

PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA AGRONÔMICA, CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS DO FEIJÃO ADUBADO COM NITROGÊNIO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL⁽¹⁾

ROGÉRIO FARINELLI^(2*); LEANDRO BORGES LEMOS⁽³⁾

RESUMO

Altas produtividades do feijoeiro são obtidas sob condições tecnológicas adequadas, destacando-se o uso de sistemas de manejos de solo e a adubação nitrogenada, porém, há pouco conhecimento sobre tais técnicas culturais interferindo nas características nutricionais e tecnológicas de grãos. Desse modo, o trabalho teve como objetivo verificar a interferência da adubação nitrogenada em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) no feijoeiro, cultivar Pérola, cultivado no preparo convencional do solo e no plantio direto e suas relações com a produtividade, eficiência agronômica, características nutricionais e tecnológicas do grão. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, onde as parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo de solo e as subparcelas pelas doses de N em cobertura. A produtividade do feijoeiro é influenciada positivamente pela adubação nitrogenada em cobertura, com maior necessidade de fertilizante no plantio direto. A eficiência agronômica é superior no sistema de preparo convencional do solo. O aumento do teor de proteína bruta é em função das doses crescentes de N em cobertura nos sistemas de plantio direto e de preparo convencional do solo. O tempo para cozimento dos grãos é diminuído em função das doses de N empregadas no sistema de plantio direto em relação ao preparo convencional. Há aumento no tempo para a máxima hidratação dos grãos até a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no sistema de plantio direto e no preparo convencional do solo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, sistemas de manejo do solo, fertilização nitrogenada, produção agrícola, proteína e capacidade de absorção de água.

ABSTRACT

YIELD, AGRONOMIC EFFICIENCY, TECHNOLOGICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF THE COMMON BEAN WITH NITROGEN FERTILIZATION IN NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL TILLAGE

The common bean when grown under conditions appropriate technology, particularly the use of soil tillage systems and nitrogen fertilization, promotes the achievement of high yield; however, has little knowledge on such practical cultural intervening in the technological characteristics of grains. In this way the work had as objective to verify the influence of soil tillage systems (conventional soil tillage and no-tillage) and nitrogen fertilization in topdressing (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹, source urea) in the yield, agronomic efficiency, technological and nutritional characteristics of common bean, Pérola cultivar. The experimental design was the randomized in split plot design, with four replications. The parcels were represented by soil tillage systems and subparcels by doses of nitrogen topdressing. The yield is influenced positively by nitrogen topdressing, but with greater need of fertilizer in no-tillage system. The agronomic efficiency is higher in conventional soil tillage. The increase of the protein content is in function of increasing doses of N in topdressing in no-tillage and conventional soil tillage. The cooking time decreases in function of employed doses of N in no-tillage in relation to conventional soil tillage. There is increase in the maximum time hydration of beans until the application of 120 kg ha⁻¹ of N in no-tillage and conventional soil tillage systems.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, soil tillage systems, nitrogen fertilization, agricultural production, protein content and water absorption capacity.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 31 de outubro de 2008 e aceito em 25 de setembro de 2009.

⁽²⁾ Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 14884-000 Jaboticabal (SP). E-mail: rfarinelli@fcav.unesp.br (*) Autor correspondente; leandrobl@fcav.unesp.br

⁽³⁾ Bolsista do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum é a espécie mais cultivada no mundo entre as demais do gênero *Phaseolus*, sendo o Brasil o maior produtor e consumidor. Apesar da pouca produtividade em nível nacional, em torno de 850 kg ha⁻¹, o feijoeiro vem sendo explorado em uma diversidade de sistemas de produção em diferentes agroecossistemas, obtendo-se produtividades superiores a 3.000 kg ha⁻¹, principalmente nos cultivos irrigados, associado à utilização em maior quantidade de insumos agrícolas e em função da disponibilidade de cultivares com potencial produtivo acima de 4.000 kg ha⁻¹.

