

Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre gramíneas

Francisco Guilhien Gomes Junior^{1*}, Marco Eustáquio de Sá² e Walter Veriano Valério Filho³

¹Departamento de Produção Vegetal, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Av. Pádua Dias, 11, Cx. Postal 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Matemática, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: fggjunio@esalq.usp.br

RESUMO. O adequado suprimento de N é primordial para se obter alta produtividade de sementes de feijão, entretanto, as respostas a esse nutriente, em sistema de plantio direto, podem variar em função da espécie e quantidade de palha. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta do feijoeiro à aplicação de N, em sistema de plantio direto, sobre palhada de milho, milheto e braquiária. Foram realizados três experimentos, um para cada espécie de gramínea. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados disposto em esquema fatorial 5x2x2, correspondente a cinco doses de N (0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹) aplicadas em duas épocas da fase vegetativa (3^a e 6^a folha trifoliolada) e duas cultivares (IPR Juriti e Pérola), com quatro repetições. A cultivar IPR Juriti produziu maior número de vagens por planta e apresentou menor massa de 100 sementes em relação à cultivar Pérola. Não houve diferença na produtividade do feijoeiro quando a aplicação do N em cobertura foi realizada no estádio de três ou seis folhas trifolioladas. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a produtividade de sementes de feijão aumenta linearmente com as doses de N em sistema de plantio direto sobre palhada de milho.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., palhada, adubação nitrogenada, fenologia, rendimento de sementes.

ABSTRACT. Nitrogen in common bean in no-tillage system over gramineae. An adequate supply of nitrogen is essential for high yield of common bean seeds; however, the responses to this nutrient in no-tillage systems can vary in function of the species and the amount of straw present. The aim of this research was to evaluate response of the common bean to N in no-tillage systems over maize, millet and *Brachiaria brizantha* crop residues. Three experiments were conducted, one for each gramineous species. The experimental design was a randomized block in a 5x2x2 factorial scheme, with five N doses (0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹), in two distinct stadia during the vegetative development (3rd and 6th trifoliolate leaf) and two common bean cultivars (*IPR Juriti* and *Pérola*), with four replications. The *IPR Juriti* produced a greater number of pods per plant and showed lower mass per 100 seeds than *Pérola*. It did not show variation in bean yield when the sidedressing N application was carried out in the 3rd or 6th trifoliolate leaf stadia. Based on the obtained results, one concludes that the seed productivity of common beans increases linearly with N doses in a no-tillage system over maize residues.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., mulching, nitrogen fertilizer, phenology, seed yield.

Introdução

O feijoeiro destaca-se entre as principais culturas anuais em adaptação ao sistema plantio direto e tem sido a mais importante, em área cultivada, nos sistemas irrigados por aspersão, no período de entressafra, com semeadura em maio a junho (Kluthcouski e Stone, 2003).

A deficiência nutricional, principalmente de N, é um dos principais fatores que limita a produtividade

do feijoeiro. Esse nutriente é de crucial importância na nutrição da cultura, e sua adição deve ser feita na semeadura e em cobertura (Sá *et al.*, 1982). Para cada quilo de N aplicado, Barbosa Filho e Silva (1994) verificaram um retorno de 20,8 kg de feijão. De acordo com Moraes (1988), a adubação, em cobertura, serve para assegurar o suprimento de N no período máximo de crescimento. Dessa forma, Rosolem (1987) observou que o aproveitamento do adubo foi maior quando a cobertura foi realizada, no

máximo, até 36 dias após a emergência das plântulas. Já, segundo Arf *et al.* (1999), a absorção de N ocorre, praticamente, durante todo o ciclo da cultura, mas a época de maior exigência, quando a velocidade de absorção é máxima, acontece dos 35 aos 50 dias da emergência da planta.

Assim, em condições de sistema de plantio direto, o manejo da adubação nitrogenada deve ser feito objetivando o suprimento do N no período de maior exigência. A dose de nitrogênio, na adubação do feijoeiro, pode estar condicionada ao tipo de resíduo vegetal (gramínea ou leguminosa) presente na superfície do solo, já que a relação C/N dos resíduos agrícolas determina o destino do nitrogênio dos resíduos orgânicos do solo (Freire *et al.*, 2001). De acordo com Igue *et al.* (1984), a palhada de gramíneas libera os nutrientes em médio e em longo prazo, sendo que, muitas vezes, as quantidades finais disponibilizadas são iguais ou superiores às quantidades liberadas pelas leguminosas em razão da grande quantidade de fitomassa produzida.

Sabe-se que grande parte do N, no solo, encontra-se na forma orgânica. Por meio do processo de mineralização é transformado nos íons amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), que são as formas absorvidas pelas plantas (Freire *et al.*, 2001). Entretanto, a velocidade de degradação dos resíduos vegetais está diretamente relacionada às condições de umidade e de temperatura que atuam sobre a atividade dos organismos decompositores, ou seja, quanto maior a temperatura e a umidade, maior a fração da fitomassa degradada (Khatounian, 1999). Segundo Freire *et al.* (2001), além das condições climáticas, a dinâmica do N no solo, medida pela atividade dos microrganismos, é afetada pela reação do solo e pelo sistema de cultivo. Dessa forma, a magnitude das respostas do feijoeiro à aplicação do N, em sistema de plantio direto, pode ser modificada.

