

Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto¹

Rates and timing of nitrogen application for obtaining the economic grain yield, under no-tillage

Edson Alves Bastos², Milton José Cardoso², Francisco de Brito Melo², Valdenir Queiroz Ribeiro³ e Aderson Soares de Andrade Júnior²

Resumo - O objetivo deste estudo foi definir a forma de parcelamento do adubo nitrogenado e as doses de N para maximizar a produção econômica de grãos de milho no sistema plantio direto, nos cerrados do Meio-Norte do Brasil. Os experimentos foram conduzidos em Latossolos Amarelos Álicos no sistema plantio direto, nos municípios de Baixa Grande do Ribeiro, PI e São Raimundo das Mangabeiras, MA, no ano agrícola de 2001/2002. Consistiu da avaliação de quatro doses de N (0; 60; 120 e 180 kg ha⁻¹) associadas a duas formas de parcelamento do adubo (1/2 na fundação + 1/2 por ocasião da sexta folha e 1/3 na fundação + 1/3 por ocasião da quarta folha + 1/3 por ocasião da sexta folha). Foi aplicado um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, onde os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial incompleto 2x3 + 1 (testemunha: 0 kg de N ha⁻¹) e avaliada a produtividade de grãos. Os resultados evidenciaram que não há necessidade de se parcelar o adubo nitrogenado em mais de duas vezes, nas condições de solo e clima de Baixa Grande do Ribeiro e São Raimundo das Mangabeiras. Em Baixa Grande do Ribeiro, a produtividade econômica de grãos de milho (5.723,1 kg ha⁻¹) foi alcançada com 67 kg de N ha⁻¹. Em São Raimundo das Mangabeiras, a produtividade de grãos apresentou efeito linear ao nitrogênio, obtendo-se 7.691,8 kg ha⁻¹ com 180 kg ha⁻¹ de N.

Palavras-chave: *Zea mays*. Mineral-N. Semeadura direta.

Abstract - The objective of this work was to identify the nitrogen (N) rates to obtain the economic grain yield, on cerrado soil in Mid-North region of Brazil. The experiments were carried out during the growth season of 2001/2002, in Baixa Grande do Ribeiro, PI and São Raimundo das Mangabeiras, MA, counties. Four levels of N (0; 60; 120 and 180 kg ha⁻¹) and two forms of nitrogen application (1/2 in foundation + 1/2 for occasion of sixth leaf, and 1/3 in foundation + 1/3 for occasion of fourth leaf + 1/3 for occasion of the sixth leaf) were evaluated concerning grain yield in soils under no-tillage. The experimental design was randomized blocks, with four replications. The treatments were combined in an uncomplete factorial 2x3 + 1 (control: 0 kg ha⁻¹ de N). In Baixa Grande do Ribeiro, the response of grain yield to levels of N was quadratic, yielding 5,723.1 kg ha⁻¹, with the economic doses of 67 kg ha⁻¹ of N. In São Raimundo das Mangabeiras, the response of grain yield to levels of N was linear, yielding 7,691.8 kg ha⁻¹ with 180 kg ha⁻¹ of N.

Key words: *Zea mays*. Mineral-N. No-tillage.

¹ Recebido para publicação em 11/06/2007; aprovado em 07/01/2008
Projeto financiado com recursos do Banco do Nordeste do Brasil

² Eng. Agrônomo, Ph. D., Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Caixa Postal 01, CEP: 64 006-220, Teresina, PI.
edson@cpamn.embrapa.br, miltoncardoso@cpamn.embrapa.br, aderson@cpamn.embrapa.br

³ Eng. Agrônomo, M. Sc., Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, brito@cpamn.embrapa.br; valdenir@cpamn.embrapa.br

Introdução

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade e o que influencia mais a produtividade do milho, como também o que mais onera o custo de produção (SILVA et al., 2001). Nos cerrados do Brasil, cerca de 40% do total da área cultivada é sob plantio direto (LOPES et al., 2004) e o milho é a principal cultura utilizada em rotação/sucessão com a soja neste sistema.

No município de São Raimundo das Mangabeiras, MA, Cardoso et al. (2006a), avaliando híbridos simples de milho, obtiveram uma produtividade física máxima de grãos de 12.288 kg ha⁻¹ com uma dose de 137 kg de N ha⁻¹, associada a uma densidade de 8,0 plantas m⁻², enquanto no município de Baixa Grande do Ribeiro, PI, a produtividade física máxima de 10.519 kg ha⁻¹ foi obtida com uma dose de 163 kg de N ha⁻¹ associada a uma densidade de 7,5 plantas m⁻². Em outro trabalho com híbridos triplos foram observadas produtividades físicas máximas de 8.858 kg ha⁻¹, com 142 kg de N ha⁻¹ e 7,82 plantas m⁻² e 8.893 kg ha⁻¹, com 161 kg de N ha⁻¹ e 7,45 plantas m⁻², respectivamente, em Baixa Grande do Ribeiro e São Raimundo das Mangabeiras (CARDOSO et al., 2006b).