Dentre as várias causas para a pouca produtividade nacional do feijoeiro destaca-se o manejo inadequado da adubação, principalmente em relação ao emprego do nitrogênio (N). Este é o nutriente mais absorvido e extraído pelo feijoeiro, tendo seu uso influência positiva e significativa na produtividade. Em virtude do custo elevado dos fertilizantes nitrogenados e das perdas deste nutriente pelo solo o que contribuiu para a poluição ambiental, torna-se de grande interesse a definição de técnicas com as quais se possa maximizar seu uso de forma eficiente (SORATTO et al., 2005; SILVA et al., 2006).

Assim, destaca-se a realização de trabalhos científicos em que foram avaliados os componentes da produção, características das plantas, teor foliar de N e outros elementos, eficiência de uso de N e desempenho produtivo do feijoeiro em relação à adubação nitrogenada, em diversos sistemas de manejo de solo. Em alguns, foram constatados na cultura efeitos de doses de nitrogênio acima de 100 kg ha⁻¹, principalmente em sucessão e rotação com gramíneas (SILVA e SILVEIRA, 2000; SORATTO et al., 2004; MEIRA et al., 2005; FURTINI et al., 2006; SANTOS e FAGERIA, 2007; GOMES JUNIOR et al., 2008).

Em relação à questão alimentar e nutricional da população brasileira, o feijão têm características que tornam seu consumo vantajoso, constituindo em importante fonte protéica e energética, com elevado teor de lisina, fibra e ferro, elevado conteúdo de carboidratos e a presença de vitaminas do complexo B (LAJOLO et al., 1996; DAMODARAN, 1997).

Acréscimos na produtividade podem ser promovidos pela adubação nitrogenada, além de ser uma alternativa para aumento do teor protéico em grãos de feijão (BORDIN et al., 2003; ANDRADE et al., 2004; GOMES JUNIOR et al., 2005; SORATTO et al., 2005 e SILVA et al., 2006).

Com relação aos componentes tecnológicos, especialmente quanto ao tempo para cozimento e a capacidade de hidratação dos grãos, verifica-se que

são escassos os trabalhos científicos relacionando-se a influência de manejos de solo e o uso de fertilizantes.

Um dos poucos trabalhos realizados nessa linha de pesquisa foi o de SILVA et al. (2006) que verificaram aumento no teor de proteína bruta, tempo para cozimento e tempo para a máxima hidratação dos grãos da cultivar Pérola, em plantio direto, mediante as doses de N aplicadas em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹). Em outro trabalho, RIBEIRO et al. (2007), utilizando doses de N em cobertura e distintas condições e tempos de armazenamento, verificaram a existência da interação genótipo x ambientes para a absorção de água e o tempo para cozimento dos grãos da cultivar TPS Nobre.

Na cultura do feijoeiro é de suma importância a obtenção de informações técnicas, visando não somente o acréscimo do potencial produtivo, mas sua associação com as características nutricionais e tecnológicas do produto feijão, com destaque para o teor protéico, tempo para cozimento e capacidade de hidratação (DONADEL e PRUDENCIO-FERREIRA, 1999; CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003; RIOS et al., 2003; LEMOS et al., 2004; RAMOS JUNIOR et al., 2005; RODRIGUES et al., 2005), para favorecer a utilização e o consumo, tanto "in natura" quanto industrializado, promovendo-se a competitividade e a sustentabilidade da cadeia produtiva do feijoeiro no agronegócio nacional.

O objetivo neste trabalho foi verificar a interferência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto e no sistema convencional de preparo de solo e suas relações com a produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas dos grãos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola 2003/2004, em Botucatu (SP), em Nitossolo Vermelho distrófico, em área experimental com distintos manejos de solo (preparo convencional e plantio direto) desde 1985. De acordo com os critérios da classificação de Köppen, o clima da região é Cfa, temperado (mesotérmico), constantemente úmido, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10 °C; a temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22 °C.