Alvarez *et al.* (2005), em dois anos de estudo, verificaram que a adubação nitrogenada, em cobertura, em sistema de plantio direto sobre palhada de arroz, aos 21 dias após a emergência das plântulas, incrementou a produtividade de grãos de feijão cultivar Pérola, cultivada no inverno, em 46,8% (com aplicação de 75 kg ha⁻¹ de N) e 19,1% (com aplicação de 125 kg ha⁻¹ de N), em relação à testemunha sem adubação de cobertura.

Já, Meira *et al.* (2005) testaram as doses de 0, 40, 80, 120, 160, 200 e 240 kg ha⁻¹ de N, aplicadas em cobertura, em três estádios de desenvolvimento do feijoeiro (V₄₋₅, R₅ e R₆, correspondendo a 21, 32 e 38 dias após a emergência, respectivamente), em sistema de plantio direto sobre palhada de arroz, e

constataram que a máxima produtividade de grãos foi obtida com a dose de 164 kg ha⁻¹ de N, independentemente do estágio de desenvolvimento. Observaram, ainda, que o N, aplicado nas diferentes fases da cultura, não interferiu nos componentes de produção.

Stone e Moreira (2001) observaram que o número de vagens por planta, massa de 100 sementes e produtividade do feijoeiro responderam significativamente a 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de N, aplicados aos 35 dias após a emergência, em sistema de plantio direto.

Por sua vez, Fernandes *et al.* (2005) constataram que o fornecimento de 20 kg ha⁻¹ de N, na semeadura, ou 70 kg ha⁻¹ de N em cobertura, aos 16 dias após a emergência das plântulas, na forma de uréia, propiciou incrementos no rendimento de grãos da cultivar Pérola, em sistema de plantio direto sobre palhada de milho, no período outono-inverno.

O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta do feijoeiro à aplicação de N, em sistema de plantio direto, sobre palhada de milho, milheto e braquiária.

Material e métodos

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental, pertencente à Faculdade de Engenharia-Unesp, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul (51° 22' W e 20° 22' S; 335 metros de altitude). O solo do local é um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (Embrapa, 1999). O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual de 23,5°C, precipitação pluvial anual média de 1.370 mm e a umidade relativa do ar oscilando entre 70 e 80%.

Antes da instalação do experimento, foi coletada amostra composta de 10 subamostras coletadas na camada de 0 a 0,2 m, para determinação das características químicas, que apresentou os seguintes resultados: matéria orgânica, 29 g dm⁻³; pH (CaCl₂), 5,4; P (resina), 12 mg dm⁻³; K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC, 3,2, 21,0, 12, 31, 36,2 e 67,2 mmol_c dm⁻³, respectivamente, e saturação por bases de 54%.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de cinco níveis de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), em duas épocas do estágio V₄ (Fernandez *et al.*, 1992), sem parcelamento e tendo como fonte a uréia, sendo a primeira com as plantas apresentando o terceiro trifólio totalmente expandido na haste principal (V₄₋₃) e, a segunda, recebendo os mesmos níveis de adubação por ocasião da presença do sexto trifólio totalmente

expandido na haste principal do feijoeiro (V_{4-6}) e, utilizando-se sementes de duas cultivares, IPR Juriti e Pérola. Cada parcela foi constituída de seis linhas de 5 m de comprimento. A área útil foi constituída pelas quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades de cada linha.

Para o cultivo do feijoeiro, em sistema plantio direto, foram implantadas em dezembro de 2004, as culturas do milho híbrido simples AGN-3050, milho cv. Bonamigo 2 e *Brachiaria brizantha* cv. MG5 Vitória. Em março de 2005, as plantas foram manejadas com desintegrador mecânico do tipo triton, visando reduzir o tamanho dos resíduos e distribuir, de forma uniforme, a vegetação na área de cultivo. Quinze dias antes da semeadura do feijoeiro, realizou-se a aplicação de glifosato ($800 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), em área total, com o objetivo de eliminar rebrotas do milho e da braquiária, como também de algumas gramíneas remanescentes, principalmente o colônião, na área com milho.

A semeadura das duas cultivares de feijão ocorreu no dia 31 de maio de 2005, mecanicamente, distribuindo-se 14-16 sementes viáveis por metro, no espaçamento de 0,5 m. As sementes receberam tratamento com carboxin + thiran ($200 + 200 \text{ g i.a./100 kg}$ de sementes). Na adubação de semeadura, aplicaram-se 250 kg ha^{-1} da fórmula 04-30-10. As plantas emergiram sete dias após a semeadura, e a cultura foi mantida em regime de irrigação por aspersão convencional, acionando o sistema sempre quando necessário, baseando-se em critérios de evapotranspiração do solo e do feijoeiro.

Após a semeadura, foi realizada a aplicação do herbicida paraquat ($300 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), com o objetivo de deixar a área livre de qualquer espécie de planta que pudesse prejudicar o desenvolvimento inicial do feijoeiro. Aos dezesseis dias, após a emergência das plântulas, realizou-se uma aplicação de flex + agral ($250 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 0,08\%$). O controle de pragas e doenças, principalmente mosca-branca e vaquinhas, foi realizado com uma aplicação preventiva de triazophos + deltamethrin ($175 + 5 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), aos dez dias após a emergência das plântulas, e aos 69 dias após a emergência foi feita a aplicação de mancozeb ($1600 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e methamidophos ($300 \text{ g i.a. ha}^{-1}$).

