

SISTEMAS DE CULTIVO ANTECESSORES E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM PLANTIO DIRETO

COVER CROP SYSTEMS AND NITROGEN TOPDRESSING ON COMMON BEAN IN NO-TILLAGE

Fabio Luíz Checchio MINGOTTE^{1,3}; Marcela Midori YADA^{1,4}; Celso Antônio JARDIM¹; Ciro Franco FIORENTIN²; Leandro Borges LEMOS^{1,4}; Domingos FORNASIERI FILHO¹

1. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Jaboticabal, SP, Brasil. flcmingotte@gmail.com; 2. Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR; 3. Bolsista FAPESP; 4. Bolsista CNPq.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar a formação de palhada e recobrimento do solo em sistemas de cultivo representados por milho, *Urochloa ruziziensis* e consórcio entre ambos, e sua influência no desempenho produtivo e eficiência agrônômica do feijoeiro em sucessão submetido a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Os experimentos foram conduzidos em Latossolo Vermelho eutrófico, no segundo ano após implantação do sistema de plantio direto, em Jaboticabal (SP). Foi utilizada a cultivar de feijoeiro IPR 139 em parcelas subdivididas, com três repetições, dispostas em blocos casualizados. As parcelas foram compostas por três sistemas de cultivos, representados por milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva (verão 2009/10) antecedendo a cultura do feijão irrigado, tendo como subparcelas cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura no estágio V_{4.4}. O uso de *U. ruziziensis* num sistema de sucessão de culturas, seja de forma exclusiva ou consorciada com o milho favorece a formação de palhada suficiente para o total recobrimento da superfície do solo, possibilitando produtividade de grãos similar ao milho exclusivo. O feijoeiro em sucessão ao consórcio não respondeu à adubação nitrogenada em cobertura, diferentemente ao observado na sucessão com milho exclusivo, onde a produtividade de grãos foi positivamente influenciada pela adubação nitrogenada em cobertura. Observou-se redução na eficiência de uso do nitrogênio com incremento da dose do nutriente em cobertura.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*. *Zea mays*. *Urochloa ruziziensis*. Milho consorciado com *U. ruziziensis*. Produtividade. Eficiência agrônômica.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o feijoeiro apresenta baixa produtividade média de grãos, em torno de 900 kg ha⁻¹, porém, rendimentos superiores a 3.000 kg ha⁻¹ são comumente obtidos em lavouras irrigadas, com o uso de sistemas conservacionistas como o plantio direto na palha (SPD), bem como por meio do fornecimento de nitrogênio (N) na dose, momento e forma de aplicação adequada.

Apesar da capacidade de fixar o N atmosférico, por simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, a quantidade do nutriente suprida por esse processo é, em geral, insuficiente para a cultura atingir elevadas produtividades (BRITO et al., 2011). O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, dentre os quais o N é absorvido em quantidade mais elevada, sendo responsável pelo incremento da área foliar da planta, o que aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar, a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

A resposta da cultura ao fornecimento ou não do N mineral é também influenciada pelo tipo de resíduo vegetal presente na superfície do solo. Resíduos com elevada relação C/N contribuem para

o processo de imobilização microbiana de N no solo interferindo na produtividade das culturas, assim no SPD talvez ocorra necessidade de aplicação de doses elevadas de N em função da velocidade na taxa de decomposição e da relação C/N da palhada (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; MINGOTTE et al., 2012).

Segundo Kluthcouski et al. (2003), o feijoeiro vem sendo explorado em diversos sistemas de produção agrícola, com grande destaque no SPD, que preconiza o mínimo revolvimento do solo, a rotação ou sucessão de culturas e a formação de cobertura vegetal no solo ou palhada. Porém, em regiões de Cerrado, bem como no Norte e Noroeste do Estado de São Paulo, a maior dificuldade para se obter sucesso nesse sistema de produção, está na formação e manutenção da palhada no solo em razão da alta taxa de decomposição desses resíduos vegetais devido às condições de clima tropical com estação seca no inverno.

A quantidade e a qualidade 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 que lhe é dado (GOMES JÚNIOR et al., 2008; ROSOLEM et al., 2010). No SPD deve-se dar preferência ao

cultivo de gramíneas, de alta relação C/N, para acelerar a formação da camada de palhada no solo, onde o milho (*Zea mays* L.) e espécies do gênero *Urochloa*, principalmente *U. ruziziensis* veem se apresentando como as melhores alternativas, podendo ser exploradas em cultivos exclusivos ou consorciadas, promovendo novas alternativas de sistemas de produção, podendo citar a Integração Lavoura-Pecuária, ILP (KLUTHCOUSKI et al., 2007).

Neste contexto, também devem ser destacados os trabalhos que estudaram o desempenho do feijoeiro em relação à adubação nitrogenada, em diversos sistemas de manejo de solo, nos quais alguns resultados mostraram resposta da cultura a doses de N acima de 100 kg ha⁻¹, principalmente em sucessão e/ou rotação com gramíneas (MEIRA et al., 2005; SANTOS; FAGERIA, 2007). No entanto, a recomendação oficial de adubação para o estado de São Paulo, é baseada apenas no sistema de preparo convencional do solo, ficando evidente a necessidade de trabalhos envolvendo sistemas de cultivo antecessores ao feijoeiro submetido a doses de N no SPD.

Gomes Junior et al. (2008) aplicando cinco doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), fonte uréia, em duas épocas da fase vegetativa (terceira e sexta folha trifoliolada) em duas cultivares (Pérola e IPR Juriti) no SPD sobre palhada de milho, milheto e braquiária, não verificaram diferença na produtividade do feijoeiro quanto ao fracionamento da aplicação do N, ocorrendo aumento linear em função das doses de N em SPD sobre palhada de milho para ambas cultivares.

