculação em relação a produtividade pode ser explicado pela dose de nitrogênio aplicada de 90 kg ha⁻¹, que “mascarou” a fixação biológica uma vez que houve variação estatística no número de nódulos (Figura 13). Xavier et al. (2008) analisando o efeito da adubação nitrogenada e inoculação com bactéria do gênero *Rhizobium* na produtividade do feijão Caupi, observou uma inibição da fixação biológica em doses acima de 20 kg ha⁻¹, e conseqüentemente ausência de diferenças significativas entre os tratamentos com inoculação e sem inoculação.

No presente trabalho vale ressaltar que foram obtidas boas produtividades em todos os tratamentos (acima de 2000 kg ha⁻¹) (Figura 15). De acordo com Silveira et al. (2005), a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada em relação a produtividade é linear até a dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

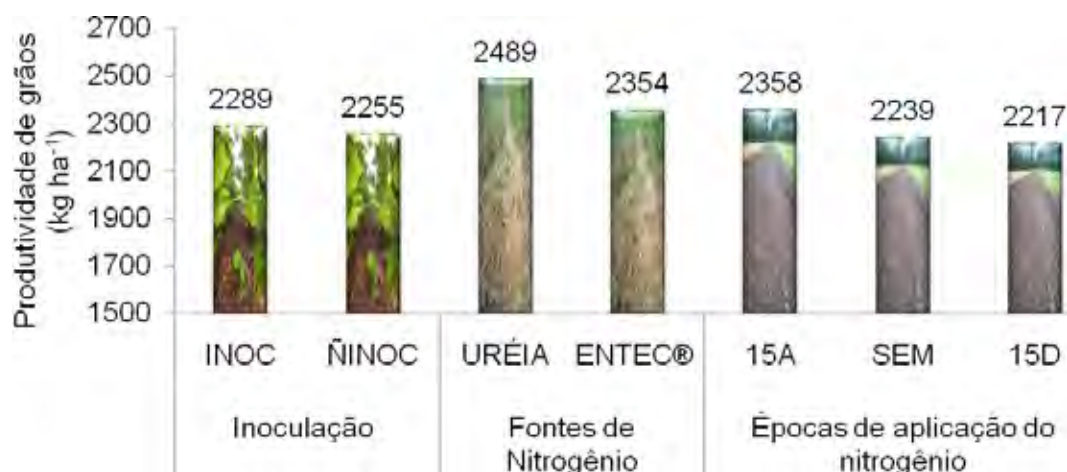


Figura 15. Produtividade de grãos na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2006.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO (ANO 2007)

5.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

De maneira geral os tratamentos não influenciaram estatisticamente de modo significativo as variáveis químicas do solo (Tabela 6), porém é possível observar maior teor significativo de nitrogênio total do solo, MO e uma maior CTC (1761,1 $\mu\text{g N g}^{-1}$ de solo, 32,33 g dm^{-3} e 104,68 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente) onde houve inoculação. Os maiores teores de NTS podemos atribuir ao maior teor de MO, pois também houve uma correlação positiva entre os mesmos (Apêndice D), enquanto para os diferentes fertilizantes não foram observadas diferenças estatísticas significativas. Joergensen e Scheu (1999) relataram um aumento no NTS apenas na camada onde havia maior acúmulo de matéria orgânica, inferindo que o nitrogênio mineral adicionado por fertilizantes não é incorporado na fração do nitrogênio total do solo, ao contrário do nitrogênio orgânico, o qual advém da decomposição dos resíduos orgânicos.

Como exemplo ao ano de 2006, nem por razões biológicas ou químicas, as fontes nitrogenadas não influenciaram de maneira significativa o pH do solo. Do ponto de vista biológico, o resultado se mostra coerente uma vez que no ano de 2007 não foram observadas diferenças estatísticas entre CBM para as diferentes

fontes de nitrogênio (Figura 16), sendo essa uma possível causa da leve acidificação do solo encontrada no ano de 2006. Mattos Júnior et al. (2002) relatam estudos realizados na Flórida – E.U.A sobre o efeito da adubação nitrogenada em pomares de Laranja Hamlin, onde observaram um aumento do pH de 6,9 para 8,4 com a aplicação da uréia.

Tabela 6. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) determinada nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 - 0,10 m, na presença e ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), diferentes fontes de nitrogênio (FN) e diferentes épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria -MS, 2007. Média de 3 repetições.

Causa de variação	NTS	P-resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	
	($\mu\text{g N g}^{-1}$ solo)	mg dm^{-3}	g dm^{-3}	CaCl_2	----- mmol _c dm ⁻³ -----							(%)	
IR	INOC	1761,1a	53,77	32,3a	5,66	4,05	52,4	27,6	20,7	0,00	84,16	104,6a	79,66
	NINOC	1633,3 b	47,33	29,4 b	5,52	3,95	45,5	25,1	20,7	0,00	74,56	95,3 b	77,77
FN	URÉIA	1672,2	53,44	30,2	5,62	4,36a	50,2	26,7	20,7	0,00	81,42	102,0	79,16
	ENTEC [®] 26	1772,2	47,66	31,5	5,56	3,64 b	47,6	26,0	20,7	0,00	77,31	97,97	78,27
EAN	15A	1454,1 b	50,41	30,5	5,59	4,00	50,6	26,2	21,0	0,00	80,92	102,00	78,66
	SEM	1687,5a	50,33	30,8	5,59	4,10	48,1	26,1	20,9	0,00	78,44	99,06	78,66
	15D	1750,0a	50,91	31,2	5,60	3,90	48,0	26,7	20,3	0,00	78,73	98,96	78,63
IR		0,12 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,01	0,17 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,03	0,38 ^{ns}
FN		0,25 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,00 ^{**}	0,45 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,67 ^{ns}
EAN		0,20 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,99 ^{ns}
IRxFN		0,89 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,41 ^{ns}
IRxEAN		0,63 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,58 ^{ns}
FNxEAN		0,12 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,90 ^{ns}
IRxFNxEAN		0,73 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,80 ^{ns}
DMS _{IR} (5%)		62,5	8,35	1,57	0,13	0,31	5,03	2,70	2,08	0,00	7,40	6,08	3,10
DMS _{FN} (5%)		62,5	8,35	1,57	0,13	0,31	5,03	2,70	2,08	0,00	7,40	6,08	3,10
DMS _{EAN} (5%)		76,59	10,23	1,92	0,16	0,37	6,17	3,30	2,55	0,00	9,06	7,45	3,79
CV (%)		7,57	33,97	10,46	5,05	15,95	21,14	21,03	20,60	0,00	19,16	12,50	8,09

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (INOC: com inoculação, NINOC: sem inoculação; épocas de adubação: 15A: 15 dias antes da semeadura; e SEM: semeadura e 15D: 15 dias depois da semeadura).

Do ponto de vista químico, os resultados encontrados na Tabela 6, referentes à influência das diferentes fontes de nitrogênio no pH do solo, mostram ser satisfatórios, uma vez que o ENTEC[®]26 possui a capacidade de disponibilizar de forma mais lenta o N, o que evita perdas por lixiviação. Mas por ser um inibidor da nitrificação, deveria acarretar valores mais elevados de pH do solo em relação à uréia, Costa et al. (2008), estudando o efeito da adubação nitrogenada no pH na cultura do milho, concluíram que a uréia não influenciou o pH do solo em uma safra de milho.

Algumas correlações importantes do ponto de vista da fertilidade do solo foram observadas neste trabalho. O teor de MO e a CTC apresentaram uma correlação linear positiva significativa (0,50) (Apêndice D). Falleiro et al. (2003) estudando influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo, relataram uma forte correlação entre MO e CTC. Bayer e Bertol (1999)

também atribuíram o aumento da CTC à elevação dos teores de MO, principalmente da fração ácidos húmicos, responsáveis pela formação de muitas cargas negativas no solo, mas por outro lado pH e H+Al apresentaram uma correlação linear negativa significativa (0,81) (Apêndice D).



Figura 16. Carbono da biomassa microbiana na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.

5.2. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

A análise de variância para características microbiológicas, durante a fase de florescimento do feijão cultivar Pérola, no ano de 2007, está apresentada na Tabela 7, onde houve significância estatística na interação IR x EAN para CBM, C-CO₂ e qMIC, e na interação FN x EAN para C-CO₂ e COT, porém na interação IR x FN não foi observado significância estatística para nenhuma das variáveis, bem como foi verificado ausência de significância estatística para variáveis colonização micorrízica e número de esporos.

5.2.1. CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA

Resultados de pesquisas sobre o efeito do nitrogênio no solo mostram aumentos do CBM, porém no presente trabalho (Tabela 8), os aumentos significativos da biomassa microbiana podem ter sido decorrente da inoculação com *R. tropici* 15 dias após a semeadura.

Tabela 7. Probabilidade de F, coeficiente de variação (CV%) e níveis de significância para carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO₂ (C-CO₂) liberado, quociente metabólico (qCO₂), carbono orgânico total (COT) quociente microbiano (qMIC), colonização micorrízica, número de esporos, na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), em diferentes fontes de nitrogênio (FN) e diferentes épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento do feijão. Selvíria -MS, 2007. Média de 3 repetições.

