

ADUBAÇÃO NITROGENADA NO FEIJOEIRO APÓS PALHADA DE MILHO E BRAQUIÁRIA NO PLANTIO DIRETO¹

ANTONIO CARLOS DE ALMEIDA CARMEIS FILHO^{2*}, TATIANA PAGAN LOEIRO DA CUNHA³, FÁBIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE³, CAMILA BAPTISTA DO AMARAL³, LEANDRO BORGES LEMOS³, DOMINGOS FORNASIERI FILHO³

RESUMO – Objetivou-se avaliar o desempenho agrônomico e tecnológico do feijoeiro cultivado em sucessão a três sistemas de produção de palhada (milho exclusivo, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva) e da adubação nitrogenada (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) em cobertura no quarto ano após a implantação do sistema plantio direto (SPD). O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. A adoção do consórcio *U. ruziziensis* + milho permitiu maior formação de palhada e adequado recobrimento da superfície do solo visando o cultivo do feijoeiro em sucessão. A adubação nitrogenada em cobertura influenciou na produtividade do feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva e milho consorciado com *U. ruziziensis*. O feijoeiro em sucessão ao sistema de produção de palhada com *U. ruziziensis* permitiu a obtenção de maior massa de grãos e rendimento de peneira. O tempo de cozimento dos grãos diminuiu em função das doses de N empregadas no feijoeiro em sucessão a milho exclusivo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.. *Zea mays* L.. *Urochloa ruziziensis*. Nitrogênio em cobertura. Sistema de produção.

NITROGEN FERTILIZATION ON COMMON BEAN IN SUCCESSION TO MAIZE AND BRACHIARIA IN NO-TILLAGE

ABSTRACT – The present study was carried out to evaluate the agronomic and technological performance of common-bean crop following three straw mulch production system (sole corn, corn-*Urochloa ruziziensis* intercrop and sole *U. ruziziensis*) and topdressing nitrogen fertilization (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of N) in the fourth year after the no-tillage system implementation. A randomized block design, in a splitplot array, with three replications was used. The use of *U. ruziziensis* intercropped with maize allowed a greater straw mulch formation and a more adequate coverage of the soil surface aiming the beans cultivation in succession. The nitrogen fertilization influenced the common-bean productivity in succession to *U. ruziziensis* unique and maize intercropped with *U. ruziziensis*. The common-bean crop in succession to the straw mulch production system with *U. ruziziensis* allowed higher grain production and sieve yield. The grain cooking time decreased due to the rates of N used in the dry bean crop in succession of maize exclusive.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.. *Zea mays* L.. *Urochloa ruziziensis*. Topdressing nitrogen fertilization. Crop system.

* Autor para correspondência.

¹ Recebido para publicação em 14/03/2013; Aceito em 25/03/2014.

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Campus de Botucatu, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, CEP 18.610-307, Botucatu, SP. E-mail: tonycarmeis@fca.unesp.br.

³ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14.884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: tatiana.pagan@hotmail.com, flmingotte@gmail.com, camila_agro07@yahoo.com.br, leandrobl@fcav.unesp.br e fornasieri@fcav.unesp.br.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é explorado em diversos sistemas de produção agrícola, com grande destaque no sistema de plantio direto (SPD) por apresentar características agrônômicas interessantes como ciclo curto, fotoperíodo neutro, potencial produtivo, sendo ainda, uma planta fixadora de nitrogênio (N) (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003; ROCHA et al., 2011).

No SPD preconiza-se o mínimo revolvimento do solo, a rotação ou sucessão de culturas e a formação de cobertura vegetal no solo. Em regiões de Cerrado, bem como no Norte do Estado de São Paulo, o maior entrave para o sucesso deste sistema de produção está na formação e manutenção da palhada no solo. Devido às condições climáticas predominantes nessas regiões, ou seja, temperaturas elevadas associadas a períodos de grande precipitação pluviométrica proporcionam altas taxas de decomposição desses resíduos vegetais o que compromete a viabilidade deste sistema (FIORENTIN et al., 2011; PACHECO et al., 2011).

A formação e manutenção da palhada sobre a superfície do solo dependem do sistema de sucessão de culturas adotado e em grande parte, do tipo de planta de cobertura e do manejo adotado. No SPD deve-se optar pelo cultivo de gramíneas, de alta relação C/N, para acelerar a formação da camada de palhada no solo, destaca-se o milho (*Zea mays* L.) e as braquiárias, dentre elas a *Urochloa ruziziensis*, como as melhores alternativas, podendo ser exploradas em cultivos exclusivos ou consorciadas, promovendo novas alternativas de sistemas de produção (BORGHI; CRUSCIOL, 2007; BATISTA et al., 2011; FIORENTIN et al., 2011; COSTA et al., 2012).

