

# Produtividade e teores foliares de nutrientes do feijoeiro sob diferentes palhadas e doses de nitrogênio em semeadura direta

Cícero Monti Teixeira<sup>1\*</sup>, Gabriel José de Carvalho<sup>1</sup>, Antônio Eduardo Furtini Neto<sup>2</sup>, Messias José Bastos de Andrade<sup>1</sup> e Anastacia Fontanetti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Cx. Postal 37, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: cicero.monti@ufla.br

**RESUMO.** O objetivo foi avaliar a interação entre palhadas e doses de nitrogênio, na nutrição e rendimento de grãos do feijoeiro, sob plantio direto. O delineamento foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As palhadas influenciaram o teor de Fe e as doses de N os teores de N, Ca, Mg e Mn. Houve interação entre palhadas e doses para os teores de P, K e S. O maior teor foliar de Fe ocorreu sob palhada de guandu-anão e de N na dose de 62 kg ha<sup>-1</sup> do nutriente. Para os teores de Ca, Mg e Mn, houve respostas lineares, sendo negativa para o Ca e positivas para os dois últimos. Para o P, houve pequena redução, com posterior acréscimo nas palhadas de milho e milho+feijão-de-porco. Os teores de K aumentaram até próximo de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, com posterior redução sob as palhadas de milho consorciado com as leguminosas. Nas palhadas de milho e guandu-anão, houve redução a partir de pequenas doses de N. Os teores de S aumentaram de forma quadrática nas palhadas com milho. O maior rendimento foi obtido sob milho+feijão-de-porco na maior dose de N.

**Palavras-chave:** plantio direto, plantas de cobertura, adubação verde, adubação nitrogenada, *Pennisetum typhoides*, *Canavalia ensiformes*, *Cajanus cajan*.

**ABSTRACT.** Bean yield and nutrient contents under no-tillage with different nitrogen fertilization levels and cover crop residues. The object was to evaluate the dry bean nutrient contents and grain yield in no-till. The study was carried out in a randomized block design, and four replications, with a split-plot arrangement. The dry bean macro and micronutrients contents and grain yield were determined. The straws significantly influenced Fe content, while nitrogen fertilization levels influenced N, Ca, Mg and Mn contents. There were significant interactions between straws and the rate of N for P, K and S contents. The greatest dry bean Fe foliar content was observed under dwarf-guandu straw. N contents increased until the rate of 62 kg ha<sup>-1</sup> N, and experienced reduction after that level. The N rates provided linear effects in Ca, Mg and Mn contents, being negative for Ca and positive for the others. P contents had little reduction with increases in millet and millet+jack-bean straws. K contents increased until rates near 50 kg ha<sup>-1</sup>, with reduction after that level under all the straws with millet presence. Under millet and dwarf-guandu straws, the reduction occurred starting at small N rates. S contents increased quadratically, only under straws where millet was present. The best grain yield was obtained under millet+jack bean in the largest N rate.

**Key words:** no-till, cover plants, green manure, nitrogen fertilization, *Pennisetum typhoides*, *Canavalia ensiformes*, *Cajanus cajan*.

## Introdução

Com a evolução do plantio direto, a experiência dos produtores e os resultados de pesquisa mostraram que a rotação e/ou, a sucessão de culturas era fundamental para a viabilidade do sistema, devendo ser determinada com base na utilização do solo, tanto química quanto fisicamente, devido às diferenças de exigência nutricional e exploração pelo

sistema radicular das diferentes espécies, das pragas e doenças, não comuns entre as espécies, e o potencial de produção de palha das culturas, sejam elas comerciais, aproveitando os restos culturais, ou semeados exclusivamente para este fim. Entretanto, com a enorme diversidade de clima e solos do Brasil, a decisão baseada nos fatores citados anteriormente deve ser adaptada para cada região.

Nos cerrados, a produção e manutenção de altas quantidades de palha sobre a superfície tornam-se difíceis, devido a fatores climáticos característicos da região, que dificultam a adoção do sistema plantio direto. A produção de palha fica restrita aos cultivos em safrinha, bem como à utilização de culturas que produzem grandes quantidades de restos culturais. As altas temperaturas do verão restringem o uso de leguminosas em razão de sua rápida decomposição, tornando-se uma opção viável à utilização de consórcios entre gramíneas e leguminosas.