Antes da instalação do experimento procedeu-se à análise dos atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm, obtendo-se, para o preparo convencional, valores de pH (CaCl₂): 5,3; M.O (g kg⁻¹): 32,0; P resina (mg dm⁻³): 72,4; H + Al; K; Ca; Mg; SB; CTC (mmol_c dm⁻³): 47,7; 3,4; 40,0; 18,0; 61,4; 109,0 e V: 56,0%. Para

o plantio direto obtiveram-se os seguintes valores de pH (CaCl₂): 5,3; M.O (g kg⁻¹): 53,3; P resina (mg dm⁻³): 136,1; H + Al; K; Ca; Mg; SB; CTC (mmol_c dm⁻³): 42,9; 2,6; 59,0; 24,0; 85,6; 128,5 e V: 67,0%.

Antecedendo ao feijoeiro implantou-se um sistema de sucessão de culturas, em condições de sequeiro, com aveia preta cultivar Comum, no período de outono-inverno, e milho cultivar BN-2, na primavera, sendo ambas manejadas aos 60 dias após a emergência das plântulas, por meio de dessecação química com glyphosate na dose de 900 g ha⁻¹ de i.a.

A semeadura de feijão cultivar Pérola foi realizada em 18/12/03, tendo seu desenvolvimento ocorrido durante o período de verão e em condições de sequeiro. O espaçamento utilizado foi de 0,45 m entrelinhas e densidade de semeadura de 12 sementes por metro, obtendo-se população final na colheita de 220.000 plantas ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas, com área de 270 m² cada uma, foram representadas por sistemas de manejos de solo, constituídos por preparo convencional com o uso de aração, realizada com arado de discos, e duas gradagens, com grade niveladora, e pelo plantio direto. As subparcelas, com área 47,25 m² cada uma, constituíram-se por doses de adubação nitrogenada em cobertura (N), sendo 0-sem aplicação, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, empregando-se como fonte a uréia. Como área útil de cada subparcela, foram consideradas oito linhas centrais de 7 m de comprimento, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade.

A adubação mineral de semeadura foi realizada empregando-se 300 kg ha⁻¹ do formulado 4-20-10. As adubações de cobertura foram efetuadas no início do estágio fenológico V₄, caracterizado pela presença da terceira folha trifoliolada completamente aberta em 50% das plantas, sendo feita em filete contínuo a 10 cm de distância das plantas de feijão.

A produtividade de grãos foi obtida pelo arranquio manual das plantas na área útil de cada subparcela e posterior trilha mecânica, padronizando-se o grau de umidade a 13% de base úmida. Também foi determinada a eficiência do uso de nitrogênio, de acordo com método proposto por FAGERIA e BALIGAR (2005), por meio do cálculo da eficiência agrônômica (EA), utilizando a fórmula $EA = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (QN_a)$, 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.

As avaliações nutricionais e tecnológicas foram efetuadas aos três meses após a colheita, em amostras de grãos homogeneizadas e padronizadas em peneiras de furos oblongos 13/64 x 3/4", com 13% de umidade, armazenadas em câmara seca à temperatura de 25 °C e umidade relativa de 40%.

O teor de proteína bruta (PB%) foi determinado pela fórmula $PB = N \text{ total} \times 6,25$, em que o N total é o teor de nitrogênio nos grãos, obtido na digestão sulfúrica, de acordo com SARRUGE e HAAG (1974).

O tempo para cozimento, expresso em minutos, foi determinado com o auxílio do cozedor de Mattson, com a água mantida em nível constante e temperatura a 96 °C. De posse dos dados, adotou-se a escala de PROCTOR e WATTS (1987) para verificar o nível de resistência ao cozimento, sendo representado por: tempo inferior a 16 minutos como muito suscetível ao cozimento, de 16 a 20 minutos como suscetibilidade média ao cozimento, de 21 a 29 minutos como resistência normal ao cozimento, de 29 a 32 minutos como resistência média ao cozimento, de 33 a 36 minutos como resistente ao cozimento e tempo superior 36 minutos como muito resistente ao cozimento.