Para o cerrado, é importante que as recomendações de adubação nitrogenada considerem as diferenças de fertilidade entre o sistema convencional de preparo de solo e o plantio direto. Neste último, as doses recomendadas de N podem ser maiores devido à imobilização desse nutriente pelos microorganismos do solo (SOUSA, 1998). Dessa forma, pesquisas regionais visando determinar as doses econômicas de N são de grande importância para o agricultor racionalizar os custos de produção e auferir maiores lucros.

Um outro ponto importante, para melhorar a eficiência de aplicação de nitrogênio, é a forma de parcelamento do adubo nitrogenado, que pode influenciar o seu aproveitamento pela cultura do milho. No Sul do Brasil, (SÁ, 1996) demonstrou vantagens na aplicação do N em pré-plantio do milho. Outros trabalhos indicam a necessidade do aumento da dose de N por ocasião do plantio para suprir a carência inicial decorrente da imobilização microbiana (POTTKER; ROMAN, 1994; ARGENTA; SILVA, 1999).

De acordo com Silva et al. (2005b), a época e o modo de aplicação do N influenciam a produtividade de grãos do milho, com os melhores resultados obtidos com a incorporação do fertilizante no plantio e aos 15 dias após a emergência. Silva et al. (2005a) concluíram que a máxima eficiência física para a produtividade de grãos de milho foi com a dose de 166 kg de N ha⁻¹, e a máxima eficiência econômica

com 126 kg ha⁻¹ de N, aplicada metade no plantio e metade no estádio de quatro a seis folhas.

A adubação nitrogenada em cobertura com uma aplicação ou dividida em duas, segundo Von Pinho et al. (2006), influenciou a altura de plantas e proporcionou aumentos significativos na produtividade de milho sob plantio direto no Sul de Minas Gerais. Gross et al. (2006), em Tocantins, chegaram a resultados similares.

Nesse contexto, desenvolveu-se este trabalho para se determinar a dose de nitrogênio que otimiza a produtividade econômica de grãos de milho e as formas de parcelamento do adubo nitrogenado, em sistema plantio direto nos cerrados do Meio-Norte do Brasil.

Material e Métodos

Dois experimentos semelhantes foram conduzidos em fazendas de produtores rurais, um no município de Baixa Grande do Ribeiro (8°24'S; 45°30'W e 542 m), localizado na mesorregião do Sudoeste do Estado do Piauí e outro no município de São Raimundo das Mangabeiras (6°49'S; 45°23'W e 475 m), situado no Sul do Maranhão, no ano agrícola de 2001/2002.

Os solos das áreas e experimentais foram classificados como Latossolos Amarelo Álico, de textura média a argilosa, com teores de argila acima de 35%. O clima do Sul do Maranhão (São Raimundo das Mangabeiras) e do Sudoeste do Piauí (Baixa Grande do Ribeiro) é Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por apresentar verão chuvoso e inverno seco, sendo que o mês mais seco não chove mais que 60 mm (EMBRAPA, 1986). Os índices pluviométricos e os atributos químicos do solo das áreas experimentais estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Em relação à cultura, utilizaram-se os híbridos simples modificados Pioneer 30K75, em São Raimundo das Mangabeiras e o Pioneer 30F98 em Baixa Grande do Ribeiro, híbridos usados pelos produtores locais.

Tabela 1 - Precipitação mensal (mm) durante o período de realização dos experimentos, no município de Baixa Grande do Ribeiro, PI e São Raimundo das Mangabeiras, MA. Ano agrícola 2001/2002

Município	Dez	Jan	Fev	Mar
Baixa Grande do Ribeiro	338	512	85	167
São Raimundo das Mangabeiras	189	523	71	274

Tabela 2 Atributos químicos¹ dos solos em Baixa Grande do Ribeiro (BGR), PI e São Raimundo das Mangabeiras (SRM), MA. Ano agrícola 2001/2002

Local	Profundidade (m)	MO	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ³⁺
		g kg ⁻¹	H ₂ O	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³		
SRM	0,00–0,20	42,21	5,46	40,50	0,55	3,85	1,84
SRM	0,20–0,40	45,58	5,12	16,24	0,20	2,09	1,44
BGR	0,00–0,20	21,54	6,03	42,73	0,08	4,08	2,01
BGR	0,20–0,40	25,05	4,89	nd	0,17	0,61	0,91
		Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V
		cmol _c dm ⁻³					
SRM	0,00–0,20	0,03	0,3	11,09	6,26	17,35	36,08
SRM	0,20–0,40	0,03	0,92	11,98	3,76	15,74	23,89
BGR	0,00–0,20	0,02	0,01	2,92	6,18	9,1	67,91
BGR	0,20–0,40	0,02	0,93	7,28	1,7	8,98	18,93

¹ As análises químicas foram realizadas segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997); ² nd - não determinado

Na fundação, foram aplicados 90 kg de P₂O₅ ha⁻¹, 60 kg de K₂O ha⁻¹ e 3,6 kg de Zn ha⁻¹, utilizando-se superfosfato triplo, cloreto de potássio e sulfato de zinco, respectivamente. Em relação ao adubo nitrogenado, utilizou-se a uréia como fonte de nitrogênio, com a quantidade aplicada de acordo com os tratamentos de doses e parcelamento de N.