Por ocasião da colheita, foram avaliadas, nas três áreas com as diferentes coberturas, as seguintes características agrônômicas: população final de plantas e produtividade de sementes e seus componentes (número de vagens/planta, número de sementes/vagem e massa de 100 sementes). A população final de plantas foi obtida, contando-se as plantas de duas linhas centrais na área útil de cada

parcela, totalizando oito metros lineares, cujos valores foram utilizados para a obtenção do número de plantas correspondentes a um hectare. Os caracteres componentes da produtividade foram obtidos a partir da coleta de dez plantas consecutivas, na terceira linha de cada parcela, e a produtividade foi obtida, coletando-se as plantas em oito metros da área útil de cada parcela, deixando-as secar a pleno sol. Em seguida, realizou-se a trilhagem mecânica e quantificou-se a massa das sementes obtidas. O valor observado foi corrigido para 13% de água (base úmida), e o resultado final foi transformando para kg ha^{-1} de sementes.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e o efeito das doses de N foi avaliado por meio de análise de regressão polinomial.

Resultados e discussão

A população final de plantas foi baixa, principalmente quando a semeadura ocorreu sobre restos culturais de braquiária e milho (Figura 1a e b) devido a problemas, no momento da implantação da cultura. Embora o milho tenha produzido 21,2 toneladas de matéria seca por hectare (dados não exibidos), a redução no estande não foi tão severa quanto ao que ocorreu nas áreas com palhada de braquiária e milho, que apresentaram produção de 12,3 e 5,6 toneladas de matéria seca por hectare, respectivamente. Nestas áreas, o mecanismo de corte da semeadora não efetuou, com eficácia, a abertura da palha, provavelmente por causa da baixa umidade do solo ou até mesmo da falta de adequada afiação dos discos de corte. Assim, algumas sementes foram depositadas no interior da massa vegetal, não havendo o contato com o solo para iniciar o processo de germinação.

Na área com milho, apesar de os colmos já estarem secos no momento da semeadura, havia grande quantidade de plantas de capim-colônião. Por ocasião da semeadura do feijoeiro, em ambas as áreas, a palhada não estava completamente seca, e isso foi suficiente para que houvesse amassamento e não corte. Assim, mesmo aplicando-se pressão máxima nos mecanismos de corte da semeadora, o estabelecimento da cultura, naquelas duas áreas, foi prejudicado.

Em condições como as encontradas neste experimento, onde há grande volume de palha, com colmos finos e plantas com alto teor de água, a indicação seria antecipar a dessecação, permitindo maior tempo para a desidratação do material, predispondo-o em melhores condições para ser efetuado o corte, por ocasião da semeadura.