A capacidade de hidratação foi quantificada em amostras de 50 g de grãos colocadas em água destilada durante 12 horas. Nas primeiras 4 horas, o volume de água foi determinado a cada 30 minutos e nas 8 horas restantes, a cada hora. No término do tempo para a hidratação, a água foi totalmente drenada e os grãos pesados. A relação de hidratação foi determinada como a razão entre a massa após o término da avaliação e a massa inicial dos grãos. Os grãos não hidratados, denominados de casca dura, foram pesados separadamente, sendo expressos em porcentagem. Durante a realização do teste, a temperatura média da água foi de 24 °C.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F, e as médias dos sistemas de manejo de solo comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os valores das doses de nitrogênio em cobertura, assim como da interação manejos x doses, procederam-se aos estudos de regressão polinomial. Realizou-se também análise de regressão entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (mL), para obter o tempo necessário para a máxima hidratação dos grãos. Para a presença de grãos de casca dura e para a relação de hidratação não foram realizadas análises estatísticas. Visando obter um grau de associação entre as características avaliadas procedeu-se à análise de correlação simples de Spearman.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à produtividade de grãos (Figura 1), verifica-se que no sistema de plantio direto, a produtividade em relação às doses de N teve o comportamento linear e crescente, ou seja, o emprego de 160 kg ha⁻¹ de N não permitiu a máxima produtividade. Neste caso, a produtividade seria alcançada no sistema de preparo convencional com a aplicação de 185 kg ha⁻¹ de N, reforçando mais uma vez a necessidade de maiores quantidades de nitrogênio no plantio direto, em virtude da relação C/N das culturas antecessoras e da velocidade de mineralização de restos culturais envolvidos no esquema de sucessão de culturas com gramíneas (SORATTO et al., 2004; MEIRA et al., 2005; GOMES JUNIOR et al., 2008).

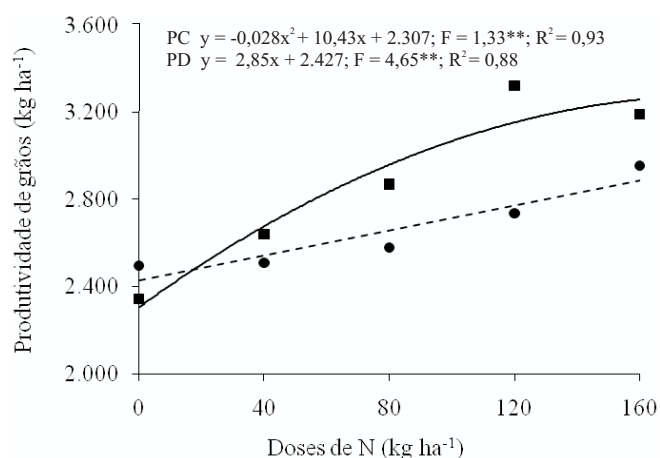


Figura 1. Produtividade de grãos do feijoeiro, cultivar Pérola, em função de sistemas de manejos de solo e adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu (SP), 2003/2004. PC: preparo convencional do solo e PD: plantio direto.

Diferenças nos sistemas de manejos de solo foram constatadas quanto ao uso do nitrogênio aplicado em cobertura (Tabela 1). No preparo convencional, o incremento de 8,1 kg de feijão por kg de N foi obtido mediante a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N. Enquanto para o plantio direto a eficiência agrônômica aumentou à medida que as doses se elevaram, sendo o maior valor estabelecido com a aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N, porém os respectivos valores foram inferiores comparados ao preparo convencional.

De acordo com SILVA e SILVEIRA (2000), nos sistemas agrícolas também há influência da adubação nitrogenada no feijoeiro. SORATTO et al. (2004), trabalhando em sistema irrigado com a cultivar Pérola, relataram que, com o incremento na dose de N em