Causas de Variação	GL	CBM ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)	C-CO ₂ ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$)	COT ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)	qCO ₂ ($\mu\text{g C g}^{-1}$ dia/ $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$)	qMIC(%)	Colonização micorrízica (%)	nº esporos (100g de solo seco ⁻¹)
IR	1	0,000*	0,923 ^{ns}	0,006*	0,000**	0,000*	0,621 ^{ns}	0,299 ^{ns}
FN	1	0,749 ^{ns}	0,321 ^{ns}	0,357 ^{ns}	0,003	0,948 ^{ns}	0,726 ^{ns}	0,048 ^{ns}
EAN	2	0,000**	0,000**	0,135 ^{ns}	0,213 ^{ns}	0,000**	0,657 ^{ns}	0,387 ^{ns}
IRxFN	1	0,127 ^{ns}	0,295 ^{ns}	0,962 ^{ns}	0,587 ^{ns}	0,181 ^{ns}	0,690 ^{ns}	0,548 ^{ns}
IRxEAN	2	0,000**	0,001**	0,434 ^{ns}	0,340 ^{ns}	0,000**	0,969 ^{ns}	0,775 ^{ns}
FNxEAN	2	0,390 ^{ns}	0,000**	0,001**	0,351 ^{ns}	0,213 ^{ns}	0,645 ^{ns}	0,360 ^{ns}
IRxFNxEAN	2	0,000**	0,001**	0,942 ^{ns}	0,000**	0,000**	0,282 ^{ns}	0,437 ^{ns}
(Tratamentos)	(11)	-	-	-	-	-	-	-
RESÍDUO	36	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	47	-	-	-	-	-	-	-
CV(%)	-	15,62	9,46	2,07	28,40	19,12	23,23	26,75

* e ** :significativo a 1e 5%, respectivamente; ^{ns}: não significativo.

Tabela 8. Médias das interações significativas para carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO₂ (C-CO₂) liberado, quociente microbiano (qMIC), na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão, Selvíria-MS, 2007. Média de 3 repetições.

IR/EAN	15 A	SEM	15D
CBM ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)			
INOC	184,5aC	697,83aB	816,5aA
NINOC	147,5aB	386,16bA	345,5bA
DMS Tukey (5%): 113,1			
C-CO₂ ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$)			
INOC	10,09aC	13,47aA	12,17bB
NINOC	10,84aB	11,25bB	13,74aA
DMS Tukey (5%): 1,90			
qMIC (%)			
INOC	0,84aB	3,32aA	3,65aA
NINOC	0,75aB	1,90bA	1,63bA
DMS Tukey (5%): 0,325			

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. (INOC: com inoculação, Ñ INOC: sem inoculação, 15A: 15 dias antes da semeadura; e SEM: semeadura e 15D: 15 dias depois da semeadura).

Talvez isto tenha ocorrido, pois no momento da inoculação, não havia sido feita adubação de cobertura, apenas a adubação de plantio, gerando uma competição entre o rizóbio proveniente da inoculação e os microrganismos do solo. Resultados de pesquisas de Sampaio et al. (1982) mostraram aumentos do CBM decorrente da aplicação do nitrogênio

Com relação às fontes de fertilizantes nitrogenados, não foram observados diferenças estatísticas significativas, indicando que a liberação de N para solo não

refletiu na biomassa microbiana, no momento da floração (Figura 16). O crescimento microbiano é relacionado, muitas vezes, pela escassez de nutrientes encontrados no solo, mas a adição de fontes de carbono ou nitrogênio ao solo pode aumentar a biomassa, que os imobiliza em seus constituintes celulares (PEACOCK et al., 2001).

5.2.2. ATIVIDADE MICROBIANA: C-CO₂ LIBERADO

Analisando a atividade microbiana (Tabela 7) detectou-se interação entre IRxEAN bem com para interação FNxEAN. Na inoculação aliada à adubação nitrogenada (Tabela 9), realizada na semeadura ou realizada 15 após a semeadura, a ausência de inoculação, propiciou os maiores valores. Muitos experimentos com aplicação de nitrogênio revelaram uma maior atividade microbiana, porém em doses entre 60 e 90 kg ha⁻¹ (SVENSSON et al, 2001) indicando a influência direta do nitrogênio na atividade microbiana.

Tabela 9. Médias das interações significativas para CO₂ (C-CO₂) e carbono orgânico total (COT), nas diferentes fontes de nitrogênio (FN) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007. Média de 3 repetições.

FN/EAN	15 A	SEM	15D
C-CO₂ (µg CO₂ g solo seco dia⁻¹)			
URÉIA	9,27bB	13,70aA	13,39aA
ENTEC[®]26	11,67aAB	11,03bB	12,52aA
DMS Tukey (5%): 1,90			
COT ((µg Cg solo seco⁻¹)			
URÉIA	19575,0aB	20208,3bB	22966,7aA
ENTEC[®]26	20633,3aB	21633,3aAB	21783,3bA
DMS Tukey (5%): 1166,9			

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. (15A: 15 dias antes da semeadura; e SEM: semeadura e 15D: 15 dias depois da semeadura).

Para interação significativa com relação à atividade microbiana, nas diferentes fontes de nitrogênio (FN) e épocas de aplicação (EAN) (Tabela 9), os maiores resultados foram observados quando a uréia foi aplicada na semeadura e uréia ou ENTEC[®]26 aos 15 dias após a semeadura. Se a atividade microbiana é diretamente influenciada pela quantidade nitrogênio no solo, possivelmente neste caso a uréia e o ENTEC[®]26 não apresentaram diferenças significativas na liberação do nitrogênio proporcionando as mesmas quantidades de nitrogênio no solo na época de floração. Na época do florescimento, a atividade microbiológica foi semelhante, uma vez que, teoricamente, a uréia quando aplicada na semeadura, em contraste a ENTEC[®]26,

deveria apresentar os menores teores de nitrogênio ao longo do tempo no solo, devido à volatilização. Na Tabela 6 mostra ausência de significância para os teores de NTS para as fontes de nitrogênio, o que corrobora com o relatado anteriormente.

5.2.3. CARBONO ORGÂNICO TOTAL

O monitoramento do conteúdo dos estoques de carbono orgânico total (COT) é considerado um dos principais indicadores de qualidade. Estratégias de manejo que contribuem com máxima adição de resíduos vegetais propiciam incrementos nos estoques de COT ao longo do tempo, devido à maior estimulação e degradação por parte dos microrganismos (PILON et al., 2007). De maneira geral, os maiores valores de COT (Tabela 9), para a aplicação na semeadura e 15 dias após a semeadura, utilizando uréia ou ENTEC[®]26, refletem em parte a tendência dos valores do CBM (Tabela 8), indicando que o maior teor de COT, seja devido a uma maior biomassa microbiana ou decorrente de uma retenção do C por uma maior quantidade de microrganismos, resulta em um maior teor de COT.

Um maior valor de COT (Figura 17) no tratamento onde foi realizada a inoculação, em contraste ao tratamento onde não houve a inoculação, pode ser atribuído à diferença ao teor de MO, que se mostrou significativo (Tabela 6), corroborando o que se faz notar no apêndice D, ou seja, uma correlação linear positiva significativa (0,56). Analogicamente, Jantalia et al. (2006) relataram trabalhos em que estudando COT em profundidade exibiram diferenças no teor de COT em distintas profundidades, além de um decréscimo no COT em maiores profundidades. A diminuição da MO foi atribuída ao aumento da profundidade.

5.2.4. QUOCIENTE METABÓLICO

Analisando o qCO_2 , diferenças significativas foram detectadas entre os tratamentos inoculados com *R. tropici* e os tratamentos sem inoculação, assim com entre as épocas de aplicação do nitrogênio, porém não houve diferenças estatísticas entre os tipos de fertilizantes nitrogenados, bem como não foi constatado interação significativa para diferentes causas de variação (Tabela 7; Figura 17), com os mais altos valores no tratamento onde não houve inoculação ($0,049 \mu\text{g C g}^{-1} \text{ dia}/\mu\text{g CO}_2 \text{ g}$

solo seco dia⁻¹) e 15 antes da semeadura (0,066 $\mu\text{g C g}^{-1}$ dia/ $\mu\text{g CO}_2$ g solo seco dia⁻¹).



Figura 17. Teores carbono orgânico total (COT) na presença e na ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.

Godoy et al. (2005), estudando a quantidade e atividade da biomassa microbiana no solo sob cultivo orgânico do feijoeiro comum em relação às estações do ano, verificaram os valores médios no inverno de 0,064 $\mu\text{g C g}^{-1}$ dia/ $\mu\text{g CO}_2$ g solo seco dia⁻¹ e de no verão de 0,025 $\mu\text{g C g}^{-1}$ dia/ $\mu\text{g CO}_2$ g solo seco dia⁻¹, concluindo que a biomassa microbiana foi mais eficiente na utilização dos compostos orgânicos, liberando menos carbono como CO_2 e incorporando mais aos tecidos microbianos no período de temperatura e umidade mais elevadas.

