

## Adução nitrogenada em cobertura no feijoeiro em sucessão ao milho solteiro e consorciado com guandu-anão

### *Nitrogen fertilizer as topdressing in the common bean in succession to single millet or intercropped with dwarf pigeon pea*

Ranieri Martins Silva<sup>1</sup>, Lucas da Silva Araújo<sup>2\*</sup>, Paulo César Ribeiro da Cunha<sup>3</sup>, Pedro Marques da Silveira<sup>4</sup>, André Cirilo de Sousa Almeida<sup>5</sup>

**Resumo:** Considerando que elevadas quantidades de nitrogênio (N) são requeridas pelo feijoeiro em sucessão a resíduos culturais de gramíneas solteiras e/ou consorciadas com leguminosas, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o desempenho agrônomico do feijoeiro, cultivar Pérola, sob irrigação, em função de doses de N em cobertura, em sucessão aos cultivos de milho solteiro e consorciado com guandu-anão. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As duas parcelas foram constituídas pelo cultivo do feijoeiro em sucessão aos cultivos de milho solteiro e consorciado com guandu-anão; e, nas subparcelas, foram aleatorizadas as doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>). Avaliou-se a produtividade de fitomassa seca das plantas de cobertura; no feijoeiro avaliou-se: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. O milho solteiro e milho consorciado com guandu-anão apresentaram produtividade de fitomassa seca semelhante. Apenas a produtividade de grãos foi afetada pelas culturas antecessoras, sendo superior na sucessão ao consórcio de milho com guandu-anão. Em relação à adubação nitrogenada, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos aumentaram linearmente com as doses de N em cobertura. A dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N não foi suficiente para promover a máxima expressão do potencial para massa de 100 grãos e produtividade do feijoeiro.

**Palavras-chave:** Nitrogênio. *Phaseolus vulgaris* L. Plantas de cobertura. Produção de fitomassa. Produtividade de grãos.

**Abstract:** Considering that large amounts of nitrogen (N) are required by the common bean when in succession to crop residue from single grasses and/or intercropped with legumes, the aim of this research was to evaluate the agronomic performance of the Pérola cultivar of the common bean under irrigation and for different doses of N topdressing, when in succession to crops of single millet or intercropped with dwarf pigeon pea. The experimental design was of randomised blocks with four replications in a scheme of split lots. The two lots comprised the bean crop, in succession to crops of single millet and intercropped with dwarf pigeon pea; the sub-lots comprised randomised doses of N (0, 60, 120 and 180 kg ha<sup>-1</sup>). The productivity of dry phytomass was evaluated in the cover crops, and the number of pods per plant, number of grains per pod, 100-grain weight and grain yield in the bean plants. The single millet and the millet intercropped with dwarf pigeon pea showed similar productivity for dry phytomass. Only grain yield was affected by the previous crops, being higher in succession than in millet intercropped with dwarf pigeon pea. In relation to fertilization with nitrogen, the 100-grain weight and grain yield increased linearly with the doses of N as topdressing. The dose of 180 kg N ha<sup>-1</sup> was not sufficient to promote expression of the maximum potential for 100-grain weight or grain yield in the common bean.

**Key words:** Nitrogen. *Phaseolus vulgaris* L. Cover crops. Phytomass production. Grain yield.

\*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 23/02/2015 e aprovado em 15/10/2015

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO, Brasil, ranierims@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Universidade Estadual de Goiás, Rodovia GO 330 km 241 Anel Viário S/N, Ipameri, GO, CEP 75780-000, Brasil, lucasilva\_31@hotmail.com

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO, Brasil, paulo.cunha@ifgoiano.edu.br

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil, pedro.silveira@embrapa.br

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO, Brasil, andre\_cirillo@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e de grande influência na produtividade de grãos. Portanto, o manejo da adubação mineral deve ser feito com máxima eficiência, para fornecer o N no período de maior necessidade da cultura (GOMES JUNIOR *et al.*, 2008).

Embora o feijoeiro seja capaz de fixar o N atmosférico, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, mesmo quando realizada inoculação, momentos antes da semeadura, a quantidade desse nutriente advinda desse processo, normalmente, tem sido insuficiente para atender às exigências nutricionais da cultura (KANEKO *et al.*, 2010), o que justifica a recomendação de adubação nitrogenada em cobertura.