cobertura (0 a 210 kg ha⁻¹ de N), foi aumentado o fator de utilização do elemento para o cultivar IAC Carioca, tanto no plantio direto quanto no preparo convencional. Neste mesmo trabalho, o incremento na produtividade foi maior no plantio direto mediante o aumento das doses de N. SANTOS e FAGERIA (2007) verificaram diversidade na eficiência de uso do nitrogênio entre os cultivares BRS Pontal, BRS Valente, BRS Grafite, BRS Radiante e Jalo Precoce, utilizando diferentes manejos de adubação nitrogenada, com a dose de 90 kg ha⁻¹ de N, variando de 6 (Jalo Precoce) a 20 kg de grãos de feijão por kg de N aplicado (BRS Pontal). FURTINI et al. (2006), avaliando 100 linhagens de feijoeiro, constataram em apenas 22 linhagens efeito positivo da adubação nitrogenada de 40 kg ha⁻¹ em cobertura, sendo a eficiência na utilização de nitrogênio variável de 11,3 a 18,3 kg de grãos por kg de nitrogênio aplicado.

Tabela 1. Eficiência agrônômica (¹) do feijoeiro, cultivar Pérola, em função de sistemas de manejos de solo e adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu (SP), 2003/2004

Doses de N kg ha ⁻¹	Preparo convencional kg kg ⁻¹	Plantio direto kg kg ⁻¹
0	-	-
40	7,4	0,3
80	6,5	1,0
120	8,1	2,0
160	5,3	2,8

(¹) Eficiência agrônômica: kg de grãos de feijão produzido por kg de N aplicado.

Os valores de proteína bruta foram aumentados com as doses de N em cobertura, obtendo-se um acréscimo de 3,5% com a aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N, em comparação à ausência da adubação em cobertura (Figura 2), corroborando os resultados de BORDIN et al. (2003), ANDRADE et al. (2004), SORATTO et al. (2005) e SILVA et al. (2006), que verificaram acréscimo neste componente para a cultivar Pérola, utilizando, respectivamente, doses de 0 a 75, 0 a 60 e 0 a 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Segundo LAJOLO et al. (1996), pode haver variações no conteúdo protéico em função da cultivar, do local de cultivo e das condições ambientais.

Quanto ao tempo para cozimento, verifica-se aumento nos valores até a aplicação de 88 kg ha⁻¹ de N no preparo convencional, em que foi estabelecido um tempo máximo de 26 minutos (Figura 3). A elevação no tempo para cozimento pode ser atribuída ao aumento no teor protéico dos grãos, visto que a molécula da proteína tem características hidrofílicas,

sendo necessário mais tempo para a desnaturação protéica (DAMODARAN, 1997). Em relação ao plantio direto, houve redução significativa no tempo para cozimento em função das doses de N empregadas (Figura 3). Comparando-se os resultados com os níveis de resistência ao cozimento, propostos por PROCTOR e WATTS (1987), verificou-se que os valores obtidos do tempo para cozimento enquadraram-se em grãos de resistência normal.

SILVA et al. (2006), estudando o efeito da adubação nitrogenada e molíbdica nas características agrônômicas e tecnológicas do feijão, verificaram acréscimo nos valores de tempo para cozimento dos grãos mediante a aplicação de N em cobertura (0 a 120 kg ha⁻¹).

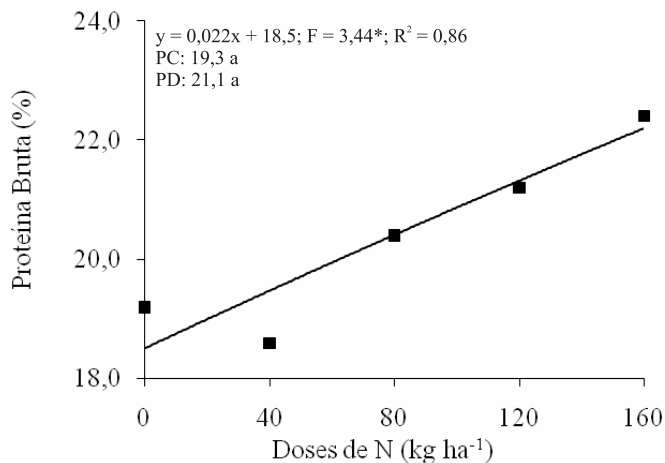


Figura 2. Teor de proteína bruta nos grãos de feijão, cultivar Pérola, em função de sistemas de manejos de solo e adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu (SP), 2003/2004. PC: preparo convencional do solo e PD: plantio direto.