Por outro lado, o alto custo, além de seu caráter poluidor e a baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados faz com que sejam necessárias alternativas viáveis que maximizem seu uso e manejo de forma eficiente (BARBOSA FILHO et al., 2005; SANT'ANA et al., 2011). Fornasieri Filho et al. (2007) estudando adubação nitrogenada no SPD no feijoeiro de inverno irrigado em sucessão ao milheto, verificaram que a cultivar Pérola apresentou maior eficiência agrônômica no uso do N em relação a cultivar IAC Una. A eficiência agrônômica diminuiu à medida que as doses de N aumentaram, sendo que, na dose de 50 kg ha⁻¹ em cobertura, o incremento de kg de grãos de feijão por kg de N aplicado foi maior para as cultivares em dois anos de experimentação.

O objetivo do trabalho foi avaliar a formação de palhada e recobrimento do solo em sistemas de cultivo representados por milho, *Urochloa ruziziensis* e consórcio entre ambos, e sua influência no desempenho produtivo e eficiência

agronômica do feijoeiro em sucessão submetido a diferentes doses de nitrogênio em cobertura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em Jaboticabal-SP, situado na latitude de 21° 15' 22" S, longitude de 48° 18' 58" W, com altitude média de 565 metros acima do nível do mar, em Latossolo Vermelho eutroférico. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é considerado como Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A área experimental em que foi desenvolvido o experimento encontrava-se no segundo ano após implantação do SPD, tendo sido cultivada anteriormente com culturas anuais (milho, feijão e arroz) por 15 anos no sistema de semeadura convencional de manejo físico do solo, com alguns períodos de pousio.

Os resultados da análise química do solo, obtidos antes da instalação do feijoeiro, na profundidade de 0-20 cm, foram: 55 mg dm⁻³ de P (resina); 19 g kg⁻¹ de M.O.; 5,2 de pH (Ca Cl₂); 6 mmol_c dm⁻³ de K; 27 mmol_c dm⁻³ de Ca; 11 mmol_c dm⁻³ de Mg; 34 mmol_c dm⁻³ de H+Al; 78 mmol_c dm⁻³ de CTC e 57% de saturação por bases.

O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas, com três repetições, dispostas em blocos casualizados. As parcelas foram representadas por três sistemas de cultivo de verão (safra 2009/10) formados por milho exclusivo, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, antecedendo o cultivo do feijoeiro. As subparcelas consistiram em cinco doses de nitrogênio aplicadas em cobertura na cultura do feijão, sendo 0 (sem aplicação), 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹, utilizando-se como fonte a uréia. A dose de 80 kg de N ha⁻¹ em cobertura refere-se à classe de resposta alta em razão de ser cultura irrigada e cultivo após gramíneas, seguindo recomendações de Ambrosano et al. (1997). As adubações de cobertura foram aplicadas em filete contínuo a 10cm da linha da cultura sem incorporação mecânica, efetuadas no início do estágio fenológico V_{4.4}, caracterizado pela presença da quarta folha trifoliolada completamente aberta em 50% das plantas, seguida de irrigação com 10mm de lâmina d'água. Cada subparcela foi constituída por 6 linhas de feijão com 5m de comprimento, sendo consideradas úteis as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5m de cada extremidade.

As culturas utilizadas no verão foram semeadas em 17/12/2009. Na cultura do milho foi utilizado o híbrido de ciclo precoce DKB 390 YG,

no espaçamento de 0,90 m. A adubação mineral de semente utilizada foi constituída de 28 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70 kg ha⁻¹ de K₂O. Na adubação de cobertura foram utilizados 120 kg ha⁻¹ de N, no estágio de desenvolvimento V₆, sem incorporação e com aplicação de 15mm de lâmina d'água logo após a adubação. A colheita do milho foi realizada manualmente no dia 05/05/10. A espécie forrageira empregada foi a *U. ruziziensis* que apresenta crescimento subereto e colmos com base decumbente emitindo raízes nos nós em contato com o solo. No sistema de cultivo com milho consorciado com *U. ruziziensis*, a forrageira foi semeada em fileira dupla aplicando-se valor cultural de 400 pontos, equivalendo-se a 7,5 kg de sementes por ha, no espaçamento de 0,45m entre linhas quando semeada exclusivamente.

Em razão do acamamento da forrageira, o sistema de cultivo com *U. ruziziensis* exclusiva foi manejado aos 60 e 120 dias após a emergência das plântulas (DAE), com desintegrador de plantas mecânico tipo triton. Vinte dias antes da sementeira do feijoeiro, realizou-se a aplicação de glifosato (1.440 g i.a. ha⁻¹) em toda área experimental.

A sementeira do feijoeiro foi realizada em 19 de agosto de 2010, utilizando a cultivar IPR 139, distribuindo-se mecanicamente 12 sementes viáveis por metro, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas. As sementes receberam tratamento químico com thiametoxam (140 g i.a./100 kg de sementes) e carbendazim + thiram (45 + 105 g i.a./100 kg de sementes). Na adubação de sementeira, aplicou-se 245 kg ha⁻¹ do formulado 02-20-20, ou seja, 4,9 kg de N, 49 kg de P₂O₅ e 49 kg de K₂O por hectare, respectivamente. As plântulas emergiram aos sete dias após a sementeira, sendo que a cultura foi mantida em regime de irrigação por aspersão convencional, com turno de rega de 4 a 6 dias, utilizando-se 10 a 50mm de lâmina de água por turno, dependendo da fase de desenvolvimento da cultura, visando atender o sistema solo-planta-atmosfera. Durante o ciclo do feijoeiro houve precipitação pluvial total de 282mm e temperatura média oscilando entre 18 e 28°C.