No tocante à adubação nitrogenada, a dose em cobertura têm proporcionado muitos questionamentos, principalmente em sucessão a gramíneas. Doses elevadas, acima de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N têm sido preconizadas (GOMES JÚNIOR *et al.*, 2008; BINOTTI *et al.*, 2009; FARINELLI; LEMOS, 2010; CARMEIS FILHO *et al.*, 2014) em virtude do processo de imobilização de N pelos microorganismos do solo em resíduos culturais de elevada relação C/N, como no caso das gramíneas.

Tendo em vista esses aspectos, o consórcio entre gramíneas e leguminosas parece promissor, pois supostamente produzirá resíduos culturais com relação C/N intermediária, com menor velocidade de decomposição, cobertura do solo por mais tempo e liberação de nutrientes de forma rápida (TEIXEIRA *et al.*, 2010). Nessas condições, há possibilidade de maior disponibilidade de N, em vista da menor imobilização do fertilizante nitrogenado pelos microorganismos do solo.

Em trabalho realizado por Silveira *et al.* (2005a), maior produtividade do feijoeiro comum, cultivar Pérola, foi obtido em sucessão ao milho e guandu-anão, ambos em cultivo solteiro. No entanto, é oportuno salientar que foram necessários 20 kg ha<sup>-1</sup> de N a mais do aplicado sobre resíduos culturais de milho para o feijoeiro alcançar a mesma produtividade verificada em sucessão a gramínea. De acordo com os autores, o milho restituiu mais N ao solo do que o guandu-anão. Torres *et al.* (2005) também destacaram o milho pela sua capacidade em acumular N. No estudo, o milho apresentou maior produção de fitomassa seca e acúmulo de N em um solo de Cerrado.

Por outro lado, Teixeira *et al.* (2008a) verificaram produtividade superior do feijoeiro entre as doses 0 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral em cobertura sobre resíduos culturais de milho consorciado com guandu-anão. Nessas doses, o feijoeiro, após cultivo exclusivo de milho, demonstrou produtividade inferior, sendo necessária dose acima de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N para compensar a ausência do guandu-anão. Os autores destacaram o efeito dessa leguminosa no

fornecimento de N e em proporcionar menor imobilização do fertilizante mineral.

Com relação ao guandu-anão, a preferência por essa planta de cobertura se deve ao potencial de produção de fitomassa seca, adaptação às condições edafoclimáticas do Cerrado e acumulação de nutrientes, principalmente o N. Nesse sentido, Silveira *et al.* (2005b) observaram acumulação máxima de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 98 dias após a emergência, isso equivaleu a 42,6 kg de N para cada tonelada de matéria seca produzida.

Os resultados conflitantes reportados na literatura apontam dificuldades de manejo do N no sistema solo-planta e possibilidades de mudanças na dinâmica do N sobre resíduos culturais de plantas de cobertura. Isso reforça a necessidade de mais estudos que envolvam a resposta do feijoeiro a adubação nitrogenada.

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o desempenho agrônomo do feijoeiro, cultivar Pérola, sob irrigação, em função de doses de N em cobertura, em sucessão aos cultivos de milho solteiro e consorciado com guandu-anão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os anos agrícolas 2011/2012 na Fazenda Experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, IF Goiano, localizado no município de Urutaí, Goiás, cujas coordenadas geográficas são: 17° 28' 41" latitude Sul, 48° 11' 35" longitude Oeste, aproximadamente 800 m de altitude.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006) com 450 g kg<sup>-1</sup> de argila, 440 g kg<sup>-1</sup> de areia e 110 g kg<sup>-1</sup> de silte, manejado há dez anos em sistema convencional, com culturas anuais, principalmente milho (*Zea mays*), no verão em sequeiro, e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), no inverno sob irrigação por aspersão, em sistema pivô-central.

A área experimental estava em pousio desde maio de 2011, e, antes da instalação do experimento, foi coletada amostra do solo, na camada de 0 a 0,20 m, para determinação das características químicas do solo, cujos valores iniciais foram: M.O. - 24 g kg<sup>-1</sup>; pH (H<sub>2</sub>O) - 5,8; Ca, Mg, Al, H+Al com 16, 5, 1, 20 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; e P, K (Mehlich 1), Cu, Zn, Fe, Mn com 7,2, 124, 2,1, 3,6, 11, 10,5 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

O clima predominante na região, conforme a classificação de Köppen, é tropical de altitude, com inverno seco e verão chuvoso, do tipo Cwb (COSTA, 2005). Os dados coletados referentes às condições climáticas durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1; durante os meses de novembro de 2011 e fevereiro de 2012, compreendem-se o cultivo do milho solteiro e milho consorciado com guandu-anão, enquanto os meses de abril

