

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira

Pós – Graduação em Agronomia - Especialidade: Sistemas de Produção

FONTES, DOSES E PARCELAMENTO DO NITROGÊNIO EM FEIJOEIRO DE INVERNO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

FLÁVIO FERREIRA DA SILVA BINOTTI
Engenheiro Agrônomo

**DISSERTAÇÃO
MESTRADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia, Unesp - Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Especialidade: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira - SP

Julho – 2006

Fontes, doses e parcelamento do nitrogênio em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto

FLÁVIO FERREIRA DA SILVA BINOTTI
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf
Co – orientador: Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia, Unesp - Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Especialidade: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira – SP

Julho – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

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

- B614f Binotti, Flávio Ferreira da Silva.
Fontes, doses e parcelamento do nitrogênio em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto / Fávio Ferreira da Silva Binotti. – Ilha Solteira : [s.n.], 2006
vi, 94 p. : il. (algumas color.)
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de concentração : Sistemas de produção.
- Orientador: Orivaldo Arf
Co-orientador: Marco Eustáquio de Sá
Bibliografia: p. 61-77
1. Plantas – Efeito do nitrogênio. 2. Feijão irrigado. 3. Plantio direto. 4. Nitrogênio na agricultura. 5. Uréia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: FONTES, DOSES E PARCELAMENTO DO NITROGÊNIO EM FEIJOEIRO DE INVERNO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

AUTOR: FLÁVIO FERREIRA DA SILVA BINOTTI

ORIENTADOR: Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Departamento de Fitotecnia Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ROGERIO PERES SORATTO

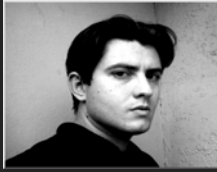
Universidade Estadual do Mato grosso do Sul - Cassilândia/MS

Data da realização: 17 de julho de 2006.

Presidente da Comissão Examinadora

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

BIOGRAFIA DO AUTOR



Eng. Agr. FLÁVIO FERREIRA DA SILVA BINOTTI filho de Carlos Binotti Filho e Josefa Ferreira da Silva, Nascido em 18 de fevereiro de 1982, São Paulo Capital – SP, Brasil. Concluiu o Ensino Médio (2o grau) em dezembro de 1999 no Colégio XV de Abril, ANGLLO, Jales -SP, Brasil.

Em março de 2000 iniciou o curso de Agronomia na Unesp – Campus de Ilha Solteira. Como aluno de graduação foi estagiário em Sistemas de produção arroz e feijão e, Beneficiamento e Tecnologia de Sementes, sendo por 35 meses bolsistas, dos quais 30 meses bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e 5 meses monitor bolsista na disciplina de Fisiologia Vegetal I e II do curso de Agronomia e Biologia. Participando também de cinco congressos brasileiros e quatro de iniciação científica dentre o qual foi premiado como Jovem Talento Científico do curso de Agronomia - tendo desenvolvido o Trabalho, Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura do feijão, XI Reunião de Iniciação Científica da Unesp - Campus de Ilha Solteira em 2003. Concluiu o curso de graduação em dezembro de 2004 com Honra ao mérito - Melhor aluno da turma de concluintes 2004 (Agronomia).

Em março de 2005 iniciou o curso de Pós-graduação ao nível de Mestrado em Agronomia – Especialidade em Sistemas de Produção, na Unesp – Campus de Ilha Solteira. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES durante o Mestrado, concluindo o mesmo em Julho de 2006. Atualmente possui vinte e dois resumos, vinte e sete resumo expandido em anais de eventos, um artigo científico publicado em periódico e dezessete participações em eventos.

Reflexão

A maior glória não está em nunca ter caído, mas em levantar todas as vezes que cai.

Evitamos muitos erros quando temos a humildade de aprender com a experiência dos outros.

Os verdadeiros mestres de um homem nem sempre são os seus professores, mas todos aqueles de quem, nos acasos da vida recebe exemplo e lição.

A única derrota em nossa vida é desanimar diante das dificuldades.

Com organização e tempo, encontra-se o segredo de fazer tudo e de fazê-lo bem feito.

Mesmo para um grande sábio, não é vergonha alguma aprender sempre mais, inclusive a mudar de opinião.

É preciso escolher um caminho que não tenha fim, mas ainda assim, caminhar sempre na expectativa de encontrá-lo.

Aquele que não evita o vício fará dele o seu suplício.

O preconceito é filho da ignorância.

A boa educação é moeda de ouro, em toda parte tem valor.

Ofereço

A Deus e aos meus pais

Josefa Ferreira da Silva

Carlos Binotti Filho

Minha homenagem e eterna gratidão

A todos os meus ex-professores, especialmente àqueles mediadores da minha formação em Agronomia, da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira.

Dedico

Ao meu primo e tia (o)

Eng. Agr. Eduardo Urbonas

Aparecida Silva Urbonas

João Urbonas (in memoriam)

Agradecimentos Especiais

A Deus, pela vida e oportunidades que tem me proporcionado, aos meus pais pela dedicação, apoio, compreensão e auxílio que me fortalecem a cada dia;

Ao professor Dr. Orivaldo Arf pela valiosa orientação acadêmica dedicada nos últimos anos que trabalhamos juntos, que me revelou autêntica demonstração de profissionalismo, competência, humildade, confiança e companheirismo, a minha pessoa, a quem considero não só como um amigo, mas como um exemplo de vida;

Ao professor Dr. Marco Estácio de Sá pela atenção, auxílio prestado, principalmente pela amizade e confiança dedicados a minha pessoa nesses meses.

Agradecimentos

Ao professor Dr. Rogério Peres Soratto e professor Dr. Salatier Buzetti pela participação da avaliação deste trabalho, contribuindo amplamente para torná-lo mais completo, através de suas sugestões e críticas.

As técnicas Selma Maria Bozite de Moraes e Adelaide Aparecida Buzetti de Sá pelos valiosos auxílios nas análises de laboratório;

A Karina Marie Kamimura e Angela Cristina Camarim Alvarez pelo auxílio e amizade durante os tempos bons e difíceis na condução do trabalho em campo.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação.

Aos bibliotecários pela dedicação e atenção dispensadas.

Aos professores Dr. Salatier Buzetti e Dra. Kuniiko Iwamoto Haga pela amizade e cortesia durante o Mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo suporte financeiro.

Aos colegas de mestrado e Doutorado Engenheiros Agrônomos Gilberto Rosa Filho, Fernando Miqueletti, Aquinaldo José Freitas Leal, Samuel Ferrari, Cid Tacaoca Muraishi, Ronaldo Cintra Lima, Maurício Rotundo, Eliana Duarte Cardoso, Gustavo Tavares Barbosa, Ana Paula da S. de C., Fabiana da S. de C., Francisco G. G. Junior, Danilo Marcelo Aires dos Santos, Rildo Santana do Nascimento.

Enfim, agradeço a todos que nestes 1,5 anos me ajudaram a ser hoje uma pessoa melhor em todos os aspectos e aqueles que até neste momento não foram lembrados, porém jamais esquecidos.

Sumário

Índice de Tabelas _____	<i>ii</i>
Índice de Figuras _____	<i>iii</i>
Índice de Fotos _____	<i>v</i>
Índice de Apêndices _____	<i>vi</i>
1. Introdução _____	3
2. Revisão de Literatura _____	5
2.1. Aspectos gerais e ecofisiológicos sobre a cultura do feijão _____	5
2.2. Sistema plantio direto _____	7
2.3. Nitrogênio _____	9
2.3.1. Ciclo bioquímico do nitrogênio em agroecossistemas _____	9
2.3.2. Perdas de nitrogênio por volatilização, lixiviação e erosão _____	10
2.3.3. Nitrificação e desnitrificação _____	11
2.3.4. Mineralização e imobilização de nitrogênio _____	13
2.3.5. Comportamento de fontes de nitrogênio no solo _____	14
2.3.6. Importância e aspectos da adubação nitrogenada para o feijoeiro _____	17
2.4. Efeito da adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento e produtividade do feijoeiro _____	19
2.5. Viabilidade econômica das fontes e doses de N na adubação nitrogenada em feijoeiro _____	24
2.6. Efeito da adubação nitrogenada na composição química dos grãos _____	26
3. Material e métodos _____	28
3.1. Localização e características do local _____	28
3.2. Delineamento experimental e tratamentos utilizados _____	29
3.3. Preparo da área para semeadura _____	29
3.4. Instalação e condução do experimento _____	30
3.5. Avaliações realizadas _____	31
A) População de plantas _____	31
B) Massa seca de planta _____	31
C) Teor de nitrogênio na folha _____	31
D) Teor de enxofre na folha _____	33
E) Componentes de produção _____	34
F) Produtividade de grãos _____	34
G) Análise econômica simples _____	34
H) Extração e quantificação do teor de proteína solúvel total dos grãos _____	35
3.6. Análise estatística _____	36
4. Resultados e Discussão _____	37
5. Conclusões _____	60
6. Referências _____	61

Índice de Tabelas

Tabela 1. Características da uréia e do sulfato de amônio (adaptado de Borges et al., 2002).....	16
Tabela 2. Resultados referentes às características granulométricas do solo da área experimental. Selvíria (MS), 2005.	29
Tabela 3. Resultados da análise química do solo na camada de 0-0,20 m. Selvíria (MS), 2005.	29
Tabela 4. Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente ao teor de proteína nos grãos (%). Selvíria (MS), 2005.	58

Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo bioquímico do nitrogênio nos agroecossistemas.....	10
Figura 2. Relação entre uma tonelada de uréia e a quantidade necessária de outros produtos para se obter a mesma quantidade de nitrogênio.....	15
Figura 3. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a população inicial de plantas em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	37
Figura 4. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a população final de plantas em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.....	38
Figura 5. Relação entre doses de nitrogênio e a população inicial de planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.....	38
Figura 6. Relação entre doses de nitrogênio e a população final de planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.....	39
Figura 7. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a massa seca de planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	40
Figura 8. Relação entre doses de nitrogênio e a massa seca de plantas em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	40
Figura 9. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o teor de nitrogênio na folha em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	41
Figura 10. Relação entre doses de nitrogênio e o teor de nitrogênio nas folhas em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	42
Figura 11. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o teor de enxofre na folha em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	43
Figura 12. Relação entre doses de nitrogênio e o teor de enxofre na folha em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.....	43
Figura 13. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o número de vagens por planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	44
Figura 14. Relação entre doses de nitrogênio e o número de vagens por planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	45
Figura 15. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o número de grãos por planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	46
Figura 16. Relação entre doses de nitrogênio e o número de grãos por planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	46

Figura 17. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o número de grãos por vagem em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	47
Figura 18. Relação entre doses de nitrogênio e o número de grãos por vagem em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	47
Figura 19. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a massa de 100 grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.....	48
Figura 20. Relação entre doses de nitrogênio e a massa de 100 grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	49
Figura 21. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a produtividade de grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.....	50
Figura 22. Relação entre doses de nitrogênio e a produtividade de grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	51
Figura 23. Margem bruta de ganho devido à adubação nitrogenada.....	56
Figura 24. Relação entre doses de nitrogênio e o teor de proteína solúvel dos grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	59

Índice de Fotos

Foto 1. Aspecto geral das plantas na fase V ₂ (Folhas primárias expandidas) no dia de coleta dos dados de população inicial de plantas.	78
Foto 2. Aspecto geral das plantas na fase V ₃ (1° a 2° folha trifoliolada expandidas). ...	79
Foto 3. Aspecto geral das plantas na fase V _{4.4} (4° folha trifoliolada expandidas) no dia da realização da adubação de cobertura nos tratamentos com parcelamento do nitrogênio.....	80
Foto 4. Aspecto geral das plantas na fase R ₆ (Abertura da primeira flor) no dia da realização da coleta para análise da massa seca de planta, teor de nitrogênio e enxofre na folha.	81
Foto 5. Aspecto geral das plantas na fase R ₉ (Maturidade fisiológica) no dia da realização da colheita e da coleta das 10 plantas para realização dos componentes de produção.	82
Foto 6. Aspecto geral de vagens e grãos de feijão do experimento.	83
Foto 7. Aspecto do sistema de irrigação tipo pivô central utilizado no experimento. ...	84

Índice de Apêndices

Apêndice 1. Precipitação (mm), umidade relativa média (%) e temperatura média (°C), durante a condução do experimento, Selvíria (MS), 2005.	86
Apêndice 2. Valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação da população inicial e final de plantas, e massa seca de planta em função do modo de aplicação, fonte e dose do nitrogênio em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.....	87
Apêndice 3. Valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação do teor de nitrogênio e enxofre na folha, e número de vagens por planta em função do modo de aplicação, fonte e dose do nitrogênio em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	88
Apêndice 4. Valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação do número de grãos por planta e vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos em função do modo de aplicação, fonte e dose do nitrogênio em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	89
Apêndice 5. Manejo da adubação nitrogenada (fontes, doses e modos de aplicação), acréscimo na produtividade de grãos e financeiro devido a adubação nitrogenada e, custo com a adubação.	90
Apêndice 6. Margem bruta de ganho devido a adubação nitrogenada agrupada em modos de aplicação do nitrogênio.	91
Apêndice 7. Margem bruta de ganho devido a adubação nitrogenada agrupada em fontes de nitrogênio.	92
Apêndice 8. Margem bruta de ganho devido a adubação nitrogenada agrupada em doses de nitrogênio.....	93
Apêndice 9. Valores médios de F, níveis de significância e coeficiente do teor de proteína solúvel total dos grãos em função do modo de aplicação, fonte e dose do nitrogênio em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.	94

BINOTTI, F. F. S. Fontes, doses e parcelamento do nitrogênio em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto. 2005. 94f. Dissertação (Mestrado) - da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2005.

Autor: Eng. Agr. Flávio Ferreira da Silva Binotti

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá

Resumo Vários trabalhos mostram a eficiência da adubação nitrogenada no aumento de produtividade do feijoeiro, entretanto existe necessidade de novos estudos, pois do ponto de vista econômico, o manejo do N que corresponde a maior produtividade de grãos muitas vezes não corresponde ao mais rentável e, portanto, não será adequada para recomendação ao produtor. O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de fontes, doses e parcelamento do nitrogênio no desenvolvimento, produtividade e teor de proteína dos grãos do feijoeiro de inverno no sistema plantio direto, correlacionado com uma análise econômica simples. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3x5x2, com 30 tratamentos e 4 repetições, constituído por três fontes de nitrogênio (uréia, sulfato de amônio - SA e mistura – $\frac{1}{2}$ N uréia + $\frac{1}{2}$ N SA), com diferentes doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg/ha) aplicadas por ocasião da semeadura ou parcelada (1/3 semeadura + 2/3 fase V₄₋₄). O experimento foi instalado no município de Selvíria (MS), no período de outono-inverno de 2005. O solo local é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argiloso. Conclui-se que a fonte de N proveniente do sulfato de amônio proporcionou maiores produtividades de grãos do feijoeiro de inverno, entretanto a uréia é que proporcionou maior eficiência econômica. O aumento da adubação nitrogenada incrementou a produtividade até a dose de 198 kg/ha, proporcionando em média, aumento de 44 % na produtividade comparado com a testemunha (sem N), entretanto nem sempre doses maiores são as de maior eficiência econômica. O parcelamento da adubação nitrogenada não foi economicamente viável. Houve comportamento diferente entre fontes e modos de aplicação do N no teor de proteína solúvel total. O aumento da adubação nitrogenada propiciou aumento do teor de proteína dos grãos.

Palavras - chave: *Phaseolus vulgaris* L., manejo do nitrogênio, sulfato de amônio, uréia, modo de aplicação e viabilidade econômica.

BINOTTI, F. F. S. Effect of sources, doses and nitrogen split in winter common bean in no tillage system. 2005. 94f. Dissertation (Master's degree) - da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2005.

Author: Eng. Agr. Flávio Ferreira da Silva Binotti

Adviser: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Co-Adviser: Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá

Abstract Several works show the efficiency of the nitrogen fertilization in the yield increase common bean, however there is need of new studies, because of the economical point of view, the management of nitrogen that corresponds the largest yield of grains many times it does not correspond to the most profitable and, therefore, it does not fit for recommendation to the producer. The objective of the work was to study the effect of sources, doses and nitrogen split in the development, yield and protein content of grains of winter common bean in no tillage system, correlated with a simple economical analysis A randomized blocks design was used, in a factorial scheme 3x5x2 with 30 treatments and 4 repetitions constituted by three sources of nitrogen (ammonium sulphate, urea and ammonium sulphate $\frac{1}{2}$ of N + urea $\frac{1}{2}$ of N), with different doses of nitrogen (0, 50, 100, 150 e 200 kg/ha) applied at sowing or split (1/3 at sowing + 2/3 V_{4.4} stadium).The trial was conducted in Selvíria county, MS State in 2005 in no season crop period, in a dystrophic Haplustox. It is ended that the source of nitrogen from ammonium sulphate provides larger yield of grains of the winter common bean, however the urea is that provides larger economical efficiency. The increase of the nitrogen fertilization increases the yield until the dose of 198 kg/ha, providing on average an increase of 31% in the yield compared with the control (without N), however, not always larger dose provides larger economical efficiency. The nitrogen split was not economically viable. There was different behavior between sources and manners of application of N in total soluble protein. Content the increase of the nitrogen fertilization propitiates increase of protein content on grains.

Words key: *Phaseolus vulgaris* L., nitrogen management, ammonium sulphate, urea, application way and economical viability.

1. Introdução

O feijoeiro é uma leguminosa de grande importância na economia brasileira, pois a população brasileira tem como parte de sua cultura, consumi-lo diariamente em suas refeições, visto que é um alimento rico em proteínas. Segundo Costa e Vieira (2000), o feijão apresenta componentes e características que tornam seu consumo vantajoso do ponto de vista nutricional. Seu conteúdo protéico relativamente alto e o teor elevado de lisina possuem efeito complementar as proteínas dos cereais. A partir da década de 1980, passou a ser cultivado também na época de inverno (período seco), sob irrigação, atraindo médios e grandes produtores, geralmente usuários de maior nível de tecnologia. Em lavouras sob pivô central, com elevado nível tecnológico, a produtividade é de extrema importância, pois o uso de irrigação é onerosa, o que requer a adoção de outras práticas que, a ela combinadas, aumentam a produtividade dando sustentabilidade ao sistema de cultivo. Assim, o manejo da adubação nitrogenada é de extrema importância, visto que o nitrogênio é o nutriente de maior absorção pela cultura e de grande influência na produtividade. Segundo Silveira et al. (2001), o feijoeiro irrigado por aspersão é economicamente viável, apresentando taxas de retorno superiores a 70 %.

No sistema plantio direto com alta disponibilidade de restos culturais com alta relação C/N, além das perdas de amônia por volatilização, o nitrogênio pode tornar-se insuficiente para as plantas em função da imobilização microbiana, sendo necessárias doses mais elevadas de nitrogênio. De acordo com Barbosa Filho et al. (2005a), a resposta do feijoeiro ao N foi influenciada pelos resíduos de cultura deixados na superfície pelo cultivo anterior, sendo que com o cultivo anterior à instalação dos experimentos, da soja, desenvolveu-se no solo um ambiente de menor imobilização e maior disponibilidade de N para as plantas de feijão, comparativamente à sucessão

feijão após arroz, em que parte do N aplicado foi consumida pela população microbiana do solo no processo de decomposição da palhada do arroz, causando, assim, um déficit de N.

De acordo com Barbosa Filho e Silva (2001), a uréia e o sulfato de amônio são duas fontes que apresentam baixa eficiência de utilização pelas culturas, raramente superior a 50 %, porém são as mais utilizadas na agricultura brasileira, possivelmente por serem de menor custo e de maior disponibilidade no mercado. Enquanto as outras fontes de N não estiverem disponíveis no mercado em condições competitivas com a uréia e o sulfato de amônio, a estratégia para maximizar a eficiência de uso de N ainda deverá ser por meio do aperfeiçoamento de seu próprio manejo.

Vários trabalhos tem mostrado que o feijoeiro responde a aplicação de doses elevadas de nitrogênio (Barbosa Filho e Silva, 2000; Stone e Moreira, 2001; Barbosa Filho et al., 2005a; Kikuti et al., 2005 e Meira et al., 2005), sendo essas maiores que as atuais recomendações, entretanto, há necessidade de estudos com relação a sua viabilidade econômica.

Devido a três fatores, baixa exigência inicial, possibilidade de perdas por lavagem e índice salino, as culturas anuais recebem na semeadura apenas uma fração da dose total do N que necessitam, o restante é aplicada em cobertura sobre o solo ao lado das plantas nos períodos de maior exigência (Malavolta, 1980). Entretanto, no cultivo de inverno (período seco, com irrigação controlada) alguns trabalhos com feijoeiro irrigado mostram que a aplicação de todo nitrogênio na semeadura, tem mostrado produtividade semelhante as dos tratamentos com parcelamento da adubação nitrogenada (Carvalho et al. 2001; Chagas et al., 2002; Della Flora et al., 2003; Dalastra et al., 2004 e Binotti et al., 2005a).

A pesquisa foi desenvolvida em um LATOSSOLO VERMELHO, no município de Selvíria (MS), com o objetivo de avaliar o efeito de fontes, doses e parcelamento do nitrogênio no desenvolvimento, produtividade e teor de proteína dos grãos do feijoeiro de inverno no sistema plantio direto, irrigado por aspersão, correlacionado com uma análise econômica simples.

2. Revisão de Literatura

2.1. Aspectos gerais e ecofisiológicos sobre a cultura do feijão

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é originário do México e América Central e após o descobrimento das Américas foi levado para o Velho Mundo como planta ornamental (Zimmermann e Teixeira, 1996). Apresenta alto teor protéico na composição centesimal, é excelente fonte de carboidratos e fibra, apresenta baixo teor de lipídios, sódio e não contém colesterol, além de possuir vitaminas (principalmente do complexo B) e minerais (Bressani e Elías, 1974; Antunes e Sgarbieri, 1980; Roston, 1990 e Geil e Anderson, 1994). Segundo Vieira (1988), no Brasil, a cultura do feijão está distribuída por todo o território nacional, sendo que esta faz parte do hábito alimentar da família brasileira e está amplamente adaptada as diversidades climáticas.

As plantas de feijoeiro, de acordo com o hábito de crescimento as cultivares são agrupadas em tipo I (plantas de crescimento determinado), tipo II (plantas de crescimento indeterminado arbustivo), tipo III (plantas de crescimento indeterminado prostrado) e tipo IV (plantas de crescimento indeterminado trepador) (CIAT, 1981). Estas diferenças de hábito de crescimento também estão associadas ao ciclo da cultura, onde normalmente as cultivares do tipo I são mais precoces com ciclos próximos de 70 dias, enquanto que as do tipo II, III e IV apresentam ciclo ao redor de 90 a 100 dias, ou até maior para as do tipo IV. No Brasil a grande maioria dos cultivos é com plantas do tipo II e III.

Através do processo de fixação biológica do nitrogênio algumas bactérias pertencentes ao gênero *Rhizobium* conseguem infectar as raízes do feijoeiro, formar nódulos e fixar biologicamente o nitrogênio do ar (N₂), fornecendo esse nutriente que de outro modo, teria que ser adicionado via fertilizante (Hungria, 1994). Malavolta (1987) e Arf (1994) consideram que o feijoeiro sendo uma leguminosa é capaz de suprir parte

de sua exigência em nitrogênio através do processo de fixação simbiótica, conseguindo fixar através desse processo de 20 a 30 % do nitrogênio que necessita, contribuindo dessa forma para economia da adubação nitrogenada. Porém, essa capacidade é bastante inferior se comparada à cultura da soja que consegue fixar de 40 a 70% da sua exigência em nitrogênio. Segundo Rosolem (1996), o feijoeiro por possuir um sistema radicular pequeno e pouco profundo, é importante que este seja cultivado em solos com pH em H₂O na faixa de 6,0 a 6,5, para maior eficiência do aproveitamento da fixação simbiótica, evitando a fitotoxicidade de alumínio e de manganês e prevenir a deficiência de micronutrientes, sendo ainda, de fundamental importância, o efeito da calagem no crescimento radicular, o que torna a planta mais apta a produzir, quando as condições hídricas são adversas.

O feijoeiro é exigente em nutrientes, em decorrência, principalmente, do seu sistema radicular superficial, além de seu ciclo curto (Rosolem e Marubayashi, 1994). O fornecimento de nutrientes ao feijoeiro é de fundamental importância, principalmente o nitrogênio, que em geral é o exigido em maiores quantidades (Malavolta, 1979).

Sob o ponto de vista nutricional o feijão apresenta componentes e características que tornam seu consumo vantajoso. Entre eles, pode-se citar o conteúdo protéico relativamente alto, o teor elevado de lisina, que exerce efeito complementar às proteínas dos cereais, a fibra alimentar com seus reconhecidos efeitos hipocolesterolêmico e hipoglicêmico, o alto conteúdo de carboidratos complexos e a presença de vitaminas do complexo B. Por outro lado, alguns problemas nutricionais como a baixa digestibilidade protéica, o conteúdo reduzido em aminoácidos sulfurados, a presença de fatores antinutricionais e a baixa disponibilidade de minerais são assuntos que têm merecido a atenção especial de vários grupos de pesquisas (Iaderoza et al., 1989 e Costa e Vieira, 2000).

A maior parte de massa seca dos grãos é constituída de carboidratos (cerca de 65 %) e nitrogênio. A maior parte deste último é estocada nas folhas sob a forma de proteínas que, ao se iniciar a formação das vagens e dos grãos, são mobilizadas e translocadas para esses componentes de rendimento de grãos. Normalmente, cerca de 80 % do nitrogênio encontrado nos grãos são proveniente do nitrogênio estocado na parte vegetativa da planta, e o restante é proveniente do nitrogênio assimilado após floração. Os carboidratos, ao contrário, necessários para o enchimento dos grãos, são provenientes da atividade fotossintética “corrente”, ou seja, da atividade fotossintética

que está se realizando naquele momento. Por esse motivo, quanto mais tempo durar a área foliar verde após a floração, maior será o rendimento de grãos (Didonet, 2003).

A produção brasileira de feijão (todos os tipos) na safra de 2003/04 foi de 3.044.400 toneladas, com uma área colhida de 3.812.800 hectares (Nehmi et al., 2006). Tem uma produtividade média de 807 e 742 kg/ha na safra de 2002/03 e 2003/04, respectivamente (ANDA, 2004). Entretanto, a produtividade média da cultura do feijão no Brasil é considerada baixa uma vez que, utilizando técnicas mais adequadas de cultivo, existe possibilidade, em curto prazo, de triplicar ou mesmo quadruplicar a produtividade obtida com essa cultura.