Aos 15 DAE do feijoeiro, realizou-se aplicação do herbicida fluazifop-p-butil (75 g i.a. ha⁻¹). O controle de pragas e doenças foi realizado com aplicações de azoxystrobin (40 g i.a. ha⁻¹), lambda-cialotrina (30 g i.a. ha⁻¹) e abamectina (5,4 g i.a. ha⁻¹) entre 20 e 25 DAE, tiametoxam (14,1 g i.a. ha⁻¹) e lambda-cialotrina (10,6 g i.a. ha⁻¹) aos 40 DAE e aos 65 DAE foram aplicados piraclostrobina (75 g i.a. ha⁻¹), deltametrina (3,5 g i.a. ha⁻¹) e triazofós (122 g i.a. ha⁻¹).

Por ocasião do final do ciclo da cultura do milho, exclusivo e consorciado, foram determinadas a altura de plantas e de inserção da espiga principal (do nível do solo à folha bandeira e desde o nível do solo à inserção da espiga principal da planta, respectivamente, pelo auxílio de uma régua graduada), diâmetro do colmo (no segundo entrenó a partir da base em dez plantas por subparcela, o qual foi mensurado com uso de paquímetro digital) e produtividade de grãos (estimada em t ha⁻¹, coletando-se todas as espigas presentes nas duas linhas centrais de cada parcela e valores corrigidos a 0,13 kg kg⁻¹ em base úmida).

Antes da sementeira do feijoeiro, avaliou-se a porcentagem de cobertura morta na superfície do solo utilizando a metodologia de Laflen et al. (1981). Os resíduos vegetais remanescentes das espécies cultivadas no verão foram coletados em três subamostras de 0,25 m² da área útil de cada subparcela, lavados em água deionizada e submetidos à secagem em estufa a 60°C até atingir peso constante, estimando-se a quantidade de palhada (t ha⁻¹). Após a determinação da quantidade de palhada produzida, subamostras do material foram moídas e submetidas à análises laboratoriais para a obtenção do teor total de N, de acordo com a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

No feijoeiro foram avaliadas a população inicial e final de plantas, durante os estádios fenológicos V₂ e R₉, respectivamente. Para estas avaliações, efetuou-se a contagem em 10m de linha da área útil de cada subparcela e os dados transformados para mil plantas por hectare.

Durante o estágio de florescimento pleno do feijoeiro (R₆), realizou-se a leitura indireta de clorofila, com o aparelho Minolta SPAD-502, no terceiro trifólio do terço médio, sendo feitas três leituras por folíolo, em trinta plantas por subparcela. Os dados de leitura foram transformados em teor de clorofila (mg dm⁻²) pela equação $y = -0,152 + 0,0996x$ (BARNES et al., 1992). O teor de N total nas folhas foi determinado coletando-se os mesmos trifólios em que se realizou a leitura de clorofila, acondicionados em sacos de papel e secos em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas, moídos e submetidos à análise (BATAGLIA et al., 1983). No mesmo período determinou-se o número de trifólios de 10 plantas coletadas aleatoriamente em cada subparcela.

Por ocasião da colheita do feijoeiro, aos 90 DAE, foram coletadas dez plantas na linha de cultivo de cada subparcela e determinados o número de vagens/planta, o número de grãos/vagem e a massa de 100 grãos. A produtividade de grãos, expressa em kg ha⁻¹, foi obtida pelo arranquio

manual das plantas em quatro linhas centrais de cada subparcela e posterior trilha mecânica, corrigindo-se a umidade para a 130 g kg^{-1} em base úmida.

Também foi determinada a eficiência do uso de nitrogênio, de acordo com Fageria e Baligar (2005), por meio do cálculo da eficiência agrônômica (EA), onde $EA = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (QN_a)$, expressa em kg kg^{-1} , em que PG_{cf} é a produção de grãos com fertilizante nitrogenado; PG_{sf} é a produção de grãos sem fertilizante nitrogenado; e QN_a é a quantidade de nitrogênio aplicado em kg.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Os efeitos significativos para doses de N e da interação sistemas de cultivo x dose de N foram avaliados por meio de análise de

regressão polinomial, sendo testados os modelos matemáticos linear e quadrático, com a aplicação do que proporcionou melhor ajuste aos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à altura de plantas e inserção da espiga principal do milho não ocorreram diferenças entre os cultivos exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* (Tabela 1). Ocorreu redução no diâmetro de colmo de plantas de milho consorciado, uma vez que a competição interespecífica pode resultar em plantas com colmos mais finos e com menor ganho de matéria seca, pois se trata de uma estrutura destinada ao armazenamento de fotoassimilados sujeitos ao translocamento à espiga.

Tabela 1. Altura de plantas, altura de inserção da espiga principal, diâmetro do colmo e produtividade de grãos de milho exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* cultivados no verão 2009/10 em Jaboticabal-SP⁽¹⁾.

Tratamentos	Altura de plantas ----- m -----	Altura de inserção da espiga principal ----- m -----	Diâmetro de colmo ---- mm ----	Produtividade de grãos --- t ha ⁻¹ ---
Sistemas de cultivo (S)				
Milho	2,29	1,45	21,9 a	7,3
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	2,27	1,43	20,4 b	7,0
<i>U. ruziziensis</i>	-	-	-	-
CV (%)	3,0	1,5	2,7	13,7
Teste F	1,94 ^{ns}	6,92 ^{ns}	50,51* ⁽²⁾	0,77 ^{ns} ⁽³⁾

¹ Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ² *($p < 0,05$) e ³ ns - não significativo, respectivamente pelo teste F.