Silva et al. (2007) contrapõem à estas informações, pois estudando a influência da cobertura vegetal e sistemas de manejos, observaram valores menores de $q\text{CO}_2$. Os autores atribuíam esse aumento à eficiência da utilização dos compostos orgânicos pela população microbiana do solo em temperaturas mais amenas e na presença de suprimento de água, devido à irrigação do feijoeiro. Conclui-se que os resultados de quociente metabólico encontrados na literatura são muito discrepantes, necessitando de mais estudos.

Também com base a literatura é possível inferir que no presente trabalho a inoculação resultou em uma menor perda C por unidade de massa microbiana, bem como a adubação nitrogenada na semeadura e 15 após a semeadura também proporcionam menores perdas de C para atmosfera (Figura 17).

5.2.5. QUOCIENTE MICROBIANO

As variações dessa relação, segundo Sparling (1992), fornecem dados sobre a eficiência da conversão do COT em CBM, estabilização do COT na fração mineral do solo. Os dados referentes à q_{MIC} , encontrados na Tabela 7, revelam que houve interação significativa entre as épocas de aplicação do nitrogênio e a presença ou ausência de inoculação, com uma maior conversão COT em CBM no tratamento onde foi realizado a inoculação e a aplicação de N na semeadura e 15 dias após a semeadura (3,32 e 3,65%) (Tabela 8), contudo, os diferentes fertilizantes nitrogenados não proporcionaram resultados diferentes (Figuras 18 e 19).

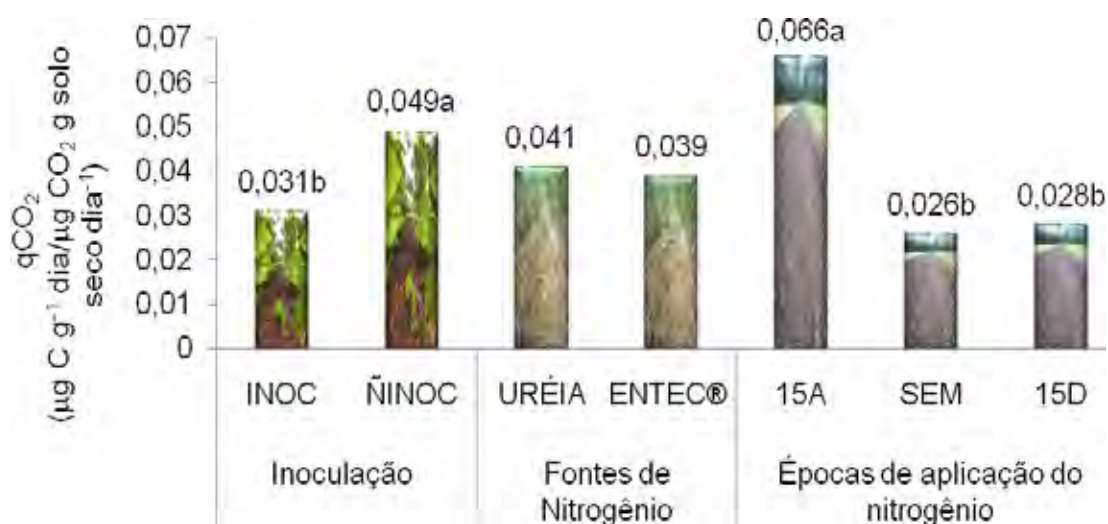


Figura 18. Quociente metabólico na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.

Pelos valores obtidos neste estudo, infere-se que inoculação, juntamente com a adubação realizada na semeadura ou 15 dias após a semeadura, provoca alteração no equilíbrio no solo em relação ao ecossistema natural de cerrado. Alvarenga et al. (1999), estudando alterações nos teores de carbono total e biomassa microbiana de um solo sob cerrado preservado, obtiveram valores de conversão do COT em CBM entre 3 e 4%, fato este atribuído a maior quantidade e qualidade da MO. No entanto, é possível inferir também que estes valores estão acima da média para solos cultivados, onde essa conversão fica em torno de 1 a 2% (CATELAN; VIDOR, 1990). Fonseca et al. (2007), estudando o efeito das rotações de culturas no solo feijão/milho + braquiária/feijão e feijão/soja + braquiária/feijão,

encontraram valores de $qMIC$ de 1,46 e 1,02%, respectivamente, em relação ao solo sob Cerradão (1,80%), enquanto Coser (2006), avaliando alterações microbiológicas no solo em relação as diferentes doses de nitrogênio, profundidades e estádios fenológicos da cevada, verificou que na dose de 90 kg ha^{-1} , na camada até 0,10 m e na fase de florescimento, encontrou valores entre 1,32 e 0,93%.



Figura 19. Quociente microbiano ($qMIC$) nas diferentes fontes de nitrogênio na fase de florescimento da cultura do feijão Selvíria-MS, 2007.

5.2.6. COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA

Diversos estudos têm demonstrado a importância dos FMA na absorção e transferência de boa parte de N em leguminosas (TOBAR et al., 1994). É possível notar na Figura 20 que os tratamentos, em geral, não influenciaram de modo significativo a colonização micorrízica, assim como não houve interação significativa entre as causas de variação (Tabela 7). Corroborando com o presente trabalho, Pereira et al. (1996) relataram que a colonização micorrízica também não foi afetada pela adubação nitrogenada (NH_4NO_3). Da mesma forma, os autores não verificaram diferenças entre as quatro espécies de leguminosas (Acácia, Fedegoso, Cássia verrugosa e Angico vermelho) variando de 30 a 38% para as plantas colonizadas, valores esses inferiores aos encontrados no presente trabalho, onde as plantas foram colonizadas (entre 59 e 58 %) quando utilizado uréia e ENTEC® 26, respectivamente.

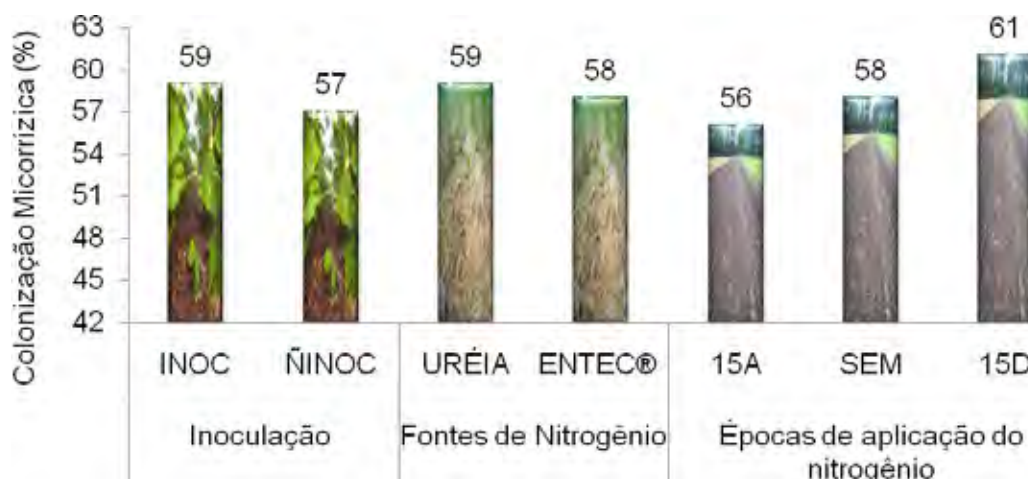


Figura 20. Porcentagem da colonização micorrízica na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.

Sala (2002), estudando a interação das bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura do trigo em doses crescente de nitrogênio, concluiu que no cultivar de trigo IAC-355 a adubação não é um fator limitante a colonização e verificou uma correlação positiva entre a colonização micorrízica e N e P presente no solo o que não foi observado no presente trabalho.

5.2.7. NÚMEROS DE ESPOROS MICORRÍZICOS

É possível verificar na Figura 21 que não houve variação estatística significativa entre os tratamentos com ou sem inoculação, bem como entre diferentes fontes e épocas de aplicação do nitrogênio, ou para as interações (Tabela 7). Alvarenga et al. (1999) estudando atributos biológicos em solo da região de cerrado, relataram uma maior concentração de esporos de FMA em sítios com maior atividade biológica. No presente trabalho, os tratamentos influenciaram fortemente a atividade biológica, demonstrada pelo C-CO₂ liberado (Tabelas 8 e 9), mas que não refletiu no número de esporos. Para reforçar essa afirmação também não foi observada correlação significativa entre esporos micorrízicos e o C-CO₂ liberado (-0,01) (Apêndice D).