A inclusão de resíduos de alta relação C/N, poderá promover aumento na taxa de imobilização do N pelos microrganismos do solo, além disso, devido às culturas produtoras de grãos, no caso específico do milho e do feijoeiro, serem grandes extratoras de N, maior atenção deve ser direcionada à adubação nitrogenada. Mesmo sabendo que essa Fabaceae apresenta capacidade de fixar N atmosférico, por simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, a quantidade suprida por esse processo é insuficiente para o feijoeiro atingir elevadas produtividades (CANTARELLA, 2007; CRUSCIOL et al., 2007; FARINELLI; LEMOS, 2010; KANEKO et al., 2010; SIQUEIRA NETO et al., 2010; SOUZA et al., 2011).

Com a expansão do SPD, tem-se verificado que a adubação nitrogenada possibilita respostas positivas na produtividade do feijoeiro. Silveira et al. (2005) em área sob SPD a cinco anos, avaliaram o desempenho do feijoeiro, cultivar Pérola, quanto a adubação nitrogenada em sucessão as palhadas de braquiária, milho + braquiária, mombaça, sorgo e estilosantes. Os autores constataram efeito do N so-

bre a produtividade do feijoeiro em todas as palhadas, além disso, a dose de 120 kg ha⁻¹ em cobertura não foi suficiente para atingir a produtividade máxima. Sant'Ana et al. (2010) ao estudarem a interferência de cinco doses de N (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹), no desempenho do feijoeiro, cultivar BRS Horizonte, sobre palhada de milho consorciado com braquiária em SPD, verificaram que a dose estimada de 140 kg ha⁻¹ de N proporcionou maior produtividade de grãos.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico e tecnológico do feijoeiro cultivado em sucessão a três sistemas de produção de palhada (milho exclusivo, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva) e da adubação nitrogenada (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) em cobertura no quarto ano após a implantação do SPD.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em Jaboticabal (SP), situado na latitude de 21°14'33''S e longitude de 48°17'10''W, a altitude média de 565 m, com clima Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca de inverno).

A área experimental é de Latossolo Vermelho eutroférico, textura muito argilosa, com 533 g kg⁻¹ de argila, 193 g kg⁻¹ de silte e 274 g kg⁻¹ de areia, relevo suave ondulado. Nos anos agrícolas de 2008/09, 2009/10 e 2010/11 a área foi cultivada com milho e *U. ruziziensis* no verão em sucessão ao feijoeiro em SPD.

Antes da instalação do experimento no ano agrícola 2011/12, procedeu-se à retirada de amostras de solo para fins de análise dos atributos químicos na camada 0-20 cm, obtendo-se valores de pH (CaCl₂): 5,4; M.O. (g dm⁻³): 22; P resina (mg dm⁻³): 82; H + Al; K; Ca; Mg; CTC (mmolc dm⁻³); SB (V%): 25; 5,7; 28; 13; 71 e 65%, respectivamente.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por três sistemas de produção de palhada (milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva) e as subparcelas por cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N). As doses de N foram aplicadas no estágio de desenvolvimento V_{4.4} (50% das plantas com quatro trifólios completamente expandidos), utilizando-se a ureia como fonte, as quais foram colocadas à 10 cm da linha de cultivo em filete contínuo. Em seguida realizou-se a aplicação de 15 mm de água. Cada subparcela foi composta por dez linhas de feijoeiro espaçadas de 0,45 m e com 5 m de comprimento. Foi considerada como área útil de cada subparcela as oito linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade.

Em 21/01/12 realizou-se o cultivo das espécies para cobertura do solo representadas por milho cultivado exclusivamente, milho consorciado com *U.*

ruziziensis e *U. ruziziensis* cultivada exclusivamente. Foi utilizado o híbrido simples DKB 390 PRO2 para o cultivo do milho exclusivo, na densidade populacional estimada de 60.000 plantas ha⁻¹, com linhas espaçadas de 0,80 m. A adubação de sementeira foi constituída de 330 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08 (N-P₂O₅-K₂O). Em cobertura foram utilizados 80 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O por meio do formulado 20-00-20 no estágio fenológico V₄ (quarta folha totalmente expandida) e 100 kg ha⁻¹ de N via ureia em V₆ (50% das plantas com seis folhas completamente expandidas), com aplicação de 15 mm de água logo em seguida.

No consórcio com *U. ruziziensis*, a cultura do milho foi conduzida nos mesmos procedimentos do cultivo exclusivo, realizando a sementeira da *U. ruziziensis* na densidade de 400 pontos de valor cultural ha⁻¹ (7,5 kg de sementes ha⁻¹), no momento da sementeira do milho, na proporção de duas linhas entre as linhas de milho. A *U. ruziziensis* exclusiva foi semeada mecanicamente, em linhas espaçadas de 0,22 m entre si, com 400 pontos de valor cultural ha⁻¹, sem a aplicação de fertilizantes minerais. A colheita do milho, exclusivo e consorciado, foi realizada mecanicamente em 06/06/12 e a área mantida em repouso até o momento das operações de manejo para dessecção, com herbicida não seletivo glifosato (1,8 kg ha⁻¹ de equivalente ácido), efetuada aos 30 dias antes da sementeira do feijoeiro.