A diferença entre a produtividade de grãos de milho cultivado em consórcio com *U. ruziziensis* em relação ao cultivo exclusivo não foi significativa (Tabela 1), corroborando com os resultados de Lara-Cabezas e Pádua (2007). Estes resultados evidenciam a possibilidade do consórcio simultâneo de *U. ruziziensis* com a cultura do milho em plantio direto, podendo ainda suplantar a prática da ILP, conforme indicações de Noce et al. (2008).

Ocorreram diferenças entre os sistemas de cultivo para porcentagem de cobertura morta, quantidade de palhada na superfície do solo e teor de N na palhada, com maiores valores para *U. ruziziensis* exclusiva e no consórcio (Tabela 2). Estes resultados corroboram com as observações de Carmeis Filho et al. (2014), uma vez que a adoção do consórcio entre milho e *U. ruziziensis* permitiu maior formação de palhada e adequado recobrimento da superfície do solo, quando comparado ao milho exclusivo, visando o cultivo do feijoeiro em sucessão. A quantidade de palhada produzida no sistema com *U. ruziziensis* exclusiva

foi semelhante aos apresentados por Gomes Junior et al. (2008) de $12,3 \text{ t ha}^{-1}$ (*U. brizantha*) mesmo com a antecipação do manejo mecânico da forrageira.

No SPD, a cobertura do solo deve ser priorizada, de modo que a sucessão de culturas proporcione alta produção de palhada com elevada relação C/N. Em relação ao teor de N na palhada, *U. ruziziensis* apresentou o maior valor em relação ao milho, conferindo à palhada proveniente do cultivo consorciado valor intermediário (Tabela 2). De acordo com Kluthcouski et al. (2003), as espécies vegetais com diferentes relações C/N, podem interferir na permanência de palhadas na superfície do solo. Neste caso, a palhada de milho e de *U. ruziziensis* por apresentarem relação C/N de 50 a 54 e de 21 a 35 (WUTKE; DE MARIA, 2005; ROSOLEM et al., 2010) podem contribuir para a manutenção de cobertura morta na superfície do solo, bem como para a ciclagem de N quando aplicadas à sistemas de cultivo em sucessão.

Tabela 2. Cobertura morta no solo, quantidade de palhada e teor de N na palhada (Nt palhada) das culturas de milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva antes da semeadura do feijoeiro. Jaboticabal-SP, 2010⁽¹⁾.

Tratamentos	Cobertura morta ---- % ----	Quantidade de palhada ----- t ha ⁻¹ -----	Nt palhada ---- g kg ⁻¹ ----
Sistemas de cultivo (S)			
Milho	78 b	8,0 b	5,7 c
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	100 a	10,7 a	7,1 b
<i>U. ruziziensis</i>	100 a	11,3 a	10,5 a
CV (%)	6,2	24,3	13,4
Teste F	74,07* ⁽²⁾	7,43** ⁽³⁾	84,86**

¹ Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ² ***(p<0,01) e ³ *(p<0,05), respectivamente pelo teste F.

De acordo com Kluthcouski et al. (2007) a presença de palhada na superfície do solo beneficia o cultivo em sucessão, principalmente em função da melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo; assim como do aumento da capacidade de armazenamento de água e melhoria da cobertura em sua superfície. Assim, pode-se inferir que a menor quantidade de palhada no sistema contendo milho exclusivo favoreceu a ocorrência de maior variação da temperatura e menor armazenamento de água no solo em comparação aos sistemas contendo palhada de *U. ruziziensis*, tanto no cultivo exclusivo quanto no consórcio.

Nos sistemas de cultivo com *U. ruziziensis* exclusiva e no consórcio de milho com *U. ruziziensis* obteve-se população inicial de plantas de feijoeiro menor que no sistema com milho exclusivo (Tabela 3). A população final de plantas de feijoeiro não apresentou diferenças entre os sistemas de cultivo, entretanto ocorreu redução entre as populações inicial e final para os três sistemas de cultivo estudados. A menor queda foi observada no sistema de cultivo em que o consórcio milho com *U. ruziziensis* foi empregado (11,9%), enquanto que nos demais sistemas exclusivos, a redução ficou entre 13,6 e 13,5% para milho e *U. ruziziensis*, respectivamente.

Tabela 3. População inicial em V₂ e final em R₉, teor de clorofila, teor de nitrogênio foliar e número de trifólios no florescimento do feijoeiro, cultivar IPR 139, conduzido com aplicação de doses de N em cobertura, em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva. Jaboticabal-SP, 2010⁽¹⁾.

Tratamentos	População inicial -- mil plantas ha ⁻¹ --	População final -- mil plantas ha ⁻¹ --	Teor de clorofila - mg dm ⁻² -	Teor de N foliar - g kg ⁻¹ -	Trifólios -- n° --
Sistemas de cultivo (S)					
Milho	233 a	201	4,1	31,8 b	27,7 b
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	202 b	178	3,8	36,8 a	28,4 b
<i>U. ruziziensis</i>	201 b	174	4,0	38,3 a	30,2 a
CV (%)	10,86	16,38	10,99	9,96	3,45
Doses de N (kg ha ⁻¹) (D)					
0	207	181	4,0	34,2	27,2
40	211	186	3,9	34,8	27,0
80	213	191	4,2	34,3	28,7
120	217	187	3,8	35,5	31,1
160	212	178	3,9	37,2	29,8
CV (%)	6,70	8,03	9,35	5,23	7,36
Teste F					
S	9,03 **	3,57 ^{ns}	1,79 ^{ns}	13,43*	26,56** ⁽²⁾
D	0,62 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,54 ^{ns}	3,43*	6,03* ⁽³⁾
S x D	1,12 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,88 ^{ns} ⁽⁴⁾
Média geral	212	185	3,9	35,2	28,8

¹ Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ² ***(p<0,01), ³ *(p<0,05) e ⁴ ns - não significativo pelo teste F.