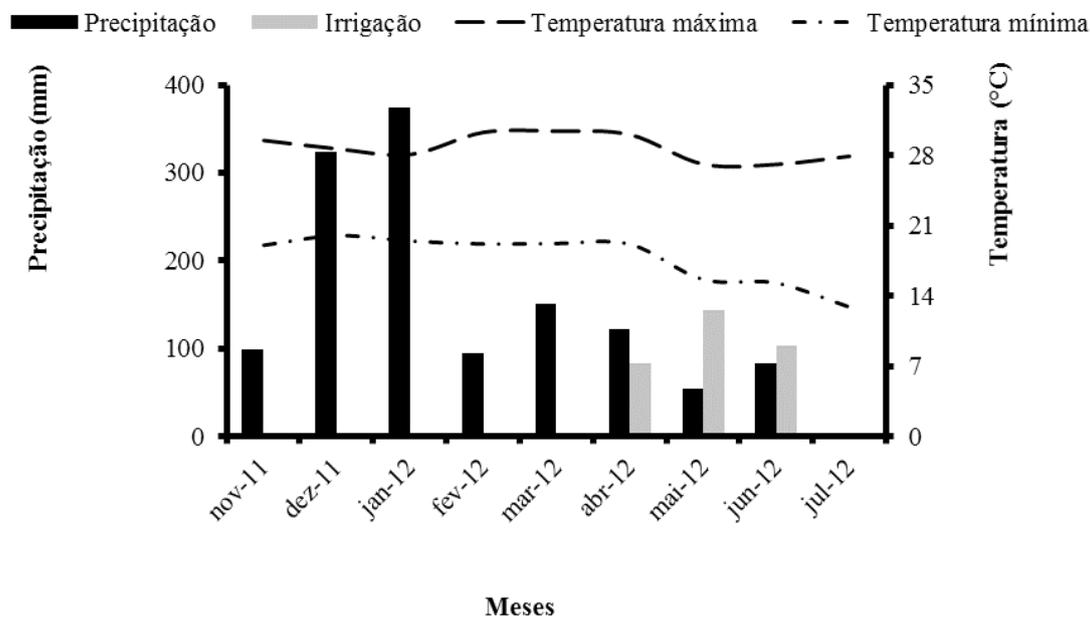


Figura 1 - Temperaturas máxima e mínima, precipitação pluvial e irrigação por pivô-central (aspersão) durante o período experimental de novembro de 2011 a julho de 2012, em Urutaí, Goiás. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Dados de precipitação e temperatura).

Figure 1 - Maximum and minimum temperature, rainfall and irrigation by centre pivot (sprinkler), during the experimental period from November 2011 to July 2012, in Urutaí, Goiás. Source: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Rainfall and temperature data).

a julho de 2012 correspondem ao cultivo do feijoeiro em sucessão.

Anterior à instalação do experimento, realizou-se o manejo químico das plantas daninhas, utilizando-se o herbicida glifosato, não seletivo, de ação sistêmica, do grupo químico glicina substituída. A dose aplicada foi de 1,92 kg ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo (i.a.), com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, via pulverizador mecanizado.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelo cultivo do feijoeiro, cultivar Pérola, em sucessão aos cultivos de milho solteiro (*Pennisetum glaucum* L.) - cv. ADR 300 e consorciado com guandu-anão (*Cajanus cajan* L.) – cv. Super N; e, nas subparcelas, foram aleatorizadas as doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), tendo como fonte a ureia (45% de N). As parcelas tiveram dimensão de 3 m de largura por 20 m de comprimento, perfazendo área total de 60 m<sup>2</sup>. As subparcelas foram compostas por 3 m de largura por 5 m de comprimento, totalizando 15 m<sup>2</sup>. Para avaliação das unidades experimentais foi considerada como área útil as duas linhas centrais.

O estudo iniciou-se em 25/11/2011 com a semeadura do milho solteiro e milho consorciado com guandu,

assim, efetuou-se a sulcagem com espaçamento de 0,50 m entre as linhas de plantio com um sulcador de seis linhas com tração mecanizada. Imediatamente após a abertura dos sulcos, realizou-se, manualmente, a semeadura do milho e do guandu-anão. Como no trabalho de Teixeira *et al.* (2010), as plantas de cobertura não foram adubadas. Na semeadura do milho, utilizou-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, já para o guandu-anão, foram distribuídas 15 sementes por metro. A semeadura do milho foi realizada de forma solteira e consorciada com guandu-anão; o consórcio foi estabelecido em linhas alternadas entre a gramínea e a leguminosa, possibilitando que a quantidade de sementes de milho por hectare reduzisse pela metade.