Foram determinados o recobrimento e a quantidade de palhada no solo, dois dias antes da sementeira do feijoeiro. Para isso, 30 amostras por parcela foram coletadas com o auxílio de um quadro de madeira com dimensões internas de 0,5 × 0,5 m, sendo submetidas à lavagem e secas em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C até massa constante. Também foi determinado o teor de N acumulado na pa-

lhada de acordo com a metodologia de Malavolta et al. (1997).

A cultivar de feijoeiro utilizada foi a IAC Formoso, semeada em 03/08/12 diretamente sobre a palhada de milho e de *U. ruziziensis*, com 12 sementes por metro, equivalente a 266.000 plantas ha⁻¹, obtendo-se população média final de 222.000 plantas ha⁻¹. As sementes foram tratadas com inseticida (fipronil) e fungicida (carbendazim + tiram) nas doses de 50 g i.a. 100 kg⁻¹ sementes⁻¹ e 45 + 105 g i.a. 100 kg⁻¹ sementes⁻¹, respectivamente.

Na adubação de sementeira foram utilizados 13 kg ha⁻¹ de N, 52 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fontes a ureia, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. As irrigações foram efetuadas por meio de sistema de aspersão do tipo convencional e o manejo baseado no monitoramento com tensiômetros instalados a 0,15 m de profundidade. O turno de rega de rega foi estabelecido com base nos potenciais mátricos do solo, sendo de -0,040 MPa (fases vegetativas) e -0,030 MPa (fases reprodutivas), de acordo com recomendações da Silveira & Stone (1994), de forma a repor os níveis de umidade próximos à capacidade de campo (-0,010 MPa). Aos 23 dias após a emergência (DAE) das plântulas de feijoeiro, foram aplicados os herbicidas pós-emergentes, fluazifope-p-butílico, bentazona + imazamoxi e óleo mineral na dose de 188 g ha⁻¹ (i.a.), 500 + 24 g ha⁻¹ (i.a.) e 1 L ha⁻¹, respectivamente.

A colheita do feijoeiro foi realizada com arranquio manual, seguida de trilha mecanizada em 06/11/2012, utilizando colhedora automotriz de parcela, quando as plantas estavam com as hastes desfolhadas e 90% das vagens secas. Os dados climáticos registrados durante a condução da cultura do feijoeiro encontram-se na Figura 1.

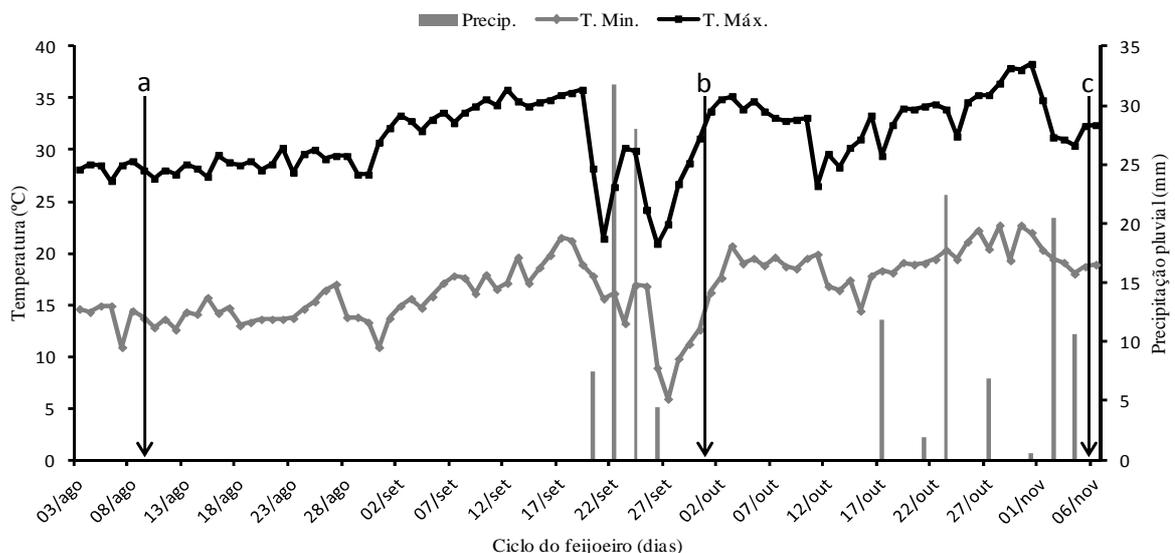


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C), a cada cinco dias, nos meses de agosto a novembro de 2012, referente ao ciclo do feijoeiro: a = emergência - 10/08/12; b = florescimento pleno - 01/10/12; c = colheita - 06/11/12.

Na cultura do feijoeiro avaliou-se o teor de N foliar, onde foram coletados em R₆ a terceira folha trifoliada com pecíolo do terço médio de 30 plantas por subparcela, de acordo com as recomendações de Ambrosano et al. (1997). As folhas foram submetidas à lavagem em água deionizada por três vezes, com condução à estufa de circulação de ar forçada sob temperatura de 65 °C até massa constante. Depois de secas foram moídas e levadas para digestão nítrico-perclórica e determinação do teor de N (MALAVOLTA et al., 1997). Antes da colheita do feijoeiro foram coletadas dez plantas consecutivas na linha de cultivo para a determinação dos seguintes componentes de produção: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos. A produtividade de grãos foi obtida após colheita de quatro linhas centrais de cada subparcela, com determinação do grau de umidade dos grãos, padronizando-se a 13% de base úmida.