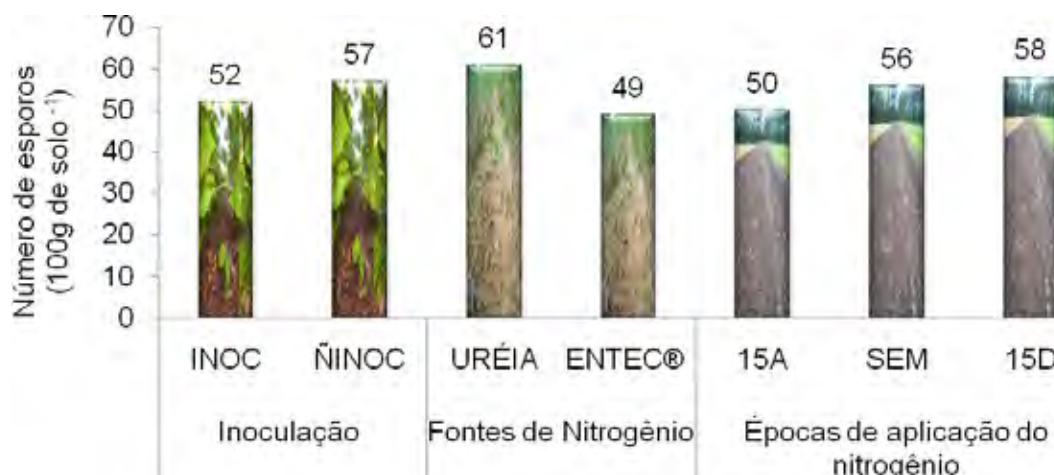


Figura 21. Números de esporos na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.

5.3. CARACTERÍSTICAS FITOTÉCNICAS

A análise de variância para características fitotécnicas, durante a fase de florescimento do feijão cultivar Pérola, no ano de 2007, está apresentada na Tabela 10, onde apenas para número de nódulos houve significância estatística para interação IR x EAN, e para FN, entretanto para massa seca da parte aérea e produtividade não observou significância estatística em todas interações duplas.

Para variável massa seca da parte aérea houve significância para causas de variação FN e EAN (Tabela 10).

Tabela 10. Probabilidade de F, coeficiente de variação (CV%) e níveis de significância para número de nódulos, massa seca da parte aérea, produtividade de grãos na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR), em diferentes fontes de nitrogênio (FN) e épocas de aplicação (EAN), durante a fase de florescimento do feijão. Selvíria -MS, 2007. Média de 3 repetições.

Causas de Variação	Graus de liberdade	Número de nódulos	Massa seca da parte aérea(g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
IR	1	0,014 ^{**}	0,634 ^{ns}	0,939 ^{ns}
FN	1	0,005 ^{**}	0,046 [*]	0,745 ^{ns}
EAN	2	0,065 [*]	0,036 [*]	0,502 ^{ns}
IRxFN	1	0,309 ^{ns}	0,838 ^{ns}	0,889 ^{ns}
IRxEAN	2	0,002 ^{**}	0,177 ^{ns}	0,340 ^{ns}
FNxEAN	2	0,334 ^{ns}	0,082 ^{ns}	0,816 ^{ns}
IRxFNxEAN	2	0,022 [*]	0,154 ^{ns}	0,979 ^{ns}
(Tratamentos)	(11)	-	-	-
RESÍDUO	36	-	-	-
TOTAL	47	-	-	-
CV(%)	-	24,15	20,85	16,63

^{**} e ^{*}: significativo a 1e 5%, respectivamente; ^{ns}: não significativo.

5.3.1. NÚMERO DE NÓDULOS

A produção de nódulos no feijão cultivar Pérola foi diretamente influenciada pela diferentes fontes de nitrogênio (Figura 22), uma vez que utilização do ENTEC[®] 26 proporcionou uma média de nove nódulos por planta a mais quando comparado a utilização da uréia, provavelmente devido a diferença na velocidade de disponibilidade do nitrogênio. A liberação mais rápida de N pode ter causado certa inibição, como é o caso da uréia, pois tem maior quantidade de nitrogênio disponível, fazendo com que a nodulação seja reduzida ou tenha menor importância.



Figura 22. Número de nódulos nas diferentes fontes de nitrogênio na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.

Muitos autores relatam correlações entre micorrizas e bactérias do gênero *Rhizobium* formadoras de nódulos. Segundo Pacovsky et al. (1986) as plantas quando micorrizadas, geralmente, apresentam um metabolismo mais elevado do que as não-micorrizadas, sendo capazes de fornecer maior quantidade de carboidratos e P ao rizóbio; conseqüentemente, essas plantas apresentam uma nodulação significativamente maior, porém no presente trabalho não foi observado correlação significativa (0,14) entre as mesmas (Apêndice D).

Observando a Tabela 11 fica evidente o efeito positivo da inoculação na produção de nódulos, a qual difere quando associada às diferentes épocas de aplicação do nitrogênio. No entanto, os melhores resultados foram observados quando associados à aplicação do fertilizante nitrogenado na semeadura ou 15 dias após a semeadura.

Tabela 11. Desdobramento das interações significativas para número de nódulos na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici* (IR) e épocas de aplicação (EAN) na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007. Média de 3 repetições.

IR/EAN	15 A	SEM	15D
Número de nódulos			
INOC	36aB	41aAB	50aA
NINOC	25bA	28bA	28bA
DMS Tukey (5%): 7,16			

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (INOC: com inoculação, ÑINOC: sem inoculação, 15A: 15 dias antes da semeadura; e SEM: semeadura e 15D: 15 dias depois da semeadura).

5.3.2. MASSA SECA DA PARTE AÉREA

A massa seca de plantas não foi influenciada pela inoculação, porém as fontes nitrogenadas proporcionaram variação estatística significativa para massa seca (Figura 23) onde o ENTEC®26 foi 12,76% superior a uréia, na dose única de 90 kg ha⁻¹, contrariando os resultados relatados por Alvarez et al. (2005), que não observaram diferenças na massa de matéria seca de planta em relação à utilização de diferentes fontes de N em cobertura (uréia e nitrato de amônio) para cultura do feijoeiro. A influência das diferentes épocas de aplicação do nitrogênio foi maior quando aplicados na semeadura ou 15 após a semeadura, exibindo os maiores valores. Não foram observadas interações para essa variável (Tabela 10).



Figura 23. Massa seca da parte aérea na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.

5.3.3. PRODUTIVIDADE

Com relação à produtividade de grãos, não foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre a ausência ou presença da inoculação, diferentes fonte nitrogenadas bem como suas épocas de aplicação (Figura 24), não havendo interação significativa entre as causas de variação (Tabela 10). Segundo Alvarez et al. (2005), a produtividade do feijão de inverno cultivar Pérola foi semelhante com aplicação das fontes nitrogenadas uréia ou nitrato de amônio, assim como para Binotti et al. (2005) utilizando uréia, sulfato de amônio e mistura ($\frac{1}{2}$ de N da uréia + $\frac{1}{2}$ de N do sulfato de amônio).



Figura 24. Produtividade na presença ou ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*, nas diferentes fontes de nitrogênio e épocas de aplicação na fase de florescimento da cultura do feijão. Selvíria-MS, 2007.

De acordo com Rosolem (1996), as condições de resposta ao N estão relacionadas com o solo do local de semeadura (cultura anterior, teor de matéria orgânica, textura do solo e irrigação), enquanto para Chidi et al. (2002), cultivares e variações de clima também podem influenciar a resposta da cultura à aplicação do nitrogênio. Desta forma, as informações encontradas na literatura a respeito da fonte de N a utilizar e a dose dos adubos nitrogenados na cultura do feijoeiro são controversas e generalizadas, necessitando assim de novos estudos.

6. CONCLUSÕES

- Os tratamentos com inoculação, juntamente a aplicação de nitrogênio de diferentes fontes em diferentes épocas, provocaram alterações significativas na comunidade microbiana.
- A inoculação de sementes aliada à uréia na semeadura, ou o emprego do ENTEC[®]26 aos 15 dias após a semeadura, proporcionou melhores resultados do ponto de vista microbiológico.
- A produtividade de grãos do feijoeiro de inverno irrigado, em plantio direto, não foi influenciada inoculação, tampouco pela aplicação de 90 kg de N por ha⁻¹ utilizando uréia ou ENTEC[®]26, aplicados 15 dias antes, na semeadura ou 15 dias após a semeadura.

7. REFERENCIAS

ALMEIDA, L.D.; BULISANI, E.A. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro. **Correio Agrícola (Bayer)**, São Paulo, n.1, p.236-246, 1980.

ALVARENGA, M.I.N.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.23, p.617-625, 1999.

ALVAREZ, A.C.C.; ARF, O.; ALVAREZ, R.C.F.; PEREIRA, J.C.R. Resposta do feijoeiro a aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.27, n.1, p.69-75, 2005.

AMADO, T.J.C.; MELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ Van, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, p. 187-203, 1997 (Boletim Técnico,100).

AMES, R.N.; LYNN, K.; PORTER St. JOHN, T.V.; PATRICK REID, C.P. Nitrogen sources and A values for vesicular-arbuscular and non-mycorrhizal sorghum grown at three rates of ¹⁵N-amonium sulphate. **The New Phytologist**, London, v.97, p.269-276, 1984.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.10, n.3, p.215-221, 1978.

ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta do feijoeiro a aplicação foliar de molibidênio e as adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, p.499-508, 2001.