Segundo Giacomini *et al.* (2003), além de proteger o solo e adicionar nitrogênio, o consórcio entre espécies gramíneas e leguminosas proporciona a produção de biomassa com relação C/N intermediária àquela das espécies em cultivos isolados. Com isso, reduz-se a taxa de decomposição dos resíduos culturais, quando comparado às leguminosas solteiras, proporcionando cobertura do solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de N pelas culturas comerciais. Neste sentido, alguns trabalhos já foram realizados na região sul do Brasil, com plantas de cobertura no cultivo de outono/inverno, objetivando-se a identificação das melhores combinações entre espécies, liberação e aproveitamento de nutrientes pelas culturas e a durabilidade das palhadas sobre a superfície (Amado *et al.*, 2000; Amado e Mielniczuk, 2000; Bortolini *et al.*, 2000; Basso e Ceretta, 2000; Heinrichs *et al.*, 2001; Giacomini *et al.*, 2003). Porém, para regiões com inverno seco e verão quente e chuvoso, como no sul de Minas Gerais, faz-se necessária a adaptação desta técnica para as espécies tradicionalmente utilizadas.

A cultura do feijoeiro tem sido cada vez mais responsiva à aplicação de nitrogênio, o que está relacionado ao aumento da produtividade propiciado pela seleção de novas cultivares e técnicas de cultivo. Segundo Oliveira *et al.* (1996), quantidades superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup> são requeridas para garantir a extração do nutriente, associada a altas produções. Neste sentido, alguns autores têm obtido respostas lineares a aplicações de nitrogênio iguais ou superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup>, como Silva (1988), Teixeira *et al.* (2000), Rodrigues (2001), Xavier (2002) e Carvalho *et al.* (2003).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi determinar a absorção de nutrientes e a produtividade do feijoeiro, cultivado em sistema plantio direto na palha, com diferentes doses de nitrogênio mineral.

### Material e métodos

O trabalho foi conduzido a campo, no município de Lavras, Estado de Minas Gerais, no período de

março a dezembro de 2003. A área experimental já era cultivada com feijão há mais de cinco anos, no sistema convencional. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (Embrapa, 2000), com as seguintes características na camada arável (0-20 cm): pH em água (1:2,5) 5,2; 11,7 mg dm<sup>-3</sup> de P; 63 mg dm<sup>-3</sup> de K; 1,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al e 2,4 dag kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica. O clima da região é mesotérmico, tipo Cwa, com verão quente e inverno seco (Vianello e Alves, 1991).

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. O primeiro fator foi constituído pelas diferentes palhadas (milheto + feijão-de-porco, milheto+guandu-anão, feijão-de-porco, guandu-anão e milheto) e o segundo, por quatro doses totais de nitrogênio (0, 50; 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N), aplicando-se 40% na base e 60%, em duas coberturas, aos 20 e 30 dias após a emergência. A dimensão das parcelas foi de 10 m de comprimento por 5 m de largura (50 m<sup>2</sup>). As subparcelas foram constituídas por cinco linhas de feijoeiros, com 5 m de comprimento, no espaçamento de 0,5 m. A área útil de cada subparcela totalizou 4,5 m<sup>2</sup>, com três linhas de 3 m de comprimento.

As culturas de cobertura foram semeadas manualmente, sem adubação, em cultivo solteiro e consorciado, na segunda quinzena de março de 2003. Antes da semeadura, procedeu-se o preparo da área por meio de uma aração com arado de discos e uma gradagem com grade leve. Os consórcios foram constituídos por linhas alternadas, com o mesmo número de plantas por metro das espécies em cultivo solteiro, com semeadura simultânea das duas espécies. O feijão-de-porco e o guandu-anão foram semeados na densidade de oito e 18 sementes por metro linear, respectivamente (Calegari *et al.*, 1992). Para o milheto, foi utilizada a densidade de 15 kg ha<sup>-1</sup> (Pupo, 1979). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m, tanto nos cultivos solteiros quanto nos consorciados.

Aos 30 dias após a semeadura, foi feito o controle das plantas daninhas, por meio de cultivador de tração animal. Para o controle de formigas cortadeiras do gênero *Atta*, foram utilizados inseticidas comerciais, nas formulações isca e pó, entretanto, mesmo assim, o guandu-anão sofreu o ataque das mesmas. Com o encerramento das chuvas na segunda quinzena de abril, adotou-se a irrigação no início do mês de maio, trabalhando com turno de rega de sete dias.

O manejo químico das plantas de cobertura foi realizado 119 dias após a semeadura, quando o

milheto se encontrava entre os estádios de grão leitoso e farináceo, o feijão-de-porco se encontrava em floração plena e o guandu-anão no início da floração, por meio da aplicação de 3 L ha<sup>-1</sup> de glifosato. A dose aplicada dessecou o milheto totalmente, porém algumas plantas de feijão-de-porco e guandu-anão permaneceram vivas, sendo cortadas com roçadora costal motorizada, às vésperas da semeadura do feijão.