As avaliações tecnológicas foram efetuadas um mês após a colheita. As amostras de grãos de feijão foram classificadas em peneira de furos oblongos de dimensão igual e maior a 12/64 x 3/4" (4,76 x 19,05 mm) para a determinação do rendimento de peneira, visando obter a porcentagem de grãos graúdos. O teor de proteína bruta (PB%) foi determinado pela fórmula $PB = N \text{ total} \times 6,25$, em que o N total é o teor de N nos grãos, obtido na digestão sulfúrica. A capacidade de hidratação foi quantificada em amostras de 50 g de grãos colocadas em água destilada durante 12 horas. No término do tempo para a hidratação, a água foi totalmente drenada e os grãos pesados. A relação de hidratação foi determinada como a razão entre a massa após o término da avaliação e a massa inicial dos grãos, conforme descrito por Farinelli e Lemos (2010). O tempo para cozimento foi determinado com o auxílio do cozedor de Mattson e

para verificar o nível de resistência ao cozimento, adotou-se a escala de Proctor e Watts (1987).

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os efeitos significativos para doses de N e da interação sistemas de produção de palhada × dose de N foram avaliados por meio de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de produção de palhada de milho + *U. ruziziensis* (consórcio) proporcionou a maior quantidade de palhada, sendo superior a 8.000 kg ha⁻¹, suficiente para conferir 100% de recobrimento do solo antes da semeadura do feijoeiro (Tabela 1). Apesar da diferença apresentada, os sistemas de produção de palhada com *U. ruziziensis* e milho exclusivos também demonstraram ótima alternativa para uso no SPD, pois a quantidade de palhada obtida foi superior a 7.000 kg ha⁻¹ (SARAIVA; TORRES, 1993), com destaque para *U. ruziziensis* exclusiva, que também conferiu o máximo recobrimento do solo. Deve-se destacar que a quantidade de palhada obtida nos três sistemas de produção é considerada adequada para a condução do SPD. Souza et al. (2011) em Botucatu (SP), obtiveram valores de 13.700 e 16.400 kg ha⁻¹ para o consórcio milho + *U. ruziziensis*, em dois anos de experimentação. Nas condições de Jaboticabal (SP) e Selvíria (MS), Fiorentin et al. (2011) e Costa et al. (2012) verificaram valores de 6.300 e 5.600 kg ha⁻¹ para o consórcio, respectivamente. Os resultados na literatura são contraditórios em razão das diferentes modalidades de consórcio (BORGHI; CRUSCIOL, 2007), bem como ao fator climático em cada região produtora.

Tabela 1. Valores médios referentes ao recobrimento, quantidade de palhada sobre o solo e nitrogênio (N) acumulado na palhada das culturas de milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, realizado dois dias antes da semeadura do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, em Jaboticabal - SP, 2012⁽¹⁾.

Tratamentos	Recobrimento do solo (%)	Quantidade de palhada (kg ha ⁻¹)	N acumulado na palhada (kg ha ⁻¹)
Sistema de produção de palhada			
Milho	62b	7.200b	57,3b
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	100a	8.600a	93,0a
<i>U. ruziziensis</i>	100a	7.300b	83,1a
CV (%)	2,78	7,11	11,65
DMS (5%)	6	713	11,8
Teste F	1182,7**	29,4**	61,6**

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (p > 0,05) pelo teste Tukey.

** significativo a 1% pelo teste F.

Os sistemas de produção de palhada com milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva obtiveram o maior acúmulo de N, sendo de 93 e 83 kg ha⁻¹, respectivamente. Palhadas de espécies do gênero *Urochloa* cultivadas de maneira exclusiva ou consorciada com milho, apresentam acúmulo de 100 a 150 kg ha⁻¹ de N (PACHECO et al., 2011; BATISTA et al., 2011). Esses resultados apontam que durante o ciclo do feijoeiro foram liberados N e outros nutrientes pelas palhadas de milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva. Porém, houve liberação de N em maior quantidade pelas palhadas com *U. ruziziensis* (exclusiva ou em consórcio) devido a sua menor relação C/N, o que pode explicar, em parte, o desempenho produtivo do feijoeiro nesses dois sistemas de produção de palhada, onde mesmo na ausência da adubação nitrogenada em cobertura obteve-se produtividade acima de 2.000 kg ha⁻¹ (Figura 3C). Crusciol et al. (2007) também verificaram que mesmo na ausência do fertilizante nitrogenado o feijoeiro cultivado em sucessão

a gramíneas, em SPD, pode atingir níveis de produtividade superiores a 2.200 kg ha⁻¹. Segundo Brito, Muraoka e Silva (2009) a capacidade do feijoeiro em desenvolver associações simbióticas com bactérias fixadoras de N também pode ter suprido parcialmente a demanda do nutriente pela cultura.