AQUINO, A.M. ; SILVA, E.M.R.; ORIVALDO SAGGIN JUNIOR. O; RUMJANEK. N.; DE-POLLI, H.; REIS, V.M. A Biotas do Solo e Processos Relevantes num Novo Contexto da Agricultura. In: WADT. P.G. S (Ed.) **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p. 88-126

ARAÚJO, J.L.S.; STRADIOTTO, R.; FRANCO, A.A. Seleção de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) para fixação biológica de nitrogênio em condições de temperaturas elevadas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, n.5, 1993, Londrina. **Anais...** Londrina:IAPAR, 1993. p.54.

ARAÚJO, G.A.A.; FONTES, L.A.N.; AMARAL, F.A.L.; CONDÉ, A.R. Influência do molibidênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ceres**, Viçosa, v.34, p.333-339, 1987.

ARF, O.; FERNANDES, R.N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A.C. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, p.211-217, 2007.

ARF, O.; SILVA, L.S.; BUZETTI, S.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F.; HERNANDEZ, F.B.T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2029-2036, 1999.

ASMAN, W.A.H. et al. Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. **New Phytologist**, Lancaster, n.139, p.27-48, 1998.

BARBER, S. A. **Soil nutrient biavailability: a mechanistic approach**. New York: Journal Wiley e Sons, 1995. 414 p.

BARBOSA FILHO, M.P.; COBUCCI, T.; MENDES, P.N. **Cultivo do feijão irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais**. [S.l.]: Embrapa Arroz e Feijão, 2005 (Sistemas de Produção - Comunicado técnico, 5). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijão/FeijaoIrrigadoNoroes teMG/adubação.htmDez.2005> >. Acesso em: 25 out. 2008.

BAREA, J.M. et al. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen fixing systems. In: NORRIS, J.R.; READ, D.J.; VARMA, A.K. (Ed.). **Methods in microbiology: techniques for the study of mycorrhizae**. London: Academic Press, 1992. v.24, p.391-416.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999. v.15, p.9-26.

BEM, J.R.; HARTZ, H.; SCHERER, E. Resposta da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada em um latossolo roxo distrófico. In: REUNIÃO ANUAL DO FEIJÃO, 1977, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IPA, 1977. 14p.

BINOTTI, F.F.S.; ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O; COSTA, R.S.S.; SÁ, M.E; BUZETTI, S. Doses e fontes de nitrogênio em cobertura em feijoeiro de inverno irrigado no sistema plantio direto In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 979-982.

BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. Adubação foliar: conceituação e prática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 2. 1987, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1987. p.161-180.

BONDE, T.A. Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.20, n.4, p.447-452, 1988.

BOWEN, G.D.; SMITH, S.E. The effects of mycorrhizas on nitrogen uptake by plants. In: CLARK, F.E.; ROSSWALL, T. (Ed.) **Terrestrial nitrogen cycles: process, ecosystems, strategies and management impacts**. Stockholm:Swedish Natural Science Research Council, 1981. p.327-347.

BURITY, H.A.; VASCONCELOS, L.; FREIRE, V.F. Efeito de níveis de fosfato de rocha e da inoculação de *Rhizobium* sp. e *Glomus macrocarpum* Tul. sobre o desenvolvimento de jurema preta, *Mimosa acutistipula* Benth. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.2, p.257-266, 2000.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. O uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. In: SIMPÓSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. v.1, p.2-19,

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v.27, p.445-450, 2003.

CARTER, M.R.; RENNIE, D.A. Changes in soil quality under zero tillage farming systems: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potentials. **Canadian Journal Soil and Science**, Edmonton, v.62, p.587-597, 1982.

CARVALHO, M.C.S.; BARBOSA, K.A.; PICCOLO, M.C.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JUNIOR, J.P. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do algodoeiro cultivado em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador:ABAPA/FUNDEAGRO, 2005.

CATELAN, A.J.; C VIDOR. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.133-142, 1990.

CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA - CEPA. **Síntese anual da agricultura catarinense**. Florianópolis:Instituto CEPA/SC, 1994. 374p.

CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Waterbury, v.36, p.77-115, 1985.

CLIQUE, J.B.; STEWART, G.R. Ammonia assimilation in *Zea mays* L. infected with a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum*. **Plant Physiology**, Waterbury, v.101, p.865-871, 1993.

CHIDI, S.N.; SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZZETTI, S. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum**, Maringá, n.5, p.1391-1395, 2002.

COSER, T.R. **Doses de nitrogênio e seu efeito nos indicadores microbiológicos de qualidade de solo na cultura da cevada**. Brasília, 2006. 81f. Dissertação (Mestrado).Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

COSTA, A.C.S.; FERREIRA, J.C; SEIDEL, E.P.; CÁSSIO, A.T.; PINTRO, J.C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos Argilosos tratados com uréia. **Acta Scientiarum**, Maringá, v26, n.4, p.467-473, 2004.

COSTA, K.A.P.; Faquin, V.; Oliveira, I.P.; Rodrigues, C.; Severiano, E.C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: I - alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1591-1599, 2008.

COSTA, T.A.M.; SORATTO, R.P.; PEREIRA, M.; MARUYAMA W.I. Nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja: efeito de fontes e formas de parcelamento In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 31, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007. p. 46-50.

DALLING, M.J The psysiological basis of nitrogen redistribution during grain filling in cereals. In: HARPER, J.; SCHRADER, L.; HOWELL, R. (Ed.) **Explotation of physiological and genetic variability to enchance crop productivity**. Rockville:American Society of Plant Physiologist, 1985. p.55-71.

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

DEMATTE, J.L.I **Levantamento detalhado dos solos do campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 114p. (Mimeografado).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1999. 412p.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.1097-1104, 2003.

FELIX, J.F.; OBATON, M.; MESSIAEN, C.M. et al. Nitrate reductase and nitrogenase activities of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from different geographic locations. **Plant and Soil**, The Hague, v.63, p.427-438, 1981.

FERNANDES, F.A.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S.; ROMANINI JUNIOR, A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F. Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.27, n.1, p.7-15, 2005.

FERREIRA, M.C.; ANDRADE, D.D.; CHUEIRE, L.M.D.; TAKEMURA, S.M.; HUNGRIA, M. Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and

diversity of bradyrhizobia nodulating soybean. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, n.5, p.627-637, 2000.

FISK, M.C., FAHEY, T.J. Microbial biomass and nitrogen cycling responses to fertilization and litter removal in young northern hardwood forests. **Biogeochemistry**, New York, v.53, p.201-223, 2001.

FRANCO, A.A.; DÖBEREINER, J. Interferência do cálcio e nitrogênio na fixação simbiótica do nitrogênio por duas variedades de *Phaseolus vulgaris* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.3, p.223-227, 1988.

FRANÇA, L.V.; DINIZ, L.T.; RAMOS, M.L.G.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; DINIZ, B.T.; AMABILE, R.F. Efeito da fertirrigação nitrogenada, na respiração basal e quociente metabólico, em solo de cerrado, cultivado com cevada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado:SBCS, 2007. p. 1-4.

FONSECA, G.C., CARNEIRO, M.A.C., COSTA, A.R.; OLIVEIRA, G.C.; BALBINO, L.C. Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37,p.22-30, 2007.

FONTES, L.A.N.; BRAGA, L.J.; GOMES, F.R. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação do calcário e do adubo nitrogenado e fosfatado em municípios da Zona da Mata, Minas Gerais. **Ceres**, Viçosa, v.20, p.313-325, 1973.

FREIRE, F.M.; VASCONCELLOS, C.A.; FRANÇA, G.E. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.49-62, 2001.

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

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G. A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A., CAMARGO, F.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo em ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre:Genesis, 1999. p.227-243.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of micorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of British Mycology Society**, Cambridge, v.46, p.234-244, 1963.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.325-334, 2003.

GODOY, S.G.; LANNA, A.C.; ROSA, J.R.; RABELO, V.C.; MOURAO, V.C.; GUARDIOLA, M.F.; RAMOS, M.L.G.; HEINEMANN, A.B.; MOREIRA, J.A.A.; DIDONET, A.D. Quantidade e atividade da biomassa microbiana no solo sob cultivo orgânico do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p.1070-1073.

GOMES JÚNIOR, F.G.; LIMA, E.R.; SÁ, M.E.; ARF, O.; RAPASSI, R.M.A. Rendimento do feijoeiro de inverno em resposta à época de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.27, n.1, p.77-81, 2005.

GRISI, B.M. Metodologia da determinação de biomassa microbiana de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.167-172, 1984.

GUERRA, A.F.; BARBOSA FILHO, D.; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1229-1236, jun. 2000.

HARPER, L.A. et al. Nitrogen cycling in a wheat crop: soil plant and aerial nitrogen transport. **Agronomy Journal**, Madison, n.79, p.965-973, 1987.

HAVLIN, J.L., J.D. BEATON, S.L.; TISDALE, W.L.; NELSON. **Soil fertility and nutrient management**: an introduction to nutrient management. 7th Ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005, p.515.

HOLTZ, G.P. **Dinâmica da decomposição da palhada e da distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambei (PR)**. Curitiba, 129f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Paraná., Curitiba, 1995.