Para avaliar a fitomassa seca do milho solteiro e milho consorciado com guandu-anão, procedeu-se a quantificação da fitomassa produzida aos 100 dias após a semeadura - DAS (10/03/2012). Para isso, foram amostradas duas linhas de um metro, em dois pontos ao longo das parcelas, sendo a parte aérea cortada rente ao solo. O material verde foi pesado e posteriormente colocado em estufa de circulação forçada de ar, a 70 °C, até estabilização da massa, determinando-se, então, a quantidade de fitomassa seca, além de transformar os valores em quilos por hectare. Após a coleta da fitomassa, as plantas de cobertura foram manejadas mecanicamente

(cortadas) por meio de uma roçadora; o material foi deixado na superfície do solo por toda a área da parcela.

Em 02/04/2012, foi realizada a semeadura manual do feijoeiro cv. Pérola, o que corresponde à terceira época de plantio, “outono-inverno”, em sucessão ao milho solteiro e milho consorciado com guandu-anão. Na adubação de semeadura, foram aplicados 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-28-18, o que corresponde a 28 kg ha<sup>-1</sup> de N, 98 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 63 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. O espaçamento adotado foi de 0,5 m entre linhas, com 15 sementes por metro, almejando uma população de 300.000 plantas por hectare.

As sementes foram tratadas simultaneamente com o fungicida carboxila + thiram e com inseticida tiametoxam; a dose correspondeu a 0,3 L do produto comercial (p.c.) para cada 50 kg de sementes, com objetivo de evitar o ataque inicial de eventuais pragas de solo e doenças causadas pelo complexo de patógenos que habitam o solo. No intuito de manter a área experimental livre da competição com plantas daninhas, efetuou-se capinas manuais até o fechamento da cultura. Durante a condução do experimento, foram realizadas as práticas fitotécnicas de acordo com as necessidades do feijoeiro (BARBOSA; OLIVEIRA, 2012).

A adubação com N em cobertura foi realizada em 30/04/2012, quando as plantas apresentavam-se com o primeiro trifólio totalmente expandido, o que corresponde ao estágio fenológico V3. A aplicação do fertilizante nitrogenado foi realizada manualmente sendo depositado sobre a superfície do solo ao lado das plantas, a aproximadamente 10 cm. As irrigações foram efetuadas por meio de sistema de aspersão pivô-central. Realizou-se o manejo da irrigação com tanque Classe A, instalado ao lado da área experimental. Foram efetuadas irrigações sempre que a evapotranspiração da cultura (ETc) acumulada atingia 17,6 mm, lâmina predefinida inicialmente após confecção da curva característica de retenção de água do solo.

A colheita do feijoeiro cv. Pérola foi realizada em 17/07/2012. Assim, determinaram-se as seguintes variáveis agrônomicas: número de vagens por planta, determinado pela contagem de vagens em dez plantas representativas da área útil de cada unidade experimental. Dessas dez plantas foram escolhidas vinte vagens, ao acaso, assim, determinou-se o número de grãos por vagem. A massa de 100 grãos foi obtida pela pesagem em balança de precisão (0,01 g) em duplicata, e, posteriormente, a massa dos grãos foi corrigida para 13% de umidade. A produtividade de grãos foi obtida a partir da trilha mecânica das plantas da área útil; pesou-se a quantidade de grãos e em seguida fez-se a conversão para kg ha<sup>-1</sup>, padronizando-se o teor de água nos grãos em 13% a base úmida. O teor de água dos grãos foi obtido pelo método elétrico não destrutivo indireto, mediante o uso do aparelho portátil Gehaka Agri (Medidor de umidade G800), o qual propicia leitura direta em display digital.

Para os dados da fitomassa seca do milho solteiro e milho consorciado com guandu-anão, aplicou-se somente o teste t de Student; para os componentes da produção e produtividade de grãos, procedeu-se a análise de variância pelo teste de F, e, quando detectado efeito significativo, a resposta do feijoeiro às doses crescentes de N foi comparada por meio da análise de regressão com uso do software ASSISTAT versão 7.7 Beta.

## RESULTADOS

A convivência do guandu-anão, no consórcio com o milho, propiciou produtividade de fitomassa seca total semelhante ao milho solteiro, com corte das plantas realizado aos 100 DAS (Tabela 1).