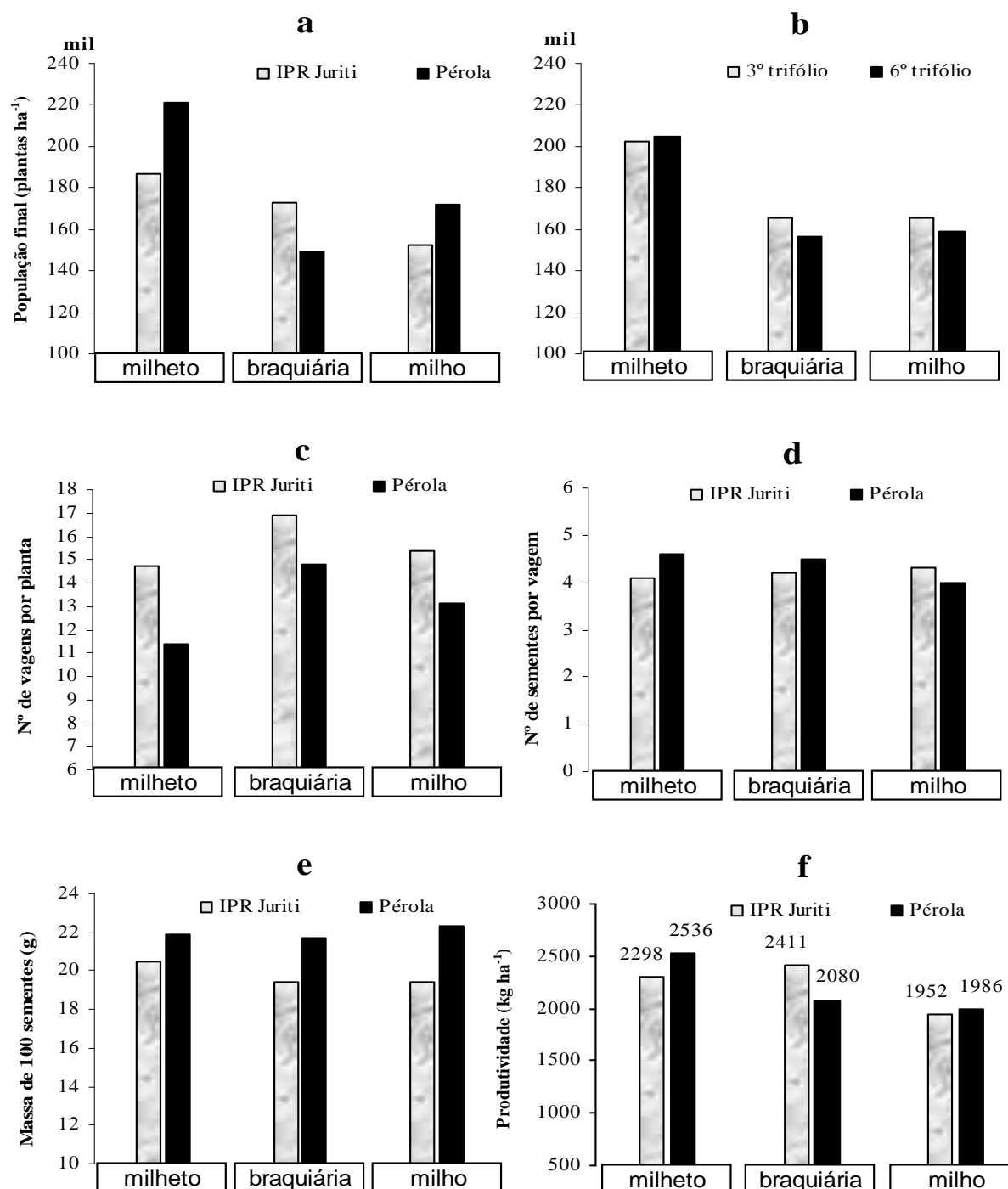


Figura 1. População final de plantas, componentes da produção e produtividade de sementes do feijoeiro, em sistema de plantio direto sobre palhada de milho, milheto e braquiária. Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, 2005.

Observou-se influência significativa dos níveis de N sobre a população final de plantas do feijoeiro em sistema plantio direto sobre resíduos de milho (Figura 2). É de se supor que o fornecimento do fertilizante nitrogenado tenha favorecido o estabelecimento das plantas na área como fator de

aumento de resistência aos agentes nocivos ao desenvolvimento do feijoeiro.

Após a análise estatística dos dados, foi observada diferença significativa entre as cultivares quanto ao número médio de vagens por planta, conforme se observa no valor de F apresentado na Tabela 1. As

plantas da cultivar IPR Juriti produziram, em média, mais vagens em relação à cultivar Pérola (Figura 1c). Isso indica que, independentemente da espécie de gramínea adotada como fonte de palhada para o sistema de plantio direto, aquela cultivar tenderá a produzir mais vagens por planta em comparação à cultivar Pérola. Nem mesmo quando a população de plantas da cultivar Pérola foi menor que a da cultivar IPR Juriti, o número de vagens por planta foi maior, conforme pode ser visto nos resultados referentes ao cultivo sobre palhada de braquiária (Figura 1a). Sabe-se que a população de plantas é um dos fatores que interfere na resposta do feijoeiro quanto à quantidade de vagens produzidas. Teixeira *et al.* (2000) observaram que o aumento do número de sementes por metro reduziu o número de vagens por planta, principalmente na presença da adubação nitrogenada, quando o número médio de vagens por planta foi mais elevado, assim, onde foram semeadas seis até 18 sementes por metro, a produtividade de grãos manteve-se em diferentes níveis de adubação nitrogenada testados, excetuando-se apenas a dose 0, quando constataram aumento significativo na produtividade à medida que se aumentava a densidade de semeadura. Esse tipo de resposta foi apontado pelo provável fato de a adubação nitrogenada ter aumentado a capacidade de compensação dos feijoeiros, já que havia sido observado acréscimo no número de vagens por planta e na massa de 100 grãos, quando se aumentou a dose de N.

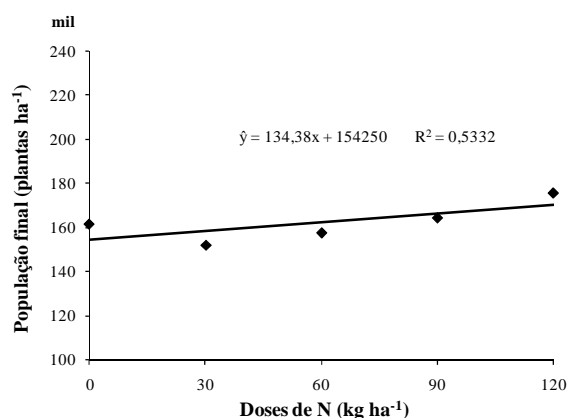


Figura 2. População final de plantas do feijoeiro, em função da aplicação de N, em sistema de plantio direto sobre palhada de milho (média de duas cultivares). Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, 2005.

A cultivar Pérola, por exemplo, semeada sobre palhada de milheto, com uma população final próxima a 220 mil plantas por hectare (Figura 1a), produziu, em média, 11,4 vagens por planta (Figura

1c). Por outro lado, quando a população de plantas foi baixa, 150 mil, a mesma cultivar, quando cultivada sobre palhada de braquiária, produziu mais vagens, ao redor de 15 por planta. Teixeira *et al.* (2000) não encontraram diferenças na produtividade do feijoeiro que recebeu aplicação de N em cobertura, quando a população de plantas variou de 120 a 260 mil plantas por hectare. Segundo Woolley e Davis (1991), o emprego de maiores populações de feijoeiro é mais vantajoso, em condições de baixa fertilidade do solo, ao passo que, conforme Kranz (1989) e Lollato (1997), menores populações são indicadas em condições de solos férteis.

Evidentemente, o maior número de vagens por planta, obtido para a cultivar IPR Juriti, em relação à cultivar Pérola, deve-se aos parâmetros genéticos de cada cultivar. Dessa forma, pode-se inferir que a cultivar IPR Juriti, por exercer essa habilidade de produzir mais vagens em condições de baixa competição intraespecífica, apresenta maior capacidade de compensação em relação à cultivar Pérola, já que as condições edafoclimáticas foram as mesmas.