No início de agosto de 2003, 18 dias após o manejo das plantas de cobertura, foi realizada a semeadura direta do feijoeiro. Utilizou-se uma semeadora adubadora de plantio direto de três linhas e tração mecânica para abertura dos sulcos. Após a demarcação das parcelas experimentais, procedeu-se à distribuição manual dos adubos e das sementes, utilizando-se a cultivar de feijão BRS-MG Talismã, tipo carioca, de crescimento indeterminado (Cultivar, 2002).

As adubações fosfatadas e potássica constaram de 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Para a adubação nitrogenada, foi utilizado sulfato de amônio. Aos 35 dias após a emergência, aplicou-se a mistura comercial dos herbicidas fomezafen e fluazifop p-butil na dose de 1 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial. A colheita do feijoeiro foi realizada 106 dias após a semeadura.

Foram determinados os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (Malavolta *et al.*, 1997). Para determinação da produtividade, pesou-se a produção obtida na área útil de cada subparcela, extrapolando-se para kg ha<sup>-1</sup>. Foi feita correção para 13% de umidade, conforme Abeas (1987).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Os efeitos das palhadas foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os efeitos das doses de nitrogênio foram avaliados por meio de análises de regressão. Nos casos em que a interação foi significativa, procedeu-se ao desdobramento das doses dentro das palhadas. Os teores de B e Mn foram transformados para raiz quadrada de X, uma vez que os dados não apresentaram variâncias homogêneas (Gomes, 2000).

**Resultados e discussão**

Verificou-se que as palhadas influenciaram significativamente o teor de Fe, enquanto as doses de N afetaram os teores de N, Ca, Mg e Mn. A interação entre estas fontes de variação mostrou-se significativa nos casos dos teores de P, K e S.

O maior teor foliar de Fe foi verificado no feijoeiro cultivado na palhada de guandu-anão e, o menor, na palhada de milheto+feijão-de-porco (Tabela 1). Neste caso, a provável explicação é que o

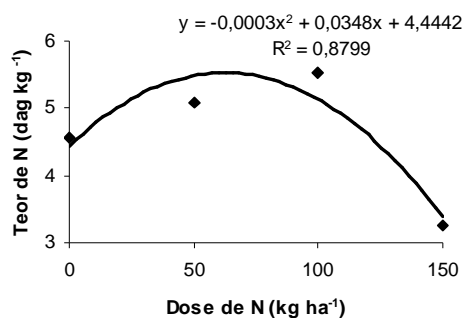
teor disponível do nutriente no solo foi reduzido, já que parte havia sido absorvida e estava sendo liberada de acordo com a decomposição das palhadas. A cultura do guandu-anão, dado o menor acúmulo de fitomassa seca (Teixeira, 2004), pode ter retirado menor quantidade do nutriente do solo, permitindo que o feijoeiro absorvesse mais Fe.

**Tabela 1.** Teores foliares de Fe no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes coberturas de solo no sistema de plantio direto. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Estado de Minas Gerais, 2003<sup>1</sup>.

Coberturas	Teor de Fe (mg kg <sup>-1</sup> )
Guandu-anão	788,19 a
Feijão-de-porco	725,17 ab
Milheto + guandu anão	687,03 ab
Milheto	610,55 ab
Milheto + Feijão-de-porco	546,33 b

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

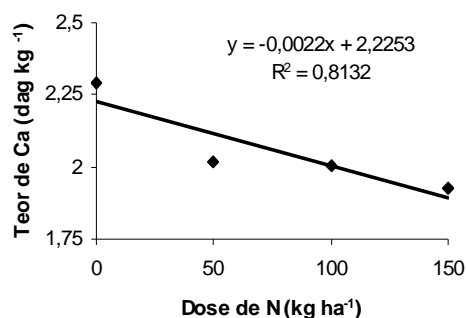
Os teores foliares de N obtidos encontram-se acima do nível crítico para a cultura (Oliveira *et al.*, 1996; Malavolta *et al.*, 1997; Martinez *et al.*, 1999). À medida que se aumentou a dose de N, o teor de N, nas folhas do feijoeiro, respondeu de forma quadrática, apresentando teor máximo de 5,49 dag kg<sup>-1</sup> na dose de 62 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1). A redução observada pode ser atribuída ao efeito de diluição causado pelo maior crescimento e, conseqüentemente, maior acúmulo de matéria seca das plantas nas maiores doses de N. Estes resultados diferem dos obtidos por Silva (1988) e Rodrigues (2001), que observaram respostas lineares dos teores de N até as doses de 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e por Carvalho *et al.* (2003) que, trabalhando com doses de 0 a 140 kg ha<sup>-1</sup> no sistema plantio direto em palhada de milho, encontraram teor máximo de N foliar na dose de 108 kg ha<sup>-1</sup>. Entretanto, este último autor trabalhou com semeadura em palhada de milho, a qual possui alta relação C/N, o que leva à alta imobilização do nutriente no solo, fazendo com que haja maior resposta à aplicação de nitrogênio.