**Tabela 1** - Fitomassa seca total do milho solteiro e consorciado com guandu-anão em Urutaí, Goiás, 2011/2012

*Table 1* - Total dry phytomass for single millet and intercropped with dwarf pigeon pea in Urutaí, Goiás, 2011/2012

Plantas de cobertura	Fitomassa seca total (kg ha <sup>-1</sup> )
Milho solteiro	6.479
Milho + Guandu-anão	5.092
Teste t (Student)	1,008 <sup>ns</sup>
p-valor	0,352

<sup>ns</sup>Não significativo pelo teste t (Student) a 5% de probabilidade.

<sup>ns</sup> Not significant by the t (Student) test at 5% probability.

A interação entre os fatores estudados, cultura antecessora e doses de N, não foi significativa (Tabela 2). Em razão disso, passou-se ao estudo dos efeitos médios de cada fator. O feijoeiro mostrou-se com mesmo número de vagens por planta, grãos por vagem e massa de 100 grãos em sucessão ao milho solteiro e consorciado com guandu-anão. Sobre a produtividade do feijoeiro, a presença de resíduos culturais do guandu-anão proporcionou acréscimo de 116 kg ha<sup>-1</sup> de grãos. Com as doses crescentes de N em cobertura, a produtividade e a massa de 100 grãos aumentaram linearmente, enquanto os demais componentes da produção não sofreram efeito das doses de N.

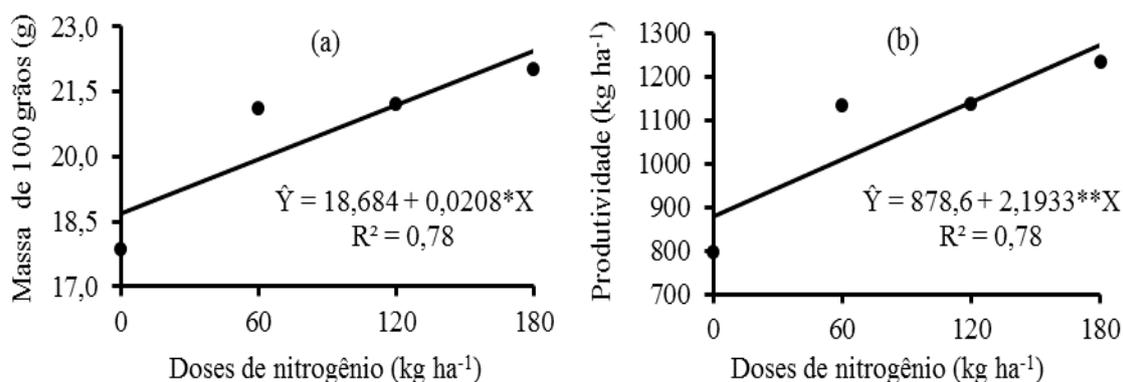
Em relação as doses de N, a massa de 100 grãos e produtividade foram afetadas significativamente, sendo descritas por modelo linear. A dose máxima de 180 kg ha<sup>-1</sup> não foi suficiente para promover a máxima expressão do potencial da cultura para massa de 100 grãos e produtividade (Figura 2a e 2b).

**Tabela 2** - Componentes de produção e produtividade de grãos do feijoeiro, cv. Pérola, cultivado em sucessão ao milheto solteiro e consorciado com guandu-anão, em função de doses de N em Urutaí, Goiás, 2011/2012  
**Table 2** - Production components and grain yield in the common bean, cv. Pérola, grown in succession to single millet and intercropped with dwarf pigeon pea, for doses of N, in Urutaí, Goiás, 2011/2012.

Tratamentos	Vagens por planta	Grãos por vagem	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Plantas de cobertura (PC)				
Milheto	17,22	5,18	20,82	1.018 b
Milheto + Guandu-anão	16,33	5,15	20,30	1.134 a
Teste F	0,97 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	46,30*
CV (%)	13,19	17,33	24,91	3,87
Média	16,77	5,16	20,56	-
Dose - D (kg ha <sup>-1</sup> N)				
0	16,00	5,36	17,88	797
60	17,50	5,05	21,12	1.135
120	15,98	5,18	21,22	1.137
180	17,63	5,07	22,01	1.235
Teste F	0,6 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	2,25*	6,15**
CV (%)	17,16	9,16	14,51	17,62
Teste F (PC x D)	0,15 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	2,76 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>Não significativo. \*\*e\*Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F.

<sup>ns</sup>Not significant. \*\*e\* Significant at 1 and 5% probability respectively, by the F test.