Tabela 1. Valores de F e coeficiente de variação (C.V.), obtido para as avaliações de população final de plantas (PFP), número médio de vagens por planta (NMVP), número médio de sementes por vagem (NMSV), massa de 100 sementes (M100S) e produtividade de sementes (PROD) de feijão em sistema de plantio direto sobre palhada de gramíneas.

Causas da variação	PFP	NMVP	NMSV	M100S	PROD
Milheto					
Bloco	1,87 ^{ns}	1,89 ^{ns}	3,62*	1,31 ^{ns}	1,89 ^{ns}
Cultivar (C)	87,65**	34,35**	13,02*	27,72**	5,74 ^{ns}
Época (E)	0,47 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,77 ^{ns}
Dose de N (D)	1,97 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,03 ^{ns}
C x E	0,17 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,95 ^{ns}
C x D	1,46 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,09 ^{ns}
E x D	1,66 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,82 ^{ns}
C x E x D	0,16 ^{ns}	1,55 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,33 ^{ns}
C.V.(%)	12,7	15,7	9,3	3,3	20,6
Braquiária					
Bloco	1,79 ^{ns}	1,85 ^{ns}	3,85*	1,19 ^{ns}	1,90 ^{ns}
Cultivar (C)	52,91**	10,57*	11,27*	157,76*	5,83 ^{ns}
Época (E)	7,99*	2,16 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,25 ^{ns}	3,86 ^{ns}
Dose de N (D)	1,82 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,98 ^{ns}	1,24 ^{ns}
C x E	7,57 ^{ns}	0,99 ^{ns}	3,08 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,02 ^{ns}
C x D	1,65 ^{ns}	0,73 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,86 ^{ns}
E x D	1,46 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,04 ^{ns}	2,05 ^{ns}	1,29 ^{ns}
C x E x D	0,34 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,74 ^{ns}
C.V.(%)	16,7	16,0	9,1	4,8	21,5
Milho					
Bloco	1,98 ^{ns}	3,97*	3,80*	1,35 ^{ns}	1,73 ^{ns}
Cultivar (C)	100,25**	38,47**	12,64*	133,97**	0,33 ^{ns}
Época (E)	10,28*	1,55 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Dose de N (D)	16,71*	1,99 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,84 ^{ns}	10,36*
C x E	0,35 ^{ns}	11,24*	3,32 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,98 ^{ns}
C x D	1,59 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,52 ^{ns}
E x D	1,81 ^{ns}	2,03 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,39 ^{ns}
C x E x D	0,69 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,98 ^{ns}
C.V.(%)	15,8	16,9	9,3	3,6	24,1

** significativo p < 0,01 pelo teste F; * significativo p < 0,05 pelo teste F; ns: não-significativo p > 0,05.

Ainda que exista uma série de confirmações quanto ao efeito positivo do uso do fertilizante nitrogenado sobre o número de vagens por planta (Almeida *et al.*, 1988; Rocha, 1991; Vale, 1994; Calvache *et al.*, 1995; Diniz *et al.*, 1995; Andrade *et al.*, 1998), não se observaram, neste trabalho, respostas ao N aplicado. A resposta ao uso do N sobre esta característica em feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto ainda não se encontra plenamente esclarecida pela pesquisa. Sabe-se que a presença da palhada, dependendo da quantidade e da relação C/N, pode modificar a dinâmica do nitrogênio aplicado (Mengel, 1996; Sá, 1999). Entretanto, outros fatores também podem estar envolvidos no processo como, por exemplo, as condições climáticas apontadas por Khatounian (1999), que podem retardar ou acelerar o processo de decomposição da palhada, e definindo, dessa forma, o momento de disponibilização do N para o feijoeiro.

Nem mesmo quando o cultivo do feijoeiro foi feito sobre restos culturais de milho, que era de baixa quantidade, o número de vagens, por planta, recebeu influência das doses de N. Esses resultados discordam dos obtidos por Carvalho *et al.* (2000) que observaram aumento crescente no número de vagens por planta e no número de grãos por vagem, até a dose de 140 kg ha⁻¹ em sistema de plantio direto sobre palhada de milho, e também dos resultados observados por Stone e Moreira (2001) que encontraram influência significativa de doses crescentes de N, aplicadas aos 35 dias após a emergência, em sistema de plantio direto sobre milho e arroz.

Houve interação significativa entre cultivar e época de aplicação do adubo nitrogenado para a característica número de vagens por planta do feijoeiro, em sistema de plantio direto sobre palhada de milho (Figura 3). Observou-se resposta divergente entre as cultivares quando a aplicação de N em cobertura deixou de ser efetuada por ocasião da emissão do terceiro trifólio e passou a ser realizada por ocasião da emissão do sexto trifólio. Na cultivar Pérola, ocorreu redução de 13,5 para 12,7 vagens por planta, enquanto que, para a cultivar IPR Juriti, a aplicação de N, na fase de seis folhas trifolioladas propiciou aumento da ordem de 1,7 vagens por planta. Esse resultado demonstra que a escolha da cultivar pode ser um critério importante quando se prioriza a aplicação de N, em estádios mais avançados da fase vegetativa do feijoeiro, em sistema de plantio direto sobre palhada de milho.

O número de sementes, por vagem, não foi influenciado pela dose e época de aplicação de N.