**Figura 1.** Teor foliar de N (dag kg<sup>-1</sup>) na MS do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses do nutriente no sistema plantio direto em implantação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Estado de Minas Gerais, 2003.

No presente trabalho, apenas uma das palhadas era constituída exclusivamente por gramínea, correspondente à cultura do milho, que produziu 2,907 mg ha<sup>-1</sup> de MS, quantidade esta relativamente baixa (Teixeira, 2004), o que também ocorreu com as demais palhadas, de menor relação C/N. A menor quantidade de palha adicionada ao solo e a menor relação C/N, na média das palhadas, pode justificar a ocorrência do maior teor foliar de N, com menor dose do elemento. Xavier (2002), trabalhando com as mesmas doses de N em palhada de milho, em área de plantio direto há dois anos, não observaram alterações significativas nos teores foliares deste nutriente.

Os teores de Ca ficaram dentro das faixas de teores críticos apresentadas por Oliveira *et al.* (1996) e Malavolta *et al.* (1997), estando abaixo daquela proposta por Martinez *et al.* (1999). A aplicação de N resultou em decréscimo, mesmo que discreto, nos teores de Ca (Figura 2). Este resultado diferiu dos obtidos por Silva (1988), o qual encontrou efeito linear positivo das doses de N sobre o teor foliar de Ca do feijoeiro.

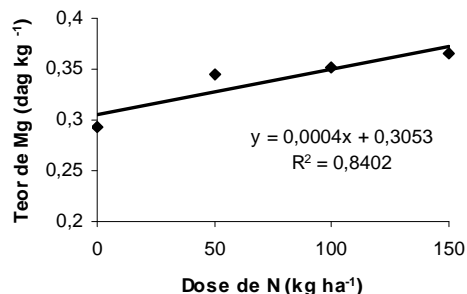


**Figura 2.** Teor foliar de Ca (dag kg<sup>-1</sup>) na MS do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio no sistema plantio direto em implantação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Estado de Minas Gerais, 2003.

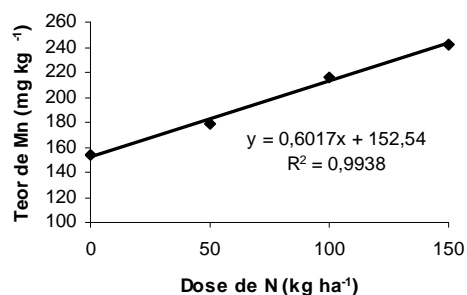
O Mg, ao contrário do Ca, apresentou aumento linear do seu teor à medida que as doses de N foram aumentadas (Figura 3). Os teores de Mg ficaram dentro da faixa de teores críticos, apresentada por Oliveira *et al.* (1996) e abaixo daquela apresentada por Malavolta *et al.* (1997). Este resultado é coerente com o obtido por Silva (1988), que encontrou aumento dos teores foliares de Mg até a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, com estabilização após a mesma.

Assim como para o Mg, foi verificado aumento linear, em função das doses de N, dos teores foliares de Mn (Figura 4). O teor, na foliar de Mn, na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, foi aproximadamente 57% maior que a testemunha. Para este nutriente, os teores observados ficaram dentro das faixas de níveis críticos, apresentadas por Oliveira *et al.* (1996) e

Malavolta *et al.* (1997), estando apenas o teor na maior dose de N, de acordo com o nível crítico proposto por Martinez *et al.* (1999).



**Figura 3.** Teor foliar de Mg (dag kg<sup>-1</sup>) na MS do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio no sistema plantio direto em implantação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Estado de Minas Gerais, 2003.



**Figura 4.** Teor foliar de Mn (mg kg<sup>-1</sup>) na MS do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio no sistema plantio direto em implantação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Estado de Minas Gerais, 2003.