Em relação ao teor de N foliar no feijoeiro verificou-se crescimento linear em função das doses de N aplicadas (Figura 2), corroborando com os resultados obtidos por Kaneko et al. (2010), Sant'Ana et al. (2010) e Fiorentin et al. (2011). Observou-se que mesmo na ausência de adubação nitrogenada, os teores de N foliar ficaram dentro da faixa considerada adequada ao feijoeiro (30 a 50 g kg⁻¹) de acordo com Ambrosano et al. (1997). Os resultados obtidos demonstram os benefícios obtidos pelo SPD promovendo aumento no teor de matéria orgânica e consequentemente, nas quantidades de N-inorgânico e nas taxas de mineralização e nitrificação, aumentando a disponibilidade deste nutriente no solo (SIQUEIRA NETO et al., 2010).

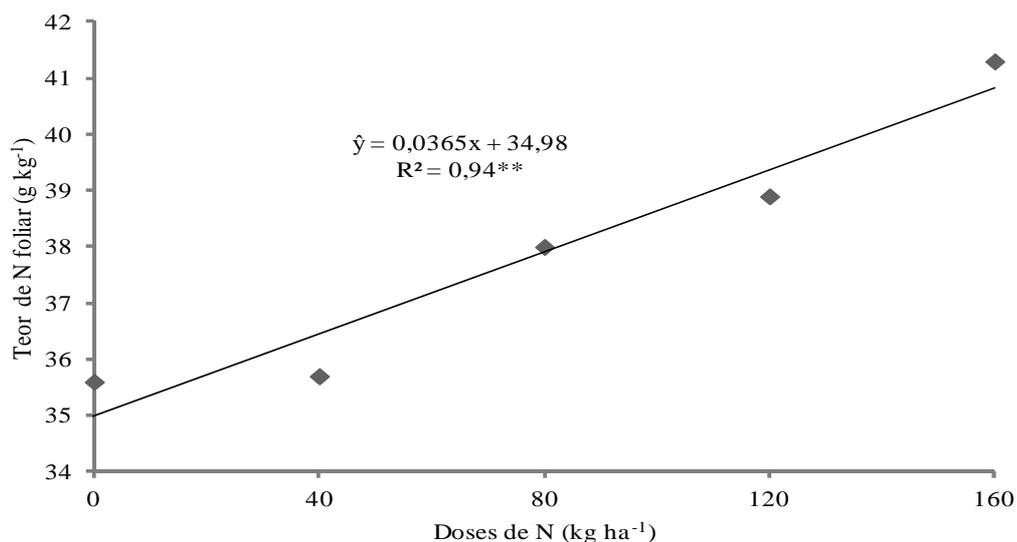


Figura 2. Teor de nitrogênio (N) nas folhas do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2012.

Houve efeito da interação sistemas de produção de palhada e doses de N para o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e para produtividade de grãos (Figura 3A, B e C, respectivamente).

Para as três variáveis o feijoeiro apresentou comportamento linear crescente com o aumento das doses de N no sistema de produção de palhada com *U. ruziziensis* exclusiva. Nesse sistema de produção de palhada, os valores mais elevados dos componentes de produção número de vagens por planta e número de grãos por vagem, refletiram na obtenção da maior produtividade de grãos e evidenciaram que a dose de 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura não foi suficiente para o feijoeiro expressar todo seu potencial.

produtivo. Neste caso preconiza-se a necessidade de doses maiores de N, sendo que nas condições experimentais a elevada quantidade de resíduos orgânicos do cultivo antecessor, possivelmente provocou grande imobilização do N pela biomassa microbiana, ou seja, criou condições limitantes para o feijoeiro pronunciar toda sua capacidade produtiva. Destaca-se também que o feijoeiro em sucessão a palhada de milho obteve a menor produtividade, não sendo responsiva a aplicação de N em cobertura e produzindo em média 1.931 kg ha⁻¹. Resultado semelhante foi obtido por Fiorentin et al. (2011) onde o feijoeiro em sucessão à milho exclusivo, apresentou produtividade de grãos de 1.636 kg ha⁻¹, no primeiro ano após a implantação do SPD.