Observa-se, na Figura 1d, que a cultivar Pérola, quando a espécie utilizada como fonte de palhada para o plantio direto foi o milheto e a braquiária, desenvolveu vagens com maior número de sementes em relação à IPR Juriti. Todavia, esta última superou a cultivar Pérola quando se utilizou palhada de milho. Segundo Andrade *et al.* (1998), o número de sementes, por vagem, é uma característica de alta herdabilidade genética, sendo pouco influenciada pelo ambiente. Entretanto, não obstante os resultados obtidos neste trabalho e o possível efeito da herdabilidade genética, alguns trabalhos revelaram incremento neste componente da produção, em função da aplicação de nitrogênio (Silva *et al.*, 1989; Stone e Moreira, 2001; Santos *et al.*, 2003; Soratto *et al.*, 2004; Soratto *et al.*, 2005).

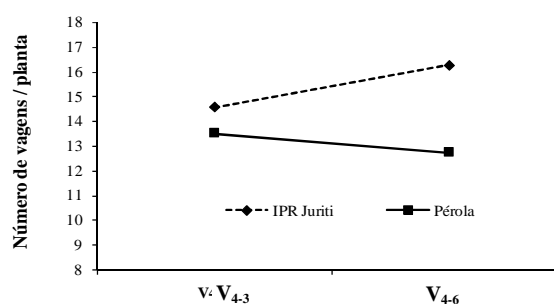


Figura 3. Número de vagens por planta das cultivares de feijão em resposta à aplicação de N, na emissão da terceira (V_{4.3}) e sexta (V_{4.6}) folha trifoliolada, em sistema de plantio direto sobre palhada de milho. Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, 2005.

Quanto à massa de 100 sementes, houve diferença entre as cultivares, conforme se observa nos valores de F apresentados na Tabela 1 e nos resultados médios referentes a cada planta de cobertura, na Figura 1e. Independentemente da planta de cobertura utilizada, no sistema de plantio direto, a cultivar Pérola manteve-se superior à cultivar IPR Juriti, em média, cada 100 sementes daquela cultivar apresentaram massa de 22 gramas, contra 19,8 do IPR Juriti.

A massa de 100 sementes não foi influenciada pelos níveis e época de aplicação de N, em nenhuma das áreas em sistema de plantio direto. Esses resultados encontram respaldo nos observados por Arf *et al.* (1999) que, trabalhando com doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão de inverno, em sistema plantio direto, verificaram que não houve efeito significativo para o parâmetro avaliado. Contudo, discordam daqueles obtidos por Teixeira *et al.* (2000) que evidenciaram influência de doses crescentes de N em cobertura, em cultivo realizado na época das

águas, seca e inverno, porém, em sistema convencional de preparo do solo. Contrapõem-se também aos resultados observados por Stone e Moreira (2001) que, em quatro anos de estudo, em sistema de plantio direto, encontraram respostas linear e quadrática de doses de N em cobertura sobre a massa de 100 sementes.

As cultivares de feijão não apresentaram diferenças significativas quanto à produtividade de sementes, quando o cultivo foi efetuado sobre palhada de milho e braquiária. Entretanto, observa-se, na Figura 1f, que a diferença de produtividade entre as cultivares chegou a ser superior a 300 quilogramas de sementes por hectare, conforme se observa nos dados referentes à palhada de braquiária. Possivelmente, essas variações tenham ocorrido em consequência do baixo estande final, que foi menor para a cultivar Pérola em plantio direto sobre resíduos de braquiária, porém, maior em condições de plantio direto sobre milho, resultando, obviamente, em maior produtividade. Apesar de a cultivar Pérola ter apresentado maior população final de plantas, em relação à cultivar IPR Juriti, na área com palhada de milho, nota-se que as produtividades foram praticamente equivalentes, e isso pode ter ocorrido pelo aumento na capacidade de compensação pelo uso do fertilizante nitrogenado, mencionado por Teixeira *et al.* (2000). Ressalta-se, entretanto, que a variação populacional entre as cultivares, naquela área, foi de aproximadamente 19 mil plantas por hectare, enquanto que, nas áreas com braquiária e milho, as amplitudes foram crescentes, ou seja, cerca de 24 mil e 34 mil plantas por hectare, respectivamente. Dessa forma, pode-se afirmar que, embora tenha existido o efeito de compensação, a contribuição deste fator para a manutenção da produtividade do feijoeiro foi até certos limites, quando a amplitude populacional não era alta.

Não houve efeito da aplicação das doses de N sobre a produtividade de sementes do feijoeiro em sistema de plantio direto sobre milho e braquiária, conforme se observa nos valores de F, exibidos na Tabela 1. Esses resultados discordam dos obtidos por Alvarez *et al.* (2005), que observaram máxima produtividade de grãos no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre resíduos vegetais de arroz, com aplicação da dose de 75 kg ha⁻¹ de N, aos 21 dias após a emergência das plântulas. Os resultados encontrados, neste trabalho, também contradizem as constatações de Meira *et al.* (2005), que, testando níveis de adubação nitrogenada, no feijoeiro, em sistema de plantio direto sobre arroz, encontraram máxima produtividade com a aplicação da dose de 164 kg ha⁻¹ de N.