Rodrigues (2001) também verificou aumento do teor de Mn em função das doses de N, até a dose máxima de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Os aumentos, nos teores de Mg e Mn, em função das doses de N, podem ser atribuídos ao maior crescimento das plantas, proporcionado pelas maiores doses, permitindo maior absorção de nutrientes em razão do maior volume de solo explorado pelo sistema radicular, e/ou, da decomposição mais rápida das palhadas, promovida pela aplicação de nitrogênio. Salienta-se que, no caso particular do Mn, o aumento dos teores, em função das doses de N, também pode estar relacionado à maior disponibilidade do nutriente no solo, por causa da redução do pH (Raj, 1991), provocada pela aplicação do sulfato de amônio.

O maior crescimento observado promove a diluição do nutriente na planta em função do maior acúmulo de matéria seca. Este fato pode explicar as diferenças em termos de comportamento do Ca e Mg, em relação às diferentes doses de N, pois, apesar dos teores dos mesmos no solo, antes da

semeadura das culturas de cobertura, serem considerados médios (Alvarez Venegas *et al.*, 1999), o Ca esteve mais próximo do limite inferior da classe considerada como média, em relação ao Mg, que esteve mais próximo do limite superior. Além disso, as plantas de cobertura apresentaram, em média, relação Ca/Mg quase quatro vezes maior que no solo (Teixeira, 2004), indicando que maiores quantidades de Ca foram absorvidas e imobilizadas pelas culturas de cobertura, reduzindo a disponibilidade para o feijoeiro cultivado em sucessão.

Com relação ao teor de P, observou-se significância para doses apenas dentro das palhadas de milho+feijão-de-porco e de milho solteiro. Os teores de P, para todos os tratamentos estudados estiveram sempre dentro dos níveis críticos propostos por Oliveira *et al.* (1996) e Malavolta *et al.* (1997). Nas palhadas onde houve interação significativa, os teores estiveram dentro do nível crítico proposto por Martinez *et al.* (1999) apenas na maior dose de N.

Os teores foliares do elemento, nas palhadas de milho solteiro e milho+feijão-de-porco, apresentaram redução inicial até as doses de 30 e 44,4 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, aumentando continuamente a partir destas doses. Estes acréscimos podem estar relacionados ao maior desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, ao maior crescimento radicular, propiciando a exploração de maior volume de solo e, portanto, maior absorção de P. Também é possível que os acréscimos nos teores foliares de P, com o aumento das doses de N, foram proporcionados pela aceleração da decomposição das palhadas. Da mesma forma, a mineralização diferenciada de P também pode explicar as diferenças entre os teores do nutriente no feijoeiro, nas menores doses de N, em palhadas. Com a decomposição mais rápida da leguminosa presente na palhada formada pelo consórcio, provavelmente houve maior mineralização de P, proporcionando maiores teores foliares nas plantas cultivadas nesta palhada, até dose próxima de 100 kg ha<sup>-1</sup>, quando comparados com o cultivo na palhada exclusiva de milho (Figura 5). Este resultado difere do obtido por Silva (1988), que indicou redução do teor de P com o aumento da dose de N.

Os teores foliares de K do feijoeiro foram influenciados pelas doses de N e palhadas, com exceção da exclusiva de feijão-de-porco. Observa-se que, para os tratamentos milho+feijão-de-porco e milho+gandu-anão, ocorreram acréscimos nos teores de K nas folhas do feijoeiro até doses em torno de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, com decréscimos nas doses

superiores (Figura 6). Para os demais tratamentos, a queda nos teores foliares de K ocorre a partir de menores doses de N. Observa-se, ainda, que o maior teor de K ocorreu com aplicação de 22,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, no feijão cultivado em gandu-anão, seguido do cultivo em milho+feijão-de-porco, na dose de 60,5 kg ha<sup>-1</sup>.

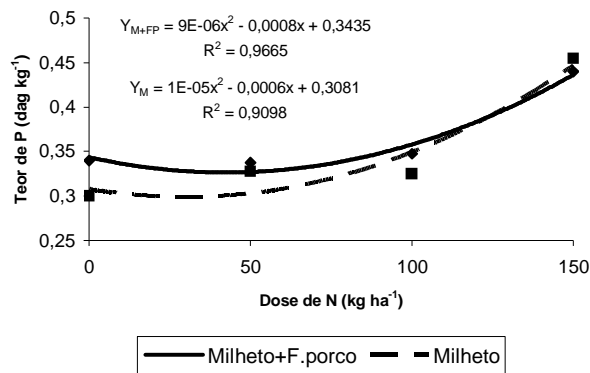


Figura 5. Teor foliar de P (dag kg<sup>-1</sup>) na MS do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio nas palhadas de milho + feijão-de-porco e milho no sistema de plantio direto em implantação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Estado de Minas Gerais, 2003.