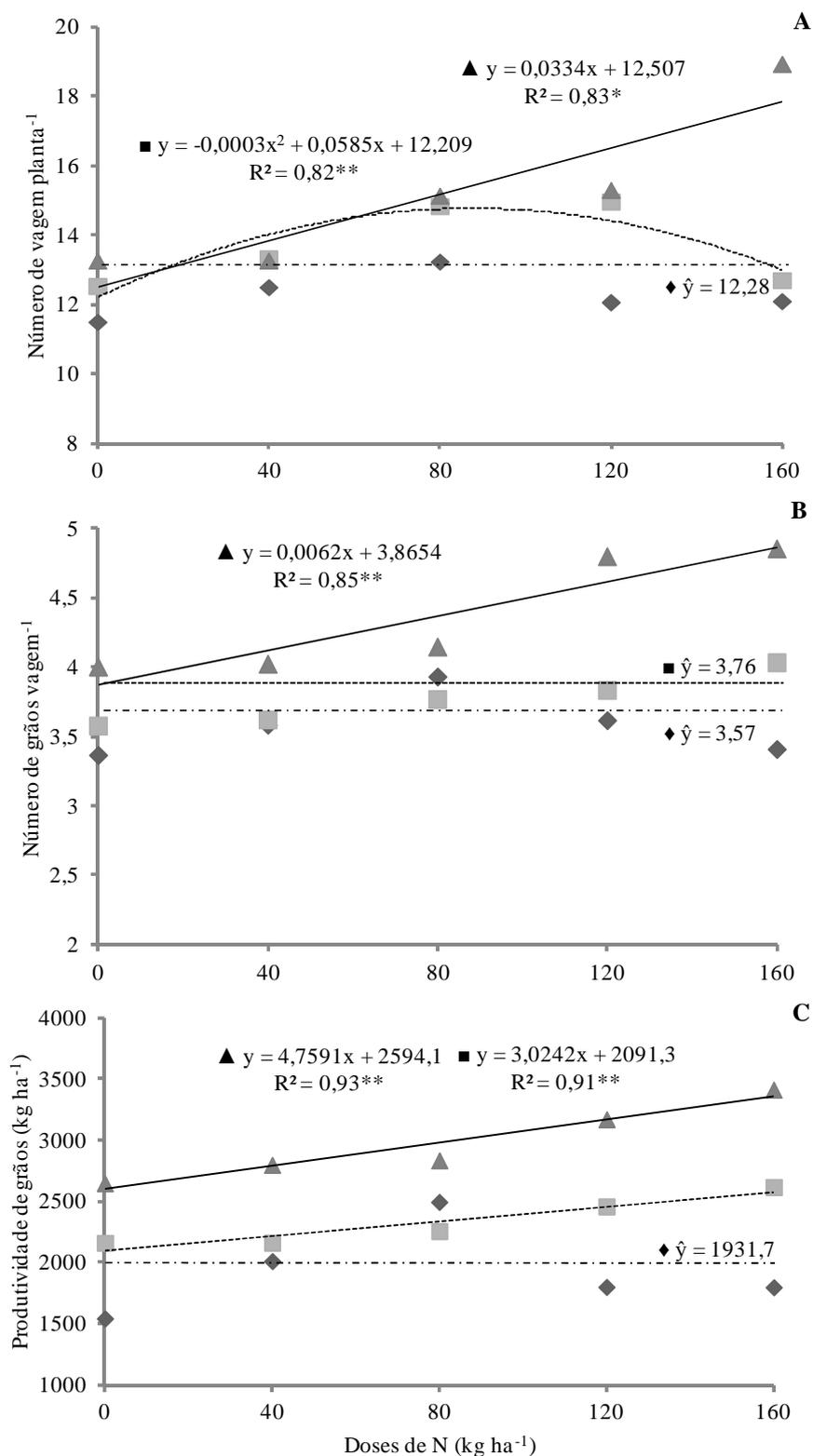


Figura 3. Número de vagens por planta (A), número de grãos por vagem (B) e produtividade de grãos (C) do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo (◆), consórcio milho + *U. ruziziensis* (■) e *U. ruziziensis* exclusiva (▲) em Jaboticabal-SP, 2012.

Outro aspecto a ser considerado na produtividade de grãos é o potencial da liberação de N pela mineralização da palhada ao feijoeiro. Nesse sentido, a *U. ruziziensis* pode ter liberado ao solo maior quantidade de N e outros nutrientes presentes em sua composição, em relação à palhada de milho, por apresentar menor relação C/N, possibilitando maior ciclagem de nutrientes. Gramíneas forrageiras com características perenes apresentam alta densidade de raízes, renovações periódicas do sistema radicular e distribuição uniforme dos exsudatos no solo (CUNHA et al., 2011), melhorando os atributos biológicos (CARNEIRO et al., 2008), permitindo que estirpes de rizóbios nativos realizem a fixação biológica de N₂ atmosférico. Além disso, o emprego destas espécies, principalmente braquiárias, na rotação de culturas, contribui para melhorar a estruturação do solo, adicionar matéria orgânica e na supressão de patógenos, bem como o subsídio de N ao sistema de produção, de até 45 kg ha⁻¹, em função da ocorrência de microrganismos fixadores livres na rizosfera dessas forrageiras, como bactérias do gênero *Azospirillum* (FANCELLI, 2009).

Outro fator que pode influenciar a produtividade de grãos no feijoeiro é a ocorrência de altas temperaturas na fase reprodutiva. Temperaturas diurnas acima de 30 °C e noturnas superiores a 20 °C pro-

vocam abortamento de órgãos reprodutivos como flores e vagens em formação (DIDONET; VITÓRIA, 2006). O feijoeiro teve seu desenvolvimento reprodutivo num período com temperatura diurna inferior a 30 °C em apenas um curto espaço de tempo, entre 11 e 14 de outubro, atingindo o máximo de 38 °C em 31 de outubro. No entanto, a temperatura noturna foi superior a 20 °C apenas no período de 25 de outubro a 01 de novembro, já no final do ciclo da cultura (Figura 1).