2.2. Sistema plantio direto

No Brasil, o sistema plantio direto (SPD) surgiu na década de 70, em trabalhos de pesquisa realizados no Rio Grande do Sul e no Paraná. Sua adoção, em larga escala, tinha como limitação a disponibilidade de máquinas semeadoras capacitadas para realizar o corte da palha e depositar as sementes no solo, sem revolvê-lo, e de herbicidas pós-emergentes específicos que atendessem as exigências dos diferentes sistemas de rotação de culturas (Salton et al., 1998).

No sistema plantio direto a presença desses resíduos na superfície promove maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, favorece a infiltração, reduz perda de água por escoamento superficial e perda de solo e nutrientes por erosão (Wutke et al., 1993 e Hernani et al., 1999). De acordo com Costa (2000), o não revolvimento do solo, a decomposição de matéria orgânica vegetal na superfície e o cultivo diversificado de espécies por meio da rotação de culturas promovem alterações nas características do solo diferentemente daquelas que ocorrem em sistemas que promovem o revolvimento do solo. Esse não revolvimento do solo leva a decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como consequência alterações físicas, químicas e biológicas do solo que irão repercutir na fertilidade e na produtividade das culturas (Holtz e Sá, 1995). A decomposição de palhada de gramíneas com alta relação C/N pode induzir deficiência de nitrogênio nas plantas, em função da imobilização deste nutriente pelos microrganismos (Kurihara et al., 1998).

A mineralização da matéria orgânica é um processo dinâmico caracterizado pela transformação do material orgânico em substâncias orgânicas (como os ácidos

orgânicos e húmus) ou mineralizadas – como nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, gás carbônico, água, etc. Este processo ocorre mais intensamente nas regiões tropicais. A elevada taxa de decomposição dos resíduos vegetais na regiões quentes e úmidas contribui para a imediata liberação dos nutrientes que foram absorvidas pelas plantas. Além disso, a rápida decomposição pode contribuir para diminuição dos patógenos (Calegari et al., 1998).

A imobilização do N aplicado ao solo pela biomassa microbiana no plantio direto pode ser significativa quando o fertilizante é aplicado sobre a superfície do solo, devido a maior presença de material orgânico nessa camada (Amado et al., 2002). Isso ocorre com maior intensidade numa seqüência de culturas com predominância de gramíneas (alta relação C/N), que podem, pelo menos nos primeiros anos do plantio direto, ocasionar a imobilização do N (Fancelli e Favarin et al., 1989).

O problema da baixa disponibilidade de nitrogênio em sucessões de gramíneas parece ser agravado no sistema plantio direto. Embora o plantio direto promova um aumento nos teores de nitrogênio total do solo, freqüentemente se observa uma menor absorção de nitrogênio por cereais neste sistema, em comparação com o sistema convencional. Diversas causas têm sido apontadas para explicar essa menor disponibilidade de nitrogênio: maiores perdas por lixiviação e desnitrificação, menor mineralização dos resíduos da cultura anterior e do N orgânico do solo e uma maior imobilização microbiana do fertilizante nitrogenado aplicado em cobertura, além da possibilidade de interações entre alguns desses fatores. Dentre as causas prováveis para a menor disponibilidade de nitrogênio no sistema plantio direto, a imobilização microbiana do N tem sido considerada a mais importante (Kitur et al., 1984). A maior imobilização microbiana ocorre nas camadas superficiais do solo sob plantio direto (Vargas et al., 1998), podendo ser suficientemente elevada para, isoladamente, afetar a absorção de nitrogênio pelas plantas.

De acordo com os processos de mineralização/imobilização de N, exercidos pelos microorganismos quimiorganotróficos no solo sob plantio direto, levam a matéria orgânica do solo a funcionar como fonte ou dreno de N, o que na maioria das vezes, depende do tempo de adoção do plantio direto. Nos primeiros anos de adoção do sistema, prevalece o caráter dreno, devido ao acúmulo de matéria orgânica do solo exceder a decomposição. Após alguns anos de adoção do sistema, ocorre estabilização das condições e o caráter fonte e dreno se equivalem, e com o passar dos anos, com

aporte de N via decomposição de resíduos será maior que a quantidade de N imobilizado pelos microorganismos do solo. A maior lixiviação de N no plantio direto comparada ao plantio convencional, é atribuída à maior infiltração de água no solo condicionada pela continuidade de poros e pela “rugosidade” da superfície do solo propiciada pela presença de palha (Amado et al., 2002).

No SPD, há incremento no teor de matéria orgânica na camada superficial do solo, que propicia melhoria considerável na capacidade de retenção de nutrientes pelas partículas minerais e reduzem perda por lixiviação ou erosão. Além disso, pela ausência de revolvimento do solo, os adubos permanecem concentrados na camada superficial onde são depositados, favorecendo a absorção dos elementos pelas plantas (Kurihara et al., 1998).

A maioria das culturas é de uma forma ou de outra, beneficiadas pelo SPD. Os fatores que contribuem para o aumento na produtividade das culturas SPD estão relacionadas à melhoria física, química e biológica (Calegari et al., 1998).

2.3. Nitrogênio

2.3.1. Ciclo bioquímico do nitrogênio em agroecossistemas

O nitrogênio é um elemento indispensável para os seres vivos, fazendo parte das moléculas de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos. Acontece que embora esteja presente em grande quantidade no ar, constituindo o gás nitrogênio (N_2), poucos seres vivos o assimilam nessa forma.

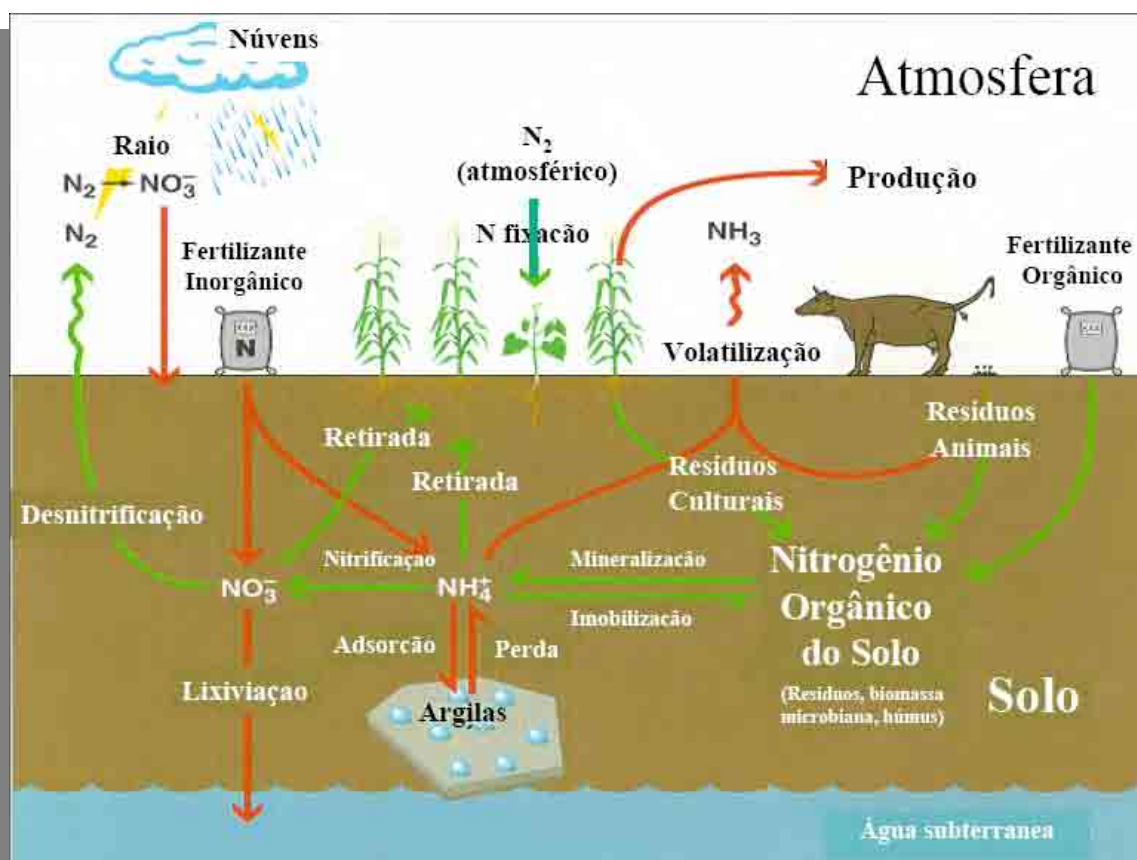
No sistema solo-planta de um agroecossistema (Figura 1) as principais formas de adição de N podem ser caracterizadas como sais de amônio e nitratos trazidos pela precipitação pluviométrica; aplicação de fertilizantes nitrogenados, obtidos através da fixação industrial do N_2 atmosférico pelo homem; aplicação de fertilizantes orgânicos de origem animal ou vegetal; fixação biológica do N_2 , realizada por microrganismos, de forma simbiótica e assimbiótica (Silva, 2005).

As formas de perdas do nitrogênio são através da remoção pelas culturas, erosão, lixiviação, volatilização da amônia e desnitrificação na forma de óxidos de N e N_2 . Os processos que interligam os compartimentos do ciclo global do nitrogênio (Figura 1), são fixação de N (atmosférica, industrial, simbiótica do N e não simbiótica do N),

decaimento, amonificação, nitrificação, imobilização, desnitrificação (química e assimilatória), volatilização e lixiviação.

De acordo com Malavolta (1980) o teor de N total da camada de 0-0,20 m dos solos brasileiros cultivados, varia de 0,05 a 0,5 % de N, o que equivale de 1.000 a 10.000 kg ha⁻¹.

Segundo Hart et al. (1994) a maior parte do N assimilado pelas plantas é derivado dos reservatórios de N-inorgânico do solo (NH₄⁺ e NO₃⁻), proveniente da mineralização do N da matéria orgânica do solo.



Fonte: PICCOLO, M.C. Biogeoquímica do nitrogênio em ecossistemas tropicais. Piracicaba: CENA/USP. (Disciplina CEN5749). Disponível em <www.cena.usp.br/apostilas/marisa.>

Figura 1. Ciclo bioquímico do nitrogênio nos agroecossistemas.

2.3.2. Perdas de nitrogênio por volatilização, lixiviação e erosão

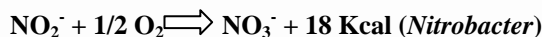
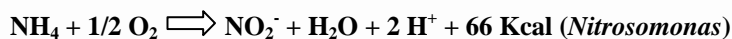
A volatilização caracteriza-se numa forma de perda gasosa de N como NH₃, condicionada por diversos fatores como: temperatura do solo, vento, umidade do solo, umidade relativa do ar, resíduos vegetais, teor de matéria orgânica do solo, textura do solo e presença da enzima urease (Cantarella et al., 2004).

Outra forma de perda do nitrogênio é por lixiviação do nitrogênio, sendo que a mesma ocorre em ordem crescente N-orgânico > NH_4^+ > NO_3^- . Como a maioria dos solos apresentam cargas negativas, os ânions indiferentes com relação à carga negativa do solo, como NO_3^- não são retidos e, portanto, tornam-se passíveis de arrastamento pelas águas de percolação (Raij, 1991).

As perdas por erosão envolvem todas as formas de N no solo e são dependentes da declividade da área, erodibilidade do solo, regime pluviométrico, natureza da vegetação e adoção de práticas conservacionistas. No processo de erosão pelo escoamento superficial, a principal forma arrastada é a matéria orgânica do solo e/ou resíduos em fase de decomposição, devido à sua menor densidade e localização principalmente na superfície do solo. A remoção pelos produtos agrícolas de origem vegetal ou animal, necessariamente, não se constitui em uma perda de N, porque o elemento é parte integrante do produto e indispensável a sua obtenção. Contudo, sob ponto de vista de retirada do solo pode ser considerada uma perda.

2.3.3. Nitrificação e desnitrificação

A nitrificação constitui-se na oxidação do N amoniacal (forma mais oxidada do nitrogênio no solo N_2O). Esse processo é mediado, predominantemente, por microorganismos quimiolitotróficos especializados, onde as bactérias do gênero *nitrosomonas* transformam NH_4^+ a NO_2^- , e as do gênero *nitrobacter* transformam NO_2^- a NO_3^- . O processo é acidificante para o meio em virtude da liberação de H^+ durante as reações (Victória et al., 1992).



Em sistemas agrícolas a nitrificação promove aumento do nitrato o qual é o produto final do processo, sendo que isso provoca aumento do N solúvel na solução do solo e 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).

A desnitrificação é um processo de conversão do nitrato a nitrogênio gasoso (N_2O e N_2) devolvendo esses elementos à atmosfera. É um processo de redução mediado por bactérias anaeróbias como a *Pseudobacter*, *Achromobacter*, *Bacillus* e *Alcaligenes*. Nesse processo ocorre liberação de N_2O para a atmosfera, o que contribui com as reações que destroem a camada de ozônio, aumentando o efeito estufa e também as chuvas ácidas (Piccolo, 2005). Estima-se que entre 15 a 18 x 10⁷ toneladas de N são perdidas por esse processo. Nos solos agrícolas, estas perdas podem atingir 70 % do N 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 (Siqueira e Franco, 1988). A desnitrificação pode ser química ou assimilatória (Piccolo, 2005).

A desnitrificação química ou aeróbia pode ocorrer sem a intervenção de enzimas microbianas e acontece em condições aeróbias tendo como produto final o NO e o NO_2 . As reações são similares àquelas responsáveis pela chuva ácida, a diferença é que a desnitrificação química aumenta a acidez no solo e não causa chuva ácida. Não resulta em um retorno substancial de N_2 para atmosfera e é insignificante no ciclo do N, uma vez que os gases formados são rapidamente dissolvidos na água do solo (Piccolo, 2005).

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 CO_2 e N_2 aumentando a decomposição da uréia (pH baixo aumenta as perdas) (Piccolo, 2005).

De acordo com Piccolo (2005) os fatores que afetam a nitrificação e/ou a desnitrificação química são:

- Aeração: depende da presença de O_2 por ser um processo estritamente aeróbio.
- Temperatura: favorável entre 26 a 32 °C.
- Umidade: condições extremas, retarda a nitrificação.
- pH: os microrganismos são sensíveis a valores de baixo pH (ácido), requerendo um pH na faixa de 7 -7,6.
- Fertilizantes: quantidades elevadas de fertilizantes amoniacais em solos alcalinos, provocam inibição da segunda fase da nitrificação, acumulando nitrito.
- Relação C/N dos compostos orgânicos: elevada relação ocasiona aumento da imobilização do N mineral, cessa a nitrificação.

Na desnitrificação assimilatória o nitrato é transformado em amônio em condições anaeróbias dentro do tecido vegetal para a biossíntese de aminoácidos. O nitrogênio não é liberado para a atmosfera sendo acumulado no tecido vegetal na forma de aminoácidos ou proteínas (Piccolo, 2005).

Os fatores que afetam a desnitrificação assimilatória compreendem a drenagem deficiente, quantidades excessivas de nitrato, má aeração e pH onde, acima de sete favorece a liberação de N_2 , e pH abaixo de seis que favorece a liberação de N_2O (Piccolo, 2005).

2.3.4. Mineralização e imobilização de nitrogênio

Pela 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. A liberação de nitrogênio mineral da matéria orgânica é favorecida por valores baixos da relação C/N da matéria orgânica. A mineralização do nitrogênio orgânico processa-se por diversas etapas e as reações, promovidas por microrganismos, culminam com a formação de nitrato (Raij, 1991). A mineralização é a conversão do N orgânico em N mineral (NH_4^+ e NO_3^-), realizada por microorganismos quimiorganotróficos. Esse processo, nos agroecossistemas, é governado pelas condições edafoclimáticas, onde a temperatura, a umidade, a relação C/N dos resíduos vegetais, a textura do solo, o pH e o tipo de argila são os principais fatores controladores do mesmo. A velocidade de decomposição/mineralização e, conseqüente utilização do N contido no adubo verde, resíduos de culturas comerciais e plantas daninhas, depende de suas características, principalmente a relação C/N, lignina/N e polifenóis/N, teor de N de lignina e de polifenóis. Existem fatores ambientais que também afetam a disponibilidade do N no solo para as plantas, relacionados à sua ação sobre a atividade de microorganismos 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).

A imobilização de nitrogênio consiste na incorporação de nitrogênio na forma mineral ao protoplasma dos microrganismos. 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). A imobilização caracteriza-se no fenômeno oposto a mineralização, representando a passagem do N na forma mineral, oriundo dos fertilizantes minerais ou orgânicos (reimobilização) para a forma orgânica. Entretanto, esse processo além de ser promovido por microorganismos quimiorganotróficos, é realizado também pelas plantas através da assimilação e incorporação em seus tecidos. Apesar da redução drástica do teor de N mineral no solo na presença de resíduos de alta relação C/N (>30:1), a imobilização não representa uma perda irreversível de N para a cultura subsequente, em virtude da população microbiana não crescer indefinidamente, começando a ocorrer progressiva liberação de N a partir do ponto em que o carbono facilmente oxidável começa a desaparecer (Lopes et al., 2004). 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 N para o solo. Ressalta-se, entretanto, que esses processos ocorrem no solo simultaneamente podendo ocorrer no solo reimobilização e remineralização do mesmo “pool” de N. 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).

2.3.5. Comportamento de fontes de nitrogênio no solo



Uréia - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

A uréia é um fertilizante sólido, nitrogenado, que se apresenta na forma de grânulos brancos que contêm 45 % de nitrogênio. A uréia é o fertilizante sólido de maior concentração de nitrogênio. A Figura 2 mostra a relação entre uma tonelada de

uréia e a quantidade necessária de outras fontes para se obter a mesma quantidade de nitrogênio. A uréia é higroscópica e solúvel em água, álcool e benzina.



Figura 2. Relação entre uma tonelada de uréia e a quantidade necessária de outros produtos para se obter a mesma quantidade de nitrogênio.

A uréia, pelas suas características e reação no solo, apresenta grande potencial de perda de NH_3 , por volatilização (Keller e Mengel, 1986 e Lara e Trivelin, 1990). Essa perda do N, pela hidrólise da mesma, e a volatilização da amônia, ocorre principalmente em solos úmidos e bem intemperizados (Costa et al., 2004). Entretanto, são encontrados na literatura inúmeros trabalhos de pesquisa por meio dos quais se demonstra 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 (Keller e Mengel, 1986). Segundo Barbosa Filho et al. (2004), a presença das plantas na época da aplicação da uréia pode também reduzir as perdas por volatilização, que são devidas à arquitetura da planta do feijoeiro que, ao permitir a perfeita cobertura da superfície do solo, favorece a absorção do NH_3 presente na atmosfera abaixo do dossel das folhas inferiores das plantas. Entretanto, quando há possibilidade de irrigação imediata após a adubação, pode-se formular a hipótese de que a opção pelo uso da uréia é tão eficiente em termos de rendimento de grãos quanto outras fontes de N (Barbosa Filho e Silva, 2001 e Barbosa Filho et al., 2005a).

Quando a uréia é alocada superficialmente em solos cobertos por palha, as perdas por volatilização são elevadas. Tais resultados originam da atividade da enzima urease na presença de umidade, altas temperaturas, exposição à ação dos ventos e pela ausência de sítios de adsorção da amônia. O fenômeno pode ser agravado em consequência da baixa capacidade de retenção do gás produzido, ou parcialmente controlado pelas condições climáticas como chuva e irrigação, as quais podem arrastar o fertilizante em profundidade diminuindo a volatilização, estimando que sejam

suficientes para tanto 15 mm de chuva após a adubação. A hidrólise da uréia não ocorre na falta de umidade, entretanto o orvalho e a ascensão da umidade do solo durante o período noturno são suficientes para desencadear o processo (Serrana, 2000).

Sulfato de amônio - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

O sulfato de amônio, apresenta alta capacidade de acidificação do solo (Barbosa Filho et al., 2001). Na Tabela 1 estão apresentadas as características da uréia e do sulfato de amônio. De acordo com Barbosa Filho et al. (2004) e Barbosa Filho et al. (2005a) o sulfato de amônio tem um efeito acidificante maior que a uréia.

Tabela 1. Características da uréia e do sulfato de amônio (adaptado de Borges et al., 2002).

Fertilizante	Concentração do Nutriente (g kg^{-1})		Sol. (g L^{-1}) a $20^\circ\text{C}^{(1)}$	Índice Salino ⁽²⁾	IS/UN ⁽³⁾	Índice A/B ⁽⁴⁾
	N	Outros				
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	200	240 S	730	69	3,45	110
Uréia	450	-	1.000	75	1,70	71

(1) Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO_3) considerado como 100 (Jackson, 1958).

(2) Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO_3) considerado como 100 (Rader et al., 1943).

(3) Índice salino dividido pelo teor de N no fertilizante.

(4) Quantidade de CaCO_3 necessária para neutralizar 100 kg do adubo.

Mistura -> Sulfato de amônio - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + Uréia - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

A mistura - Uréia + Sulfato de amônio pode reduzir a volatilização de NH_3 , devido a menor quantidade de uréia, bem como pelo efeito acidificante do sulfato de amônio. Outra vantagem é a relação N/S, bem mais adequada para as culturas, que pode ser proporcionada pela mistura de 500 kg de uréia com 500 kg de sulfato de amônio, originando a fórmula: 32-00-00-12. Esta mistura, praticamente não apresenta perdas por volatilização, que combinado com o fornecimento de N e S poderá aumentar a mineralização da palhada, pelo abaixamento das relações C/N e C/S respectivamente (Serrana, 2000).

A utilização das diferentes fontes de nitrogênio requer, portanto, o aperfeiçoamento do manejo do nitrogênio, de modo que os produtores possam obter o máximo benefício econômico.

2.3.6. Importância e aspectos da adubação nitrogenada para o feijoeiro

No cultivo do feijão (três safras) houve um consumo de 671 e 602 (1000 t) de fertilizantes, com participação de 9,7 e 14 % da receita da produção em 2003 e 2004, respectivamente (ANDA, 2004).

Na cultura do feijão, o N é o elemento absorvido em maior quantidade, segundo Oliveira et al. (1996) quantidades superiores a 100 kg/ha de N são requeridas para garantir a extração do nutriente associada a altas produtividades. O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes na nutrição da planta e é também um dos que mais respostas positivas em termos de produtividade (Pires et al., 2002). Concordando com Malavolta (1979) que explicou tal fato dizendo que o nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pelo feijoeiro e quando aplicado na dose recomendada promove rápido crescimento, aumentando a folhagem, o teor de proteína nas sementes. Além disso, “alimenta” os microrganismos do solo que decompõem a matéria orgânica, além de aumentar o teor de massa seca, no entanto quando fornecido em desequilíbrio em relação aos outros elementos pode atrasar o florescimento e a maturação e predispõe as plantas ao ataque de doenças. Canechio Filho (1987) ressalta que alta exigência da cultura em relação ao nitrogênio se deve ao fato desta ser uma leguminosa produtora de grãos ricos em proteínas, fato este que a torna mais exigente em nitrogênio que outras plantas. De acordo com Oliveira et al. (1996) quando o nitrogênio está deficiente, as plantas são atrofiadas, o caule e o ramo são delgados e as folhas apresentam uma coloração entre verde-pálido e amarela, mas uma adubação nitrogenada em cobertura bem realizada supri toda a necessidade da cultura, bem como aumenta sua produtividade. Deficiências de nitrogênio são mais acentuadas em plantio direto em relação convencional. Segundo Rosolem (1987), há resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada em todo o Brasil, embora sendo bem variáveis. Por ser um elemento afetado por uma dinâmica complexa e não deixar efeitos residuais diretos das adubações, o manejo da adubação nitrogenada é dos mais difíceis (Raij, 1991). O

principal objetivo do uso racional do nitrogênio é aumentar a eficiência na sua utilização, considerando os custos financeiros e energéticos, e os riscos ambientais envolvidos.

Segundo Malavolta (1979) deve-se aplicar nitrogênio quando a cultura tem necessidade e quando possui raízes já bem desenvolvidas; outro cuidado é com o solo, que não deve estar demasiadamente seco e nem muito encharcado, pois o adubo nitrogenado se dissolve completamente na água, e se adubarmos uma planta que ainda não tem muitas raízes, com a primeira chuva que cair o material será arrastado para baixo e se perderá nas águas de drenagem; porém se a aplicação for feita mais tarde, a planta já tendo raízes suficientes conseguirá aproveitar o nutriente arrastado pela chuva, evitando assim sua perda. A aplicação de nitrogênio deve ser feita com cuidado, à uréia exige atenção especial, pela possibilidade de perdas por volatilização. Dessa forma, se a uréia não for enterrada ou levada para dentro do solo pode ocorrer grande perda (Raij, 1991). Segundo Fox et al. (1986) citado por Barbosa Filho et al. (2005a), dentre as formas de aplicação de nitrogênio, a de cobertura tem sido a mais eficiente (rendimento/unidade de nitrogênio aplicado) pois, além de fornecimento do nutriente em época de maior exigência, a absorção do NH_3 pelas folhas inferiores das plantas pode reduzir as perdas por volatilização.

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). Cultivares e variações de clima também podem influenciar a resposta da cultura a aplicação do nitrogênio (Chidi et al., 2002). Vários são os fatores que afetam a eficiência da adubação nitrogenada de cobertura. Entre esses, três são considerados importantes para o produtor: a fonte de nitrogênio a ser utilizada, a quantidade e o método a ser empregado para sua aplicação. A fonte e a dose de N utilizada são de extrema importância do ponto de vista da maximização do sistema para obtenção do máximo retorno econômico. Entretanto, atualmente de acordo com Barbosa Filho e Silva (2001), o sulfato de amônio e uréia são as duas fontes de N mais utilizadas na agricultura brasileira, possivelmente por serem de menor custo e de maior disponibilidade no mercado, por sua vez enquanto as outras fontes de N não estiverem disponíveis no mercado em condições competitivas com a uréia e o sulfato de amônio, a estratégia para maximizar a eficiência de uso de N ainda deverá ser através do aperfeiçoamento de seu próprio manejo.