Esses resultados podem ser explicados pela dificuldade de realizar a semeadura pelo conjunto semeadora-adubadora devido à camada de palhada na superfície do solo produzida pela *U. ruziziensis* como cultura antecessora. Resultados semelhantes foram obtidos por Gomes Junior et al. (2008) ao reportarem a dificuldade de semeadura do feijoeiro no SPD em sucessão à forrageira. Nessas condições, o mecanismo de corte da semeadora-adubadora pode apresentar reduzida eficácia na abertura da palhada, de modo que as sementes são depositadas no interior da massa vegetal, podendo até germinar,

porém, por não haver contato com o solo, as plântulas não se desenvolvem, ocasionando redução na população de plantas.

Quanto ao teor de clorofila nas folhas do feijoeiro não foram observadas diferenças entre os tratamentos; o teor de N foliar variou em função dos sistemas de cultivo, ocorrendo maiores valores quando em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva e em consórcio com milho (Tabela 3), sendo ainda influenciado positivamente pelo uso de N em cobertura (Figura 1A).

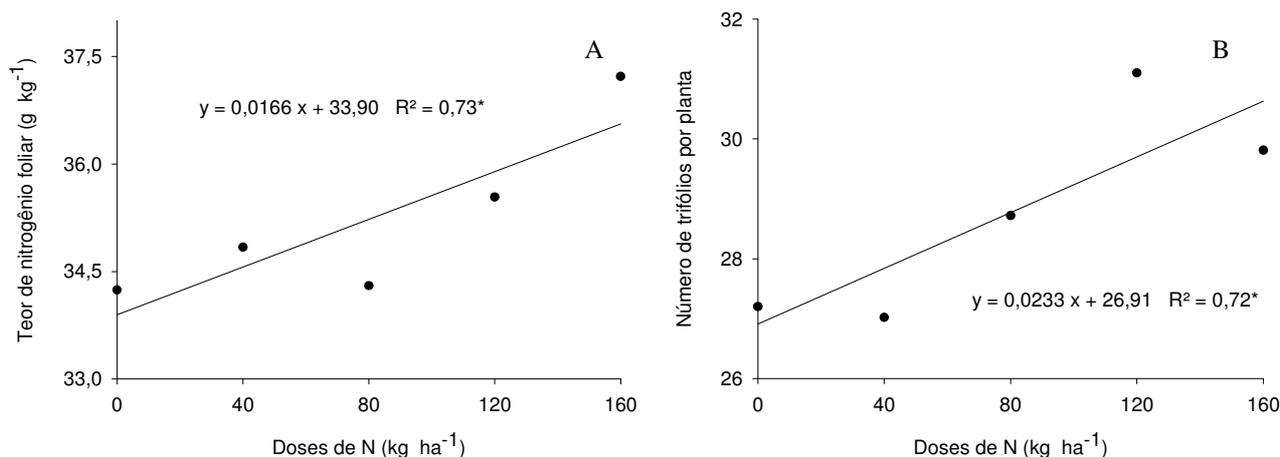


Figura 1. Teor de nitrogênio total foliar (A) e número de trifólios por planta (B) do feijoeiro, cultivar IPR 139, em função da aplicação de doses de N em cobertura, em sucessão a milho e *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, 2010. * ($p < 0,05$) pelo teste F.

Mesmo na ausência de adubação nitrogenada, os teores de N foliar estão dentro da faixa considerada como adequada ao feijoeiro (30 a 50 g kg⁻¹) de acordo com Ambrosano et al. (1997), possivelmente devido a liberação de N pela degradação da palhada do cultivo antecedente. Pode-se inferir que a medida indireta do teor de clorofila apresentou-se menos sensível para identificar possíveis deficiências de N nas folhas do feijoeiro em relação ao método da análise química (teor de N foliar), contrariando os resultados obtidos por Carvalho et al. (2003).

O número de trifólios por planta foi influenciado pelo sistema de cultivo e pelas doses de N aplicadas no feijoeiro. O maior valor para o número de trifólios foi observado no sistema de cultivo com *U. ruziziensis* exclusiva, influenciado possivelmente pela menor população inicial de plantas (Tabela 3), pois o feijoeiro possui a habilidade de compensar os espaços vazios obtendo plantas vigorosas e com maior grau de enfolhamento. Quanto ao efeito de doses de N no número de trifólios do feijoeiro, observou-se comportamento linear crescente (Figura 1B).

Segundo Fageria e Baligar (2005) o N promove a rápida expansão da folha, o que aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar e a taxa fotossintética, com ganhos de produtividade de grãos.

O número de vagens por planta foi influenciado pelo sistema de cultivo e pelas doses de N, ocorrendo ainda interação entre sistemas de cultivo e doses de N (S x D), enquanto que para o número de grãos por vagem ocorreu interação entre os dois fatores estudados (Tabela 4).

O desdobramento da interação S x D para o número de vagens por planta e grãos por vagem estão apresentados nas Figuras 2A e 2B, respectivamente. No feijoeiro cultivado após milho e *U. ruziziensis* exclusivos ocorreu comportamento constante para o número de vagens por planta, apresentando valores médios de 15,5 e 20,5, respectivamente. Na área anteriormente cultivada com milho exclusivo as plantas produziram, em média, menos vagens por planta em relação ao feijoeiro cultivado nos demais sistemas de cultivo, independente da dose de N aplicada. No sistema de consórcio entre milho e *U. ruziziensis*, os resultados

do número de vagens por planta ajustaram-se ao modelo linear crescente, ou seja, não atingiu o seu máximo até a dose de 160 kg ha⁻¹ de N. No entanto, para o número de grãos por vagens observou-se desempenho inverso ao número de vagens por planta, ou seja, esse componente da produção diminuiu com o aumento das doses de N. No feijoeiro cultivado em sucessão à *U. ruziziensis* e

milho exclusivos o número de grãos por vagens comportou-se de forma crescente à medida que houve aumento nas doses de N aplicadas. O acréscimo no número de grãos por vagem pode ser atribuído ao fato de que a planta adequadamente nutrida em N torna-se capaz de produzir maior número de óvulos fertilizados por vagem.