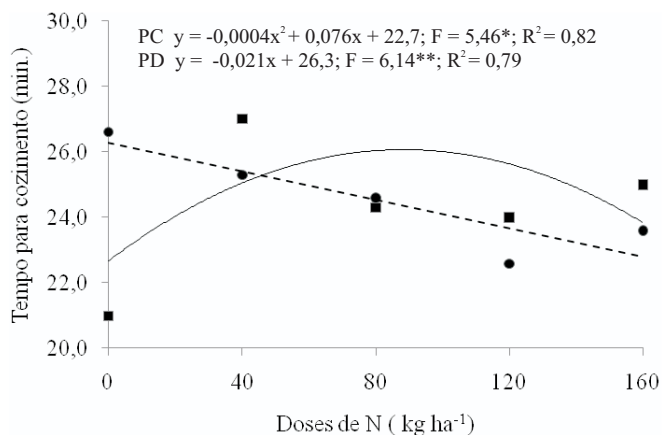


Figura 3. Tempo para cozimento de grãos de feijão, cultivar Pérola, em função de sistemas de manejos de solo e adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu (SP), 2003/2004. PC: preparo convencional do solo e PD plantio direto.

Contudo, há necessidade de realização de outras pesquisas, visto que esta característica é influenciada por outros fatores, como interação genótipos x ambientes (CARBONELL et al., 2003; LEMOS et al., 2004; RIBEIRO et al., 2007).

Com relação aos grãos de casca dura, os resultados para os sistemas de manejo de solos e adubação nitrogenada foram inferiores a 5%, o que podem ser considerados de pouca intensidade (Tabela 2). SILVA et al. (2006) verificaram que, com a adubação nitrogenada não foi influenciada a porcentagem de grãos de casca dura. Quanto aos valores para a relação de hidratação, de forma geral, após as 12 horas de embebição, nos grãos foi absorvida massa em água aproximadamente igual à sua massa inicial, concordando com os resultados de LEMOS et al. (2004) e RAMOS JUNIOR et al. (2005).

Quanto ao tempo para a máxima hidratação e com relação às doses de N em cobertura, os valores foram variáveis de 11 horas e 14 minutos (preparo convencional) a 13 horas e 26 minutos (plantio direto). Para os dois sistemas de manejo de solo houve aumento no tempo para a máxima hidratação dos grãos de feijão até a quantidade de 120 kg ha⁻¹ de N (Tabela 3), corroborando em parte com SILVA et al. (2006), que obtiveram valores crescentes, acima de 12 horas, com as aplicações de N em cobertura (0 a 120 kg ha⁻¹ de N).

Apesar de em alguns tratamentos ser demandado tempo maior que 12 horas para se atingir a máxima hidratação, o comportamento é satisfatório, uma vez que na culinária brasileira, os grãos de feijão são deixados em embebição na noite anterior ao preparo ou ao cozimento.

A capacidade de hidratação de grãos de feijão também é dependente da cultivar, das condições de armazenamento e do ambiente (CARBONELL et al., 2003; LEMOS et al., 2004; RIOS et al., 2003; RIBEIRO et al., 2007), o que evidencia a necessidade de pesquisas científicas sobre a influência da adubação nitrogenada nesta característica tecnológica e, conseqüentemente, a razão pela qual ocorre esta interferência na cultura. Vale ressaltar que também há necessidade de trabalhos nesta linha de pesquisa, visando verificar o efeito de práticas agrícolas nas características tecnológicas do feijão, principalmente em diferentes ambientes de cultivo.

Quanto ao estudo das correlações simples entre as características tecnológicas verifica-se que o acréscimo no teor de proteína bruta no preparo convencional foi estabelecido com a relação de hidratação e porcentagem de grãos de casca dura (Tabela 4).