Menos de 50 % do N incorporado no solo na forma orgânica é transformado em N inorgânico, ou seja, é mineralizado, sendo a outra parte encontrada em associação à massa microbiana do solo (Mengel, 1996 citado por Barbosa Filho et al., 2005a). Segundo Duque et al. (1985) citado por Ambrosano et al. (1996) o aproveitamento do nitrogênio usado no adubo é normalmente inferior a 50 %, podendo em solos arenosos, atingir entre 5 a 10%, devido às perdas por lixiviação ou desnitrificação.

O entendimento do processo de decomposição dos resíduos vegetais é muito importante e tem implicações práticas quanto ao manejo da adubação nitrogenada das culturas. Pode-se inferir, por exemplo, que resíduos de espécies de gramíneas deixados na superfície do solo exercem função importante na conservação da umidade do solo, mas contribuem muito pouco com nitrogênio para a cultura subsequente, em razão da alta relação C/N. Nas situações de cultivo de plantas com relação C/N elevada, principalmente nos primeiros anos de adoção do sistema plantio direto (SPD) e quando se usam pequenas doses de nitrogênio, o rendimento do feijoeiro tem sido menor que aquele obtido em solos arados. Uma das explicações para esse caso refere-se ao potencial de imobilização do nitrogênio na superfície do solo sem revolvimento, ou seja, sem preparo. Atualmente, em função da imobilização, que se tornou um processo importante no SPD, há uma tendência para recomendar a aplicação antecipada do nitrogênio de cobertura e/ou aumentar a dose de nitrogênio na semeadura. Apesar da baixa capacidade de conservar água no solo dos resíduos de leguminosas, a capacidade de absorção de nitrogênio e o rendimento das culturas que sucedem as leguminosas são, em geral, mais elevados do que as que sucedem as gramíneas. Assim, pode-se inferir que, quando os resíduos culturais forem de difícil decomposição (relação C/N superior a 30:1), como os das gramíneas, a necessidade de nitrogênio para a adubação de cobertura do feijoeiro cultivado sob SPD, deve ser maior que após leguminosas (Barbosa Filho et al., 2005a).

2.4. Efeito da adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento e produtividade do feijoeiro

Em 54 ensaios de adubação, Malavolta (1972) estudou os efeitos do nitrogênio no Estado de São Paulo e concluiu que em 32 % dos casos houve respostas ao nutriente aplicado. De maneira geral, de acordo com o mesmo autor têm-se obtido respostas do

feijoeiro ao nitrogênio em todo o Brasil, embora a frequência e a amplitude da resposta variem de região para região, e ainda dentro da mesma região, em função do clima e das condições fitossanitárias da cultura.

Segundo Dalastra et al. (2004), as épocas de aplicação do nitrogênio (100 % semeadura, 30 % semeadura + 70 % cobertura, 50 % semeadura + 50 % cobertura e 100 % em cobertura na dose de 100 kg/ha de N) e fontes de N (uréia, sulfato de amônio e ENTEC) não interferiram na produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto.

As épocas de aplicação de nitrogênio (75 kg/ha nas seguintes épocas: Semeadura (S), Fase V₃, Fase V₄, 1/2 S + 1/2 V₃, 1/2 S + 1/2 V₄, 1/2 V₃ + 1/2 V₄ e 1/3 S + 1/3 V₃ + 1/3 V₄) não influenciam a produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, entretanto a aplicação de N proporciona, em média, um aumento de 39 % na produtividade quando comparado com a testemunha sem aplicação de nitrogênio (Binotti et al., 2005a).

Segundo Gomes Junior et al. (2005b) os maiores rendimentos de grãos de feijão são alcançados quando a adubação nitrogenada em cobertura é realizada até o estágio de 7 folhas trifolioladas totalmente abertas na haste principal.

Em trabalho avaliando o efeito de fontes de N (uréia, sulfato de amônio e mistura uréia + sulfato de amônio) e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura (20, 30 e 20 + 30 dias após emergência das plântulas) Binotti et al. (2004), observaram que o feijoeiro de inverno irrigado não apresentou diferenças na produtividade de grãos em relação à utilização de diferentes fontes de nitrogênio em cobertura, e as épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura não influenciaram a produtividade de grãos do feijoeiro de inverno irrigado. Entretanto a aplicação de nitrogênio em cobertura proporcionou, em média, um aumento de 16 % na produtividade do feijoeiro comparado com a testemunha sem N em cobertura.

A aplicação de nitrogênio em cobertura (60 kg/ha), independentemente da fonte (uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e cama de aviário), propiciou aumento da produtividade do feijão IAPAR 31. As fontes minerais sulfato de amônio, nitrato de amônio e uréia, quando aplicadas com incorporação, proporcionaram maiores teores de N foliar e produtividade. A cama de aviário sem incorporação resultou na maior produtividade do feijão das águas (Werle et al., 2004).

A adubação nitrogenada em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha) no feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto proporcionou aumento da produtividade, independentemente da fonte utilizada. Entretanto a aplicação de N, na forma de

nitrocálcio, proporcionou aumento linear na produtividade de grãos do feijoeiro em sistema de plantio direto, já a aplicação de uréia, provocou incrementos de ordem quadrática, com a máxima produtividade sendo alcançada com a dose estimada de 81 kg/ha de N aplicado em cobertura (Pulz et al., 2004).

De acordo com Binotti (2004), a aplicação de toda dose de nitrogênio (75kg/ha) no sulco de semeadura do feijoeiro de inverno irrigado no primeiro ano de cultivo, provocou diminuição na população inicial e final do cultivar IAC Carioca Eté, tanto no sistema plantio direto como no convencional (grade pesada + grade niveladora e escarificador + grade niveladora), talvez pela maior salinização no sulco de semeadura.

Segundo Ambrosano et al. (1996), a produção do feijoeiro irrigado no inverno pode ser aumentada pela adição de nitrogênio e que em solo de fertilidade mais baixa (Pindorama) ocorre boa resposta ao parcelamento do nitrogênio. A aplicação de dose única em cobertura foi mais efetiva do que aplicada na semeadura, sendo a melhor época de aplicação aos 25 dias após germinação.

Em trabalho avaliado por três anos consecutivos, o efeito da aplicação de 80 kg/ha de N em cobertura, tendo como fonte a uréia ou sulfato de amônio, incorporados ou distribuídos na superfície do solo, em três níveis de acidez do solo desenvolvidos pela aplicação de 0, 3,5 e 7,0 Mg/ha de calcário, comparados com a testemunha sem aplicação de N de cobertura, Barbosa Filho et al. (2004), observaram que a resposta ao N é influenciada pelos resíduos de cultura deixados na superfície pelo cultivo anterior, o que explica a diferença de rendimentos de grãos das três safras. A fonte de resíduos na superfície para o cultivo de inverno/1999 foi a soja cultivada no verão, enquanto nos dois anos subseqüentes, foi o arroz. Portanto, com o cultivo da soja no verão/1998, desenvolveu-se no solo um ambiente de menor imobilização e maior disponibilidade de N para as plantas de feijão do que nos cultivos de 2000 e 2001, em que parte do N aplicado foi consumida pela população microbiana do solo no processo de decomposição da palhada do arroz, causando, assim, déficit de N para o feijoeiro. O mesmo autor afirma que a quantidade de N para adubação de cobertura do feijoeiro cultivado em solo sem revolvimento da camada superficial, quando os resíduos culturais forem de difícil decomposição (relação C:N superior a 30:1), deve ser maior que 80 kg/ha (dose testada neste experimento).

Barbosa Filho et al. (2005a), verificaram que a resposta do feijoeiro ao N foi influenciada pelos resíduos de cultura deixados na superfície pelo cultivo anterior.

Influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre o rendimento das culturas é bastante reconhecida na literatura, inclusive com indicações de que a quantidade de N nessas condições, num mesmo solo, deva ser da ordem de 20 % a 25 % superior (Sá, 1999, citado por Barbosa Filho et al., 2005b).

Segundo Della Flora et al. (2003) as épocas de aplicação (14, 21, 28 e 35 dias após a emergência - DAE), e o parcelamento do N (30 % + 70 %, 50 % + 50 % e 70 % + 30 % da dose de 85 kg/ha de N, na forma de uréia, também aplicada nas épocas citadas) não influenciaram no rendimento de grãos do cultivar do Nobre e Pérola. A aplicação do N aos 35 DAE não diferiu das demais épocas de aplicação. Embora não tenha sido observada diferença entre os tratamentos quanto ao rendimento de grãos é válida a ressalva de que o parcelamento da adubação nitrogenada não deixa de ser uma atitude técnica racional e alternativa para a redução de riscos e de probabilidade de perdas do N mineral. Economicamente, o parcelamento do N deve levar em conta o tamanho da área, condições climáticas e disponibilidade de mão-de-obra na propriedade para a execução dessa prática de manejo.

De acordo com Barbosa Filho et al. (2005a) o feijoeiro irrigado pode responder a doses de N em cobertura acima de 150 kg/ha e que é necessário parcelar a dose em duas ou três vezes durante o ciclo. O fato do feijoeiro irrigado responder a altas doses de N, conforme demonstrado neste estudo e em outro realizado, em condições muito semelhantes em Santo Antônio de Goiás, GO (Barbosa Filho e Silva, 2000), reforçam a necessidade de outros estudos que levem em consideração os aspectos econômicos da adubação nitrogenada de cobertura do feijoeiro irrigado, principalmente, cultivado em sistema plantio direto. A aplicação de nitrogênio, seja na forma de uréia ou de sulfato de amônio em duas vezes, aos 15 e 30 dae, e em três vezes, aos 15, 30 e 45 dae das plântulas, resultou em rendimentos de grãos significativamente maiores do que a aplicação em apenas uma vez, aos 30 dae (Barbosa Filho et al., 2005a).

Segundo Soratto et al. (2005), quando não se realiza a adubação nitrogenada de cobertura no estágio V₄, é possível se aumentar a produtividade de grãos do feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto, com aplicação de N no início do estágio R₇. Entretanto, é mais viável a realização da adubação nitrogenada de cobertura no estágio V₄.

De acordo com Chagas et al. (2002) não houve efeito de fontes de N (uréia e sulfato de amônio) e dos modos de aplicação do adubo nitrogenado (90 kg/ha de N 20

dias antes da semeadura, 60 kg/ha de N 20 dias antes da semeadura + 30kg/ha de N no sulco de semeadura no dia da semeadura, 30 kg/ha de N 20 dias antes da semeadura + 30 kg/ha de N no sulco de semeadura no dia da semeadura + 30 kg/ha de N em cobertura 20 dias após a emergência das plântulas e 30 kg/ha de N no sulco de semeadura no dia da semeadura + 60 kg/ha de N em cobertura 20 dias após a emergência das plântulas) sobre o rendimento de grãos e estado final do feijoeiro de inverno irrigado.

Em experimento conduzido em uma propriedade localizada no município de Jaboticaba/RS, avaliando o parcelamento (30 % + 70 %, 50 % + 50 % e 70 % + 30 % de 70 kg/ha de N, utilizando como fonte de N a uréia) e épocas de aplicação do nitrogênio (aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a emergência) no feijoeiro cultivado em sistema plantio direto, Santi et al. (2003) concluíram que a melhor época de aplicação e o melhor parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura é 30 % da dose aos 7 dias após emergência das plântulas + 70 % da dose aos 35 dias após emergência das plântulas, diferindo das atuais recomendações para a cultura. O pior tratamento, para rendimento de grãos, foi 100 % do N na emergência das plantas, sendo que quando se realizou a aplicação no nitrogênio não houve uma incorporação do mesmo.

Em trabalho avaliando o efeito de fontes (uréia e ENTEC), épocas de aplicação (semeadura, 20 dias após emergência das plântulas – DAE e 36 DAE, aplicado em dose total) e doses (0, 50, 100 e 150 kg/ha de N), Souza (2006) verificou que as fontes e épocas de aplicação não tiveram influência na produtividade de grãos do feijoeiro de inverno irrigado, já o aumento da dose de nitrogênio proporcionou aumento da produtividade até a dose de 130 kg/ha de N.

Valério et al. (2003) verificaram que é possível a obtenção de produtividades próximas do rendimento máximo (no caso, acima de 2.000 kg/ha), utilizando apenas N na semeadura, com redução da dose total de N aplicada, pois na dose zero de N em cobertura, a resposta as doses de N na semeadura foi linear até a dose máxima utilizada (120 kg/ha de N). Isso significa dizer que, essa dose máxima não foi capaz de causar injúrias às sementes e prejuízos à emergência das plântulas. Entretanto, em alguns casos essa elevada dose de N no sulco de semeadura compromete a população de plantas (Urban Filho et al., 1980; Silveira e Damasceno, 1993; Rodrigues et al., 2002; Binotti, 2004; Dalalstra et al., 2004; Kikuti et al., 2005 e Teixeira et al., 2005). Assim, a obtenção de uma dose de nitrogênio adequada com sua respectiva fonte e manejo para o

sistema plantio direto, pode ser de suma importância para a cultura do feijão, no sentido de oferecer maior segurança, precisão nas ações de manejo da adubação nitrogenada para o produtor com viabilidade econômica, além de aumentar a eficiência da planta na utilização dos recursos disponíveis, evidenciando a possibilidade de aumentar a produtividade da cultura, proporcionando assim sustentabilidade para o sistema de cultivo do feijão.

2.5. Viabilidade econômica das fontes e doses de N na adubação nitrogenada em feijoeiro

A aplicação de nitrogênio em cobertura para diferentes culturas tem-se revelado, em geral, uma prática de manejo muito eficiente, considerando-se o rendimento por unidade de nitrogênio aplicado. Várias publicações têm divulgado que a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, entretanto, tem sido menor quando aplicados na superfície, sem a sua imediata incorporação ao solo. A explicação é fundamentada nos processos de perdas do nitrogênio por volatilização da amônia. Por outro lado, inúmeros trabalhos de pesquisa têm demonstrado que, quando se compara a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, principalmente uréia e sulfato de amônio, quanto à produtividade - e não em relação às perdas por volatilização de NH_3 para a atmosfera -, a uréia em cobertura pode ser tão eficiente quanto às outras fontes de nitrogênio. Vários fatores concorrem para que isso aconteça. Primeiro, é necessário que o nitrogênio seja aplicado na época mais apropriada e de maior exigência pelas plantas, pois o nitrogênio que não é absorvido pelas plantas é perdido de alguma forma, seja por lixiviação ou volatilização. Segundo, a presença das plantas na época de aplicação pode também reduzir as perdas por volatilização devido à arquitetura da planta do feijoeiro que, ao permitir a perfeita cobertura da superfície do solo, favorece a absorção do NH_3 presente na atmosfera abaixo das folhas inferiores das plantas. Terceiro, deve-se considerar que a eficiência da adubação nitrogenada é maior quando ocorre precipitação ou é feita irrigação logo após sua aplicação. Uma prática como essa que favorece a penetração do nitrogênio no solo, é perfeitamente factível nas condições de cultivo do feijoeiro irrigado no inverno (Barbosa Filho et al., 2005b). O mesmo autor cita que a possibilidade de irrigação imediata após a adubação de cobertura, e não havendo diferença de eficiência, no que se refere ao rendimento de grãos, entre a uréia e o sulfato de amônio aplicados na

superfície do solo, a opção pelo uso da uréia - menor custo em relação a outros nitrogenados - pode garantir ganho econômico considerável ao produtor. Ademais, uma das dificuldades de se fazer a adubação nitrogenada em cobertura é a incorporação do adubo ao solo abaixo da camada de resíduos deixados pelas culturas anteriores.

Segundo Barbosa Filho et al. (2004) os tratamentos utilizando como fonte de N a uréia apresentaram retorno econômico superior em relação aos tratamentos com sulfato de amônio, em três safras, demonstrando a importância da escolha da fonte e de se adotar o manejo adequado dessa prática. O mesmo autor cita que não havendo diferença entre as duas fontes de N (uréia fertilizante e sulfato de amônio) quanto a sua eficiência e podendo esses fertilizantes serem aplicados na superfície do solo sem o custo de incorporação, a adoção desse manejo pode resultar em redução significativa de custo e, conseqüentemente, em maior renda para o produtor de feijão irrigado. Ainda o mesmo autor verificou que a aplicação superficial, tanto da uréia quanto do sulfato de amônio, também é mais vantajosa, economicamente, em relação a aplicação incorporada. Em função do custo da incorporação desses fertilizantes (considerando um trator de 90 a 110 CV), o ganho líquido, evidentemente, foi sempre menor em relação à aplicação superficial em três safras.

Nas condições de cultivo do feijoeiro irrigado no inverno, quando há possibilidade de irrigação imediata após a adubação de cobertura, pode-se formular a hipótese de que a opção pelo uso da uréia pode garantir ao produtor ganho econômico considerável. Não havendo diferença de eficiência, em termos de rendimento de grãos, a uréia tem menor custo por unidade de N que o sulfato de amônio. Além disso, a incorporação do adubo ao solo abaixo dos resíduos deixados pelas culturas anteriores é realizada pela irrigação (Barbosa Filho e Silva, 2001 e Barbosa Filho et al., 2005a)

Rapassi et al. (2001) realizaram análise econômica, quanto a forma e época de aplicação de N (40 kg/ha), via solo, uréia (5%) e combinações de Mo (75 g/ha) aos 25 dias e 50 dias após emergência de plântulas, via foliar sobre a produção de sementes do feijoeiro, em cultivo convencional, relataram que o melhor resultado econômico foi com 40 kg/ha de N via solo, com uréia (5 %) aos 25 dias após emergência de plântulas via foliar e Mo (75 g/ha) aos 50 dias após emergência de plântulas, apresentando um índice de lucratividade de 22,85%.

Segundo Rapassi (2003) em trabalho avaliando análise técnica e econômica da produção de sementes de feijão em função do manejo do solo, níveis de nitrogênio e

molibdênio, concluiu que os custos e a lucratividade variam com o ano, com o sistema de semeadura, entre os tratamentos, sendo que as opções de comercialização de sementes proporcionam melhores índices de lucratividade, porém são grandes as dificuldades que deverão ser enfrentadas pelo agricultor para se tornar um produtor (empreendedor) nesta área.

2.6. Efeito da adubação nitrogenada na composição química dos grãos

A composição química quantitativa das sementes é definida geneticamente, apesar de poder ser, até certo ponto, influenciada pelas condições ambientais a que foram submetidas as plantas que as originaram, uma delas é a influência nutricional. O teor e a composição de proteínas (aminoácidos) varia também em função das condições do ambiente e das técnicas de cultivo que afetam o estado nutricional das plantas, deve-se salientar, neste aspecto, a boa correlação entre a adubação nitrogenada e o teor de proteínas das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2000).

O nitrogênio absorvido pelas plantas combina com esqueletos carbônicos para a produção de aminoácidos, os quais resultam em proteínas que ficam armazenadas nos tecidos vegetais. Na fase de enchimento de grãos estas reservas são quebradas, translocadas e armazenadas nestes órgãos, na forma de proteínas e aminoácidos (Marschner, 1995). A adubação nitrogenada altera a quantidade e qualidade do nitrogênio presente na planta, aumentando os níveis de nitrogênio solúvel, particularmente aminoácidos livres (Mattson, 1980).

Em trabalho estudando o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0, 50 e 100 kg/ha) na qualidade e quantidade da proteína do feijoeiro, Carelli et al. (1981) observaram que o fornecimento de 100 kg/ha de N aumentou 28, 21 e 28 % os teores de N total, N protéico e N não protéico, respectivamente, quando comparados com a dose zero de N aplicado.

Em estudo avaliando o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha) aplicados em duas épocas (fase V₄₋₃ e V₄₋₆) cultivado sobre três plantas de cobertura (milheto, braquiária e milho) utilizando dois cultivares (Pérola e IPR Juriti) Gomes Junior (2006) verificou que o fornecimento de N para o feijoeiro cultivado em sistema plantio direto aumentou o teor de proteína solúvel total, havendo também

comportamento diferenciado entre os cultivares quanto ao teor de proteínas das sementes.

Em trabalho avaliando o efeito no teor de proteína em grãos de feijão em função de diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada, Gomes Junior et al. (2005a) verificaram que o aumento da dose de nitrogênio de 40 para 80 kg/ha em cobertura promove incremento significativo no teor de proteína bruta e solúvel em grãos de feijão. Aplicando-se a dose de 40 kg/ha de N ocorre maior acúmulo de proteína bruta em grãos de feijão quando a adubação em cobertura é realizada em estádios mais avançados do desenvolvimento vegetativo da cultura.

A aplicação de N em cobertura, nos estádios V₄ (0 e 90 kg/ha) ou seja 22 DAE e início do R₇ aos 50 DAE (0, 30, 60 e 120 kg/ha), proporciona aumento no teor de proteína nos grãos do feijoeiro (Soratto et al., 2005).

Em trabalho avaliando as características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca, Lemos et al. (2004) verificaram que o teor de proteína bruta entre os cultivares variam entre 17,0 a 23,8 %.

Como se verificou, os resultados a respeito do estudo de doses, fontes e parcelamento de fertilizantes nitrogenados ainda são controversos. Assim outros trabalhos devem ser desenvolvidos mostrando os resultados que são específicos para cada condição de trabalho. Avaliando não só o efeito da adubação nitrogenada no aumenta da produtividade mais também sua viabilidade econômica.

3. Material e métodos

3.1. Localização e características do local

O trabalho de pesquisa foi conduzido na área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia (Unesp – Campus de Ilha Solteira), localizada no município de Selvíria (MS), no período de outono-inverno de 2005, com uso de irrigação.. O solo do local segundo o levantamento detalhado efetuado por Demattê (1980), foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, epi-eutrófico álico textura argilosa, sendo denominado de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argiloso, pela atual nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa/CNPSO, 1999). A classificação climática segundo Köppen é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar entre 70 e 80% (média anual). Os valores de precipitação (mm), umidade relativa média (%) e temperatura média (°C) da área de cultivo durante a condução do experimento (Apêndice 1).

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados referente às características granulométricas do solo da área de cultivo. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizada a análise química de acordo com metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983). Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 2. Resultados referentes às características granulométricas do solo da área experimental. Selvíria (MS), 2005.

Profundidade	Argila	Areia	Silte
	-----g/kg-----		
0-0,10 m	456	451	93
0,10-0,20 m	422	480	98
0,20-0,40 m	474	439	87

Tabela 3. Resultados da análise química do solo na camada de 0-0,20 m. Selvíria (MS), 2005.

P _{resina} mg/dm ³	M.O. g/dm ³	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V (%)
20	29	4,8	2,5	31	13	39	3	85	55

3.2. Delineamento experimental e tratamentos utilizados

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3x5x2, com 30 tratamentos e 4 repetições, constituído por três fontes de nitrogênio (uréia, sulfato de amônio e mistura – ½ de N da uréia + ½ de N do sulfato de amônio), com diferentes doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg/ha) aplicadas por ocasião da semeadura ou parcelada (1/3 semeadura + 2/3 fase V₄₋₄). As parcelas foram constituídas por 5 linhas de 6,0m de comprimento espaçadas 0,50m entre si. A área útil foi constituída pelas 3 linhas centrais, desprezando-se 0,50m em ambas as extremidades de cada linha.

3.3. Preparo da área para semeadura

A semeadura foi realizada em área anteriormente ocupada com a cultura do arroz de terras altas, tendo uma sucessão de culturas anteriormente (milho, feijão e arroz – cultura antecessora). Os tratamentos foram instalados em local onde o sistema plantio direto foi implantado no ano agrícola 1996/97. A área foi dessecada utilizando o herbicida glyphosate (1560 g/ha do i.a.).

3.4. Instalação e condução do experimento

O feijão foi semeado, mecanicamente, no dia 19 de maio de 2005 utilizando o cultivar Pérola, sementes suficientes para obtenção de 12-13 plantas/m. As sementes receberam tratamento com carboxin + thiram (200 g + 200 g do i.a./100 kg de sementes).

O cultivar Pérola foi originada na Embrapa Arroz e Feijão da seleção do cultivar Aporé que apresenta crescimento indeterminado, hábito do tipo II / III (semi-ereto a prostrado). 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. (1997), e foi constituída de 60 kg/ha de P_2O_5 (superfosfato simples) e 30 kg/ha de K_2O (cloreto de potássio). Na adubação de semeadura foi utilizada uma fonte de fósforo que contenha enxofre, para fornecer quantidades necessárias desse nutriente para a cultura em todos os tratamentos. Após a semeadura a área foi irrigada para promover a germinação das sementes. A emergência ocorreu aos 6 dias após a semeadura.

Nos tratamentos com aplicação parcelada do nitrogênio, esta foi realizada no dia 17 de junho de 2005, ou seja, 23 dias após a emergência das plântulas na fase V_{4-4} de acordo com as fases de desenvolvimento estabelecidas por Fernandez et al. (1986). 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 fixo de irrigação do tipo pivô central.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado com a aplicação do herbicida fluazifop-p-butil + fomesafen (160 g + 200 g do i.a./ha) aos 15 dias após emergência das plântulas. Aos 37 dias após emergência das plântulas foi realizada pulverização com deltamethrine (262 g/ha do i.a.). No dia 26/07/05, ou seja, 62 dias após emergência das plântulas aplicou-se mancozeb (1200 g do i.a./ha).

Aos 41 e 84 dias após emergência das plântulas ocorreram o florescimento e colheita do feijão, respectivamente.

3.5. Avaliações realizadas

A) População de plantas

Foi avaliada a população de plantas pela da contagem das plantas em 2 linhas de 5m da área útil das parcelas no início (fase V₂) e final do desenvolvimento da cultura e os dados foram transformados em plantas/ha.

B) Massa seca de planta

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 60-70°C até atingir massa em equilíbrio. Posteriormente as amostras foram pesadas e os valores convertidos em g/planta.

C) Teor de nitrogênio na folha

Por ocasião do florescimento pleno das plantas, foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado na área útil e posteriormente foram retiradas as folhas que foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70°C até atingir peso constante. As folhas coletadas para avaliação foram moídas em moinho tipo Wiley para determinação do teor de nitrogênio segundo metodologia proposta por Sarruge e Haag (1974) que está descrita a seguir:

C.1. Digestão (N)

- pesar 0,10 g da amostra e colocar em tubo de ensaio.
- colocar 5 ml da mistura digestora nos tubos.