Embora o feijoeiro apresente ciclo curto, variando de 90 a 100 dias, é bem provável que, no período de maior exigência ao N, ou seja, na fase vegetativa e início da reprodutiva, dos 35 aos 50 dias da emergência da planta (Arf *et al.*, 1999), com a decomposição da palhada de milho e braquiária, tenha suprido a demanda do feijoeiro quanto a esse nutriente.

Dados observados, anteriormente, revelaram altos teores de N, nos resíduos vegetais de milho e braquiária, além de grande quantidade de fitomassa produzida, chegando a representar uma disponibilidade potencial de 209 e 250 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Pelas suas raízes vigorosas e abundantes, a cultura do milho permite a utilização de nutrientes que se encontram abaixo da camada arável (Bonamigo, 2003), e as braquiárias se caracterizam por apresentar ativo e contínuo crescimento radicular, alta capacidade de produção de biomassa e reciclagem de nutrientes (Salton, 2000). De acordo com Igue *et al.* (1984), a palhada de gramíneas libera os nutrientes em médio e em longo prazo, e mesmo que nem todo o N da palhada tenha sido mineralizado durante o ciclo do feijoeiro, já que grande quantidade do N aplicado pode ter sido imobilizada pela massa celular microbiana, possivelmente a quantidade de N disponibilizada para as plantas de feijão tenha sido suficiente para o adequado suprimento, a ponto de anular os efeitos da aplicação das doses de N mineral.

Ficou evidente que o feijoeiro, em sistema de plantio direto, no período de outono-inverno, responde muito pouco a altas doses de N em cobertura, quando há grande aporte de fitomassa sobre a superfície do solo. Isso talvez possa justificar a não-observância de efeitos significativos dos níveis de N sobre a produtividade do feijoeiro, em sistema de plantio direto sobre palhada de milho e braquiária. A aplicação das doses do fertilizante nitrogenado, exclusivamente, na fase V₄ não aumentou a produtividade de sementes do feijoeiro, cultivado sobre estas espécies de gramíneas, quando a produção de biomassa seca foi de 12,3 e 21,2 toneladas por hectare, respectivamente.

Porém, quanto ao efeito das doses de N sobre a produtividade de sementes do feijoeiro em sistema de plantio direto sobre resíduos vegetais de milho (Figura 4), os dados ajustaram-se numa equação linear positiva. O feijoeiro respondeu até a dose máxima de 120 kg ha⁻¹ de N, correspondendo a 2201 kg ha⁻¹ de sementes. Stone e Moreira (2001), também, observaram que doses de N exerceram efeito significativo sobre a produtividade do feijoeiro, com a maior dose, 120 kg ha⁻¹ de N,

aplicada em cobertura, não tendo sido suficiente para alcançar a máxima produtividade.

Pela equação, tem-se que a aplicação da dose de 120 kg ha⁻¹ de N promoveu aumento de 464 kg na produtividade do feijoeiro, ou seja, 26,7% em relação à ausência de N em cobertura. Apesar disso, observa-se, na equação, que para cada quilograma de N aplicado, houve produção de 3,9 kg de sementes, relação esta bastante inferior àquela encontrada por Barbosa Filho e Silva (1994), com uma produção de 20,8 kg de feijão para cada quilo de N aplicado. Fernandes *et al.* (2005), também, cultivaram feijão em sistema de plantio direto sobre palhada de milho, no período outono-inverno, com aplicação de 70 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Porém, os autores notaram menores incrementos de produtividade em relação à testemunha. Soratto *et al.* (2001) e Silva *et al.* (2002) também verificaram que a aplicação de todo o N, aos 35 dias após a emergência, promoveu baixa produtividade do feijoeiro em plantio direto sobre palhada de milho. A magnitude das respostas ao fertilizante aplicado pode variar conforme a quantidade de resíduos vegetais existentes sobre o solo em cada situação. No caso do milho, a quantidade de palhada remanescente após a colheita era de apenas 5,5 toneladas por hectare, cerca de quatro e duas vezes menores que a palhada de milheto e braquiária, respectivamente.

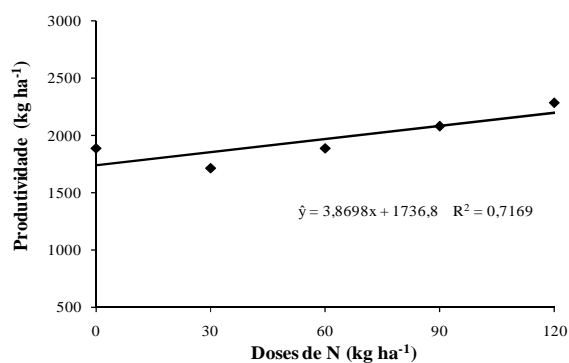


Figura 4. Produtividade de sementes do feijoeiro, em função da aplicação de N, em sistema de plantio direto sobre palhada de milho (média de duas cultivares). Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, 2005.

A aplicação de N, em cobertura na fase vegetativa do feijoeiro, em plantio direto sobre palhada de milho, revelou ser uma prática indispensável para obtenção de altas produtividades, principalmente em condições de baixa disponibilidade de palha sobre a superfície do solo. Além disso, como na maioria dos casos, há exportação dos grãos de milho da área, grande quantidade de N é extraída junto com os grãos. Dessa forma, pouco N fica disponível nos restos culturais do milho, para ser mineralizado e,

posteriormente, absorvido pelas raízes do feijoeiro. Dados da composição química das plantas de milho, utilizados nesta pesquisa, revelaram que mais da metade dos teores de N, P, S, Cu e Zn da parte aérea das plantas foi exportada com os grãos pela colheita.