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A. **Importância do sistema de semeadura na população microbiana do solo**. Londrina:Embrapa-Soja, 1997. p.1-9. (Comunicado Técnico, 56)

KLUTHCOUSKI, J; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H (Ed.) **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.499-522.

KORNELIUS, E. et al. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na produção de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. **Anais...** Campinas:SBCS, 1975. p.203-205.

KURIHARA, H.C.; FABRÍCIO, A.C.; PITOL, C.; STAUT, L.A.; KICHEL, A.N.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; WIETHOLTER, S. Adubação. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. p.136-144.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. [S.l.:s.n.], 2008. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=096> Acesso em: 12 de Out. 2008.

JANOS, D.P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. **Ecology**, Miami, v.61, p.151-162, 1980.

JANTALIA, C.P.; PETRERE, C.; AITA, C.; GIACOMINI, S.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. **Estoques de carbono e nitrogênio do solo após 17 anos sob preparo convencional e plantio direto em dois sistemas de rotação de culturas em Cruz Alta, RS**. Jaguariúna: Embrapa – Agrobiologia, 2006. 36p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13).

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. I. Fumigation with chloroform. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.8, p.167-177, 1976.

JENKINSON, D.S. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: WILSON, J.R. (Ed.). **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1988. p.368-386.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.73, p.288-300, 1964.

JOHANSEN, A.; JAKOBSEN, I.; JENSEN, E.S. Hyphal N transport by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels. **Plant and Soil**, The Hague, v.160, p.1-9, 1994.

JOERGENSEN, R.G.; SCHEU, S. Response of soil microorganisms to the addition of carbon, nitrogen and phosphorus in a forest Rendzina. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.31 p.859-866, 1999.

KANCHIKERIMATH, M.; SINGH, D. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and

fertilization in a Cambisol in semiarid region of Índia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.86, p.155-162, 2001.

KAPLAN, L. Archeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). **Economic Botany**, Saint Louis, v.19, p.358-368, 1965.

KNOBLAUCH, R; BACHA, R.E. Efeito de fertilizantes “ENTEC® 26” na produtividade e nos componentes de rendimento do arroz irrigado cultivado em sistema pré germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO E REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26, 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Editora Orium, 2005. v.2; p.398-399.

KOELIKER, J.K.; KISSEL, D.E. Chemical equilibria affecting ammonia volatilization. In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Ed.) **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Muscle Shoals, Natural Fertilty Development Center, Alabama, 1988. p.37-52.

LARSON, W.E.; PIRCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W. et al. (Ed.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison:SSSA, 1994. p.37-51.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFÓS, 1998. p.37-49.

LOVATO, P.E.; PEREIRA, J.C.; VIDOR, C. Flutuação populacional de estirpes de *Rhizobium phaseoli* na rizosfera de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.9, p.211-218, 1985.

MALAVOLTA, E. Adubos nitrogenados. In: __. **Abc da adubação**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. p.25-39.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p.130.

MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., 1971, Viçosa. **Anais...** São Paulo: Ministério da Agricultura, 1972. p.209-242.

MARY, B. et al. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.181, n.1, p.71-82, 1996.

MASCARENHAS, H.A.A.; MIYAKASAS, S.; IGUE, T VEIGA, A.A.; ALVES, S. Influência das formas fertilizantes nitrogenados e suas épocas de aplicação na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.9, p.151-153, 1960.

MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Perdas por volatilização do nitrogênio aplicado em pomares de citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v.23, n.1, p.263-270, 2002.

MENGUEL, K.; KIRBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 476p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 488p.

NOSSE, T.O.; AQUINO, S.S.; CAZETTA, D.A.; ARF, O. ; CASSIOLATO, A.M.R. Restos vegetais e adubação nitrogenada na micorrização e produtividade do arroz de terras altas em sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, p.547-553, 2008

NOSSE, T.O.; CASSIOLATO, A.M.R.; CAZETTA, D.A.; AFONSO, R.J.; ARF, O. Restos vegetais e adubação nitrogenada em cobertura na micorrização de arroz de terras altas, em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 20, 2003, Marília. **Anais...** São Paulo:Unesp, 2003. p.67-67.

OLIVEIRA, C.A.; VASCONCELOS, C.A.; MARRIEL, I.E.; PEREIRA FILHO, A.; SÁ, N.M.H. Efeito da temperatura sobre a fixação de N₂ do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.;

REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **Anais...** Universidade Federal de Lavras, Caxambu, 1998. p.181.

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

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

OLIVER, A.J.; SMITH, S.E.; NICHOLAS, D.J.D.; WALLACE, W.; SMITH, F.A. Activity of nitrate reductase in *Trifolium subterraneum* L.: effect of mycorrhizal infection and phosphate nutrition. **The New Phytologist**, Lancaster, v.94, p.63-79, 1983.

OSBORN, T.C.; BURROW, M.; BLISS, F.A. Purification and characterization of arcelin seed protein from common beans. **Plant Physiology**, Lancaster, v.86, n.1, p.399, 1988.

PACOVSKY, R.S.; FULLER, G.; STAFFORD, A.E.; PAUL, E.A. Nutrient and growth interactions in soybeans colonized with *Glomus fasciculatum* and *Rhizobium japonicum*. **Plant Soil**, The Hague, v.92, p.37-45, 1986.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1989. 275p.

PEACOCK, A.D.; MULLEN, M.D.; RINGELBERG, D.B.; TYLER, D.D.; HEDRICK, D.B.; GALE, P.M.; WHITE, D.C. Soil microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate applications. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, p.1011-1019, 2001.

PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; CURI, N. Resposta de leguminosas arbóreas nativas da região Campos das Vertentes (MG) ao nitrogênio mineral e fungo endomicorrízico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 3, 1995, Londrina. **Anais...** Londrina. [s.n], 1995. p.109.

PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O. ; PURCINO, A.A.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Efeito de micorrizas arbusculares e do suprimento de fósforo na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.9, p.653-662, 1996.

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

PEREZ, A.A.G.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado de inverno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Resumos...** Gramado: SBCS, 2007. p.89-92

PICCOLO, M.C. **Biogeoquímica do nitrogênio em ecossistemas tropicais**. Piracicaba: CENA/USP. 2005. 78p.

PILLON, C.N.; SCIVITTARO, W.B.; POTES, M.; MORAES, C.; MICHELS, G.H.; NICOLINI, J. Acúmulo de carbono orgânico por sistemas de cultura sob plantio direto em terras baixas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.2, p.1040-1043, 2007.

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots for rapid assessment of infection. **Transaction of British Mycology Society**, Cambridge, v.55, p.158-161, 1970.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991. 343p.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81)

RAPOSEIRAS, R.; PINTO, P.P.; PASSOS, R.V.M.; SCOTTI, M.R.M.M.L.; PAIVA, E.; SELDIN, L.; SÁ, N.M.H. Variabilidade de colônias isoladas de estirpes de *Rhizobium* efetivas na nodulação do feijoeiro, antes e após exposição à temperatura elevada. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Universidade Federal de Lavras, 1998. p.208.

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

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro In: _____
Encarte de Informações agrônômicas: POTAFOS, Piracicaba, 1994. p.1-4.

ROSOLEM, C.A **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1987. 93 p. (Circular Técnica, 8).

RUSCHEL, A.P.; SAITO, S.M.T. Efeito da inoculação de *Rhizobium*, nitrogênio e matéria orgânica na fixação simbiótica de nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.1, p.21-24, 1977.

RUSCHEL, A.P.; SAITO, S.M.T.; TULMAN NETO, A. Eficiência da inoculação de *Rhizobium* em *Phaseolus vulgaris* L. e efeito de fontes de nitrogênio e cultivares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, p.13-17, 1979.

SÁ, J.M.C.; Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI

NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/SBCS, 1999. p.237-291.

SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; CONSTANT, E.A.; FRIZZONE, J.A.; SANTOS, P.C. Efeito da adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro cultivar Carioca, cultivada em um solo sob vegetação de cerrado. In REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa/CNPAP, 1982. p.161.

SAIF, S.R. Growth responses of tropical forage plant species to vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Growth, mineral uptake and mycorrhizal dependency. **Plant and Soil**, The Hague, v.97, p.25-35, 1987.

SALA, V.M.R. **Atividade microbiana do solo e a interação de diazotróficos endofíticos e fungos micorrízicos arbusculares na cultura do trigo**. 2002. 123f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Efeito da adição de nitrogênio e palha na liberação de CO₂ e formação de biomassa microbiana em Latossolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.6, p.177-181, 1982.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's Guide**. 4.ed. Cary: SAS Institute. 1990, v.2.

SANTI, L.A.; DUTRA, L.M.C. MARTIN, T.N.; BONADIMAN, R. BELLÉ, L.G.; DELLA FLORA, P.L.; JAUER, A. Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro em plantio convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1079-1085, 2006.

SANTOS, M.L.; BRAGA, M.J. Aspectos econômicos. In VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A (Coord.). **Feijão: aspectos e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p.19-53.