- **Mistura digestora** - 24 g de sulfato de cobre + 128 g de sulfato de sódio e 21,8 g de selenito de sódio. Misturar com um bastão de vidro. Acrescentar 1050 ml de água destilada e por último colocar vagarosamente 1200 ml de ácido sulfúrico. (preparar a mistura digestora na capela, com o recipiente dentro de uma bacia com muito gelo e vagarosamente. O volume preparado é de 2,25 litros).
- levar o material ao bloco digestor e aquecer a 100 °C, a cada 30 minutos aumentar de 50 em 50 °C até chegar a 250 °C, depois de 30 minutos elevar a 350 °C. esperar a amostra ficar esverdeada (mesma cor da mistura digestora).
- terminada a digestão, deixe esfriar.

C.2. Análise (N)

- colocar 15 ml de água destilada em cada tubo com auxílio de uma bureta, em seguida agitar bem.
- Esfriar os tubos.
- ligar o destilador de nitrogênio.
- fazer uma destilação em branco com HCl 0,1 N, antes de iniciar a destilação das amostras.
- colocar o tubo com a amostra na entrada do destilador e adicionar aproximadamente 15 ml de NaOH 15 N.
- colocar 10 ml de ácido bórico com indicador em um becker de 50 ml e mergulhar na saída do destilador.

Solução de ácido bórico com indicador: pesa-se 20 g de ácido bórico e coloca em um balão volumétrico de 1000 ml com um pouco de água, acrescenta-se 15 ml de verde bromocresol a 1% e 6 ml de vermelho de metila a 1%, em seguida completa-se o volume com água (1 litro), agitar até homogeneizar.

- Aumentar a temperatura do aparelho e deixar destilar até completar aproximadamente 30 ml no becker. Retirar o becker do destilador para que seja feita a titulação.
- Titulação - adicionar HCl 0,05 N no becker sob agitação até que a cor mude do azul para cinza (cor do indicador de ácido bórico) e anotar o volume gasto de HCl.

D) Teor de enxofre na folha

Com as mesmas folhas coletadas para avaliação anterior e moídas em moinho tipo Wiley foram determinado o teor de enxofre segundo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), que está descrita a seguir:

D1. Digestão nítrico-perclórica

- Pesar 0,50 g do material seco e moído de cada amostra
- Colocar os tubos já com o material no suporte, em seguida na capela.
- Preparar a solução nítrico-perclórica no dispensador colocando os ácidos com funil. Colocar 6 ml da solução preparada em cada tubo

Solução nítrico-perclórica = ácido nítrico (HNO_3) + ácido perclórico (HClO_4), na proporção 2:1 (v/v).

- Deixar 8 horas para digestão a frio.
- Após as 8 horas de digestão a frio levar ao bloco digestor e aquecer até 70 °C, a cada ½ hora aumentar de 50 em 50 °C até chegar em 220 °C. Esperar ficar transparente, interromper a digestão, esperar esfriar.

Todo processo de digestão (desde a colocação da solução na amostra até a completa digestão) ocorre dentro da capela.

- Completar o volume dos tubos a 50 ml com H_2O destilada.

D.2. Análise enxofre

- Colocar 10 ml da amostra no tubo de ensaio.
- Acrescentar 1 ml de HCl a 6 N.
- Colocar 1 medida de 0,5 g (com cachimbo medidor) de Cloreto de Bário 0,5 mM ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e agitar bem.

Cloreto de bário: passa pela peneira de 1,0 e 0,5 mm, utiliza-se o que passou pela peneira de 1,0 mm e ficou retido na peneira de 0,5 mm.

- Leitura no Espectrofotômetro. Comprimento de onda = 420nm. Calibrar com água destilada em 0 % T = 0 e 100 % T = 100 (anotar a primeira leitura que aparecer no aparelho após a colocação da amostra, pois a leitura é instável).

E) Componentes de produção

Por ocasião da colheita foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado, na área útil de cada parcela e levadas para o laboratório para determinação de: número de vagens/planta, número de grãos/planta, número médio de grãos/vagem e massa de 100 grãos.

F) Produtividade de grãos

As plantas da área útil de cada parcela foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas a trilhagem, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg/ha (13 % base úmida).

G) Análise econômica simples

Para realização da análise econômica simples foram tomados os diferentes manejos da adubação nitrogenada (fonte, dose e modo de aplicação) correspondentes a

cada tratamento do fatorial, atribuindo-se a cada uma delas o seu custo, considerando-se o preço da tonelada de cada adubo nitrogenado utilizado em agosto de 2005 na época de colheita do experimento (uréia = R\$ 2,81; sulfato de amônio = R\$ 4,14 e mistura = R\$ 3,78 por kg de nitrogênio, IEA, 2005), e o custo da aplicação em cobertura quando realizada (R\$ 20,00 hectare, IEA, 2005). Com base no rendimento médio de grãos de cada tratamento, calculou-se o acréscimo de rendimento proporcionado em relação à testemunha (sem N). Baseado no preço médio do feijão pago em Campo Grande (MS), carioquinha em agosto de 2005, R\$ 65,00 por saca de 60 kg (Agrolink, 2005), obteve-se o valor da produção correspondente àquele acréscimo de produtividade (kg) e a respectiva margem bruta de ganho com cada manejo da adubação nitrogenada utilizado.

H) Extração e quantificação do teor de proteína solúvel total dos grãos

Para a extração de proteína foi utilizado o método descrito por Bielski e Turner (1966). A semente de feijão foi seca e moída e 1 g da massa de grãos obtida foi utilizada para a extração da proteína solúvel total, acrescentando-se a mesma 4 mL de NaOH a 0,1 N e homogeneizando-se em seguida. Esta mistura ficou por 24 horas a 10°C e posteriormente foi centrifugada a 1500 rpm por 10 minutos. A centrifugação foi repetida por mais duas vezes, até que o volume total do sobrenadante extraído fosse de 10 mL. O resíduo foi descartado. Para a determinação quantitativa de proteína solúvel total, utilizou-se o método descrito por Bradford (1976). A alíquota de 0,1 mL do extrato obtido, foram acrescentados 5 mL do reagente de Bradford e mantido em repouso, por 2 minutos, tempo necessário para se completar a reação. Depois de completada a reação e antes de 1 hora, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 595 nm. O reagente foi preparado a partir de 50 mg de Comassie Blue Brilliant G 250 que foram dissolvidos em 50 mL de Etanol 95 % (P:V), acrescentando posteriormente 100 mL de Ácido Ortofosfórico 85% (P:V) e o volume completado até 1000 mL com

água destilada. O reagente foi mantido em frasco escuro à temperatura ambiente. O padrão utilizado foi Albumina-Soro-Bovino na faixa de 0 a 100 ug/mL de proteína.

3.6. Análise estatística

Todos os dados foram avaliados através da análise de variância pelo teste F. Quando o valor de F foi significativo ao nível de 5 % de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey, para comparação das médias para fontes e parcelamento do N. Verificou-se ajuste à regressão polinomial para doses de N. Foi utilizado o programa SANEST, Sistema de Análise Estatística (Zonta e Machado, 1986).

4. Resultados e Discussão

No Apêndice 2 estão apresentados valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação referentes à população inicial e final de plantas e, massa de seca de planta do feijoeiro de inverno irrigado em função dos modos de aplicação, fontes e doses de nitrogênio.

Observa-se que a população inicial e final não foi influenciada pelo modo de aplicação do nitrogênio (Figura 3 e 4).

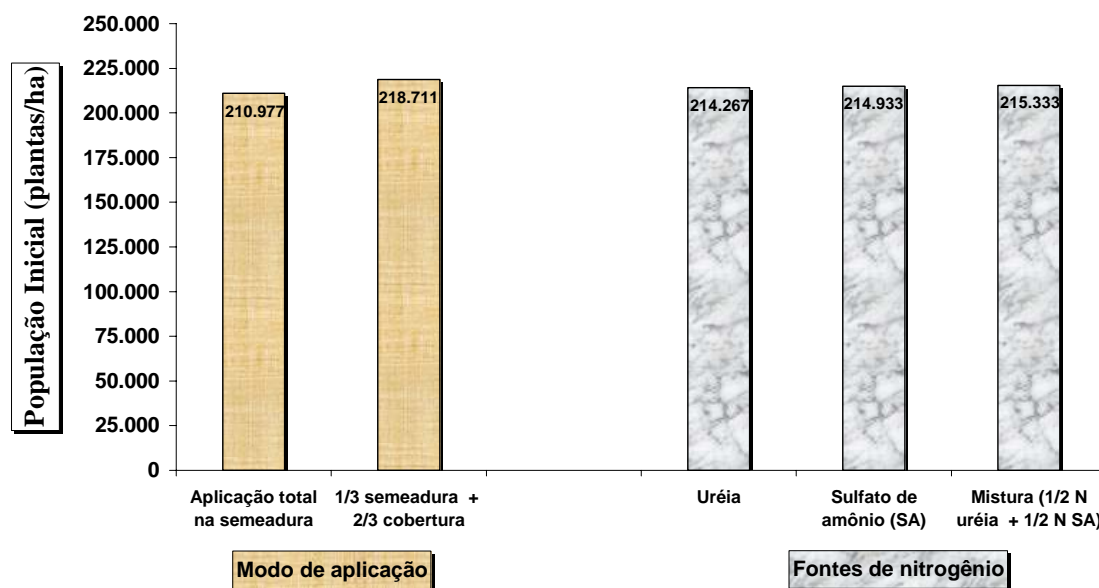


Figura 3. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a população inicial de plantas em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

As diferentes fontes de nitrogênio também não tiveram efeito sobre a população de plantas inicial e final (Figura 3 e 4). Binotti et al. (2004 e 2005b) também não verificaram efeito de diferentes fontes (uréia, sulfato de amônio e mistura – 1/2 de N da uréia + 1/2 de N do sulfato de amônio) sobre a população de plantas inicial e final. O

mesmo ocorrendo com Dalastra et al. (2004) utilizando uréia, sulfato de amônio e ENTEC e Souza (2006) utilizando uréia e ENTEC.

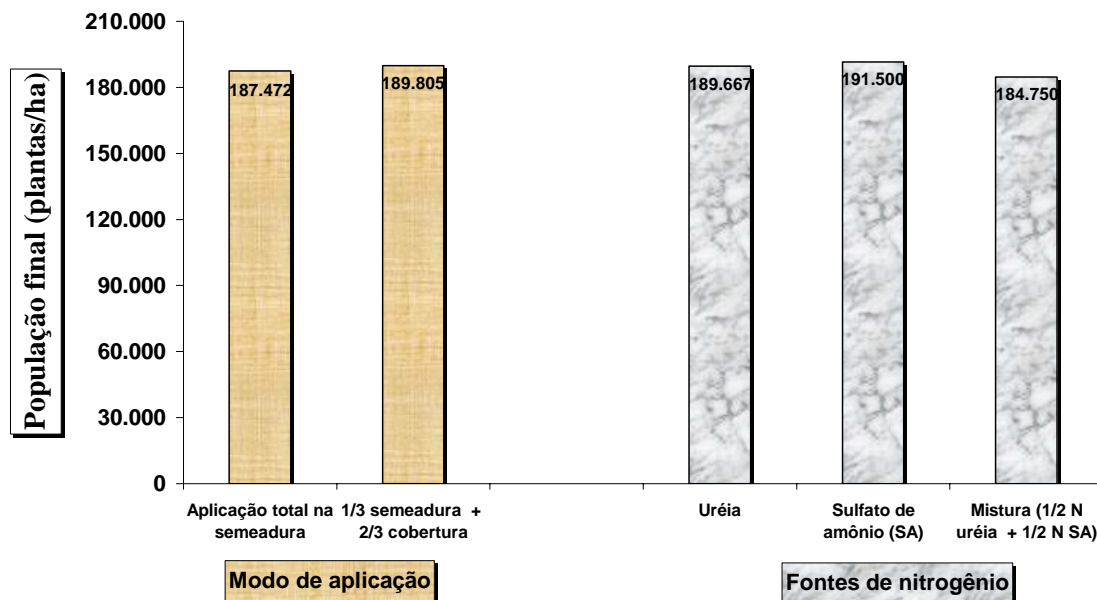


Figura 4. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a população final de plantas em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

O aumento das doses de nitrogênio provocou diminuição na população de plantas inicial e final (Figura 5e 6).

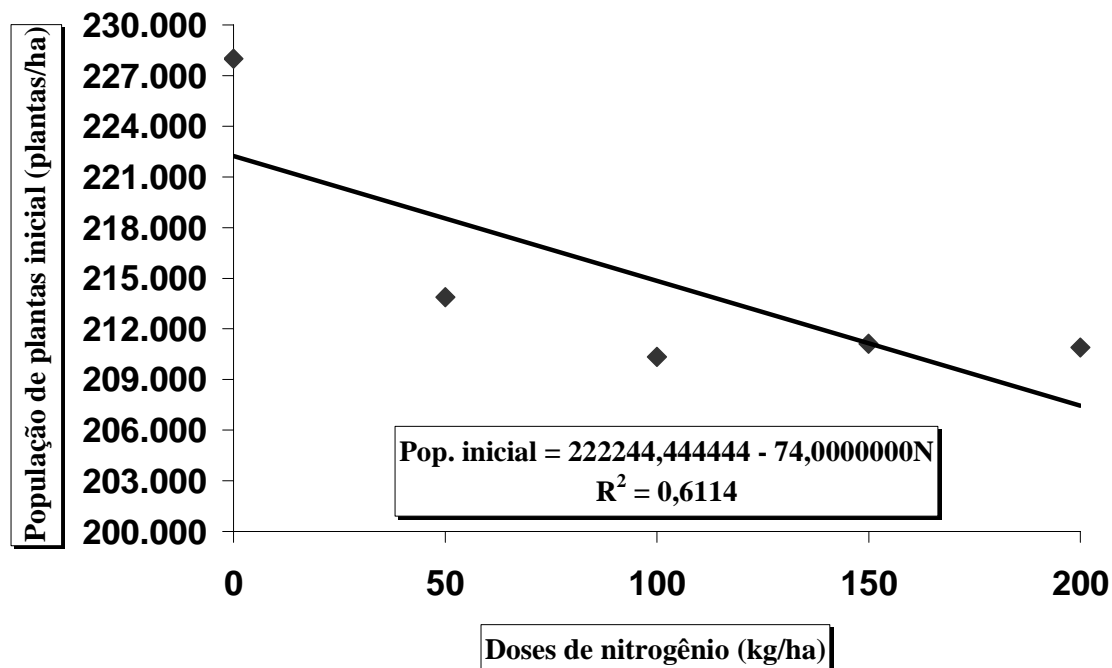


Figura 5. Relação entre doses de nitrogênio e a população inicial de planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

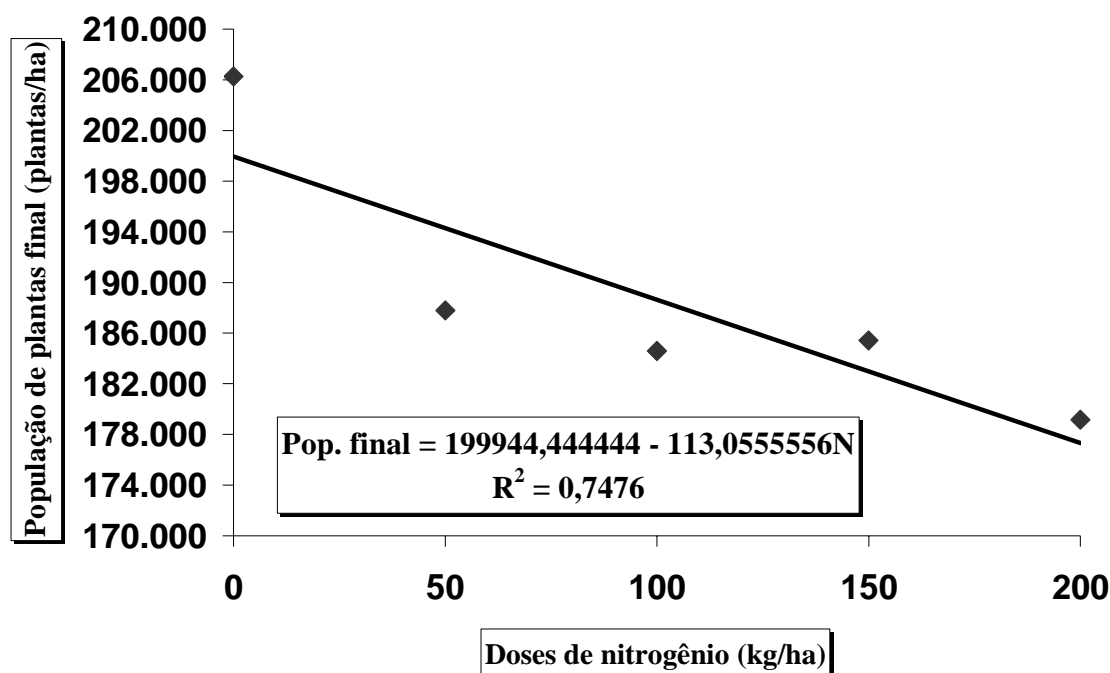


Figura 6. Relação entre doses de nitrogênio e a população final de planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

Essa menor população de plantas pode ser decorrente da maior salinização no sulco de semeadura, que comprometeu a germinação das sementes refletindo em uma menor população de plantas. Esse fato já havia sido constatado por diversos autores (Urban Filho et al., 1980; Silveira e Damasceno, 1993; Rodrigues et al., 2002; Binotti, 2004; Dalastra et al., 2004; Kikuti et al., 2005 e Teixeira et al., 2005) e foram atribuídos ao aumento do efeito salino do fertilizante pela aplicação mais elevada do adubo nitrogenado no sulco de semeadura.

A massa seca de plantas não foi influenciada pelo modo de aplicação e fontes de nitrogênio (Figura 7). Carvalho et al. (2001), Binotti et al. (2004), Binotti et al. (2005b) e Alvarez et al. (2005) também não observaram diferenças na massa de matéria seca de planta em relação à utilização de diferentes fontes de N em cobertura.

As doses de nitrogênio influenciaram positivamente a produção de massa seca de plantas (Figura 8), sendo que esta se ajustou a uma equação quadrática, evidenciando que aplicação de nitrogênio aumenta a massa seca de plantas até a dose de 154 kg/ha. Dados que concordam com os obtidos por Silva et al. (2003) que verificaram aumento na massa seca do feijoeiro cultivado sobre restos de cultura do arroz com aumento da dose de nitrogênio aplicado em cobertura, e também Silveira e Damasceno (1993),

Chidi et al. (2002), Silva et al. (2004) e Arf et al. (2004) observaram efeito positivo do aumento da adubação nitrogenada sobre essa variável.

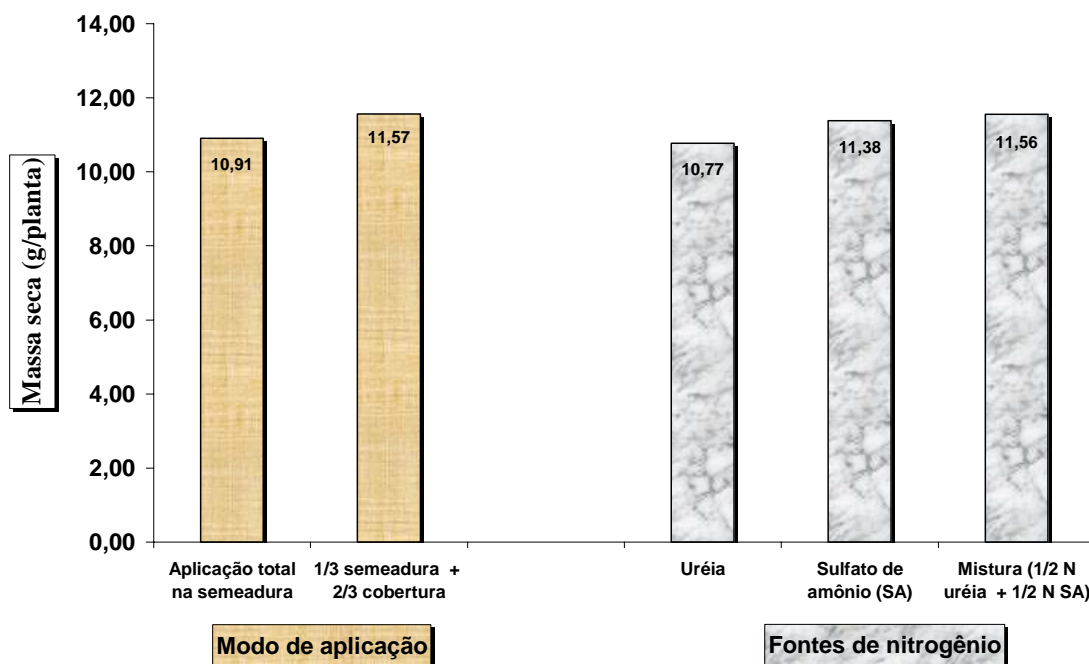


Figura 7. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a massa seca de planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

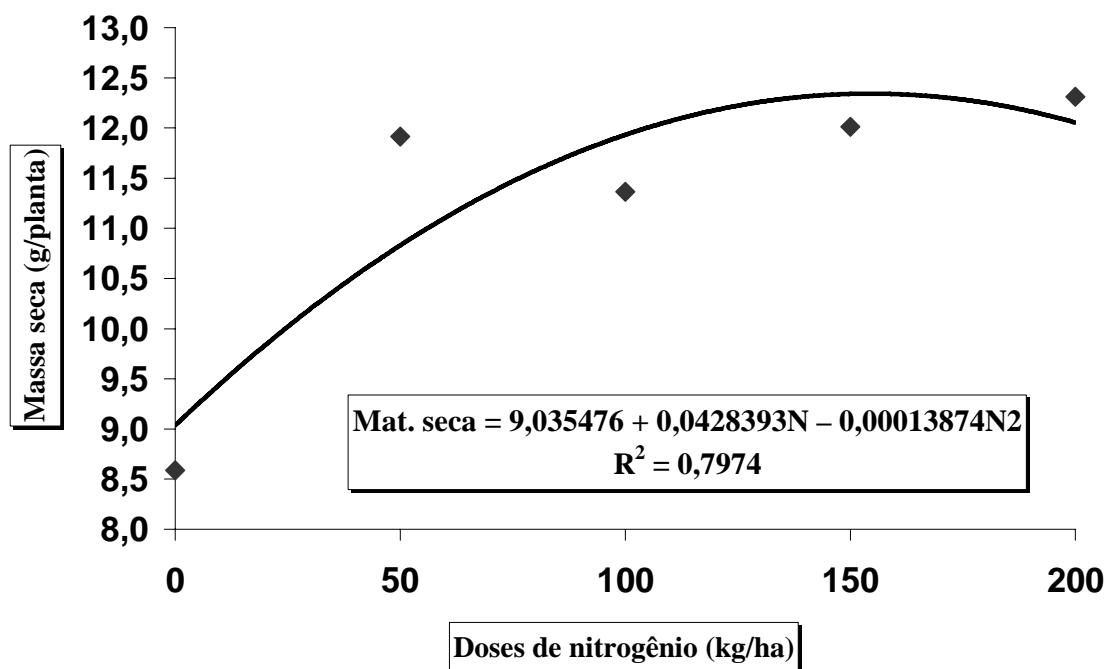


Figura 8. Relação entre doses de nitrogênio e a massa seca de planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

O acréscimo da dose de nitrogênio aplicado aumenta a disponibilidade de N no solo e, conseqüentemente, incrementa a absorção do nutriente pelas plantas, aumentando assim a produção de massa seca, uma vez que o nitrogênio tem influência direta na fotossíntese e crescimento da planta, sendo parte integrante da molécula de clorofila.

No Apêndice 3 estão apresentados valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação referentes ao teor de nitrogênio e enxofre na folha, e o número de vagens por planta do feijoeiro de inverno irrigado em função dos modos de aplicação, fontes e doses de nitrogênio.

A aplicação parcelada do nitrogênio proporcionou plantas como maior teor de nitrogênio nas folhas, entretanto as diferentes fontes de N não influenciaram esta característica (Figura 9). Souza (2006) também não verificou efeito das fontes de N (uréia e ENTEC) sobre o teor de N foliar.

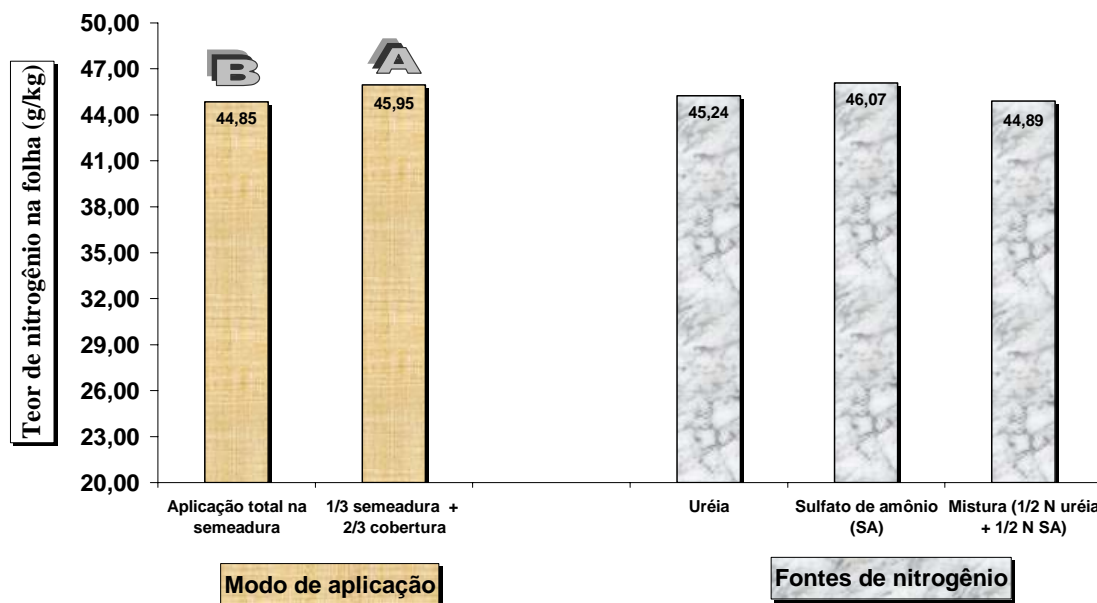


Figura 9. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o teor de nitrogênio na folha em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005. Letra maiúscula diferentes nas colunas em cada tratamento diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Com o aumento da dose de nitrogênio aplicado, também se verificou um aumento no teor de nitrogênio na folha (Figura 10), resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2006). Entretanto, é importante salientar, que os teores de nitrogênio obtidos em todos os tratamentos encontram-se na faixa recomendada para

cultura de acordo com Ambrosano et al. (1997), que é de 30 a 50 g/kg (folha). Mesmo a testemunha, sem aplicação de nitrogênio apresentou teor alto do mesmo nas folhas, evidenciando que talvez a fixação simbiótica com bactérias nativas fixadoras de nitrogênio, somado também com o nitrogênio proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo, tenha propiciado esse alto teor de nitrogênio. Isto mostra importância de novos estudos para saber o momento ideal entre a decomposição da fitomassa e a taxa de demanda da cultura sucessora, proporcionando assim melhor eficiência da utilização do N proveniente da mineralização e tendo por consequência um maior retorno econômico e preservação ambiental, pelo menor uso de fertilizantes nitrogenados.