**Figura 2** - Massa de 100 grãos (a) e produtividade grãos (b) do feijoeiro cv. Pérola em função de doses crescentes de N (média de milheto solteiro e consorciado com guandu-anão) em Urutaí, Goiás, 2011/2012.

**Figure 2** - 100-grain weight (a) and grain yield (b) in the common bean cv. Pérola for increasing doses of N (mean values for single millet and intercropped with dwarf pigeon pea) in Urutaí, Goiás, 2011/2012.

## DISCUSSÃO

O consórcio entre milheto e guandu-anão apresentou produtividade de fitomassa seca total semelhante ao cultivo solteiro (Tabela 1). Resultado semelhante foi encontrado por Teixeira *et al.* (2008b), que não verificaram diferenças

significativas entre os cultivos de milheto solteiro e consorciado com guandu-anão. Em cultivo consorciado, a competição entre as espécies pelos recursos naturais do ambiente, principalmente água, luz e nutrientes, pode inviabilizar o consórcio. No presente estudo, ficou evidente que o consórcio de milheto e guandu-anão apresenta potencial para produzir resíduos culturais com qualidade,

sem comprometer a quantidade de fitomassa seca total. Entretanto, cabe destacar que a produtividade de fitomassa seca em ambos os cultivos, solteiro e consorciado, foram abaixo do esperado, em razão possivelmente da época de semeadura, ocorrida no verão.

O milheto se estabeleceu primeiro em relação ao guandu-anão, comportamento típico de plantas com metabolismo fotossintético C4, que apresentam desenvolvimento inicial rápido. Esse estabelecimento precoce do milheto o condicionou à planta dominante no consórcio, exercendo efeito supressivo sobre o guandu-anão. Em razão disso, a fitomassa seca total do consórcio teve maior contribuição da gramínea em comparação à leguminosa (dados não mostrados). Em trabalhos conduzidos por Teixeira *et al.* (2008b) e Calvo *et al.* (2010), estudando o consórcio entre milheto e guandu-anão, constataram também maior contribuição da gramínea na fitomassa seca. Esses resultados confirmam a predominância do milheto quando consorciado com guandu-anão.

Em alguns casos, o consórcio entre espécies de cobertura do solo pode produzir maior quantidade de fitomassa se comparado ao cultivo solteiro. Nesse aspecto, Teixeira *et al.* (2010) verificaram que o consórcio do milheto com o feijão-de-porco resultou em maior produtividade de fitomassa seca total quando comparado ao milheto solteiro. Entretanto, as condições experimentais não foram as mesmas, ainda que esses resultados reforçam a viabilidade técnica em adotar o consórcio entre gramíneas e leguminosas, em vista das diferenças em exigência nutricional, profundidade de raízes, quantidade e qualidade dos resíduos culturais que retornam ao solo.

Com relação ao desempenho agrônomico do feijoeiro cultivado em sucessão ao milheto solteiro e milheto consorciado com guandu-anão, os resíduos culturais deixados sobre a superfície do solo não demonstraram efeito sobre número de vagens por planta, número de grão por vagem e massa de 100 grãos (Tabela 2). Destacam-se a ausência de sintomas de déficit hídrico e deficiência de N, fatores que poderiam limitar a formação de ramos, flores e, conseqüentemente, vagens e grãos. Vale ressaltar que a expressão do potencial de grãos por vagem pelo feijoeiro é determinado pela cultivar. De acordo com Binotti *et al.* (2009), esse componente da produção apresenta reduzida resposta às práticas fitotécnicas adotadas na cultura. Em outro estudo, Silveira *et al.* (2005a) observaram no feijoeiro cv. Pérola que o número de grãos por vagens e massa de 100 grãos não apresentaram variação em função dos resíduos culturais, ao contrário do número de vagens por planta que variou nessas condições. Além disso, os valores dos componentes da produção encontrados por esses autores foram diferentes do presente estudo. Dessa forma, sugere-se que os resultados contrastantes são advindos da interação genótipo *versus* ambiente.

A maior produtividade de grãos do feijoeiro observada em sucessão ao consórcio milheto e guandu-anão pode ser

explicada pela qualidade dos resíduos culturais. Supõe-se que os resíduos do guandu-anão contribuíram para fornecer N ao feijoeiro e possibilitaram menor imobilização do fertilizante mineral. Dessa forma, preconiza-se o consórcio de milheto e guandu-anão, em vista de proporcionar cobertura ao solo e disponibilidade de nutrientes ao feijoeiro em sucessão. Silveira *et al.* (2005a), avaliando sete espécies de cobertura do solo, constataram que, em sucessão ao milheto e guandu-anão solteiros, o feijoeiro apresentou as maiores produtividades de grãos, inclusive acima de 2000 kg ha<sup>-1</sup>, sob irrigação por aspersão em sistema pivô-central.