SCHJOERRING, J.K. et al. Field investigations of ammonia exchange between barley plants and the atmosphere. I. Concentration profiles and flux densities of ammonia. **Plant Cell Environment**, Logan, v.16, p.161-167, 1993.

SCHULTEN, H.R.; SCHNITZER, M. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v.26, p.1-15, 1998.

SILVA, M.I. et al. Efeito de níveis de aplicação de nitrogênio na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.7, n.4, p.395-401, 1977.

SILVA, M.B.; Kliemann, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA; A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007.

SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.377-381, 2005.

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

SMITH, S.E., ST. JOHN, B.J., SMITH, F.A., AND NICHOLAS, D.J.D. Activity of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in *Trifolium subterraneum* L. and *Allium cepa* L. Effects of mycorrhizal infection and phosphate nutrition. **New Phytologist**, Cambridge, v.99, p.211-227, 1985.

SIQUEIRA, J.O. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA, CNPAF, CNPSO, SPI, 1994. 142p. (EMBRAPA, CNPAF, Documento, 45).

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISI, B M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 142p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 45).

SIX, J.; MERCKX, R.; KIMPE, K.; PAUSTIAN, K.; ELLIOT, E.T. A re-evaluation of the enriched labile soil organic matter fraction. **European Journal Soil Science**, London, v.21, p.283-293, 2000.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M.G.; MERCANTE, F.M. Fixação biológica de nitrogênio na cultura do feijoeiro. In: AIDAR, H. (Ed.). **Cultivo do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. (Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção. 2002).

SORATTO, R.P.; **Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo da água e parcelamento da adubação nitrogenada**. 2002. 76f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2002.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agrônoma**, Ilha Solteira, n. 1, v.10, p.98-99, 2001.

SOUZA, E.D. **Efeito de fontes, doses e épocas da adubação nitrogenada sobre os componentes de produção e a produtividade do feijoeiro irrigado em plantio direto**. 2006. 26f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2006.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal Soil research**, Victoria, v.30, p.195-207, 1992.

SPRENT, J.I. Evolution and diversity in the legume-*Rhizobium* symbiosis: Chaos theory. **Plant and Soil**, The Hague, v.161, p.1-10, 1994.

SVENSSON, K., PELL, M. Soil microbial tests for discriminating between different cropping systems and fertilizer regimes. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v.33, p. 91-99, 2001.

SUTTON, M.A. et al. The exchange of ammonia between the atmosphere and plant communities. **Advances in Ecology Research**, New York, v.24, p.301-393, 1993.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; CAMPIDELLI, C.; DIAS, O.S. Resposta da soja ao molibdênio aplicado em solo arenoso de cerrado de baixa fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, p.253-256, 1993.

TOBAR, R.; AZCÓN, R.; BAREA, J.M. Improved nitrogen uptake and transport from ¹⁵ N-labelled nitrate by external hyphae of arbuscular mycorrhiza under water-stressed conditions. **New Phytologist**, Cambridge, v.126, p.119-122, 1994.

TSAI, S.M.; SILVA, P.M.; CABEZA, W.L.; BONETTI, R. Host variability in nitrogen fixation on common bean (*Phaseolus vulgaris*) intercropped with maize. **Plant Soil**, The Hague, v.52, p.93-102, 1993.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.773-777, 1987.

VARGAS, R; ACUÑA, O. Respuesta de dos variedades de *Phaseolus vulgaris* a la inoculación y a la fertilización con N y Mo en un Inceptisol de Upala. **Agronomía Costarricense**, Alajuela, v.14, p. 93-98, 1990

VENTURINI, S.F.; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R.B.; VENTURINI, E.F.; GIRACCA, E.M.N. Efeito do vermicomposto, uréia e inoculação com *Rhizobium phaseoli* na cultura do Feijão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p. 52-59, 2005.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A (Coord.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas**. Viçosa; UFV, 1998. p.123-151.

XAVIER, T.F.X.; ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B.; CAMPOS, F.L. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.2037-2041, 2008.

WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Review**, Cambridge, v.67, p.321-358, 1992.

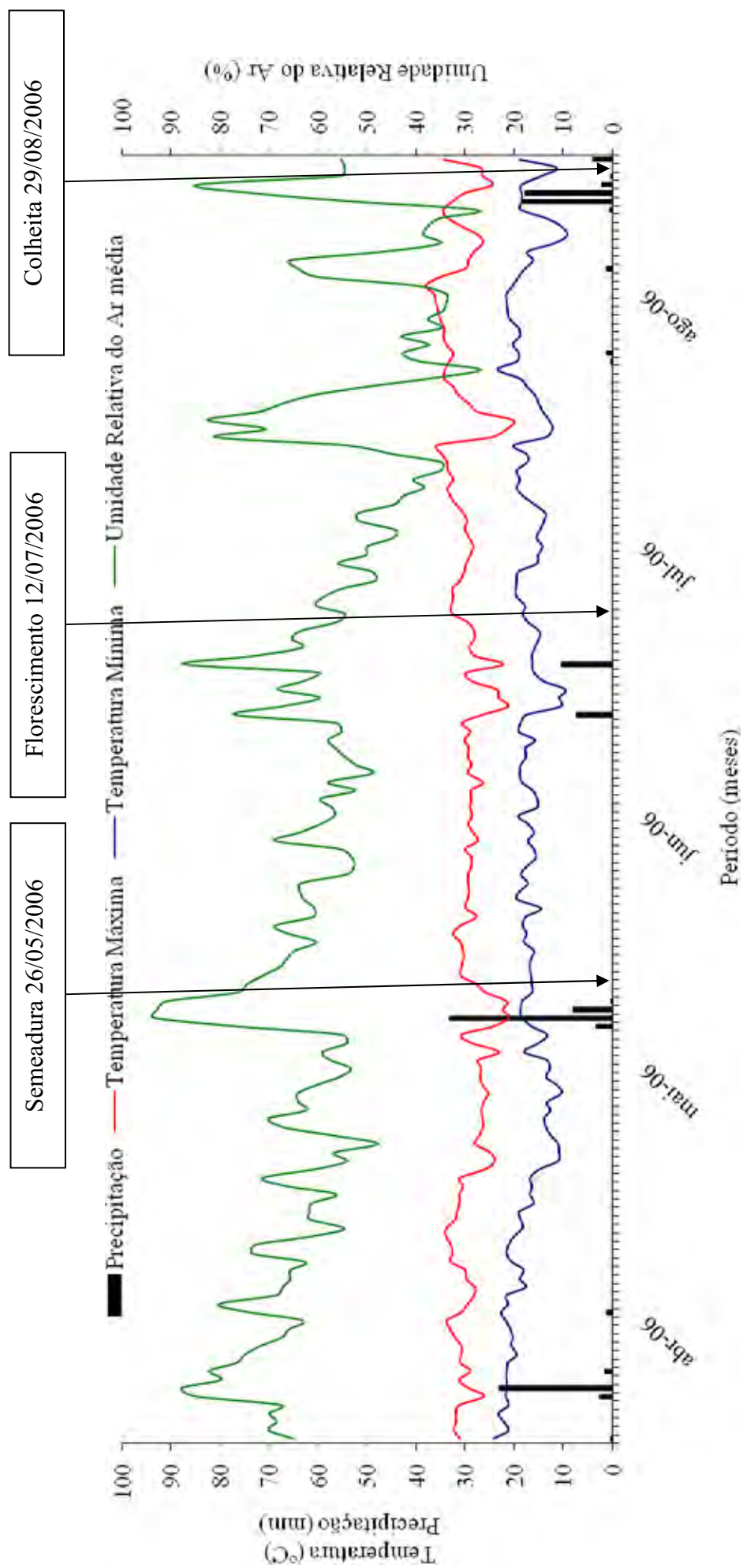
WARDLE, D.A.; GHANI, AA. A critique of the microbial metabolic quotient as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, p.1601-1610, 1995.

YOKOYAMA, L.P.; BANNO, KLUTHCOUSKI, J. Aspectos sócio-econômicos da cultura. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.) **Cultura do feijão comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.1-21.