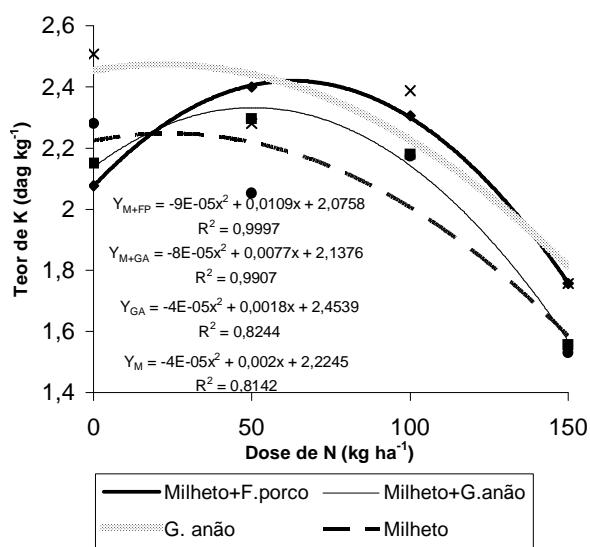


Figura 6. Teor foliar de K (dag kg<sup>-1</sup>) na MS do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em diferentes palhadas no sistema plantio direto em implantação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Estado de Minas Gerais, 2003.

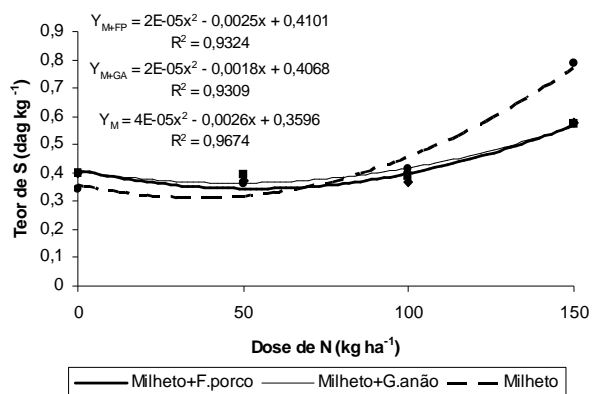
Os menores teores de K foram observados na maior dose de N, nos tratamentos com palhadas de milho e milho+gandu-anão. Salienta-se que estes teores ficaram abaixo do nível crítico de K para o feijoeiro (Oliveira *et al.*, 1996; Malavolta *et al.*, 1997). Isto indica que, nestas palhadas, apesar das

quantidades acumuladas de K terem sido altas (Teixeira, 2004), nas maiores doses de N, a quantidade presente no solo e a liberação pelas palhadas não foram suficientes para suprir a demanda da cultura. Vale lembrar que a adubação potássica empregada foi inferior à recomendada.

Entre os tratamentos com palhadas de milho, salienta-se que, no consórcio milho+feijão-de-porco, o teor foliar de K, no feijoeiro, além de ter sido um dos maiores entre as doses de 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N esteve dentro do nível crítico de K descrito por Oliveira et al. (1996), de 1,8 a 2,5 dag kg<sup>-1</sup>. Analisando melhor este resultado, pode-se inferir que o K contido no feijão-de-porco foi liberado mais rapidamente, em função da sua menor relação C/N e, apesar do K ser facilmente lavado dos restos culturais, por se encontrar na forma iônica e não participar de nenhum composto estável na planta (Pöttker, 1998), a mineralização do K contido no milho não foi suficiente para atender à demanda da cultura na maior dose de N. Moraes (2001) constatou que, em um período de avaliação de 168 dias, aproximadamente 77% do K contido no milho foi mineralizado nos primeiros 63 dias, o que, por analogia, representaria no presente trabalho aproximadamente 46 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para o milho solteiro.

Rosolem (1998) destaca que, no sistema plantio direto, parte significativa do K fica retida nos restos culturais e, a velocidade de retorno do elemento para o solo dependerá diretamente da lavagem da palha pela água de irrigação ou chuva, e da velocidade de decomposição do material, não sendo prontamente disponível para a espécie em crescimento, podendo não estar disponível na época de maior exigência. Assim, é importante ressaltar que o trabalho de Moraes (2001) foi desenvolvido no verão, quando as precipitações e temperaturas são altas, facilitando a lavagem e decomposição da palhada, ao contrário do presente trabalho, em que o feijão foi semeado em agosto. No consórcio milho+guandu-anão, a palhada era praticamente constituída de milho, pois a contribuição do guandu-anão na fitomassa seca foi de apenas 13,3% (Teixeira, 2004).