Conclusão

A produtividade de sementes de feijão aumenta linearmente com as doses de N, em sistema de plantio direto sobre palhada de milho.

Agradecimento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pelo financiamento da pesquisa (Proc.: 03/11880-0).

Referências

- ALMEIDA, A.A.F. *et al.* Desenvolvimento e partição de assimilados em *Phaseolus vulgaris* submetido a três doses de nitrogênio e três níveis de luz. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 23, n. 8, p. 837-847, 1988.
- ALVAREZ, A.C.C. *et al.* Resposta do feijoeiro à aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 27, n. 1, p. 69-75, 2005.
- ANDRADE, M.J.B. *et al.* Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. *Cienc. Agrotecnol.*, Lavras, v. 22, n. 4, p. 499-508, 1998.
- ARF, O. *et al.* Efeitos de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. *Resumos...* Goiânia: Embrapa, 1999. p. 790-793.
- BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, O.F. Aspectos agroeconômicos da calagem e da adubação nas culturas do arroz e do feijão irrigados por aspersão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 29, p. 1657-1668, 1994.
- BONAMIGO, L.A. Milheto como cobertura no sistema plantio direto, benefícios do melhoramento da cultura. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 7., 2003, Sorriso. *Anais...* Cuiabá: UFMT, 2003. p. 37-48.
- CALVACHE, A.M. *et al.* Adubação nitrogenada no feijão sob estresse de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. *Resumos...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 649-651.
- CARVALHO, M.A.C. *et al.* Época de aplicação e níveis de nitrogênio na cultura do feijão em semeadura direta. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2000, Santa Maria. *Resumos...* Santa Maria: SBCS, 2000. (CD-ROM).

- DINIZ, A.R. *et al.* Resposta da cultura do feijão à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. *Resumos...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995, p. 1225-1227.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPQ, 1999.
- FERNANDES, F.A. *et al.* Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 27, n. 1, p. 7-15, 2005.
- FERNANDEZ, F. *et al.* Etapas de desenvolvimento da planta de feijão. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. *A cultura do feijão em Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 1992. p. 53-73.
- FREIRE, F.M. *et al.* Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 49-62, 2001.
- IGUE, K. *et al.* *Adução orgânica*. Londrina: Iapar, 1984. 33 p. (Informe da Pesquisa, 59).
- KHATOUNIAN, C.A. O manejo da fertilidade em sistemas de produção. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Coord.). *Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola*. Londrina: Iapar, 1999. p. 179-221. (Circular, 108).
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J. *et al.* (Ed.). *Integração lavoura-pecuária*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 499-522.
- KRANZ, W.M. População de plantas. In: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná. *O feijão no Paraná*. Londrina: Iapar, 1989. p. 115-125. (Circular, 63).
- LOLLATO, M.A. Efeito de população de plantas e a colheita mecânica na cultura do feijão. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). *Tecnologia da produção do feijão irrigado*. 2. ed. Piracicaba: Esalq, 1997. p. 166-174.
- MEIRA, F.A. *et al.* Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.
- MENGEL, K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 181, n. 1, p. 83-93, 1996.
- MORAES, J.F.N. Calagem e Adução. In: ZIMMERMANN, M.J.O. *et al.* (Coord.). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós, 1988. p. 275-279.
- ROCHA, J.A.M. *Produção do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) cultivado em populações variáveis quanto ao número e ao arranjo de planta*. 1991. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.
- ROSOLEM, C.A. *Nutrição e adução do feijoeiro*. Piracicaba: Potafós, 1987.
- SÁ, M.E. *et al.* Efeito da adução nitrogenada na cultura do feijoeiro cultivar Carioca, cultivada em um solo sob vegetação de cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Embrapa/CNPQ, 1982. p. 161.
- SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O. *et al.* (Ed.) *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS, Lavras: Ufla/SBCS, 1999. p. 267-321.
- SALTON, J.C. Opções de safrinha para agregação de renda nos Cerrados. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia. *Plantio direto na integração lavoura-pecuária*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p. 189-200.
- SANTOS, A.B. *et al.* Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, 2003.
- SILVA, A.J. *et al.* Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adução nitrogenada. I. Produção de grãos e seus componentes. *Cienc. Prat.*, Lavras, v. 13, n. 2, p. 348-355, 1989.
- SILVA, G.M. *et al.* Manejo da adução nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto. *Pesq. Agropecu. Trop.*, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 1-5, 2002.
- SORATTO, R.P. *et al.* Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. *Cult. Agron.*, Ilha Solteira, v. 10, p. 89-99, 2001.
- SORATTO, R.P. *et al.* Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adução nitrogenada. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.
- SORATTO, R.P. *et al.* Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 2, p. 211-218, 2005.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001.
- TEIXEIRA, I.R. *et al.* Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. *Cienc. Agrotecnol.*, Lavras, v. 24, n. 2, p. 399-408, 2000.
- VALE, L.S.R. *Doses de calcário, desenvolvimento da planta, componentes de produção, produtividade de grãos e absorção de nutrientes de duas cultivares de feijão*. 1994. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.
- WOOLLEY, J.; DAVIS, J.H.C. The agronomy of intercropping with beans. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Ed.). *Common beans: Research for crop improvement*. Melksham, Wiltshire: Redwood Press Ltd., 1991. p. 707-735.

Received on July 31, 2007.

Accepted on December 18, 2007.