Tabela 4. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e eficiência agrônômica do feijoeiro, cultivar IPR 139, em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva. Jaboticabal-SP, 2010⁽¹⁾.

Tratamentos	Vagens por planta ----- n° -----	Grãos por vagem	Massa de 100 grãos --- g ---	Produtividade de grãos --- kg ha ⁻¹ ---	Eficiência agrônômica -- kg kg ⁻¹ ---
Sistemas de cultivo (S)					
Milho	15,5	3,3	26,38	2.816	7,4
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	18,5	3,7	26,47	3.025	1,0
<i>U. ruziziensis</i>	20,5	3,9	26,23	3.098	3,4
CV (%)	10,07	11,93	1,17	5,70	46,59
Doses de N (kg ha⁻¹) (D)					
0	17,0	3,7	26,83	2.693	-
40	17,2	3,7	26,54	2.936	6,1
80	17,6	3,6	26,49	2.909	2,7
120	19,2	3,5	25,93	3.152	3,8
160	19,9	3,7	26,01	3.207	3,2
CV (%)	11,68	7,83	5,34	3,65	24,41
Teste F					
S	28,70 ** ⁽²⁾	5,29 ns ⁽⁴⁾	2,35 ns	11,12 *	33,77 **
D	3,24 * ⁽³⁾	1,17 ns	0,65 ns	32,46 **	21,44 **
S x D	3,18 *	4,42 **	0,63 ns	7,65 *	13,97 **
Média geral	18,2	3,6	26,36	2.979	3,95

¹ Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ² ** (p<0,01), ³ * (p<0,05) e ⁴ ns - não significativo pelo teste F.

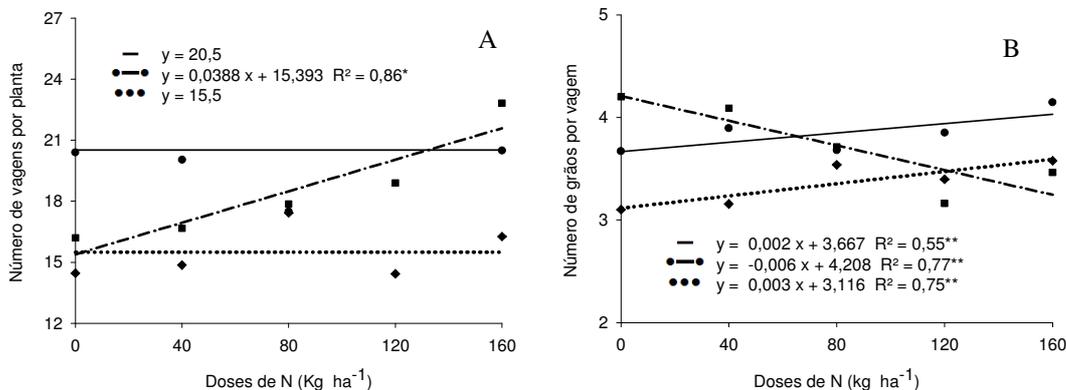


Figura 2. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de N referente ao número de vagens por planta (A) e número de grãos por vagem (B) do feijoeiro, cultivar IPR 139, em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a milho exclusivo (●●●), milho consorciado com *U. ruziziensis* (●—●) e *U. ruziziensis* exclusiva (—). Jaboticabal-SP, 2010. * (p<0,05) e ** (p<0,01) pelo teste F, respectivamente.

A massa de 100 grãos não foi influenciada pelas doses de N aplicadas em cobertura, em nenhum dos sistemas de cultivo avaliados (Tabela 4), demonstrando que não houve restrições quanto a esse nutriente às plantas para a adequada formação e enchimento dos grãos.

A produtividade de grãos e a eficiência agrônômica foram influenciadas pelos sistemas de cultivo, doses de N e pela interação S x D (Tabela 4). A produtividade do feijoeiro cultivado após o sistema de cultivo de milho consorciado com *U. ruziziensis* apresentou-se com valores próximos a 3.000 kg ha⁻¹ (Figura 3A). Nos cultivos de *U. ruziziensis* e milho exclusivos, a dose de 160 kg ha⁻¹

de N não foi suficiente para se atingir a produtividade máxima do feijoeiro, apresentando comportamento linear crescente, porém com maior rendimento para o feijoeiro cultivado após *U. ruziziensis* exclusiva. A produtividade do feijoeiro cultivado após *U. ruziziensis* exclusiva foi superior ao sistema de cultivo consorciado a partir da dose de 62 kg ha⁻¹ de N, enquanto que, no milho exclusivo isto ocorreu após a dose de 120 kg ha⁻¹ de N. Deve-se ressaltar que Meira et al. (2005) e Binotti et al. (2009) obtiveram a máxima produtividade de grãos no feijoeiro com doses de 164 e 198 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente.