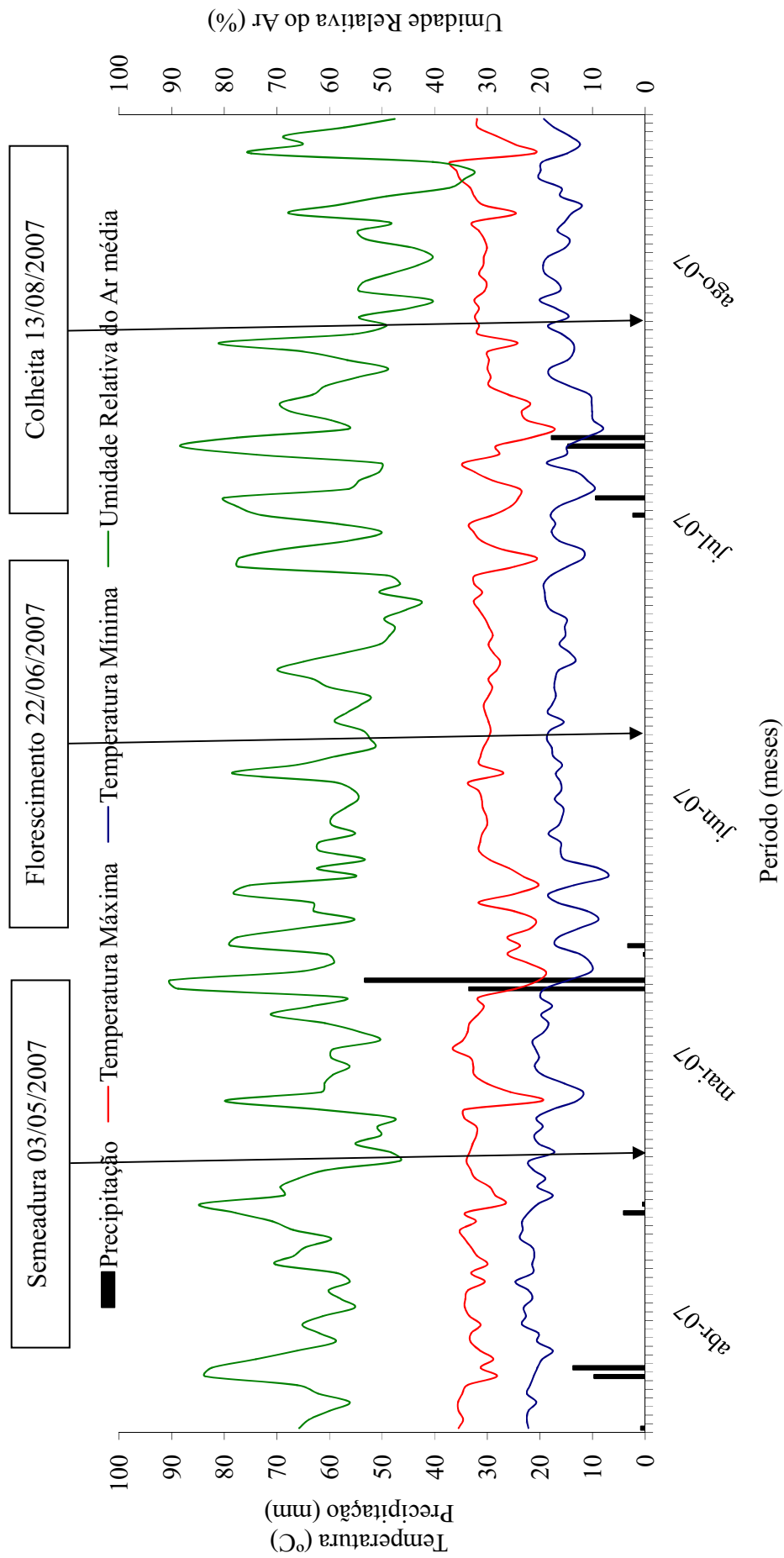
ZIMMERMANN, M.J.O.; TEIXEIRA, M.G. Origem e evolução. In: ARAÚJO, R.S. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e de Fosfato, 1996. p.57-68.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST**: sistema de análise estatística para microcomputadores. Piracicaba: CIAGRI/ESALQ/USP, 1993. p.138.

8. APÊNDICE



Apêndice A. Dia de semeadura e florescimento e dados de precipitação média mensal, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar, durante os meses de abril de 2006 a agosto de 2006.



Apêndice B. Dia de semeadura e florescimento e dados de precipitação média mensal, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar, durante os meses de abril de 2007 a agosto de 2007

Apêndice C. Correlação linear entre os parâmetros estudados para a cultura do feijão de inverno, cv. Pérola. Ilha Solteira, 2006.

Variável	CBM	qCO ₂	qMIC	CM	Esporos	NN	MSP	Prod.	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
C-CO ₂	-0,16 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,11 ^{ns}
CBM	-	-0,88 ^{**}	0,97 ^{**}	0,21 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,38 [*]	-0,21 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,01 ^{ns}
qCO ₂	-	-	-0,82 ^{**}	-0,06 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
qMIC	-	-	-	0,22 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,35 [*]	0,17 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,00 ^{ns}
CM	-	-	-	-	-0,18 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,31 [*]	-0,15 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
Esporos	-	-	-	-	-	0,21 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
NN	-	-	-	-	-	-	-0,04 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,35 [*]	0,13 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,22 ^{ns}
MSP	-	-	-	-	-	-	-	0,21 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,14 ^{ns}
Prod.	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,23 ^{ns}
MO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,09 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,37 [*]	0,03 ^{ns}
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,23 ^{ns}	0,72 ^{**}	0,56 [*]	-0,92 ^{**}	-0,38 [*]	0,67 ^{**}	0,53 [*]	0,87 ^{**}
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,87 ^{**}	-0,61 [*]	-0,27 ^{ns}	0,97 ^{**}	0,94 ^{**}	0,89 ^{**}
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,46 [*]	-0,24 ^{ns}	0,95 ^{**}	0,94 ^{**}	0,82 ^{**}
H+Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,48 ^{ns}	-0,56 [*]	-0,40 ^{ns}	-0,85 ^{**}
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,27 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,44 ^{ns}
SB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,98 ^{**}	0,89 ^{**}
CTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,79 ^{**}

* e **: significativo a 5 e 1 %, respectivamente; (ns) não significativo.

CBM - C-Biomassa microbiana, C-CO₂ librado- Atividade respiratória, qCO₂ – quociente metabólico, qMIC – quociente microbiano, CM - Colonização micorrízica, Esporos – Esporos micorrízicos, NN – número de nódulos, MSP – Massa seca de planta, Prod. - Produtividade de grãos, P - Fósforo, MO - Matéria orgânica, K - Potássio, Ca - Cálcio, Mg - Magnésio, H+Al - Hidrogênio + Alumínio, Al - Alumínio, SB - Soma de bases, CTC - Capacidade de troca catiônica e V - Saturação por

Apêndice D. Correlação linear entre os parâmetros estudados para a cultura do feijão de inverno, cv. Pérola. Ilha Solteira, 2007.

Variável	CBM	COT	qCO ₂	qMIC	CM	Esporos	NN	MSP	Prod.	NTS	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
C-CO ₂	0,31 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,39	0,13 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CBM	-	0,24 ^{ns}	-0,85 ^{**}	0,29 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,48 ^{**}	0,30 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,36 [*]	0,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}
COT	-	-	-0,10 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,96 ^{**}	0,24 ^{ns}	0,56 ^{**}	0,33 ^{**}	0,18 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,43 ^{**}	-0,15 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,37 ^{**}	0,39 ^{**}	0,26 ^{ns}
qCO ₂	-	-	-	-0,14 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,38 ^{**}	-0,06 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
qMIC	-	-	-	-	0,06 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	0,51 ^{**}	0,19 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
CM	-	-	-	-	-	0,08 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,34 [*]	0,33 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,23 ^{ns}
Esporos	-	-	-	-	-	-	-0,47 ^{**}	-0,12 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
NN	-	-	-	-	-	-	-	0,00 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
MSP	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Prod.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
NTS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20 ^{ns}	0,55 ^{**}	0,35 [*]	0,21 ^{ns}	0,32 [*]	0,44 ^{**}	-0,22 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,39 ^{**}	0,40 ^{**}	0,28 ^{ns}
P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23 ^{ns}	0,35 [*]	0,21 ^{ns}	0,53 ^{**}	0,29 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,48 ^{**}	0,46 ^{**}	0,40 ^{**}
MO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55 ^{**}	0,31 ^{ns}	0,47 [*]	0,47 [*]	-0,32 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,51 ^{**}	0,50 ^{**}	0,44 ^{**}
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40 [*]	0,64 ^{**}	0,61 ^{**}	-0,81 ^{**}	-0,52 ^{ns}	0,68 ^{**}	0,52 ^{**}	0,87 ^{**}
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80 ^{**}	-0,59 ^{**}	-0,34 ^{ns}	0,97 ^{**}	0,95 ^{**}	0,85 ^{**}
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,55 ^{**}	-0,32 ^{ns}	0,91 ^{**}	0,89 ^{**}	0,78 ^{**}
H+Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57 ^{**}	-0,61 ^{**}	-0,45 ^{**}	-0,84 ^{**}
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,35 ^{**}	-0,23 ^{ns}	-0,60 ^{**}
SB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,97 ^{**}	0,87 ^{**}
CTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75 ^{**}

* e **: significativo a 5 e 1 %, respectivamente; (ns) não significativo.

CBM - C-Biomassa microbiana, C-CO₂ librado- Atividade respiratória, COT - carbono orgânico total, qCO₂ - quociente metabólico, qMIC - quociente microbiano, CM - Colonização micorrízica, Esporos - Esporos micorrízicos, NN - número de nódulos, MSP - Massa seca de planta, Prod. - Produtividade de grãos, NTS - nitrogênio total do solo, P - Fósforo, MO - Matéria orgânica, K - Cálcio, Mg - Magnésio, H+Al - Hidrogênio + Alumínio, Al - Alumínio, SB - Soma de bases, CTC - Capacidade de troca catiônica e V - Saturação por bases.