A aplicação de doses de N mineral em cobertura no feijoeiro não promoveu efeito sobre número de vagens por planta e grãos por vagem (Tabela 2). É provável que os resíduos culturais, após o processo de decomposição, tenham contribuído em parte para suprir a demanda de N pelo feijoeiro na ausência de adubação mineral. Gomes Junior *et al.* (2008), avaliando duas cultivares de feijoeiro, IPR Juriti e Pérola, em sucessão a resíduos culturais de gramíneas, não observaram incremento na quantidade de vagens por planta e grãos por vagens, após aplicação de doses de N em cobertura. Já Carmeis Filho *et al.* (2014), avaliando três cultivares de feijoeiro, IPR Juriti, IAC Formoso e BRS Majestoso, no sistema plantio direto, constataram que as doses de N tiveram efeito linear sobre o número de vagens por planta somente na cultivar IPR Juriti, e efeito quadrático no número de grãos por vagem de todas cultivares, sendo assim, o estudo demonstrou incremento nesse componente da produção até a dose estimada de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N. Como destacado por Menegol *et al.* (2015), a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada é complexa, dependente de vários fatores, como a cultivar utilizada, característica do solo e clima.

Soratto *et al.* (2005) também verificaram maior número de vagens do feijoeiro em função da adubação nitrogenada após três anos de sistema plantio direto, em sucessão a resíduos culturais de gramíneas; segundo os autores, quando a planta é mal nutrida em relação ao N produz menos vagens. Com relação à quantidade de grãos por vagem, em outros trabalhos (SORATTO *et al.* 2005; CRUSCIOL *et al.* 2007; GOMES JUNIOR *et al.* 2008; BINOTTI *et al.* 2009), foram constatados, também, ausência de efeito das doses de N, corroborando com resultados desse estudo. Como discutido, o número de grãos é um componente da produção com alta herdabilidade genética que apresenta reduzida resposta a adubação nitrogenada.

A massa de 100 grãos e produtividade de grãos em resposta as doses de N foi descrita por modelo linear (Figura 2a e 2b). A presença de resíduos culturais e a disponibilidade hídrica durante todo o ciclo, condições essas favoráveis ao cultivo do feijoeiro, estimularam a formação de grãos, no entanto, na ausência de N mineral, as plantas evidenciaram grãos mal formados; isso confirma a limitada disponibilidade de N advinda dos resíduos culturais

antecessores. Contudo, em outros trabalhos, a massa de 100 grãos não foi afetada pelas doses de N (SORATTO *et al.* 2005; CRUSCIOL *et al.* 2007; GOMES JUNIOR *et al.* 2008). Logo, os resultados desse estudo e os obtidos por Binotti *et al.* (2009) contradizem as constatações dos trabalhos citados acima e confirmam que a disponibilidade de N é determinante no aumento da massa de grãos no feijoeiro.

O modelo linear que descreve a produtividade de grãos em resposta as doses de N, confirma a elevada demanda de N pelo feijoeiro em sucessão a resíduos culturais de milho solteiro e milho consorciado com guandu-anão (Figura 2b). Nesse sentido, a maior produtividade de grãos do feijoeiro, cv. Pérola, nesse estudo foi de 1.235 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Esse valor é superior à média nacional de 1.130 kg ha<sup>-1</sup>, mas abaixo da média do estado de Goiás, que é de 2.748 kg ha<sup>-1</sup>, no ano de 2012 (CONAB, 2015). Acredita-se que a presença de resíduos culturais de milho, nos cultivos solteiro e consorciado, prejudicou o desempenho produtivo do feijoeiro. Provavelmente, a imobilização temporária do N mineral pelos microorganismos do solo em virtude da maior relação C/N dos resíduos de milho atrelado à lenta decomposição explicam a baixa produtividade de grãos.

Em estudo conduzido por Fornasieri Filho *et al.* (2007), avaliando cultivares de feijoeiro, Pérola e IAC Una, em sucessão ao milho (*Pennisetum americanum* L.), a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura não foi suficiente para alcançar a produtividade máxima esperada, semelhante ao obtido nesse estudo. Os autores enfatizam que no sistema plantio direto, sob boa disponibilidade hídrica, o feijoeiro necessita de elevadas doses de N em cobertura, tal comportamento pode estar associado à lenta decomposição dos resíduos culturais.