Tabela 2. Porcentagem de grãos de casca dura e relação de hidratação em feijão, cultivar Pérola, em função de sistemas de manejos de solo e adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu (SP), 2003/2004

Tratamentos		Grãos de casca dura	Relação de hidratação
Manejos de solo	Doses de N		
	kg ha ⁻¹	%	
Preparo convencional	0	2,8	1,99
	40	3,5	1,99
	80	1,2	2,04
	120	0,9	2,09
	160	0,4	2,09
Plantio direto	0	2,8	2,01
	40	3,8	1,99
	80	3,0	1,99
	120	0,7	2,11
	160	2,0	2,05

Tabela 3. Tempo para a máxima hidratação de grãos de feijão (TH), cultivar Pérola, em função de sistemas de manejos de solo e adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu (SP), 2003/2004

Tratamentos		Equação de regressão (¹)	R	TH
Manejos de solo	Doses de N			
	kg ha ⁻¹			h:min
Preparo convencional	0	$y = -0,0001x^2 + 0,134x + 3,298$	0,98	11:14
	40	$y = -0,00009x^2 + 0,121x + 5,068$	0,98	11:15
	80	$y = -0,0001x^2 + 0,147x + 2,067$	0,99	12:48
	120	$y = -0,0001x^2 + 0,161x + 2,522$	0,98	13:26
	160	$y = -0,0001x^2 + 0,153x + 4,035$	0,99	12:47
Plantio direto	0	$y = -0,00009x^2 + 0,130x + 4,862$	0,98	12:03
	40	$y = -0,00009x^2 + 0,130x + 1,964$	0,99	12:02
	80	$y = -0,00008x^2 + 0,122x + 3,115$	0,99	12:4
	120	$y = -0,0001x^2 + 0,154x + 4,172$	0,99	12:54
	160	$y = -0,0001x^2 + 0,152x + 5,200$	0,98	12:40

(¹) x = tempo para a hidratação (minutos) e y = quantidade de água absorvida (mL). R² = coeficiente de determinação.

Tabela 4. Correlações simples entre as características nutricionais e tecnológicas de grãos de feijão, cultivar Pérola, em função de sistemas de manejos de solo e adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu (SP), 2003/2004

	Preparo convencional					Plantio direto				
	PB (¹)	TC	RH	GC	TH	PB	TC	RH	GC	TH
PB	-	-0,32	0,92*	-0,97**	0,84	-	-0,79	0,58	-0,63	0,74
TC	-	-	-0,08	-0,09	-0,11	-	-	-0,80	0,80	-0,88*
RH	-	-	-	-0,94*	0,94*	-	-	-	-0,96**	0,59
GC	-	-	-	-	-0,87*	-	-	-	-	-0,71

(¹) PB: proteína bruta; TC: tempo para cozimento; RH: relação de hidratação; GC: grãos de casca dura; TH: tempo para a máxima hidratação. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

Este resultado é favorável sob a questão tecnológica pois com a realização do teste de hidratação dos grãos no período de 12 horas foram provocadas alterações positivas, permitindo-se decréscimo na porcentagem de grãos não hidratados devido, provavelmente, à desnaturação proteica e hidrólise de carboidratos dos grãos de feijão (DONADEL e PRUDENCIO-FERREIRA, 1999).

A correlação negativa entre o tempo para cozimento e tempo para a máxima hidratação dos grãos no plantio direto (Tabela 4) refletiu-se em benefício com menos tempo no preparo do feijão à medida que os grãos permaneceram embebidos por um período superior a 12 horas, semelhante ao obtido por RODRIGUES et al. (2005). Esta associação entre estes dois parâmetros é muito discutida em algumas pesquisas científicas, contrariando DALLA CORTE et al. (2003) e CARBONELL et al. (2003) que determinaram correlação positiva, sendo atingidos valores de pouca a média magnitude, pois tais comportamentos são em decorrência de variações genéticas e também em função do período em que os grãos são deixados em maceração.