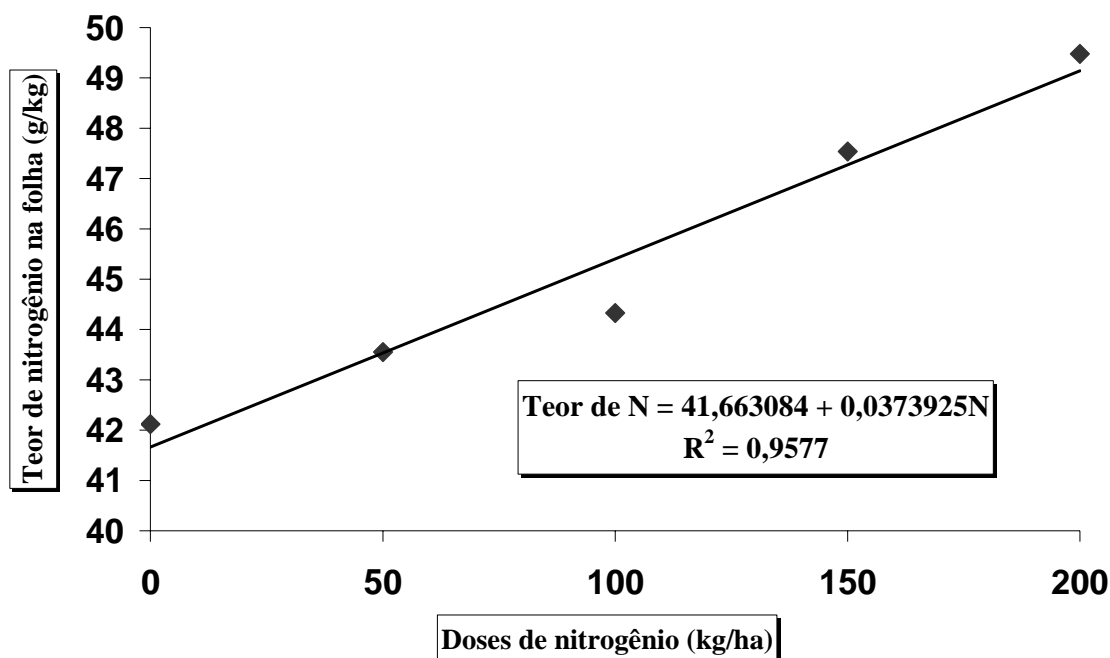


Figura 10. Relação entre doses de nitrogênio e o teor de nitrogênio nas folhas em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

O teor de enxofre da folha sofreu influência do modo de aplicação de nitrogênio, sendo que a aplicação parcelada do N proporcionou maior teor de enxofre na folha, porém as diferentes fontes de nitrogênio não apresentaram efeito sobre o teor de enxofre (Figura 11). O enxofre contido no sulfato de amônio não influenciou o teor de enxofre na folha, porque, o feijoeiro já tinha recebido esse nutriente em quantidades adequadas com a adubação de semeadura (superfosfato simples). O aumento das doses de nitrogênio apresentou efeito linear positivo no teor de enxofre na folha (Figura 12) até a dose testada de 200 kg/ha de N, provavelmente a maior disponibilidade de nitrogênio no

solo propiciou maior desenvolvimento radicular e com isto a exploração de um maior volume de solo.

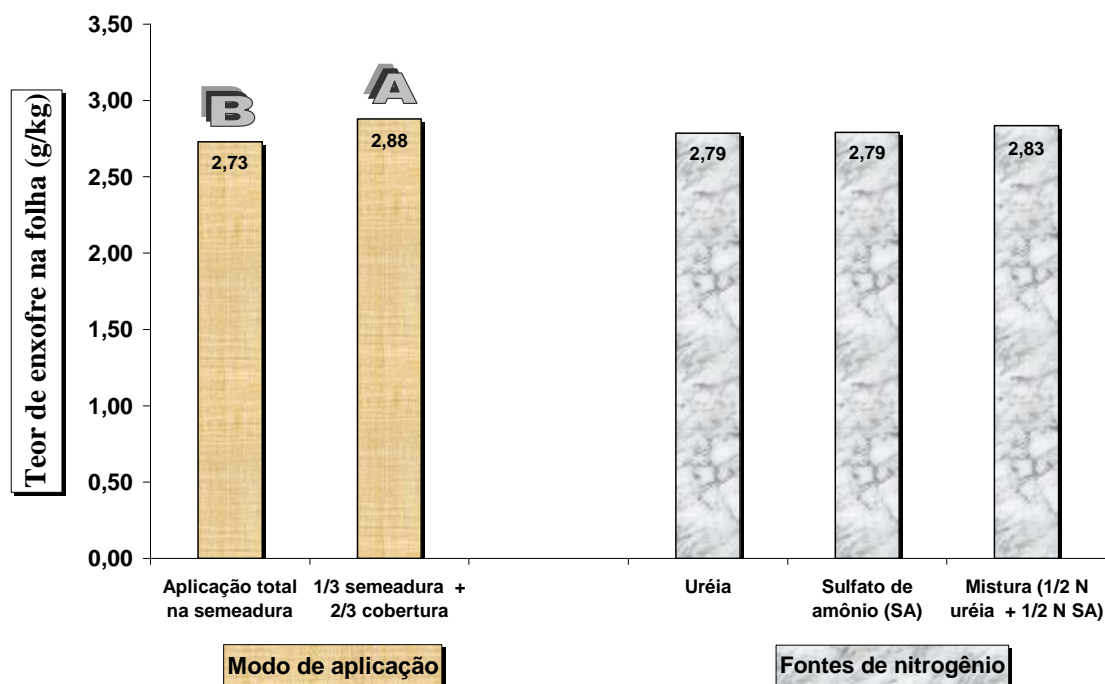


Figura 11. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o teor de enxofre na folha em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005. Letra maiúscula diferentes nas colunas em cada tratamento diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

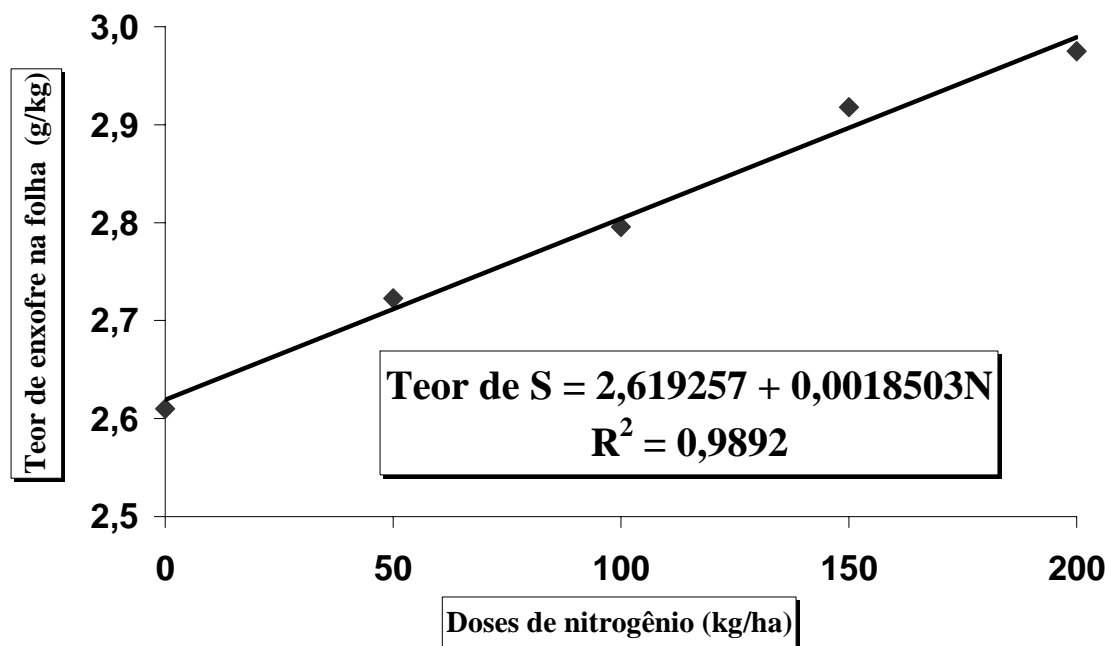


Figura 12. Relação entre doses de nitrogênio e o teor de enxofre na folha em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

O número de vagens por planta não foi influenciado pelos modos e fontes de nitrogênio utilizado (Figura 13), resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2006) utilizando como fonte uréia e ENTEC aplicada em diferentes épocas (semeadura, 20 DAE e 36 DAE).

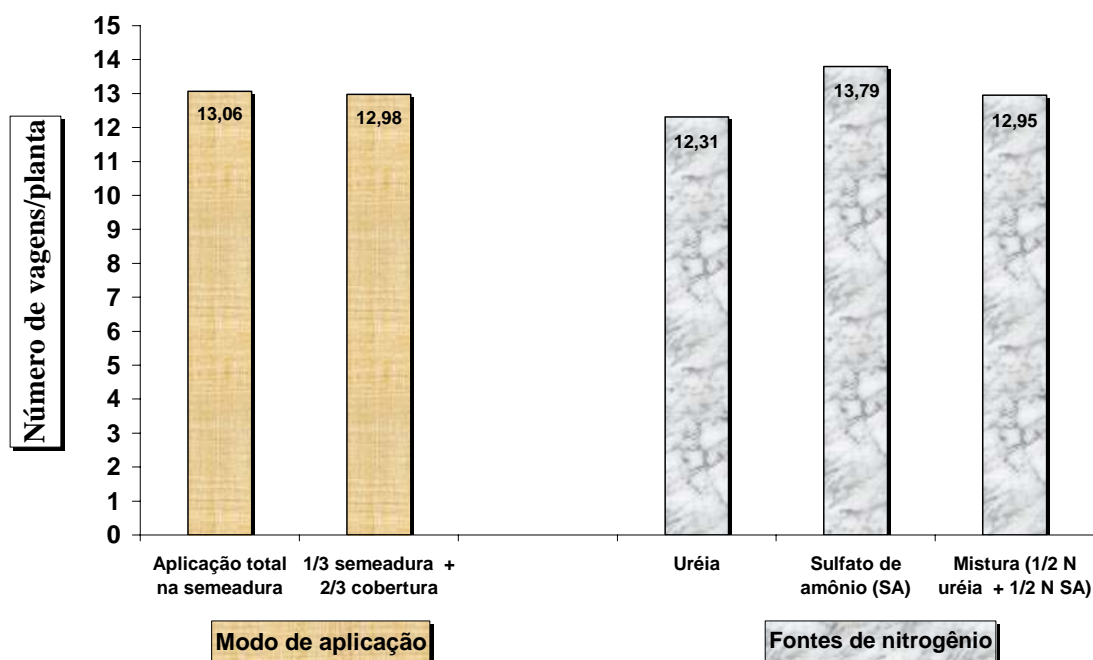


Figura 13. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o número de vagens por planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

Soratto et al. (2003) não verificaram diferença no número de vagens por planta com aplicação de todo o N na semeadura, ou com aplicação de $\frac{1}{2}$ na semeadura + $\frac{1}{2}$ em cobertura, utilizando a dose de 70 kg/ha de nitrogênio. Já Arf et al. (1992) e Carvalho et al. (2001) não verificaram diferenças no número de vagens/planta com a utilização de diferentes fontes de nitrogênio (uréia e sulfato de amônio). Os dados também concordam com os obtidos por Rapassi et al. (2003) e Alvarez et al. (2005) utilizando uréia e nitrato de amônio, e com Binotti et al. (2004) e Binotti et al. (2005b) utilizando uréia, sulfato de amônio e mistura ($\frac{1}{2}$ de N da uréia + $\frac{1}{2}$ de N do sulfato de amônio). Entretanto o aumento da adubação nitrogenada influenciou a produção de vagens por planta, com maiores valores sendo obtidos com a utilização de até 160 kg/ha de nitrogênio (Figura 14). Silveira e Damasceno (1993), Teixeira et al. (2000), Chidi et al. (2002), Silva et al. (2004), Alvarez et al. (2005), Binotti et al. (2005b) e Teixeira et al. (2005) observaram incremento no número de vagens/planta com o incremento da adubação nitrogenada.

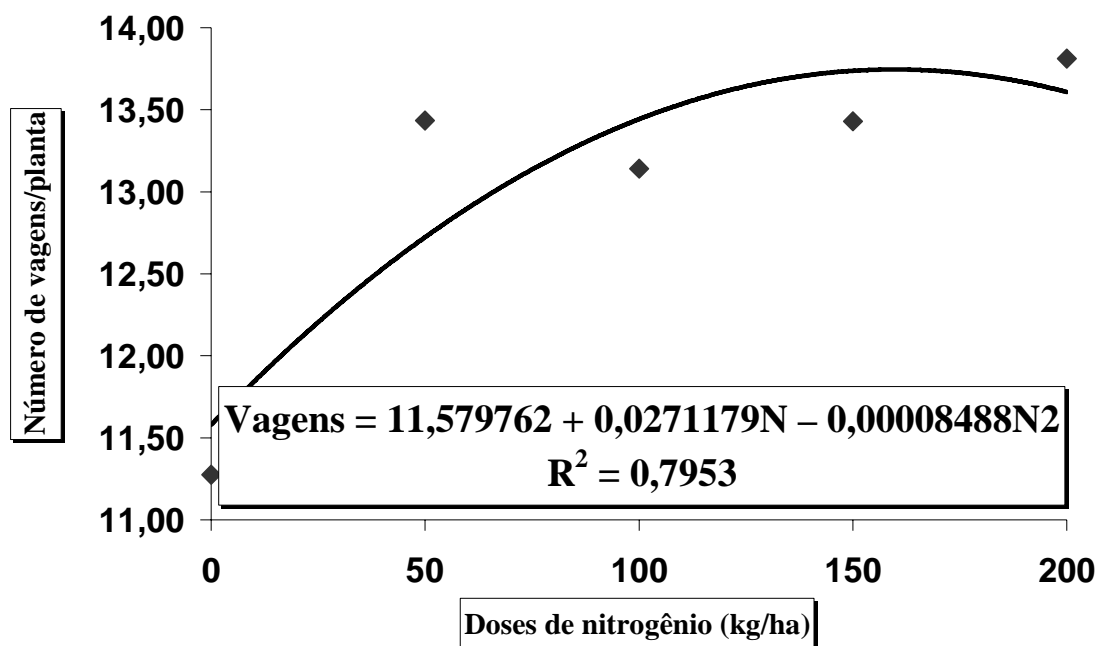


Figura 14. Relação entre doses de nitrogênio e o número de vagens por planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

No Apêndice 4 estão apresentados valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação referentes ao número de grãos por planta, grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijoeiro de inverno irrigado em função dos modos de aplicação, fontes e doses de nitrogênio.

Os resultados referentes ao número de grãos por planta, evidenciam que os modos de aplicação de nitrogênio influenciaram essa característica (Figura 15). Todavia a utilização de sulfato de amônio, como fonte de N, proporcionou maior número de grãos por planta se comparado com a uréia, porém não diferindo da fonte obtida pela mistura desses dois adubos nitrogenados (Figura 15). Já Souza (2006) não verificou efeitos das diferentes fontes (uréia e ENTEC) sobre essa característica. Quanto aos resultados obtidos na avaliação do número de grãos por planta para diferentes doses de nitrogênio, verificou-se que o aumento da dose de N proporcionou incremento no número de grãos por planta até a dose de 148 kg/ha de N (Figura 16). Rapassi et al. (2003), Silva et al. (2004), Alvarez et al. (2005), Teixeira et al. (2005) e Souza (2006) também verificaram aumento no número de grãos/planta com o aumento da adubação nitrogenada.

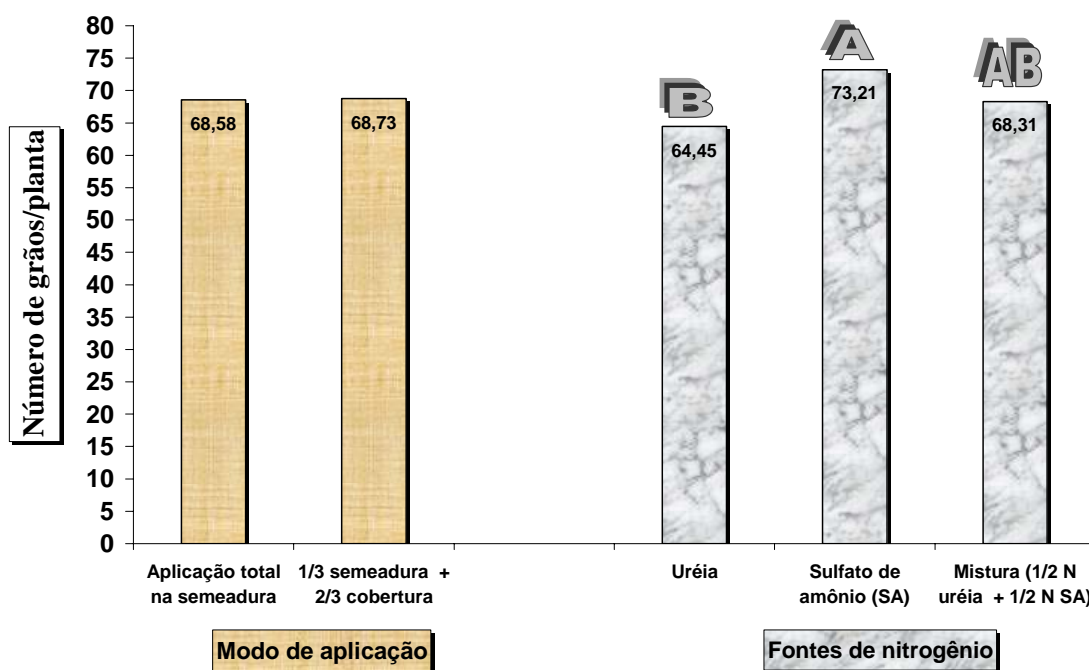


Figura 15. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o número de grãos por planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005. Letra maiúscula diferentes nas colunas em cada tratamento diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

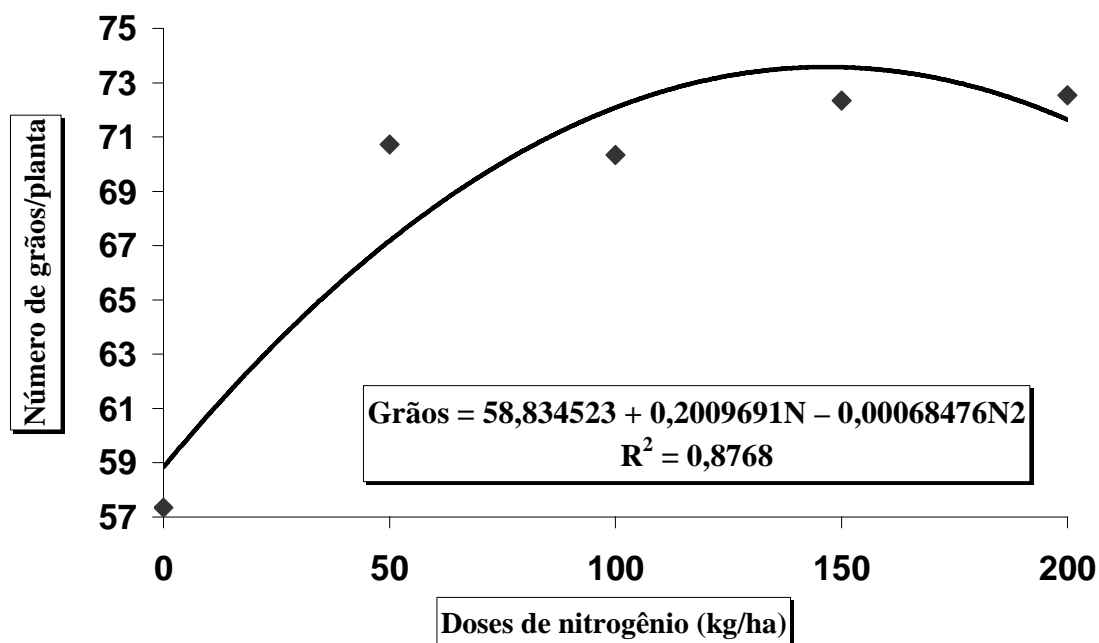


Figura 16. Relação entre doses de nitrogênio e o número de grãos por planta em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

O número de grãos/vagem não sofreu influência de nenhum dos tratamentos utilizados (Figura 17 e 18), talvez porque essa característica seja mais relacionada com

o cultivar utilizado sofrendo pouca influência das práticas culturais utilizadas na cultura, sendo que estes valores normalmente estão por volta de 4 a 5 grãos/vagem.

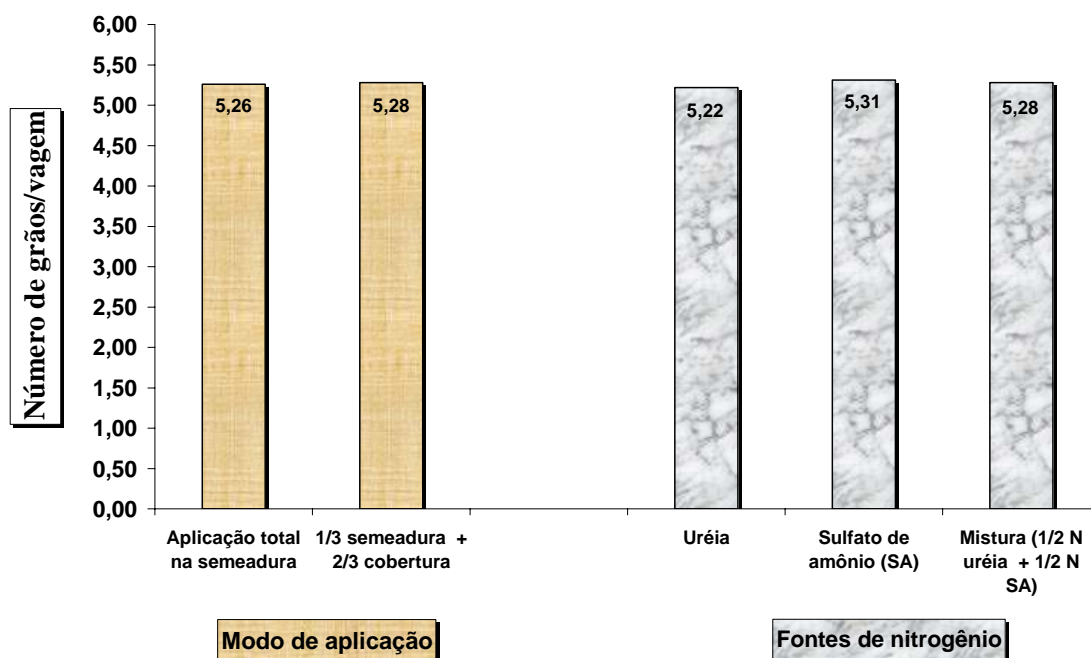


Figura 17. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e o número de grãos por vagem em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

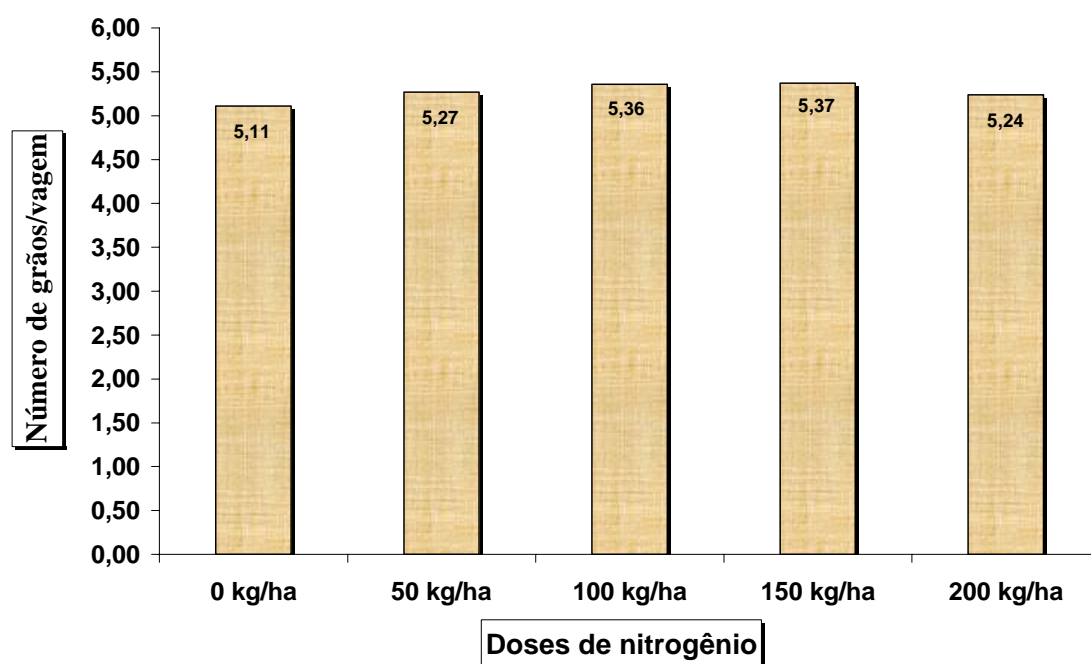


Figura 18. Relação entre doses de nitrogênio e o número de grãos por vagem em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

Soratto et al. (2003) não observaram diferenças no número de grãos/vagem com utilização de diferentes modos de aplicação do nitrogênio (0 + 75; 25 + 50; 50 + 25 e 75 + 0 kg/ha de N, respectivamente, na semeadura e em cobertura). Arf et al. (1992), Rapassi et al. (2003), Binotti et al. (2004), Binotti et al. (2005b), Alvarez et al. (2005) e Souza (2006) também não verificaram efeitos das fontes de N nesse componente de produção do feijoeiro. Rapassi et al. (2003), Chidi et al. (2002), Binotti et al. (2005b), Meira et al. (2005) e Souza (2006) também não observaram efeitos das doses de N sobre esse componente de produtividade.