De acordo com Farinelli e Lemos (2010), a produtividade do feijoeiro é influenciada positivamente pela adubação nitrogenada em cobertura, no entanto, há maior necessidade de fertilizante em cultivos sobre resíduos culturais, principalmente de gramíneas. O emprego de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N não permitiu a máxima produtividade, sendo necessárias maiores quantidades de N em virtude

da relação C/N da cultura antecessora e da velocidade de decomposição dos resíduos culturais. Contrariamente, Silveira *et al.* (2005a) alcançaram produtividade máxima do feijoeiro, c. Pérola em sucessão ao milho, na dose de 87 kg ha<sup>-1</sup>. Souza *et al.* (2011) observaram aumento na produtividade até a dose máxima calculada de 98 kg ha<sup>-1</sup>, porém apenas no segundo ano agrícola em sucessão ao consórcio milho e *U. brizantha*. Portanto, as condições experimentais influenciam na resposta do feijoeiro frente ao manejo que é dispensado às plantas. Em outro trabalho, referente a cv. Pérola, Crusciol *et al.* (2007) observaram que até a dose estimada de 95 kg ha<sup>-1</sup> de ureia há aumento de produtividade do feijoeiro, cultivado sob sistema plantio direto em sucessão a aveia-preta.

Como se observou nos resultados desse estudo, o comportamento agrônomico do feijoeiro a doses de N demonstra a importância da realização de estudos envolvendo a adubação nitrogenada em cobertura. Sendo assim, ficou evidente que o feijoeiro cultivado sob resíduos culturais de gramíneas solteiras e/ou consorciadas com leguminosas, sem a aplicação de N mineral apresenta desempenho produtivo inferior, pois a disponibilidade de N é insuficiente para atender, na sua totalidade, a demanda de N pela cultura. Desse modo, destaca-se a adubação nitrogenada como fator determinante para elevar a produtividade de grãos do feijoeiro.

## CONCLUSÕES

O milho solteiro e milho consorciado com guandu-anão apresentam produtividade de fitomassa semelhantes;

A produtividade de grãos do feijoeiro é superior quando cultivado em sucessão aos resíduos culturais do milho consorciado com guandu-anão;

O modelo linear que descreve a produtividade de grãos em resposta às doses de N confirma a elevada demanda de N pelo feijoeiro em sucessão a resíduos culturais de milho solteiro e milho consorciado com guandu-anão.

## LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2012-2014**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, A. C. C.; KAMIMURA, K. M. Fontes, doses

e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 68, p. 473-481, 2009.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, p. 77-86, 2010.

- CARMEIS FILHO, A. C. A.; MINGOTTE, F. L. C.; CUNHA, T. P. L.; LEMOS, L. B. Resposta de cultivares de feijoeiro à adubação nitrogenada em cobertura no sistema de plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 3, p. 10-24, 2014.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 2012. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina\\_objcmsconteudos=2#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos). Acesso em: 25 set. 2015.
- COSTA, E. J. Impactos ambientais no córrego palmital no município de Urutaí - GO. **Enciclopédia Biosfera**, v. 1, p. 1-23, 2005.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SIVA, L. M.; LEMOS, L. B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1545-1552, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa SPI, 2006. 306 p.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, v. 69, p. 165-172, 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**, v. 35, p. 115-121, 2007.
- GOMES JUNIOR, F. G.; SÁ, M. E. de; VALÉRIO FILHO, W. V. Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre gramíneas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p.387-395, 2008.
- KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BUZZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 69, p. 125-133, 2010.
- MENEGOL, D. R.; PIAS, O. H. C.; SANTI, A. L.; CHERUBIN, M. R.; BERGHETTI, J.; SIMON, D. H. Índice de suficiência de clorofila no manejo da adubação nitrogenada do feijoeiro comum. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.9, p.119-128, 2015.
- 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**, v. 40, p. 377-381, 2005a.
- SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes no limbo foliar de guandu e estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, p. 133-138, 2005b.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, L. M.; TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; FURTINI NETO, A. E.; MARQUES, E. L. S. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, p. 499-505, 2005.
- 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**, v. 46, p. 370-377, 2011.
- TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B.; FONTANETTI, A. Produtividade e teores foliares de nutrientes do feijoeiro sob diferentes palhadas e doses de nitrogênio em semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 123-130, 2008a.
- TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B.; FONTANETTI, A. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 533-538, 2008b.
- TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, J. G.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 497-505, 2010.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I. POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 609-618, 2005.