No sistema de produção de palhada com *U. ruziziensis* exclusiva, a produtividade de grãos do feijoeiro ultrapassou 3.000 kg ha⁻¹, podendo inferir que essa variável pode não ter sido influenciada tão drasticamente pela condição climática em razão dos benefícios adquiridos pela adoção do SPD, devido a formação de palhada e do total recobrimento da superfície do solo, promovendo a redução da variação térmica e a maior taxa de infiltração de água no solo (SILVA et al., 2006a), associado ao uso de irrigação e tratos culturais adequados, permitindo que o feijoeiro semeado em agosto possa tornar-se uma alternativa de cultivo em regiões quentes.

O sistema de produção de palhada com *U. ruziziensis* exclusiva também se destacou em relação à massa de cem (100) grãos e o rendimento de peneira, obtendo valores de 28,4 g e 83,8%, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios referentes à massa de 100 grãos, rendimento de peneira (igual e acima da peneira 12), proteína bruta e relação de hidratação do feijoeiro, cultivar IAC formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2012⁽¹⁾.

Tratamentos	Massa de 100 grãos (g)	Rendimento de peneira (%)	Proteína bruta (g kg ⁻¹)	Relação de hidratação ----
Sistema de produção de palhada (S)				
Milho	25,8b	75,6c	199	2,04
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	26,8b	79,1b	191	2,05
<i>U. ruziziensis</i>	28,4a	83,8a	201	2,06
CV (%)	3,71	2,32	6,16	0,50
DMS (5%)	1,3	2,4	16	0,03
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)				
0	26,4	77,9	191	2,05
40	27,2	78,6	194	2,05
80	27,2	81,6	200	2,04
120	26,9	80,8	198	2,05
160	27,4	78,6	201	2,06
CV (%)	4,85	5,28	7,64	0,82
DMS (5%)	1,8	5,8	21	0,03
Teste F				
S	26,09**	73,32**	2,84 ^{ns}	6,88 ^{ns}
D	0,89 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,70 ^{ns}	2,29 ^{ns}
S × D	0,29 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,46 ^{ns}

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (p > 0,05) pelo teste Tukey.

** significativo a 1% e ns - não significativo pelo teste F.

A alta massa de grãos e o elevado rendimento de peneira são características de grande importância para o tipo de grão carioca, uma vez que o mercado consumidor tem preferência para grãos graúdos com rendimento de peneira superior a 70%, sendo a cultivar Pérola considerada o padrão de comercialização no Brasil (CARBONELL et al., 2010). Para essa cultivar, Soratto et al. (2006) utilizando a dose de 90 kg ha⁻¹ de N parcelada em V₄ e R₅ encontraram valores variando de 84% a 87% nesta característica tecnológica.

O teor de proteína bruta nos grãos não sofreu influência dos sistemas de produção de palhada e das doses de N em cobertura, apresentando pequena variação numérica entre 191 e 201 g kg⁻¹ (Tabela 2). Esses resultados podem ser justificados pela quantidade de palhada decomposta durante o ciclo do feijoeiro, pois mesmo sem aplicação de N em cobertura houve suprimento adequado desse nutriente à cultura, bem como por meio da fixação biológica de N₂ atmosférico, para a demanda de N por parte dos grãos do feijão. Resultados semelhantes foram encontrados por Fiorentin et al. (2011) e Mingotte (2011) trabalhando com sistema de cultivo e dose de N no primeiro e segundo anos após a implantação do SPD.

A relação de hidratação não foi influenciada

por sistema de produção de palhada e doses de N, sendo que após 12 horas (43.200 segundos) de embebição, os valores obtidos foram próximos a dois (Tabela 2). Pode-se afirmar que, após o período de maceração, os grãos absorveram massa de água semelhante à sua massa inicial, concordando com os resultados de Silva et al. (2006b) e Farinelli e Lemos (2010).

O tempo de cozimento foi influenciado por sistema de produção de palhada e doses de N (Figura 4). Com o aumento das doses de N houve redução no tempo de cozimento para o feijoeiro em sucessão a milho exclusivo. Desempenho semelhante foi observado por Farinelli e Lemos (2010), Fiorentin et al. (2011) e Mingotte (2011), onde verificaram que com o aumento das doses de N aplicadas em cobertura houve redução no tempo para cozimento, variando de 1380 a 1560 segundos, de 1800 a 2160 segundos e de 1980 a 2340 segundos, respectivamente, utilizando as cultivares Pérola nos dois primeiros trabalhos e a IPR Juriti no último. No entanto, o menor tempo de cocção foi observado no sistema de produção de palhada com *U. ruziziensis* exclusiva, onde os dados não se ajustaram a nenhum modelo matemático, apresentando valor médio de 811 segundos (aproximadamente 14 minutos). Destaca-se que de acordo com a classificação de Proctor e Watts (1987) os grãos apresentaram rápida cocção.