Os modos e fontes de nitrogênio não influenciaram a massa de 100 grãos do feijão (Figura 19), dados que concordam com os obtidos por Soratto et al. (2003) que verificaram que o parcelamento do N (com aplicação de todo o N na semeadura, ou com aplicação de 1/2 na semeadura + 1/2 em cobertura, utilizando a dose de 70 kg/ha de nitrogênio) não influenciaram essa característica. Resultados semelhantes foram encontrados também por Souza (2006) utilizando como fonte a uréia e ENTEC aplicadas em diferentes épocas (semeadura, 20 DAE e 36 DAE).

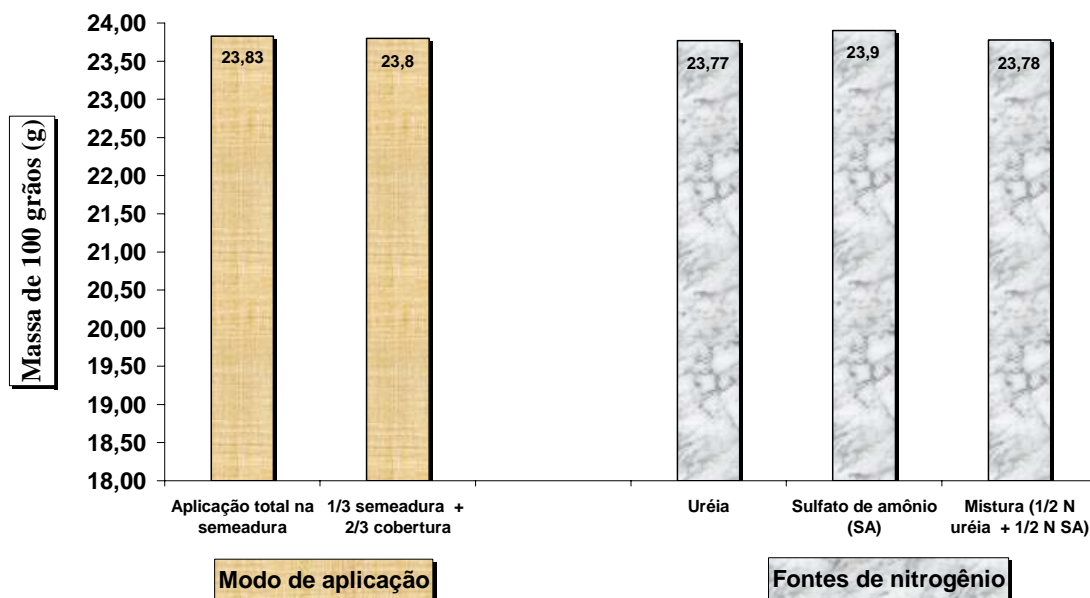


Figura 19. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a massa de 100 grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

A aplicação de doses crescente de nitrogênio propiciou aumento na massa de 100 grãos até a dose de 187 kg/ha (Figura 20). Os resultados encontram respaldo nos obtidos por Arf et al. (1992), Soratto et al. (2000), Teixeira et al. (2000), Chidi et al. (2002),

Rapassi et al. (2003), Silva et al. (2004), Alvarez et al. (2005) e Teixeira et al. (2005) que observaram aumento na massa de 100 grãos com aplicação de nitrogênio.

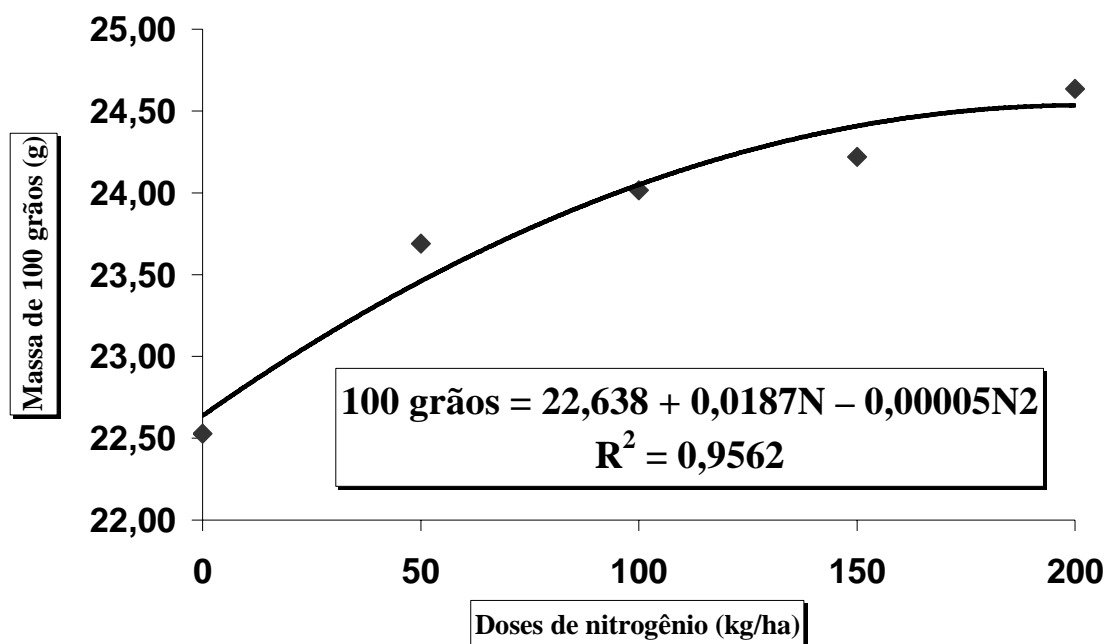


Figura 20. Relação entre doses de nitrogênio e a massa de 100 grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

Verificou-se que o parcelamento da adubação nitrogenada não influenciou a produtividade do feijoeiro (Figura 21), pelo fato do experimento ter sido conduzido com fornecimento de água de maneira controlada, através de sistema de irrigação por aspersão, minimizando as possíveis perdas do N por lixiviação. Soratto et al. (2003) não verificaram diferença na produtividade de grãos com aplicação de todo o N na semeadura, ou com aplicação de 1/2 na semeadura + 1/2 em cobertura, utilizando a dose de 75 kg/ha de nitrogênio. Binotti et al. (2005a) não verificaram diferenças na produtividade com o parcelamento ou não da adubação nitrogenada.

Com relação à produtividade de grãos, é interessante ressaltar que o enxofre contido no sulfato de amônio não influencia na produtividade em relação as diferentes fontes de N utilizadas, porque o feijoeiro já tinha recebido esse nutriente em quantidades adequadas com a adubação de semeadura (superfosfato simples). Como pode ser evidenciado na Figura 11, o teor de enxofre na folha não foi influenciado pela utilização das diferentes fontes N. A produtividade de grãos do feijoeiro foi influenciada pela utilização de diferentes fontes de nitrogênio (Figura 21), sendo que quando se utilizou a uréia obteve-se uma menor produtividade, se comparado quando ao sulfato de

amônio, porém não diferindo da fonte de N proveniente da mistura (1/2 N uréia + 1/2 N SA).

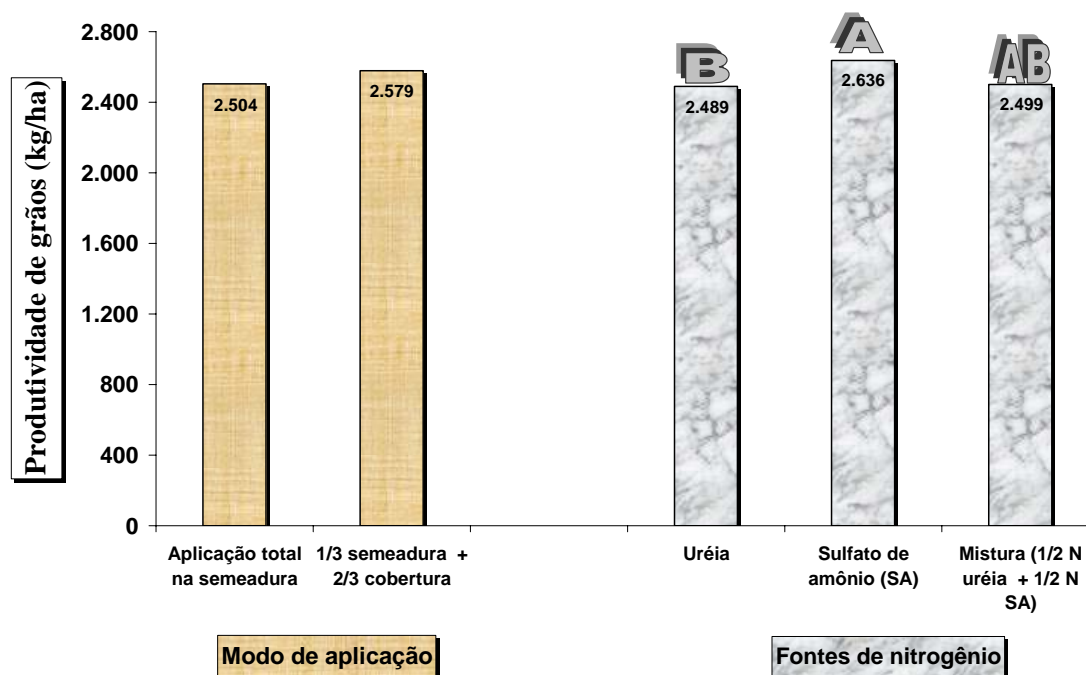


Figura 21. Relação entre modo de aplicação e fonte de nitrogênio, e a produtividade de grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005. Letra maiúscula diferentes nas colunas em cada tratamento diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Talvez essa menor produtividade quando se utilizou a uréia, seja decorrente da volatilização da amônia, devido ao aumento da atividade microbiana favorável no sistema plantio direto com resíduo de arroz que proporciona maior estímulo da atividade da urease, provocando uma rápida decomposição da uréia e maior perda por volatilização, isto se refere à absorção tardia de nitrogênio, já que até a amostragem foliar os teores de N foram semelhantes quando se comparados entre as fontes. A presença de resíduos vegetais pode aumentar a concentração e a atividade da urease (Nelson et al., 1980; Eckert et al., 1986; Mcinnes et al., 1986 e Moal et al., 1995; citados por Da Ros et al., 2005). Também os solos bem intemperizados apresentam maiores perdas de N-NH₃ (Costa et al., 2004). Entretanto, Arf et al. (1992), Barbosa Filho e Silva (2001), Rapassi et al. (2003), Barbosa Filho e Silva (2004) e Alvarez et al. (2005) verificaram que a produtividade do feijoeiro não foi afetada pelas diferentes fontes de nitrogênio utilizadas, e também Binotti et al. (2004 e 2005b) utilizando uréia, sulfato de amônio e mistura (1/2 de N da uréia + 1/2 de N do sulfato de amônio). Já Barbosa Filho et al. (2005a) verificaram diferenças na produtividade do feijoeiro com

aplicação de diferentes fontes no cultivo de 2000, sendo que a uréia proporcionou maior produtividade, entretanto no cultivo de 1999 e 2001, as fontes de N não interferiram no rendimento de grãos. Já Oliveira et al. (2003) verificaram que, num programa de produção de sementes de feijão-vagem, que a fonte de nitrogênio utilizada deve ser o sulfato de amônio. Evidenciando que as informações encontradas na literatura a respeito da fonte a utilizar e a dose dos adubos nitrogenados na cultura do feijoeiro são controversas, generalizadas e muito influenciadas pelo sistema agrícola empregado, necessitando assim de novos estudos para cada sistema de cultivo.

A produtividade de grãos foi influenciada pelo aumento das doses de nitrogênio utilizado, os dados se ajustaram a uma equação quadrática (Figura 22).

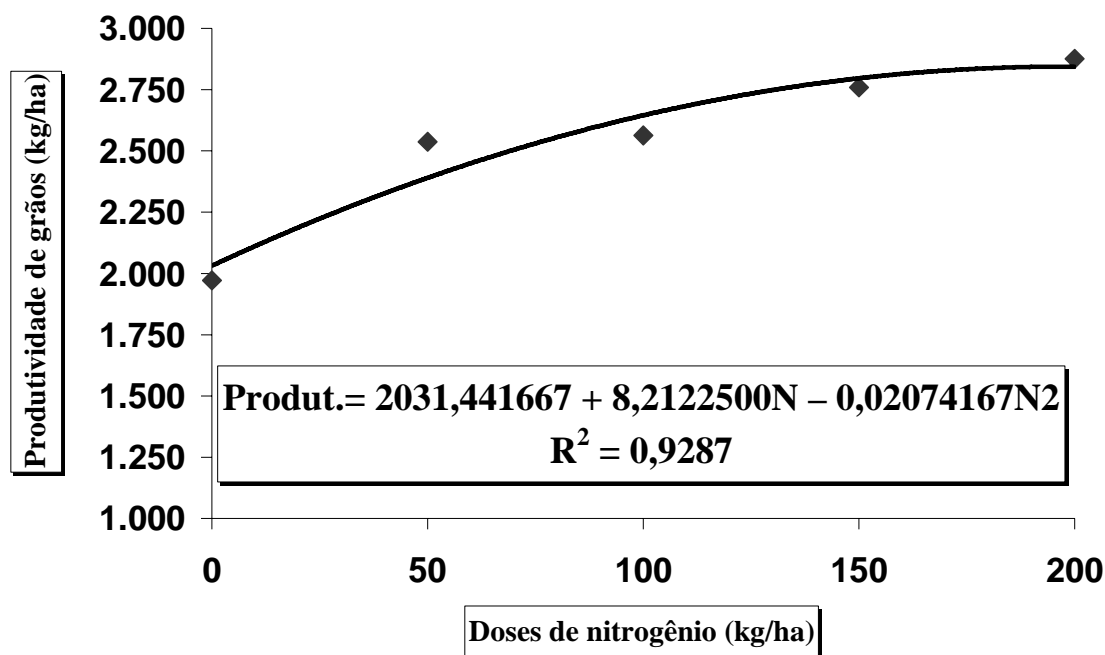


Figura 22. Relação entre doses de nitrogênio e a produtividade de grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

Pode-se observar aumento na produtividade de grãos até a aplicação de 198 kg/ha de N, evidenciando de fato que o feijoeiro responde a altas doses de nitrogênio em sistemas irrigados cultivado sobre gramíneas, entretanto, havendo necessidade de levar em consideração a viabilidade econômica da aplicação de doses elevadas. Dados que vão ao encontro aos obtidos por Stone e Moreira (2001) que verificaram maior produtividade de grãos com aplicação de 14 kg/ha no sulco de semeadura + 137 kg/ha de N em cobertura. Meira et al. (2005) também verificaram incremento na

produtividade do feijoeiro cultivado sobre arroz até a dose 164 kg/ha e Kikuti et al. (2005) observaram maiores produtividades do feijoeiro de inverno com doses de nitrogênio de 170 kg/ha e 144 kg/ha nos anos de 2000 e 2002, respectivamente. Barbosa Filho e Silva (2000) e Souza (2006) também verificaram que o feijoeiro responde à doses elevadas de nitrogênio.

Este aumento na produtividade com o aumento da dose de N pode ser influência direta do aumento do número de vagens e grãos/planta, e massa de 100 grãos pelo incremento da adubação nitrogenada (Figuras 14, 16 e 20), pois esses componentes de produção são considerados os de maior influência no rendimento de grãos do feijoeiro. Essa resposta à doses altas de nitrogênio pode ser decorrente da cobertura utilizada (palhada de arroz), pois de acordo com Silveira et al. (2005) nas palhadas de braquiária, milho em consórcio com braquiária, sorgo, mombaça e estilosantes, a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada é linear até a dose de 120 kg/ha de nitrogênio, porém obedece a uma função quadrática em resposta à adubação nitrogenada nas palhadas do milho e do guandu.

Mesmo a aplicação de doses crescentes de nitrogênio ter propiciado uma menor população de plantas inicial (Figura 5) esta não teve influência na produtividade. Dados vão ou encontro com o obtidos por Binotti (2004), que verificou no primeiro ano de cultivo uma menor população de plantas com aplicação de todo adubo nitrogenado na semeadura, entretanto essa diminuição na população inicial não afetou a produtividade final, visto que o feijoeiro teve maior produção de grãos/planta e vagens/planta compensando assim a diminuição da população inicial de plantas. De acordo com Souza et al. (2002), populações de plantas entre 120 a 300 mil plantas/ha não alteram o rendimento de grãos do feijoeiro. Isto evidencia a existência de uma grande capacidade de compensação dos componentes primários do rendimento do feijoeiro, resultando na prática, na obtenção de produtividades equivalentes com diferentes populações.

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). Segundo Chidi et al. (2002), cultivares e variações de clima também podem influenciar a resposta da cultura à aplicação do nitrogênio. Menos de 50 % do N incorporado no solo na forma orgânica é transformado em N inorgânico, ou seja, é mineralizado, sendo a outra parte encontrada em associação à massa microbiana do solo (Mengel, 1996 citado por Barbosa Filho et al., 2005a).

Diversos autores verificaram que é vantajosa a adubação nitrogenada em relação ao incremento na produtividade (Urban Filho et al., 1980; Buzetti et al., 1992; Ambrosano et al., 1996; Guerra et al., 2000; Silva et al., 2000; Soratto et al., 2000; Teixeira et al., 2000; Barbosa Filho e Silva, 2001; Carvalho et al., 2001; Rodrigues et al., 2002; Carvalho et al., 2003; Silva et al., 2003; Silveira et al., 2003; Valério et al., 2003; Binotti et al. 2004; Pereira et al., 2004; Silva et al., 2004; Alvarez et al., 2005; Binotti et al., 2005a; Binotti et al., 2005b; Fernandes et al., 2005; Meira et al., 2005 e Teixeira et al., 2005). De acordo com Kikuti et al. (2005) tanto no cultivo das águas como no de inverno a adubação nitrogenada é vantajosa no rendimento de grãos.

É interessante ressaltar também que a produtividade do tratamento sem aplicação de nitrogênio foi satisfatória (1.971 kg/ha), pois na mesma área experimental Binotti et al. (2005) observaram que a produtividade média do feijoeiro de inverno em um trabalho com três anos de cultivo foi de 1.163 kg/ha para a testemunha (sem N), entretanto a cultura antecessora foi o milho. Dados que encontram respaldos nos obtidos por Silveira et al. (2001) que verificaram que o feijoeiro produz mais nas rotações com arroz/calopogônio e arroz, e menos nas rotações com milho. Pois segundo Silveira et al. (2005), analisando o comportamento do feijoeiro cultivado em diferentes rotações de culturas, observaram que as menores produtividades foram obtidas nas rotações cuja cultura antecedente era o milho. Essa maior produtividade pode ser decorrência talvez da palhada do arroz utilizada no sistema plantio direto, pois essa cultura proporciona uma palhada mais duradoura na superfície do solo e, através de um sistema radicular mais agressivo, podem explorar amplo perfil do solo, extraíndo e reciclando grandes quantidades de nutrientes, além de melhoria das propriedades do solo. Mostrando assim a vital importância de novos estudos na escolha das plantas de cobertura, através de sua adaptação à região, a produção de fitomassa, as condições do solo, a possibilidade de utilização em cultivo comercial e o potencial dessas plantas em serem hospedeiras de pragas e doenças.

Segundo Moreira et al. (2003), restos da cultura do arroz apresenta alta relação carbono/nitrogênio (C/N) e acumula quantidades consideráveis de silicato nas paredes celulares. Essas duas características conferem à palhada de arroz maior proteção ao ataque dos microrganismos, também ao permanecer por mais tempo no solo, a matéria orgânica da palhada prolonga seus efeitos positivos na estruturação do solo, com vantagens para a cultura subsequente, o feijoeiro de inverno. Dados que vão ao encontro

com os obtidos por Stone et al. (2005) que observaram que o ambiente antecedente procedente de gramínea (braquiária) proporcionou condições físicas e químicas do solo, melhores ao feijoeiro, fato refletido na maior produtividade do mesmo.

Segundo Floss (2000), citado por Silveira et al. (2005), as palhadas de gramíneas também são fornecedoras de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazo, especialmente na camada superficial. São exemplos os aumentos significativos dos teores de P e K nas camadas superficiais do solo no sistema plantio direto. Essa alta produtividade poder ser decorrente também da fixação simbiótica. De acordo com Binotti (2004) o cultivar Pérola utilizado apresenta alta capacidade de nodulação com bactérias nativas fixadoras de nitrogênio. Somado também com o nitrogênio proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo, pois da colheita do arroz até a implantação do feijão passaram-se, por volta de 60 dias, dessa forma é provável que os nutrientes provenientes da palhada já estariam disponíveis para o feijoeiro. De acordo com Silveira et al. (2005) embora grande quantidade de N possa estar contida na parte aérea das culturas denominadas de cobertura do solo, a quantidade real de N aproveitada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da fitomassa e a taxa de demanda da cultura sucessora. Portanto, a estimativa da quantidade de N disponibilizada é fundamental para se determinar a dose de N a ser fornecida via adubação mineral, seguindo os critérios de produtividade, retorno econômico e preservação ambiental. No caso do N, aproximadamente 50 % do total absorvido são exportados para os grãos e, o restante permanece no solo na forma de resíduos vegetais (Barbosa Filho e Silva, 2000).

O fato do feijoeiro de inverno irrigado responder a altas doses de N, conforme demonstrado neste trabalho e em outros realizados e citados anteriormente, reforça a necessidade de novos estudos que levem em consideração os aspectos econômicos da adubação nitrogenada no feijoeiro de inverno irrigado, principalmente, cultivado em sistema plantio direto sobre diferentes culturas antecessoras, pois a resposta é muito variável dependendo da planta antecessora.

No Apêndice 5 estão apresentados o manejo da adubação nitrogenada (fontes, doses e modos de aplicação) e custos com adubação nitrogenada, produtividade de grãos e acréscimo no rendimento devido à adubação nitrogenada, custo da aplicação, acréscimo financeiro devido à adubação nitrogenada. Na Figura 23 a margem bruta de ganho devido à adubação nitrogenada. Nos Apêndices 6, 7 e 8 as margens brutas de

ganho estão agrupados em modos de aplicação, fontes e doses. O intuito é de se discutir os resultados sob enfoque econômico avaliando a viabilidade econômica de cada manejo da adubação nitrogenada utilizada.

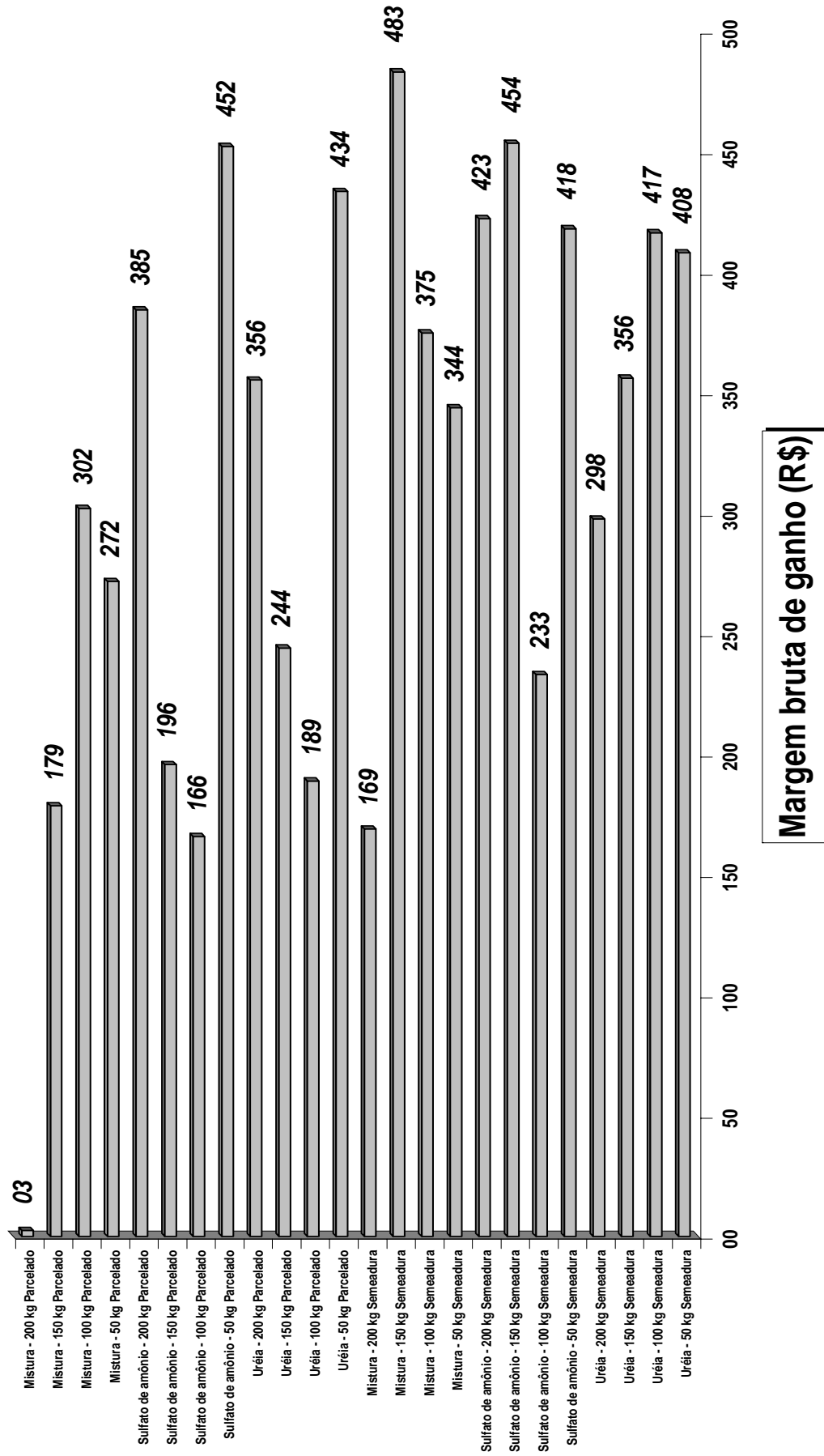


Figura 23. Margem bruta de ganho devido à adubação nitrogenada.