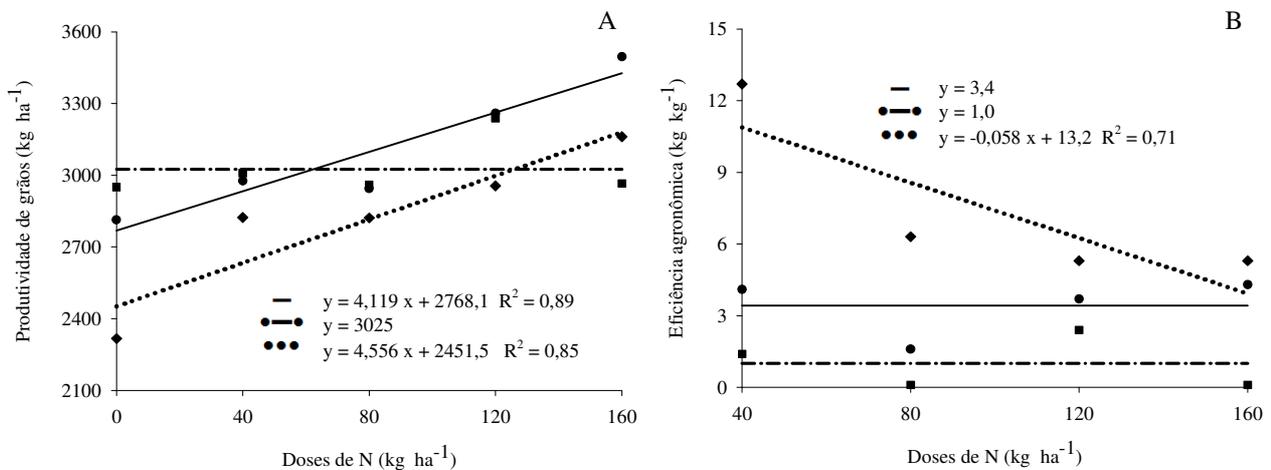


Figura 3. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de N referente a produtividade de grãos (A) ($p < 0,05$) e eficiência agrônômica (B) ($p < 0,01$) do feijoeiro cultivar IPR 139, em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a milho exclusivo (●●●), milho consorciado com *U. ruziziensis* (●—●) e *U. ruziziensis* exclusiva (—). Jaboticabal-SP, 2010.

Silveira et al. (2005) mostraram que nas palhadas de *Urochloa* e de milho consorciado com esta forrageira, a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada foi linear até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N. O aumento linear na produtividade do feijoeiro com o acréscimo de doses de N, em SPD sobre palhada de milho também foi reportado por Gomes Junior et al. (2008), porém não ocorreram efeitos da aplicação de doses de N na produtividade após o cultivo de *Urochloa*.

Em média, a produtividade do feijoeiro nos diferentes sistemas de cultivo em função das doses de N em cobertura foi de 2.979 kg ha⁻¹ (Tabela 4), e em relação ao teor de N foliar, este variou de 34,2 a 37,2 g kg⁻¹ em função das doses de N (Figura 1A). Estes resultados indicam a necessidade de pesquisas relacionadas ao teor de N considerado como adequado ao feijoeiro em cultivos sob SPD em Latossolo Vermelho, uma vez que os valores da faixa de N adequada indicados por Ambrosano et al.

(1997) são provenientes de pesquisas realizadas em sistema convencional de preparo do solo.

Além disso, os resultados obtidos neste trabalho reforçam as evidências de que há elevada demanda de N pelo feijoeiro, quando cultivado no sistema plantio direto, principalmente em sucessão a gramíneas, e condizem com os relatos de Silveira et al. (2005), Gomes Júnior et al. (2008) e Cunha et al. (2011). A elevada exigência de N pelo feijoeiro, possivelmente se deve aos resíduos presentes na superfície do solo provenientes do cultivo antecessor, propiciando maior imobilização e menor disponibilidade do nutriente para a cultura, pois parte do N foi, presumivelmente, consumido pela população microbiana do solo, durante o processo de decomposição da palhada.

Em relação à eficiência agrônômica, no sistema de cultivo em que a cultura do milho exclusivo antecedeu ao feijoeiro, foi obtido o valor de 12,7 kg de feijão por kg de N aplicado mediante

a dose de 40 kg ha⁻¹ de N, ocorrendo comportamento decrescente em função das doses de N em cobertura (Figura 3B). No feijoeiro em sucessão a braquiária exclusiva, a eficiência agrônômica manteve-se constante, apresentando incremento médio de 3,4 kg de grãos por kg de N aplicado. Após o consórcio entre milho e *U. ruziziensis* os valores de eficiência agrônômica do feijoeiro ficaram em torno de 1 kg de grãos de feijão para cada kg de N aplicado. Diante destes resultados, pode-se relatar que, sob plantio direto, em condições irrigadas e em sucessão ao cultivo de milho consorciado com *U. ruziziensis* ocorreu menor resposta do feijoeiro à aplicação de N em cobertura, em relação aos demais sistemas de cultivo experimentados. Estes resultados corroboram com Soratto et al. (2013) que verificaram ausência de resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada após cultivo de *U. brizantha* em consórcio com milho, em comparação ao cultivo anterior de milho solteiro, obtendo produtividade de grãos de aproximadamente 3.000 kg ha⁻¹, mesmo sem a aplicação de N em cobertura. Em adição, tais observações evidenciam que a inclusão da forrageira no cultivo anterior diminui a necessidade de aplicação de N ao feijoeiro cultivado em sucessão, possivelmente devido à sua elevada capacidade de ciclagem de nutrientes.

Sant'Ana et al. (2011) verificaram diminuição na eficiência de uso do N pelo feijoeiro, cultivar BRS Horizonte, obtendo valores entre 23,5 e 3,7 kg de grãos por kg de N, à medida que houve aumento das doses de N aplicadas em cobertura (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹), fonte ureia, em sucessão a milho consorciado com *U. decumbens*. Farinelli e

Lemos (2010) observaram aumento da eficiência agrônômica do feijoeiro, cultivar Pérola, em sucessão a aveia preta e milho no plantio direto com a elevação das doses de N, porém com valores variando de 0,3 a 2,8 kg de feijão por kg de N aplicado. Deve-se ressaltar a necessidade de realização de novas pesquisas visando avaliar a eficiência agrônômica do feijoeiro quanto ao uso de N em razão da mesma variar com a cultivar e sistemas de cultivo ou de produção como foi mostrado também por Furtini et al. (2006), Fornasier Filho et al. (2007), Santos e Fageria (2007).