Embora a fonte de N utilizada tenha sido o sulfato de amônio (o que representa aplicações de 0, 11, 22 e 33 kg ha<sup>-1</sup> de S), só houve efeito significativo das doses nos teores foliares de S do feijoeiro nas palhadas com participação do milho. Possivelmente, essas palhadas proporcionaram maior absorção do nutriente por causa da maior conservação da umidade, já que as mesmas apresentaram maior quantidade de fitomassa seca (Teixeira, 2004).



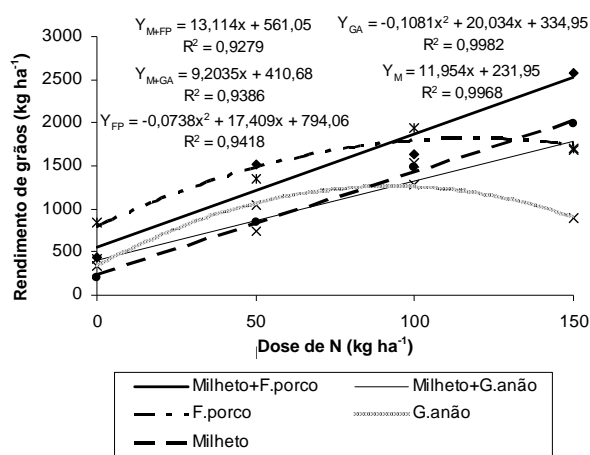
**Figura 7.** Teor foliar de S (dag kg<sup>-1</sup>) na MS do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio nas palhadas de milho + feijão-de-porco, milho + guandu-anão e milho no sistema de plantio direto em implantação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Estado de Minas Gerais, 2003.

Em todos tratamentos, os teores foliares de S do feijoeiro estiveram dentro dos níveis críticos descritos por Oliveira et al. (1996) e Martinez et al. (1999), sendo inferiores ao descrito por Malavolta et al. (1997), exceto para as maiores doses de N.

O maior rendimento de grãos do feijoeiro foi obtido com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, na palhada de milho+feijão-de-porco (Figura 8), o qual se assemelha aos encontrados por Silva (1988), Teixeira et al. (2000) e Carvalho (2000), e é superior aos encontrados por Andrade et al. (1998) e Valério (2002). Entretanto, para o tratamento considerado, a resposta do feijoeiro, em termos de produção, foi linear crescente, indicando que a máxima dose de N utilizada foi insuficiente para determinar a máxima produtividade da cultivar testada.

Observa-se, ainda, na Figura 8, que o efeito linear crescente, para doses de N, ocorreu também para os outros tratamentos que incluíam o milho (solteiro ou consorciado). Salienta-se que, entre tais palhadas, as produções do feijoeiro cultivado em palhada de milho+feijão-de-porco foram superiores em todas as doses de N. O rendimento de grãos do feijoeiro cultivado nas palhadas de milho e milho+guandu-anão apresentou resposta diferenciada à aplicação de N. Observa-se, pela Figura 8, que, entre estas palhadas, os rendimentos em palhada de milho foram superiores, a partir da dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, ao passo que a palhada de milho+guandu-anão proporcionou maiores rendimentos entre as doses 0 e 50 kg ha<sup>-1</sup>. Pode-se, então, afirmar que a presença do guandu-anão no consórcio, mesmo que pequena (13,3% da fitomassa seca total (Teixeira, 2004)), foi suficiente para fornecer N à cultura, ou proporcionar menor imobilização, apresentando

resposta um pouco menor à aplicação de N mineral. Xavier (2002) também encontrou aumento linear no rendimento com as mesmas doses na palhada de milho. Outros autores têm verificado, no sistema convencional, respostas lineares à adubação nitrogenada (Andrade *et al.*, 1998; Teixeira *et al.*, 2000; Rodrigues, 2001; Valério, 2002; Carvalho *et al.*, 2003).



**Figura 8.** Produtividade do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes coberturas de solo e doses de nitrogênio no sistema plantio direto em implantação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Estado de Minas Gerais, 2003.

Os menores valores de produção do feijão cultivado nas palhadas de milho e milho+guandu-anão, em relação àquele cultivado em palhada de milho+feijão-de-porco, podem estar associados aos menores teores foliares de K observados nestes tratamentos.