Verificou-se que a maior margem bruta de ganho foi no tratamento utilizando como fonte a mistura ($\frac{1}{2}$ de N da uréia + $\frac{1}{2}$ de N do sulfato de amônio) com aplicação de 150 kg/ha de N em dose única no sulco de semeadura. Esta proporcionou uma margem bruta de ganho de R\$ 483,36/ha, entretanto em determinadas condições essa dose elevada de N na semeadura pode comprometer população do feijoeiro, conforme discutido anteriormente. Outro aspecto relevante diz respeito à dificuldade de aplicação de elevadas doses de N, juntamente com os fertilizantes fosfatados e potássicos no momento da semeadura. A utilização de 150 kg/ha de N utilizando como fonte o sulfato de amônio aplicado em dose única no sulco de semeadura, também proporcionou uma margem bruta de ganho alto de R\$ 453,80/ha. A aplicação de doses baixas de nitrogênio (50 kg/ha) usando a uréia ou SA, independente do modo de aplicação, também mostrou boa viabilidade econômica. Entretanto, é importante salientar que mesmo nos tratamentos que proporcionaram maiores produtividades, sendo estes com aplicação das maiores doses de N proveniente do sulfato de amônio, não foram os que proporcionaram maior margem bruta de ganho, por causa do maior custo do sulfato de amônio em comparação às outras fontes utilizadas. Portanto, do ponto de vista econômico, a dose de N que corresponde à maior produtividade de grãos muitas vezes não corresponde à dose mais rentável e, portanto, não será mais adequada para recomendação ao produtor. Assim é de extrema importância, novos estudos avaliando a viabilidade econômica de doses elevadas de nitrogênio no cultivo do feijoeiro.

Pode se verificar que de modo geral a uréia foi a fonte de nitrogênio que proporcionou maior margem bruta de ganho em quase todos os tratamentos. Dados que encontram respaldo nos obtidos por Barbosa Filho e Silva (2001), que ao estudarem análise econômica quanto à fontes e doses de adubação nitrogenada, aplicados via pivô ou via trator, na cultura do feijão, concluíram que a uréia aplicada superficial e com uso da irrigação foi a opção com maior retorno econômico. Dados concordantes com os obtidos também por Barbosa Filho et al. (2004 e 2005a) que observaram que a uréia é o fertilizante que apresenta a maior vantagem econômica. No apêndice 8 pode-se verificar que a aplicação da maior dose de nitrogênio não foi a que proporcionou as maiores margens brutas de ganho, mas sim a aplicação de doses menores. O parcelamento da adubação nitrogenada não foi economicamente viável. Dados que concordam com os obtidos por Valério et al. (2003) que observaram que é possível a obtenção de produtividades próximas ao máximo utilizando apenas N na semeadura, com redução da

dose total de N aplicada. Essa opção seria a mais econômica, embora em algumas situações de campo encontrem dificuldades para ser adotada. Souza (2006) recomenda para o feijoeiro irrigado em sistema plantio direto, a fonte uréia, por ser mais econômica, aplicado totalmente na semeadura e em doses próximas a de 130 kg/ha.

No Apêndice 9 estão apresentados valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação referentes ao teor de proteína solúvel dos grãos do feijoeiro de inverno irrigado em função dos modos de aplicação, fontes e doses de nitrogênio.

Na Tabela 4 está apresentada a interação significativa entre fontes e modos de aplicação do nitrogênio. Pode-se verificar que quando se aplicou toda a dose de N no sulco de semeadura a fonte proveniente da mistura de dois adubos nitrogenados (uréia + SA) propiciou um maior teor de proteína solúvel total dos grãos se comparado com a uréia, porém não diferindo do sulfato de amônio. Entretanto com a aplicação parcelada do N as fontes de N não influenciaram o teor de proteína dos grãos. Quando se aplicou tanto a uréia como a mistura na dose total do N no sulco de semeadura estas apresentaram maiores valores de proteína solúvel total dos grãos se comparado com a aplicação parcelada do nitrogênio. Já quando se aplicou o sulfato de amônio às épocas de aplicação do nitrogênio não influenciaram essa análise.

Tabela 4. Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente ao teor de proteína dos grãos (%). Selvíria (MS), 2005.

Tratamentos	Modo de aplicação do nitrogênio	
	Aplicação total na semeadura	1/3 semeadura + 2/3 cobertura
Fonte de nitrogênio		
Uréia	16,91 abA	15,77 B
Sulfato de amônia (SA)	16,44 b	16,41
Uréia + SA (Mistura)	17,31 aA	15,96B
DMS	Modo	0,66534
	Fonte	0,55424

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e de mesma letra maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na Figura 24 fica claro a influência das doses de nitrogênio sobre o teor de proteína solúvel total dos grãos produzidos em sistema plantio direto sobre gramínea. Pois o aumento da adubação nitrogenada proporciona também aumento no teor de proteína solúvel dos grãos.

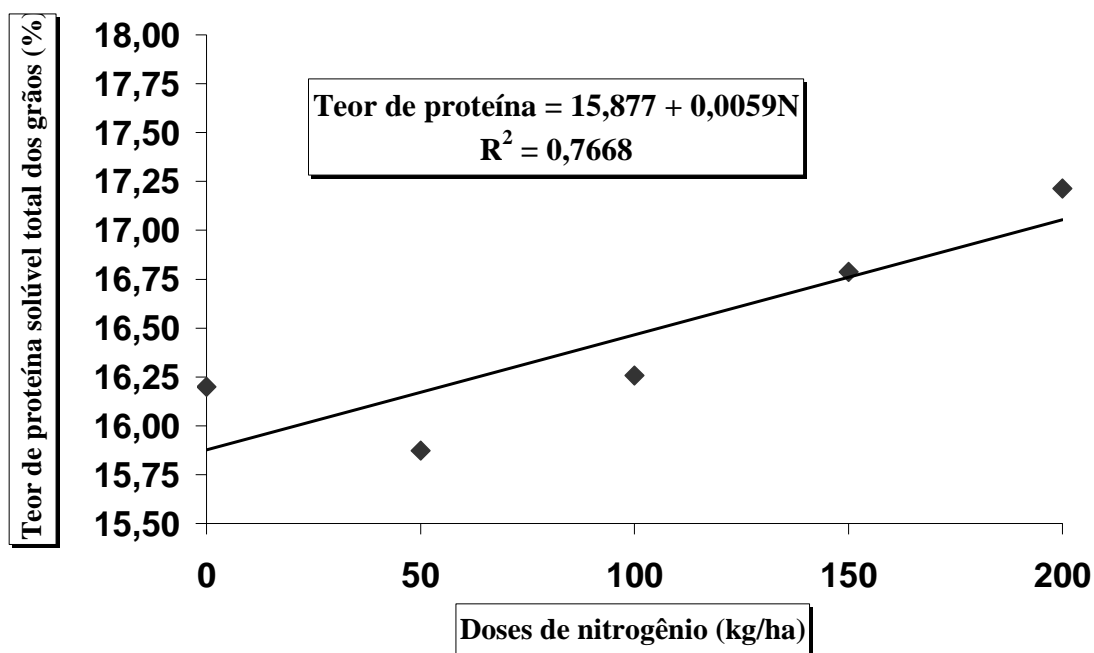


Figura 24. Relação entre doses de nitrogênio e o teor de proteína solúvel dos grãos em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

O teor de proteína solúvel dos grãos produzidos em diferentes manejos do nitrogênio variaram de 15,87 a 17,21 % para o cultivar Pérola utilizado. Gomes Junior (2006) verificou que os valores estiveram na faixa de 14,2 a 16 % de proteína solúvel total entretanto utilizando doses menores de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha) para o cultivar Pérola. Já Gomes Junior et al. (2005a) verificaram que o conteúdo de proteína solúvel total variou de 14,4 a 16,4% com aplicação de 40 kg/ha de N ou 80 kg/ha de N utilizando o cultivar IAC Carioca.

5. Conclusões

O feijoeiro de inverno irrigado não foi influenciado pelo modo de aplicação do nitrogênio, ou seja, aplicação total na semeadura ou 1/3 na semeadura + 2/3 em cobertura;

A fonte de N proveniente do sulfato de amônio proporcionou maiores produtividades de grãos do feijoeiro de inverno se comparado com a uréia, porém não diferindo da mistura ($\frac{1}{2}$ N da uréia + $\frac{1}{2}$ N SA);

O aumento da adubação nitrogenada proporcionou incremento na produtividade do feijoeiro até a dose de 198 kg/ha, sendo que esta proporcionou em média, aumento de 44 % na produtividade comparado com a testemunha (sem N);

A maior margem bruta de ganho foi obtida no tratamento utilizando a mistura como fonte de N ($\frac{1}{2}$ N da uréia + $\frac{1}{2}$ N SA) e com aplicação de 150 kg/ha de N em dose única no sulco de semeadura. Entretanto, de modo geral, a utilização de uréia e o emprego de doses menores de N foram as que proporcionaram as maiores margens brutas de ganho em quase todos os tratamentos;

O parcelamento da adubação nitrogenada não foi economicamente viável;

Houve comportamento diferente entre fontes e modos de aplicação do N no teor de proteína solúvel dos grãos. O aumento da adubação nitrogenada propiciou aumento do teor de proteína dos grãos.

6. Referências

AGROLINK. **Cotação feijão**. Disponível em:< http://www.agrolink.com.br/cotacoes/pg_produto.asp?p1=6705>. Acesso em:20 Jan., 2005.

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, jan/march, 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, 1997, p. 187-203 (Boletim Técnico,100).

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; AMBROSANO, G.M.B.; BULISANI, E.A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; DE SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2-3, p.338-392, Maio/Dez ,1996.

ANTUNES, P.L.; SGARBIERI, V.C. Fatores antinutricionais, toxicidade e valor nutricional do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agros**, v.15, n.1, p.39-62, 1980.

ARF, O. FERNANDES, F.M.; JACOMINO, A.P.; BUZETTI, S. Comparação de fontes e doses de adubos nitrogenados na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivo no sistema de “Plantio direto”. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.1, n.1, p.21-30, 1992.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M.E.; BUZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.233-255.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.2, p. 131-138, fev., 2004.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**. São Paulo: Anda, 2004, 162p.

BARBOSA FILHO, M.P.; COBUCCI, T.; MENDES, P.N. Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais. **Sistemas de Produção**. Embrapa Arroz e Feijão, n.5., ISSN 1679-8869, Versão eletrônica, Dezembro/2005b.

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

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K., SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 69-76, jan/fev., 2005a.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K., SILVA, O.F. Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado submetido a três níveis de acidez do solo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 785-792, jul/ago., 2004.

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

BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, O.F. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com uréia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. **Informações Agronômicas**, n.93, p.1-5, março, 2001.

BIELSKI, R.L.; TURNER, N.A. Separation and estimation of aminoacid in crude plant extracts by thin layer eletrophoreses and chromatography. **Analytical Biochemistry**. 17: p.278-282, 1966.

BINOTTI, F.F.S.; ARF, O; ROMANINI JUNIOR, A.; FERNANDES, F.A.; SÁ, M.E; BUZETTI, S.. Manejo do solo e da adubação nitrogenada no feijoeiro de inverno irrigado In: **Anais...**, CONAFE - VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, Goiânia - GO, 18 a 20 de outubro de 2005. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005a, p. 1022-1025.

BINOTTI, F. F. S. **Preparo do solo, plantio direto e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijão**. 2004. p.1-73. Trabalho de graduação - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

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: **Anais...**, CONAFE, VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, Goiânia, GO, 18 a 20 de outubro de 2005. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2005b, p. 979-982.

BINOTTI, F.F.S.; ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O; COSTA, R.S.S.; SÁ, M.E. Época de aplicação e fontes de nitrogênio em cobertura, na cultura do feijão em sistema plantio direto. In: **FERTBIO 2004**, Lages. Monferrer, Lages, 2004. (CD-ROM).

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.

BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 138p.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p.248-254, 1976.

BRESSANI, R.; ELÍAS, L.G.; Legume foods. In: ALTSCUHI, A.M. (Ed.). **News protein foods**. New York: Academic Press, 1974. p.230-297.

BUZETTI, S. ROMEIRO, P.J.M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; GUERREIRO NETO, G. Efeito da adubação nitrogenada em componentes da produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) cultivado em diferentes densidades. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.1, n.1, p.11-19, 1992.

CALEGARI, A.; HERNANI, L.C.; PITOL, C.; PRIMAVESI, O.; RESK, D.V.S. Manejo do material orgânico. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema plantio direto. O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa – SPI, Dourados: Embrapa – CPAQ, 1998, p.52-57.

CANECHIO FILHO, V. **Cultura do feijão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987. 30p.

CANTARELLA, H.; GALLO, P. B.; BOLONHEZI, D.; QUAGGIO, J. A. Inibidor de urease para produção de milho em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SÓLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS – Fertibio. **Resumos...**, 2004, Lages.

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; TEIXEIRA, J.P.F. Efeito do nitrogênio no teor de proteína e composição em aminoácidos de sementes de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.6, p.795-799, 1981.

CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B.; BASSAN, D.A.Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.617-624, 2001.

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.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 2000, 588p.

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

CHIDI, S.N.; SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.24, n.5, p. 1391-1395, 2002.

CIAT. **Morfología de la planta de frijol comum** (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colômbia, 1981. 50p. (Guia de Estudo).

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, v.26, n.4, p. 467-473, 2004.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja-trigo em sistema de plantio direto**. Botucatu, 2000. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista - Unesp.

COSTA, J.G.C.; VIEIRA, N.R.A. Qualidade, classificação comercial e manejo pós-colheita. In: YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: característica da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000, 75p.

DALASTRA, I. M.; GUIMARÃES, V. F.; LOPES, M. C.; ANDREOTTI, M.; SANTOS, W. J. M. M.; BRACHTVOGEL, E. L.; KOLLING, J. A. Produtividade do feijão das águas em função do modo de aplicação e fontes de adubos nitrogenados em sistema plantio direto. In: **FERTBIO 2004**, Lages. Monferrer, Lages, 2004. (CD-ROM).

DA ROS, C.O.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, jul-ago, 2005.

DELLA FLORA, L. P.; SANTI, A. L.; DUTRA, L. M. C.; JAUER, A.; BONADIMAN, R.; BELLÉ, G. L. Formas e épocas de aplicação do nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro-semeadura convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Solo: alicerce dos sistemas de produção: Agromídia, Viçosa, 2003**. (CD-ROM).

DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do “Campus experimental de Ilha Solteira”**. Piracicaba: Departamento de solos, Geologia e Fertilidade, ESLQ/USP, 1980. p.11-31.

DIDONET, A.D. Fisiologia. In: MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; BIAVA, M. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, p.22-27.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa/CNPAF. Centro Nacional de Pesquisas de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). **Cultivares de feijão recomendados para plantio no ano agrícola 1996/97**. Goiânia, 1997. 24 p. (Informativo Anual das Comissões Técnicas Regionais de Feijão, 4).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa/CNPSo. **Sistema Brasileiro de Classificação dos solos**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPSo, 1999, p.208.

FANCELLI, A. L.; FAVARIN, J. L. Realidade e perspectivas para o sistema de plantio direto no estado de São Paulo. In: FANCELLI, A. L. **Plantio direto**. Piracicaba: FEALQ;ESALQ/USP, 1989. p. 15-34.

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, jan/march, 2005.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.)** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1986. 34p.

GEIL, P.B.; ANDERSON, J.W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, v.13, n.6, p.549-558, 1994.

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, jan/march, 2005b.

GOMES JÚNIOR, F.G.; LIMA, E.R.; FREITAS, A.J.; MATTOS, F.A.; SÁ, M.E.; HAGA, K.I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.27, n.3, p. 455-459, July/Sept., 2005a.

GOMES JÚNIOR, F.G. **Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre diferentes palhadas: produtividade, composição química e qualidade fisiológica das sementes**. 2006. 106f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2006.

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.

HART, S.C.; STARK, J.M.; DAVIDSON, E.A.; FIRESTONE, M.K. Nitrogen mineralization immobilization and nitrification. In: BIGHAM, J.M. (Ed) **Methods of analysis: Part 2 Microbiological and biochemical properties**. Madison: SSSa, 1994. p.985-1017.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutriente e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.23, n.1, p.145-154, 1999.

HOLTZ, G.P.; SÁ, J.C.M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: **CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO EM PLANTIO DIRETO**, 1995, Castro: Fundação ABC - PR, 1995. p.21-36.

HUNGRIA, M. Estudo sobre a associação rizóbio-leguminosa. Coleta de nódulos e isolamento de rizóbio. In HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa, 1994, p.45-61.

IADEROZA, M.; SALES, A. M.; BALDINI, V. L. S.; SARTORI, M. R.; FERREIRA, V. L. P. Polyphenol oxidase activity and alterations in colour and levels of condensend

tannins during storage of new bean (*Phaseolus*) cultivars. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.2, p. 154-164, 1989.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Preços**. Disponível em <<http://www.iaea.sp.gov.br/out/banco/menu.phppreços>>. Acesso em: 20 Jan., 2005.

JACKSON, W.L. **Soil Chemical Analysis**; Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1958.

KELLER, G. D.; MENGEL, D. E. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, p. 1060-1063, 1986.

KIKUTI, H.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R. Nitrogênio e fósforo em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade cultivada BRS MG Talismã. **Acta Scientiarum**. Maringá, v27, n.3, p. 415-422, July/Sept., 2005.

KITUR, B.K. et al. Fate of ¹⁵N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage corn. **Agronomy Journal**, Madison v.76, n.2, p.240-242, 1984.

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, Dourados: Embrapa – CPAQ, 1998, p.136-144.

LARA, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de NNH_3 volatilizado para uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 345-352, 1990.

LEMO, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C.; SILVA, T.R.B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.4, p. 319-326, abr. 2004.

LOPES, S.A.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004, 110 p.

MALAVOLTA, E. Adubos nitrogenados. In: __. **Abc da adubação**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. p.26-39.

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

MALAVOLTA, E. Leguminosas. In: **Manual de Calagem e Adubação das Principais Culturas**. São Paulo: Ceres, 1987. p.112.

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

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**.2.ed. New York: Academic Press, 1995. 887p.

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.

MATTSON, W.J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review of Ecology and systematics**, Palo Alto, v.11, p.119-161, 1980.

MEIRA, F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n.4, p. 383-388, abr., 2005.

MOREIRA, J.A.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, J.G.; STONE, L.F. Sistema Plantio Direto In: MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; BIAVA, M. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2003, p.64-72.

NEHMI, I.M.D.; FERRAZ, J.V.; NEHMI FILHO, V.A.; SILVA, M.L.M. (Coords.) **AGRIANUAL 2006**: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Argos, outubro de 2005. p.308.

OLIVEIRA, A.P.; PEREIRA, E.L.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, E.U.; COSTA, R.F.; LEAL, F.R.F. Produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão-vagem em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.25, n.1, p.49-55, 2003.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996, p.182-184.

PEREIRA, J.C.R.; RODRIGUES, R.A.P.; ERF, O.; ALVAREZ, A.C.C. Influência do manejo do solo, lâminas de água e doses de nitrogênio na produtividade do feijoeiro. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.26, n.1, p. 13-19, 2004.

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

PIRES; A.A.; LEITE, V.T.; ARAUJO, G.A.A. Influência de épocas e partição de Mo via foliar na absorção de Mo e N pelo feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa-MG. **Resumos expandidos...** Viçosa: UFV, 2002. p.677-680.

PULZ, A. L.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; LEMOS, L. B. Fontes e níveis de nitrogênio para o feijoeiro em sistema plantio direto. In: **FERTBIO 2004**, Lages. Monferrer, Lages, 2004. (CD-ROM).

RADER, L.F., JR.; WHITE, L.M.; WHITTAKER, C.W. The salt index: a measure of the effect of fertilizers on the concentration of the soil solution. **Soil Science**, v.55, p. 201–218. 1943.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potapós, 1991, 343p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, n. 81, 1983, p.1-31.

RAPASSI, R.M.A. **Análise técnica e econômica da produção de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função do manejo do solo, níveis de nitrogênio e molibdênio**. 2003. 54p. Dissertação Mestrado - UNESP/Campus de Ilha Solteira. Ilha Solteira.

RAPASSI, R.M.A.; TARSITANO, M.A.A.; SÁ, M.E.; PROENÇA, E. R. Análise econômica da cultura do feijoeiro considerando as formas e épocas de aplicação de nitrogênio e/ou molibdênio. CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 4, 2001, Goiânia. **Resumos...** Goiânia, 2001, p.50

RAPASSI, R.M.A.; VALÉRIO FILHO, W.V.; SÁ, A.A.B.; SÁ, M.E.; CARVALHO, M.A.C.; BUZETTI,S.; ARF, O. Níveis e fontes de nitrogênio sobre o feijoeiro de inverno. **Cultura Agrônoma**, Ilha Solteira, v.12, n.1, p.103-115, 2003.

RODRIGUES, J.R.M.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; REZENDE, P.M. População de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1218-1227, 2002.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de 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 do Informações agrônômicas:POTAFOS**, Piracicaba, n.68, dezembro1994, p.1-4.

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

ROSTON, A.J. **Feijão**. Campinas: CATI, 1990.18p. (Boletim Técnico).

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema plantio direto. O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa – SPI, Dourados: Embrapa – CPAQ, 1998, 248p.

SANTI, A. L.; DUTRA, L. M. C.; JAUER, A.; BONADIMAN, R.; BELLÉ. G. L.; DELLA FLORA, L. P. Parcelamento e épocas de aplicação do nitrogênio no feijoeiro cultivado em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Solo**: alicerce dos sistemas de produção: Agromídia, Viçosa, 2003. (CD-ROM).

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p. (mimeogr.).

SERRANA. Manejo do nitrogênio em alguns sistemas de produção. **Boletim Técnico Fertilizantes**, junho/2000. Disponível em <www.serrana.com.br>. Acesso em: 20 Jan., 2005.

SILVA, E.C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (¹⁵N) da uréia, do milho e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado**. 2005. 111f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, M.G.; ARF, O.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI, S. Manejo do solo e adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, maio/jun., v.61, n.3, p.307-312, 2004.

SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SORATTO, R.P. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.25, n.1, p. 81-87, 2003.

SILVA, T.R.B. SORATTO, R.P.; CHIDI, S.N.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.9, n.1, p.1-17, 2000.

SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A.D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.9, p. 1083-1087, set., 2003.

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, n.4, p. 377-381, abr., 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.

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

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: Ministério da Educação, ABEAS; Lavras: ESAL, FAEPE, 1988.

SORATTO, R.P.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI, S.; SILVA, T.R.B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum**, Maringá, v25, n.1, p. 89-96, 2003.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p.211-218, 2005.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; CHIDI, S.N.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Feijoeiro irrigado e a aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.9, n.1, p.115-132, 2000.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; MUNIZ, J.A.; REIS, R.P. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, jan/fev., 2002.

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.

STONE, L.F.; COBUCCI, T.; WRUCK, F.J. Efeito do ambiente antecessor em alguns atributos do solo e na produtividade do feijoeiro. **Anais.../CONAFE**, VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, Goiânia, GO, 18 a 20 de outubro de 2005. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2005, p.800-803.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.3, p. 473-481, mar., 2001.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; FURTINI NETO, A.E.; MARQUES, E.L.S. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.27, n.3, p. 499-505, july/sept., 2005.

TEIXEIRA, I.R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; CORRÊA, J.B.D. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 399-408, 2000.

URBEN FILHO, G.; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C.; FONTES, L.A.N.; THIÉBAUT, J.T.L. Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 151, p.302-312, 1980.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F.; REZENDE, P.M. Resposta do feijoeiro comum a doses de nitrogênio no plantio e em cobertura. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, Edição Especial, p. 1560-1568, dez., 2003.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em sistemas de manejo do solo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.411-417, 1998.

VICTÓRIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p. 105-119.

VIEIRA, E.H.N. Produção e tecnologia. In: ZIMMERMANN, M. J. O., ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e de Fosfato, 1988. 589 p.

WERLE, T.; NAVA, I. A.; ANDREOTTI, M.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V. F. Fontes e formas de adubação nitrogenada em cobertura sobre a produtividade do feijão das águas (*Phaseolus vulgaris* L.). In: **FERTBIO 2004**, Lages. Monferrer, Lages, 2004. (CD-ROM).

WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. **I Curso de adubação verde no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993, 89p.

ZIMMERMANN, M. J. O.; TEIXEIRA, M.G. Origem e evolução. In: ARAUJO, 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. **Sistema de Análise Estatística para microcomputadores - SANEST**. Pelotas: UFPel, Instituto de Física e matemática, 1986. 150p.

Aspecto geral do experimento



Foto 1. Aspecto geral das plantas na fase V₂ (Folhas primárias expandidas) no dia de coleta dos dados de população inicial de plantas.

Fase de desenvolvimento V3



Foto 2. Aspecto geral das plantas na fase V₃ (1^o a 2^o folha trifoliolada expandidas).

Fase de desenvolvimento V4-4



Foto 3. Aspecto geral das plantas na fase V₄₋₄ (4ª folha trifoliolada expandidas) no dia da realização da adubação de cobertura nos tratamentos com parcelamento do nitrogênio.



Foto 4. Aspecto geral das plantas na fase R₆ (Abertura da primeira flor) no dia da realização da coleta para análise da massa seca de planta, teor de nitrogênio e enxofre na folha.

Fase de desenvolvimento R9



Foto 5. Aspecto geral das plantas na fase R₉ (Maturidade fisiológica) no dia da realização da colheita e da coleta das 10 plantas para realização dos componentes de produção.