CONCLUSÕES

O uso de *Urochloa ruziziensis* num sistema de sucessão de culturas, seja de forma exclusiva ou consorciada com o milho favorece a formação de palhada suficiente para o total recobrimento da superfície do solo.

A produtividade de grãos do milho cultivado em consórcio com *Urochloa ruziziensis* foi similar ao cultivo exclusivo.

Quanto ao feijoeiro em sucessão ao milho consorciado a produtividade de grãos não foi influenciada pelo uso do nitrogênio em cobertura.

O feijoeiro em sucessão a palhada de milho respondeu positivamente ao uso do nitrogênio em cobertura, com redução da eficiência agrônômica.

Na sucessão com *Urochloa ruziziensis* o feijoeiro apresentou produtividade de grãos superior à observada após milho exclusivo, independente da dose nitrogênio aplicada em cobertura.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the grass cover crop production in crop systems involving maize and *Urochloa ruziziensis*, and the influence of topdressing nitrogen rates in the yield and agronomic efficiency on common-bean cultivated in succession in no-tillage. The experiments were conducted in Jaboticabal-SP, in a eutrophic red latosol, in the second year of no-tillage system implementation. The IPR 139 cultivar was used in split plot design with three replications, in randomized block. The plots had been composed for three crop systems in the summer season, with maize exclusive, maize intercropped with *U. ruziziensis* and *U. ruziziensis* exclusive. The subplots had been constituted for five nitrogen rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹), applied as topdressing at V_{4.4} in irrigated common-bean cultivated in the winter-spring season. The use of *U. ruziziensis* in crops systems, exclusive or intercropped with maize favors the grass cover crop production sufficiently to total soli surface covered, possibility similar grain yield compared to maize exclusive. The topdressing nitrogen application doesn't affect the common-bean yield in succession to maize and *U. ruziziensis* intercropped. The increase of nitrogen rates in common-bean in succession to maize exclusive improves the yield, although decreases the agronomic efficiency.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris*. *Zea mays*. *Urochloa ruziziensis*. Maize and *U. ruziziensis* intercropped. Yield. Agronomic efficiency.

REFERÊNCIAS

- AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B., van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p. 194-195. (Boletim Técnico, 100).
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para o feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 69-76, jan./fev. 2005.
- BARNES, J. D.; BALAGUER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S.; DAVISON, A. W. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 85-100, apr. 1992.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim técnico, 78).
- BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZZETTI, S.; ALVAREZ, A. C.; KAMIMURA, K. M. Fontes, doses e modo de aplicação de N em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 473-481, abr./jun. 2009.
- BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, jan./mar. 2011.
- CARMEIS FILHO, A. C. A.; CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; AMARAL, C. B.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 66-75, abr./jun. 2014.
- CARVALHO, M. C. A. de; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZZETTI, 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, n. 3, p. 445-450, mai./jun. 2003.
- CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; XIMENES, P. A.; SOUZA, R. F.; JÚNIOR, J. A.; NASCIMENTO, J. L. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 80-86, jan./mar. 2011.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 88, p. 97-185, oct. 2005. DOI: 10.1016/S0065-2113(05)88004-6
- 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, jan./mar. 2010.
- FORNASIERI FILHO, D.; XAVIER, M. A.; LEMOS, L. B.; FARINELLI, R. Resposta de cultivares de feijoeiro comum à adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 115-121, jul./dez. 2007.
- FURTINI, I. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; FURTINI NETO, A. E. F. Resposta diferencial de linhagens de feijoeiro ao nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1696-1700, nov./dez. 2006.
- GOMES JUNIOR, F. G.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Nitrogênio no feijoeiro em sistema plantio direto sobre gramíneas. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 387-395, jul./set. 2008.

- KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; COSTA, J. L. S.; PORTELA, C. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 28p (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 157).
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Opções e vantagens da Integração Lavoura-Pecuária e a produção de forragens na entressafra. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 240, p. 16-29, set./out. 2007.
- LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residues cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 341-343, nov./dez. 1981.
- LARA-CABEZAS, W. A. R.; PÁDUA, R. V. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *Urochloa ruziziensis*, cultivada no sistema Santa Fé. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 131-140, jan./mar. 2007.
- MEIRA, F. A. de; SÁ, M. E.; BUZZETTI, 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.
- MINGOTTE, F. L. C.; YADA, M. M.; JARDIM, C. A.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Análise econômica da adubação nitrogenada no feijoeiro em sucessão a milho e braquiária no plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.1, n.1, p.112-119, set. 2012.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Matéria orgânica do solo. In: MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**, Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 203-261.
- NOCE, M. A.; SOUZA, I. F.; KARAM, D.; FRANÇA, A. C.; MACIEL, G. M. Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento da planta de milho e das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 3, p. 265-278, dez. 2008.
- ROSOLEM, C. A.; WERLE, R.; GARCIA, R. A. Nitrogen washing from C3 and C4 cover grasses residues by rain. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1899-1905, nov./dez. 2010.
- SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 458-462, mai. 2011.
- SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K. Manejo do nitrogênio para eficiência de uso por cultivares de feijoeiro em várzea tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1237-1248, set. 2007.
- SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, abr. 2005.
- SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1351-1359, out. 2013.
- WUTKE, E. B.; De MARIA, I, C. Plantio direto para o feijoeiro. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO, 21., 2005. Capão Bonito. **Anais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2005, p. 29-41. (Documentos IAC, 76).