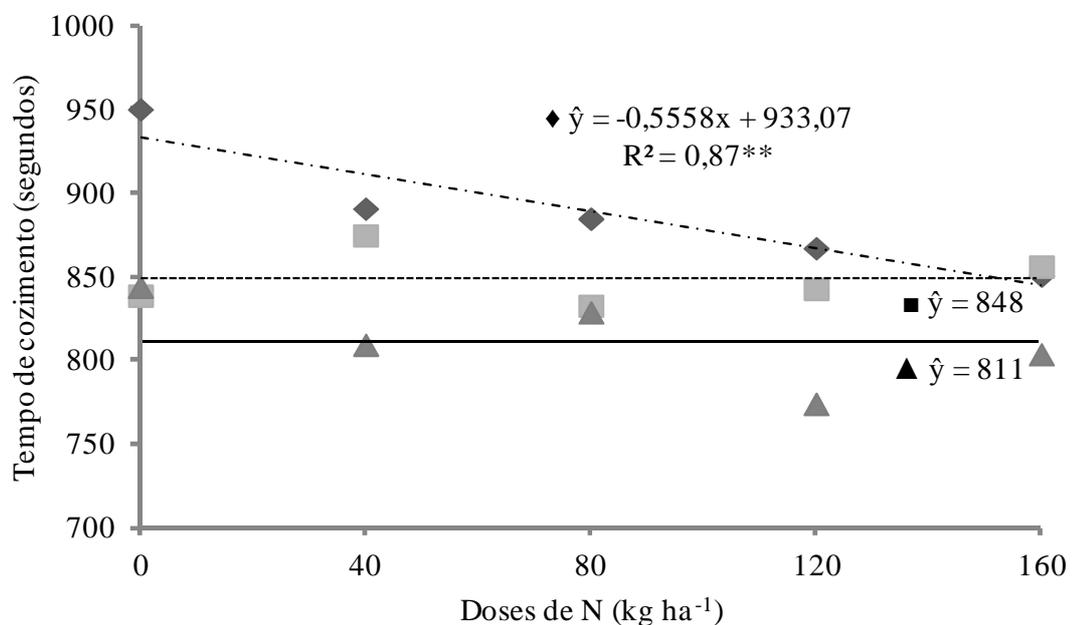


Figura 4. Tempo de cozimento de grãos do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo (◆), consórcio milho + *U. ruziziensis* (■) e *U. ruziziensis* exclusiva (▲) em Jaboticabal-SP, 2012.

CONCLUSÕES

A adoção do consórcio *U. ruziziensis* + milho permite maior formação de palhada e adequado recobrimento da superfície do solo visando o cultivo do feijoeiro em sucessão.

A adubação nitrogenada em cobertura influencia na produtividade do feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva e milho consorciado com *U. ruziziensis*.

O feijoeiro em sucessão ao sistema de produção de palhada com *U. ruziziensis* permite a obtenção de maior massa de grãos e rendimento de peneira.

O tempo de cozimento dos grãos é diminuído em função das doses de N empregadas no feijoeiro em sucessão a milho exclusivo.

REFERÊNCIAS

- AMBROSANO, E. J. et al. Feijão. In: RAIJ, B., van. et al. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. v. 2, cap. 19, p. 194-195.
- BATISTA, K. et al. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria Brizantha* em Sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.
- BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Marcha de absorção do nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) WALP.) e feijão-comum (*Phaseolus Vulgaris* L.) determinada com uso de 15N. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 895-905, 2009.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, cap. 7, p.375-470.
- CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistema de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 276-283, 2008.
- COSTA, N. R. et al. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007.
- CUNHA, E. Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 589-602, 2011.
- DIDONET, A. D.; VITÓRIA, T. B. Resposta do feijoeiro comum ao estresse térmico aplicado em diferentes estágios fenológicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 2, p. 199-204, 2006.
- FANCELLI, A. L. Pesquisas certificam espécies para rotação de culturas. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 9, p. 17-20, 2009.
- FARINELLI, R.; LEMOS; L. B. Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.
- FIORENTIN, C. F. et al. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante a influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 917-924, 2011.
- KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 3, p. 499-522.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 308 p.
- MINGOTTE, F. L. C. **Adubação nitrogenada no feijoeiro de primavera em sucessão a milho e braquiária em plantio direto**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) -

Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Toronto, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

ROCHA, P. R. et al. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 9-17, 2011.

SANT'ANA, E. V. P.; SILVEIRA, P. M.; SANTOS, A. B. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.

SARAIVA, O. F.; TORRES, E. **Estimação da cobertura do solo por resíduos culturais**. Londrina: EMBRAPA-CNPQ, 1993. 4 p.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 739-745, 2006b.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 391-399, 2006a.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro**: Uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - SPI, 1994. 46 p. (Documentos, 27).

SILVEIRA, P. M. et al. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, 2005.

SIQUEIRA NETO, M. et al. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 923-936, 2010.

SORATTO, R. P. et al. Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 223-228, 2006.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.