Pela correlação negativa da relação de hidratação com grãos de casca dura nos dois sistemas de manejos de solo e positiva com o tempo para a máxima hidratação no preparo convencional (Tabela 4) sugere-se que a hidratação dos grãos por 12 horas ou mais é suficiente para a adequada embebição dos feijões secos à temperatura ambiente, fato comumente utilizado tanto no preparo caseiro quanto no processamento industrial de enlatados (RIOS et al., 2003). Além disso, a reduzida porcentagem de grãos de casca dura, quando submetidos ao maior tempo de hidratação no preparo convencional, foi contribuinte para a mobilidade de água no interior dos grãos, garantindo-se dessa forma, elevadas porcentagens de grãos normais (RODRIGUES et al., 2005).

4. CONCLUSÕES

1. A produtividade do feijoeiro é influenciada positivamente pela adubação nitrogenada em cobertura, com maior necessidade de fertilizante no plantio direto.

2. A eficiência agrônômica é superior no sistema de preparo convencional do solo.

3. O aumento do teor de proteína bruta é decorrente das doses crescentes de N em cobertura no sistema de plantio direto e preparo convencional do solo.

4. O tempo para cozimento dos grãos é diminuído em função das doses de N empregadas no sistema de plantio direto em relação ao preparo convencional.

5. Há aumento no tempo para a máxima hidratação dos grãos até a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no sistema de plantio direto e no preparo convencional do solo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.A.B.; PATRONI, S.M.S.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C.A. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. *Ciência e Agrotecnologia*, v.28, p.1077-1086, 2004.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. *Bragantia*, v.62, p.235-241, 2003.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. *Bragantia*, v.62, p.369-379, 2003.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SHOLZ, M.B.S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.3, p.193-202, 2003.

DAMORADAN, S. Food proteins: na overview. In: DAMORADAN, S.; PARAF, A. (Ed.) *Food proteins and their applications*. New York: Marcel Dekker, 1997. p.1-24.

DONADEL, M.E.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H. Propriedades funcionais de concentrado protéico de feijão envelhecido. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.19, p.1-15, 1999.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V.C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, v.88, p.97-185, 2005.

FURTINI, I.V.; PATTO RAMALHO, M.A.; ABREU, A.F.B.; FURTINI NETO, A.E. Resposta diferencial de linhagens de feijoeiro ao nitrogênio. *Ciência Rural*, v.36, p. 1696-1700, 2006.

GOMES JUNIOR, F.G.; LIMA, E.R.; LEAL, A.J.F.; MATOS, F.A.; SÁ, M.E.; HAGA, K.I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v.27, p.455-459, 2005.

GOMES JUNIOR, F.G.; SÁ, M.E.; VALÉRIO FILHO, W.V. Nitrogênio no feijoeiro em sistema plantio direto sobre gramíneas. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v.30, p.387-395, 2008.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). *Cultura do feijoeiro no Brasil*. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.23-56.

LEMO, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C.; SILVA, T.R.B. Características agrônômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.319-326, 2004.

MEIRA, F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.383-388, 2005.

PROCTOR, J.R.; WATTS, B.M. Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure base don sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Techonology Journal**, v.20, p.9-14, 1987.

RAMOS JUNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; SILVA, T.R.B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, v.64, p.75, 2005.

RIBEIRO, N.D.; RODRIGUES, J.A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N.L.; TRENTIN, M.; ROSA, S.S. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre de grãos de feijão para cozimento. **Bragantia**, v.66, p.157-163, 2007.

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.39-45, 2003.

RODRIGUES, J.A.; RIBEIRO, N.D.; LONDERO, P.M.G.; CARGNELUTTI FILHO, D.C.G. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v.35, p.209-214, 2005.

SANTOS, A B. dos; FAGERIA, N.K. Manejo do nitrogênio para eficiência de uso por cultivares de feijoeiro em várzea tropical. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, p.1237-1248, 2007.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p. Mimeografado.

SILVA, T.R.B.; LEMOS, L.B.; TAVARES, C.A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.739-745, 2006.

SILVA, C.C. da; SILVEIRA, P.M.; Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.86-96, 2000.

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.895-901, 2004.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v.64, p.211-218, 2005.