O cultivo em palhada de feijão-de-porco apresentou rendimento máximo, na dose de 118 kg ha<sup>-1</sup>, ficando próximo ao obtido em palhada de milho solteiro, na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 8), o que pode ser atribuído ao fornecimento de N pela leguminosa. Porém, acima desta dose, houve pequeno decréscimo, que pode estar relacionado ao menor estande em palhada de feijão-de-porco, atribuído ao efeito alelopático desta palhada (Calegari, 1995). A menor cobertura do solo em fases mais adiantadas do cultivo, por causa da decomposição mais rápida desta palhada, também pode ter limitado a produção de grãos do feijoeiro.

A menor produção do feijoeiro, na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, foi obtida no cultivo em palhada de guandu-anão (Figura 8), provavelmente por causa da menor cobertura de solo proporcionada por esta espécie, que apresentou a menor produção de palhada entre os tratamentos (Teixeira, 2004), limitando a conservação de água e a resposta do feijoeiro à aplicação de N.

### Conclusão

O feijoeiro cultivado em palhada exclusiva de leguminosas atingiu produções máximas com menores doses de nitrogênio, apesar de as mesmas terem sido inferiores àquelas em que o milho estava presente.

As palhadas produzidas pelos consórcios de milho e leguminosas não proporcionaram economia de nitrogênio no feijoeiro.

As palhadas de milho e milho+feijão-de-porco proporcionaram maior absorção de fósforo pelo feijoeiro.

A presença do feijão-de-porco, no consórcio com milho, melhorou a nutrição do feijoeiro em potássio, em relação à palhada exclusiva de milho.

O maior rendimento de grãos do feijoeiro foi obtido quando cultivado em área coberta com palhada de milho+feijão-de-porco, na maior dose de nitrogênio aplicada.

### Referências

ABEAS-Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. *Secagem de sementes*. Brasília: Abeas, 1987.

ALVAREZ VENEGAS, V.H. *et al.* Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C. *et al.* (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. cap. 5, p. 25-32.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, p. 553-560, 2000.

AMADO, T.J.C. *et al.* Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, p. 179-189, 2000.

ANDRADE, M.J.B. *et al.* Resposta da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v. 22, p. 499-508, 1998.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo sob plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, p. 905-915, 2000.

BORTOLINI, C.G. *et al.* Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, p. 897-903, 2000.

CALEGARI, A. *Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná*. Londrina: Iapar, 1995.

CALEGARI, A. *et al.* Aspectos gerais da adubação verde. In: CALEGARI, A. *et al.* (Ed.). *Adubação verde no sul do Brasil*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. cap. 1, p. 1-55.

CARVALHO, M.A.C. *Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria - MS*. 2000.

- Tese (Doutorado em Produção Vegetal)–Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- CARVALHO, M.A.C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, p. 445-450, 2003.
- CULTIVAR de feijão Talismã. Sete Lagoas: Ufla, 2002. Folder.
- EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2000.
- GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, p. 325-334, 2003.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 14. ed. Piracicaba: Esalq/USP, 2000.
- HEINRICH, R. et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho na sucessão. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, p. 331-340, 2001.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MARTINEZ, H.E.P. et al. Diagnóstico foliar. In: RIBEIRO, A.C. et al. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. cap. 17, p. 143-168.
- MORAES, R.N.S. *Decomposição de palhadas de sorgo e milho, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto*. 2001. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- OLIVEIRA, I.P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S. (Coord.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 169-221.
- PÖTTKER, D. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1., 1997, Dourados. *Anais...* Dourados: Embrapa, 1998. p. 37-42.
- PUPPO, N.I.H. *Manual de pastagens e forrageiras: formação – conservação – utilização*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Ceres; Potafós, 1991.
- RODRIGUES, J.R.M. *Resposta do feijoeiro (cvs Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo*. 2001. Tese (Doutorado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- ROSOLEM, C.A. Adubação potássica em semeadura direta. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1., 1997, Dourados. *Anais...* Dourados: Embrapa, 1998. p. 59-75.
- SILVA, A.J. *Respostas de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) à adubação nitrogenada*. 1988. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)–Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1988.
- TEIXEIRA, C.M. *Diferentes palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro*. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- TEIXEIRA, I.R. et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v. 24, p. 399-408, 2000.
- VALÉRIO, C.R. *Resposta do feijoeiro comum ao nitrogênio no plantio, em cobertura e em diferentes safras*. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: UFV, 1991.
- XAVIER, M.A. *Influência da inoculação e do nitrogênio em cobertura em duas cultivares de feijoeiro comum sob sistema de plantio direto*. 2002. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)–Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

Received on June 26, 2006.

Accepted on July 12, 2007.