Aspecto de vagens e grãos

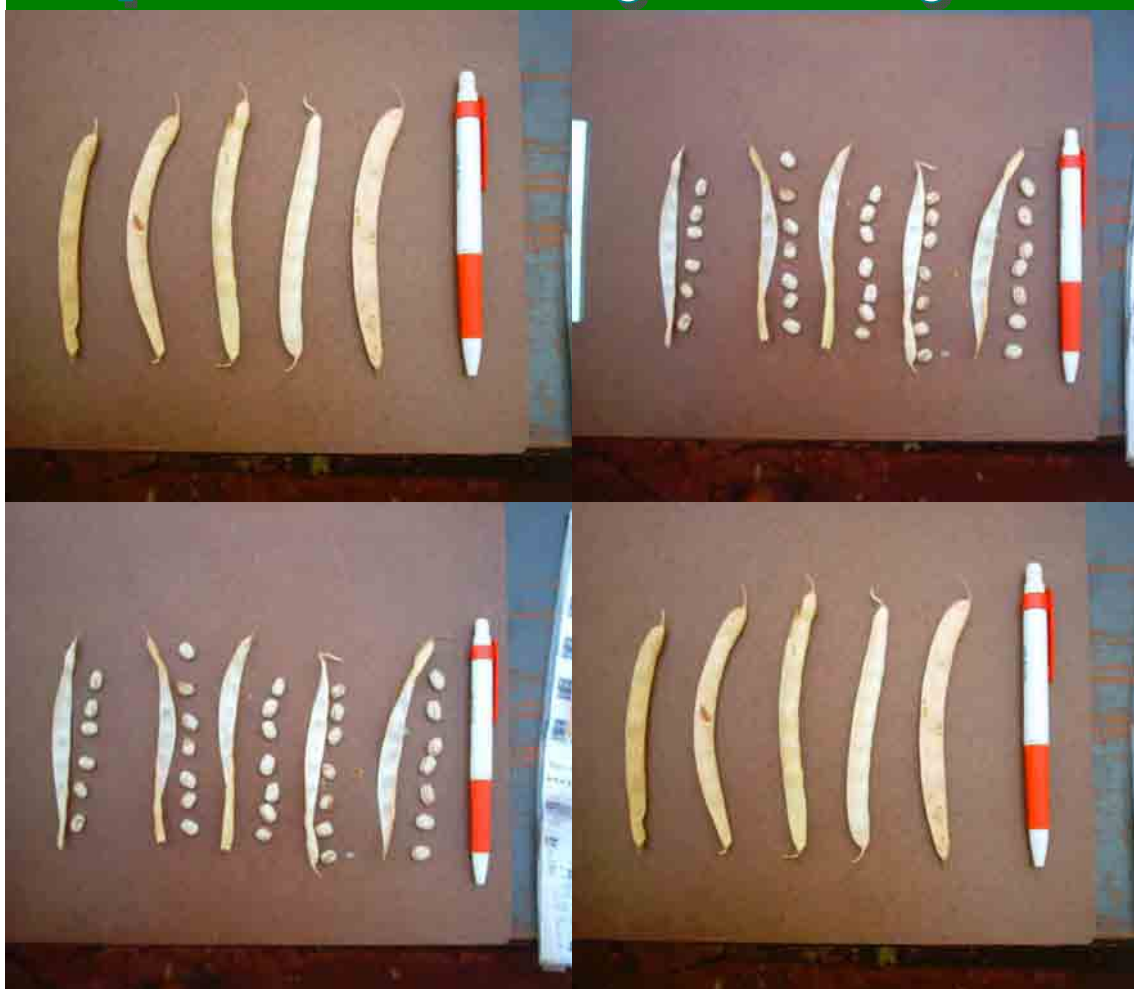


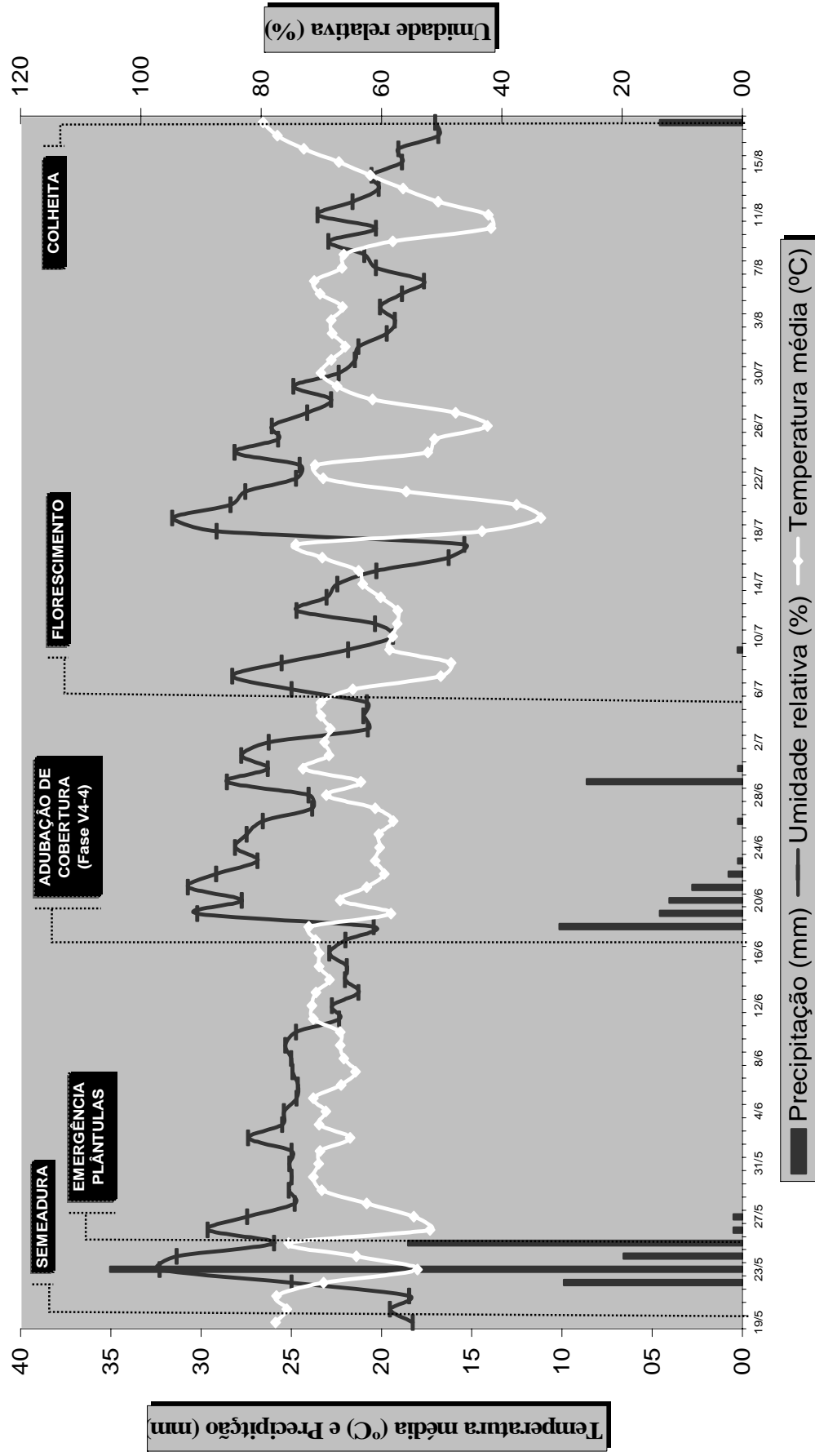
Foto 6. Aspecto geral de vagens e grãos de feijão do experimento.

Sistema de Irrigação



Foto 7. Aspecto do sistema de irrigação tipo pivô central utilizado no experimento.

APÊNDICE



Apêndice 1. Precipitação (mm), umidade relativa média (%) e temperatura média (°C), durante a condução do experimento, Selvíria (MS), 2005.

Apêndice 2. Valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação da população inicial e final de plantas, e massa seca de planta em função do modo de aplicação, fonte e dose do nitrogênio em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

	Tratamentos	População de Plantas (plantas/ha)		Massa Seca (g/planta)
		Inicial	Final	
Teste F	Modo de aplicação (M)	2,9903 ^{N.S.}	0,3232 ^{N.S.}	1,6269 ^{N.S.}
	Fonte de Nitrogênio (F)	0,0194 ^{N.S.}	0,9644 ^{N.S.}	0,8353 ^{N.S.}
	Dose nitrogênio (D)	2,2392 ^{N.S.}	5,0756 ^{**}	6,8694 ^{**}
	Modo de aplicação x F	0,4587 ^{N.S.}	2,2303 ^{N.S.}	3,1290 ^{N.S.}
	Modo de aplicação x D	0,6794 ^{N.S.}	0,1450 ^{N.S.}	1,2132 ^{N.S.}
	Fonte de Nitrogênio x D	0,5078 ^{N.S.}	0,3631 ^{N.S.}	0,9047 ^{N.S.}
	Modo de aplicação x F x D	0,4878 ^{N.S.}	0,7664 ^{N.S.}	1,5223 ^{N.S.}
			---	--
DMS	Modo de aplicação (M)			
	Fonte de Nitrogênio (F)			
F	Regressão Linear	5,47613 [*]	15,17718 ^{**}	16,90992 ^{**}
	Regressão Quadrática	2,94614 ^{N.S.}	2,75031 ^{N.S.}	5,00181 [*]
	CV (%)	9,90	10,30	25,29

N.S. não significativo; ^{**} significativo a 1% de probabilidade; ^{*} significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice 3. Valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação do teor de nitrogênio e enxofre na folha, e número de vagens por planta em função do modo de aplicação, fonte e dose do nitrogênio em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

Tratamentos	Teor na folha (g/kg)		Número de vagens/planta	
	Nitrogênio	Enxofre		
Teste F	Modo de aplicação (M)	7,3252**	14,5216**	0,0253 N.S.
	Fonte de Nitrogênio (F)	2,9801 N.S.	0,6218 N.S.	2,6881 N.S.
	Dose nitrogênio (D)	44,2987**	11,0780**	2,9287*
	Modo de aplicação x F	13,4156 N.S.	2,0668 N.S.	0,6894 N.S.
	Modo de aplicação x D	1,5996 N.S.	2,0668 N.S.	0,5729 N.S.
	Fonte de Nitrogênio x D	1,1805 N.S.	0,9166 N.S.	0,7368 N.S.
	Modo de aplicação x F x D	2,5823 N.S.	1,3773 N.S.	1,0130 N.S.
	Modo de aplicação (M)	0,80651	0,07852	---
DMS	Fonte de Nitrogênio (F)	---	---	---
	Regressão Linear	0,00001**	43,83677**	7,48169 N.S.
F	Regressão Quadrática	0,04321*	0,13604 N.S.	1,83430**
	CV (%)	4,90	7,72	22,061

N.S. não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice 4. Valores médios de F, níveis de significância e coeficiente de variação do número de grãos por planta e vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos em função do modo de aplicação, fonte e dose do nitrogênio em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

Tratamentos	Número de grãos		Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos (Kg/ha)
	Planta	Vagem		
Modo de aplicação (M)	0,0025 N.S.	0,1051 N.S.	0,0319 N.S.	10,533 N.S.
Fonte de Nitrogênio (F)	3,0758*	0,4192 N.S.	0,3330 N.S.	3,7814*
Dose nitrogênio (D)	3,9167**	1,2753 N.S.	25,0198**	40,6146**
Modo de aplicação x F	0,5770 N.S.	0,0270 N.S.	0,0482 N.S.	0,1856 N.S.
Modo de aplicação x D	0,5689 N.S.	0,1382 N.S.	1,2526 N.S.	0,4526 N.S.
Fonte de Nitrogênio x D	0,4561 N.S.	0,6249 N.S.	0,6185 N.S.	1,2333 N.S.
Modo de aplicação x F x D	0,7190 N.S.	0,3726 N.S.	1,1742 N.S.	0,2219 N.S.
DMS	---	---	---	---
Fonte de Nitrogênio (F)	8,44	---	---	142,77
Regressão Linear	9,8086**	1,5318 N.S.	88,33553**	138,26801**
Regressão Quadrática	3,9280*	3,4827 N.S.	7,35986**	12,60630**
CV (%)	23,06	8,71	3,28	10,53

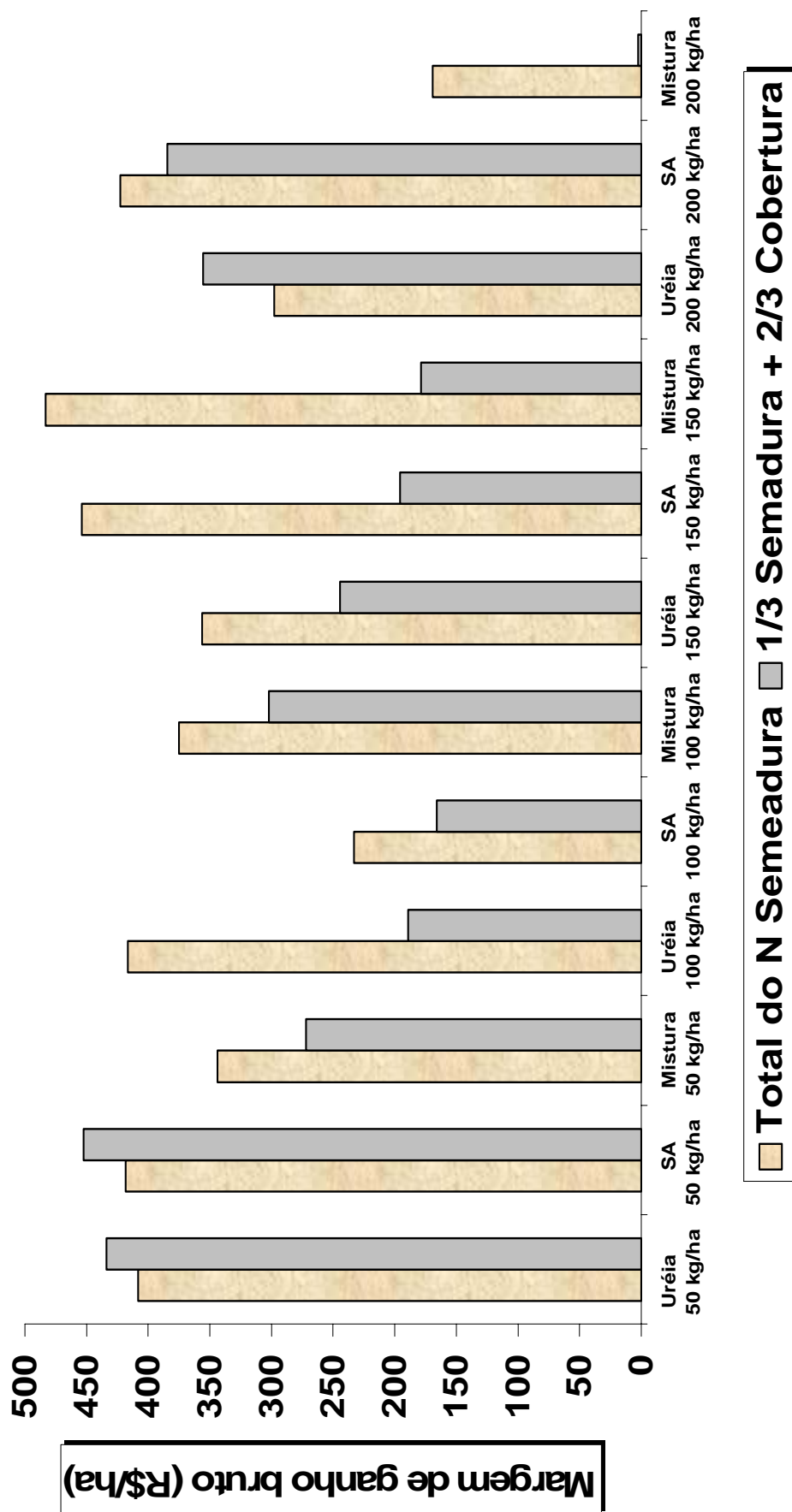
N.S. não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice 5. Manejo da adubação nitrogenada (fontes, doses e modos de aplicação), acréscimo na produtividade de grãos e financeiro devido a adubação nitrogenada e, custo com a adubação.

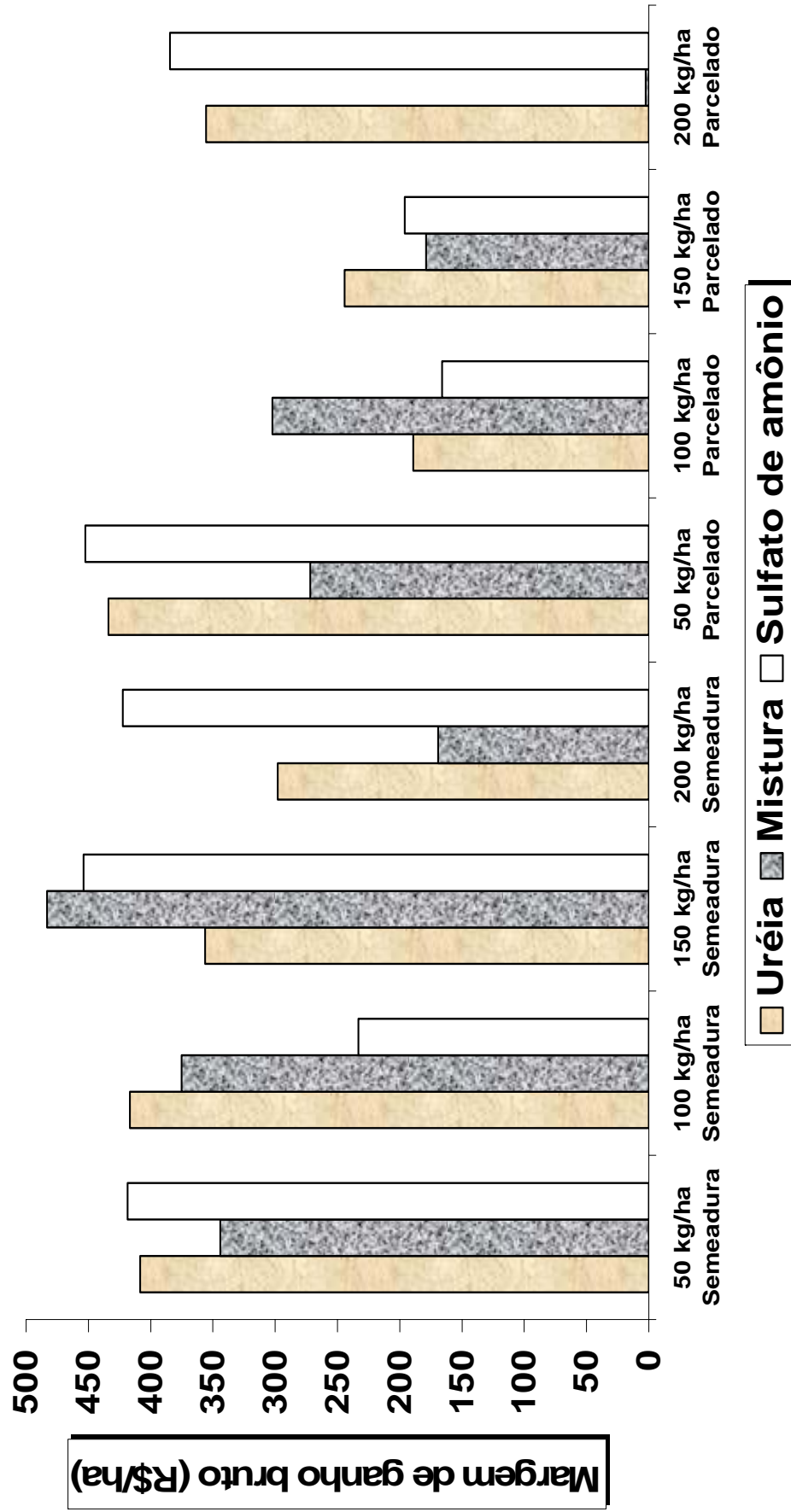
Tratamentos			Produtividade de grãos (kg/ha)	Acréscimo		² Custo com adubação nitrogenada (R\$)	
				Produtividade	¹ Valor de produção		
Fontes	Doses (kg/ha)	Modos aplicação		(kg/ha)	(R\$)		
Uréia	50	100 % Semeadura	2479	508	548,78	140,50	
Uréia	100		2617	646	697,61	281,00	
Uréia	150		2691	720	777,80	421,50	
Uréia	200		2767	796	859,82	562,00	
SA	50		2550	579	625,32	207,00	
SA	100		2570	599	647,26	414,00	
SA	150		2966	995	1074,80	621,00	
SA	200		3129	1158	1250,51	828,00	
Mistura	50		2452	481	519,01	175,00	
Mistura	100		2642	671	725,02	350,00	
Mistura	150		2905	934	1008,34	525,00	
Mistura	200		2776	805	869,13	700,00	
Uréia	50		1/3 Semeadura + 2/3 Cobertura V ₄₄	2521	550	594,27	160,50
Uréia	100			2425	454	490,12	301,00
Uréia	150	2606		635	685,73	441,50	
Uréia	200	2839		868	937,51	582,00	
SA	50	2600		629	679,46	227,00	
SA	100	2527		556	600,01	434,00	
SA	150	2746		775	836,87	641,00	
SA	200	3112		1141	1232,62	848,00	
Mistura	50	2403		432	466,90	195,00	
Mistura	100	2593		622	672,23	370,00	
Mistura	150	2641		670	723,80	545,00	
Mistura	200	2640		669	722,52	720,00	
Testemunha (sem N)				1971	--	--	--

¹Baseado no preço médio do feijão pago em Campo Grande (MS), carioquinha em agosto de 2005, R\$ 65,00 por saca de 60kg (Agrolink, 2005). ²Preço do adubo (uréia = R\$ 2,81; sulfato de amônio = R\$ 4,14 e mistura = R\$ 3,78 por kg de nitrogênio, IEA, 2005), e da aplicação de cobertura quando houver (R\$ 20,00 hectare, IEA, 2005).

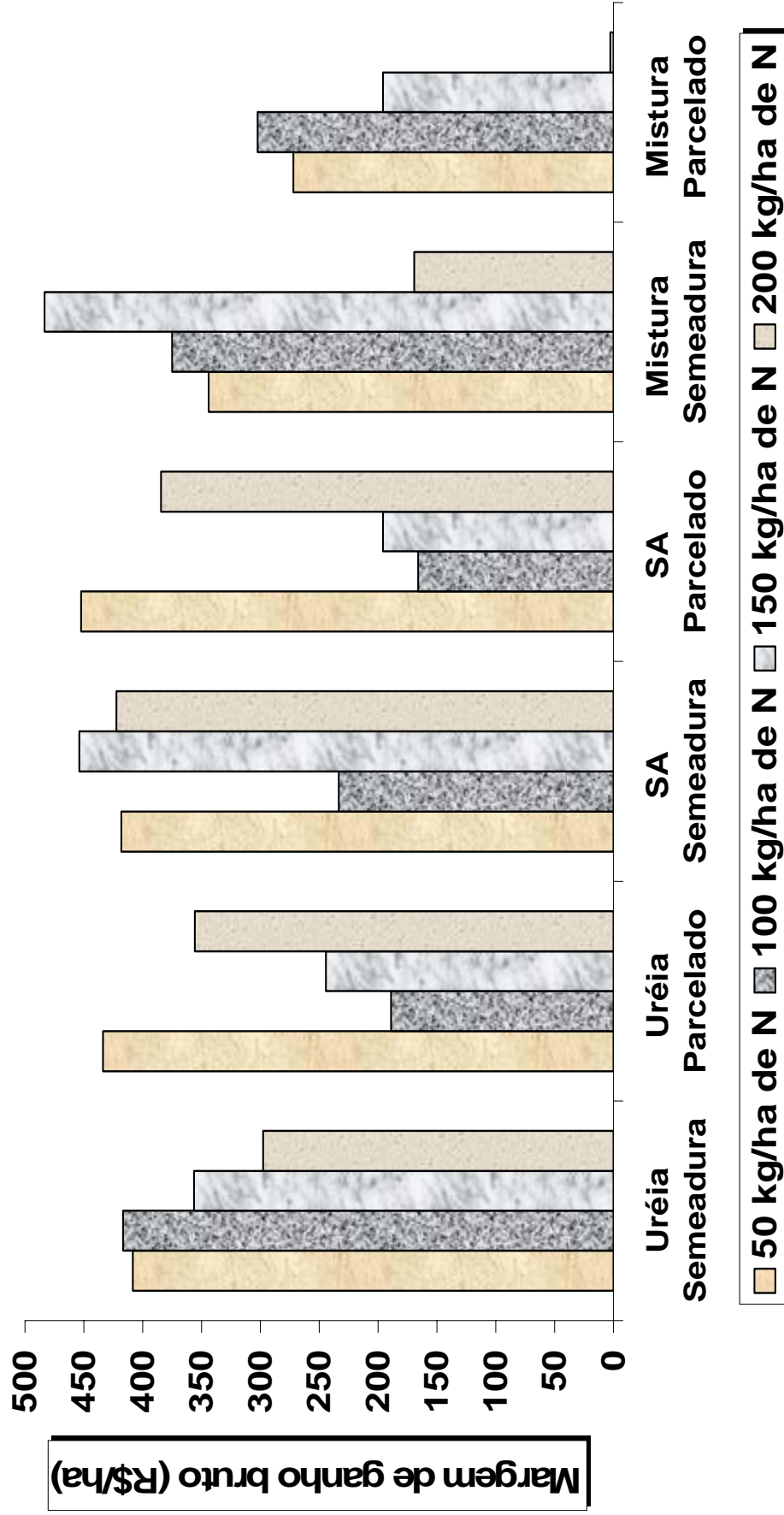
Apêndice 6. Margem bruta de ganho devido a adubação nitrogenada agrupada em modos de aplicação do nitrogênio.



Apêndice 7. Margem bruta de ganho devido a adubação nitrogenada agrupada em fontes de nitrogênio.



Apêndice 8. Margem bruta de ganho devido a adubação nitrogenada agrupada em doses de nitrogênio.



Apêndice 9. Valores médios de F, níveis de significância e coeficiente do teor de proteína solúvel total dos grãos em função do modo de aplicação, fonte e dose do nitrogênio em feijoeiro de inverno irrigado. Selvíria (MS), 2005.

Tratamentos		Teor de proteína solúvel total dos grãos (%)
Teste F	Modo de aplicação (M)	26,9324 ^{**}
	Fonte de Nitrogênio (F)	1,2037 ^{N.S.}
	Dose nitrogênio (D)	8,7237 ^{**}
	Modo de aplicação x F	6,4635 ^{**}
	Modo de aplicação x D	26,7922 ^{N.S.}
	Fonte de Nitrogênio x D	20,1321 ^{N.S.}
	Modo de aplicação x F x D	7,3393 ^{N.S.}
DMS	Modo de aplicação (M)	0,31999
	Fonte de Nitrogênio (F)	---
F	Regressão Linear	26,75586 ^{**}
	Regressão Quadrática	6,04295 ^{**}
CV (%)		5,36

N.S. não significativo; ^{**} significativo a 1% de probabilidade.