Foi aplicado um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, onde os tratamentos foram dispostos em um fatorial incompleto 2x3 + 1. Cada experimento consistiu de sete tratamentos, resultantes da combinação de três doses de N (60; 120 e 180 kg de N ha⁻¹) com duas formas de parcelamento do nitrogênio (i - 1/2 na fundação + 1/2 por ocasião da sexta folha e ii - 1/3 na fundação + 1/3 por ocasião da quarta folha + 1/3 por ocasião da sexta folha) e um tratamento adicional sem aplicação de nitrogênio (testemunha).

As parcelas mediram 30,0 m x 4,8 m, sendo constituídas por seis fileiras, espaçadas de 0,8 m entre si e com as plantas espaçadas de 0,5 m dentro da fileira, deixando-se duas plantas por cova, após desbaste. A área útil (32 m²) de cada parcela foi constituída por duas amostras, cada uma correspondendo a uma área de 5,0 m x 3,2 m (4 fileiras centrais de 5 m, espaçadas de 0,8 m). Na colheita, foi avaliada a produtividade de grãos com umidade de 13%.

Para avaliar os efeitos dos tratamentos, o grau de liberdade dos tratamentos da análise de variância foi desdobrado em doses de nitrogênio, parcelamento de nitrogênio, interação dose e parcelamento de nitrogênio e um contraste fatorial verso testemunha. Para avaliar o efei-

to das doses de nitrogênio dentro de cada parcelamento, utilizou-se a análise de regressão, agrupando os dados de doses de nitrogênio e testemunha.

A dose econômica foi calculada igualando-se a primeira derivada da função de produção, determinada por meio da equação de regressão, à relação de preço do nitrogênio pelo preço do milho (STONE; MOREIRA, 2002). Foram considerados os preços de Teresina, PI, em outubro/2006: uréia, R\$ 1,00/kg e milho, R\$ 460,00/t.

Resultados e Discussão

O teste F das análises de variância revelou que os efeitos significativos entre os tratamentos ocorreram apenas devido à variação das doses de N, tanto em Baixa Grande do Ribeiro (Tabela 3) como em São Raimundo das Mangabeiras (Tabela 4).

Em Baixa Grande do Ribeiro, a produtividade de grãos variou de 4,95 t ha⁻¹ a 5,95 t ha⁻¹, com um valor médio de 5,37 t ha⁻¹. Observou-se efeito significativo da aplicação de N sobre a produtividade de grãos apenas no grupo de tratamentos, cujo N foi parcelado em duas vezes (Tabela 3). Neste município, houve resposta quadrática ao N, com a produtividade máxima técnica de grãos de 6,15 t ha⁻¹, obtida com 119,5 kg de N ha⁻¹ (Figura 1) e a produtividade econômica de 6,14 t ha⁻¹ obtida com 114 kg de N ha⁻¹. Este

Tabela 3 - Resumo da análise de variância referente à produtividade de grãos, com o desdobramento das doses de nitrogênio na presença de cada parcelamento. Baixa Grande do Ribeiro, PI. Ano agrícola 2001/2002

Fontes de variação	GL	F
Parcelamento (P)	1	0,90 ns
N dentro do P _{3vezes}	(2)	
N _{linear}	1	3,55 ns
N _{qua}	1	1,56 ns
N dentro do P _{2vezes}	(2)	
N _{linear}	1	2,56 ns
N _{qua}	1	11,77 **
Fatorial vs Testemunha	1	0,00 ns
Tratamentos	6	0,39 ns
Blocos	3	3,39 *
Resíduo	18	

Tabela 4 - Resumo da análise de variância referente à produtividade de grãos, com o desdobramento das doses de nitrogênio na presença de cada parcelamento. São Raimundo das Mangabeiras, MA. Ano agrícola 2001/2002

Fontes de variação	GL	F
Parcelamento (P)	1	0,01 ns
N dentro do P _{3vezes}	(2)	
N _{linear}	1	11,95 **
N _{qua}	1	0,06 ns
N dentro do P _{2vezes}	(2)	
N _{linear}	1	11,38 **
N _{qua}	1	0,55 ns
Fatorial vs Testemunha	1	14,85 **
Tratamentos	6	6,47 **
Blocos	3	6,02 **
Resíduo	18	

resultado é inferior ao obtido por Silva et al. (2005a), cuja eficiência econômica foi alcançada com 126 kg ha⁻¹ de N, sendo as diferenças, provavelmente, explicadas pelas condições diferenciadas de fertilidade do solo e do clima das duas regiões em estudo.

Em São Raimundo das Mangabeiras, a produtividade de grãos (Tabela 4) apresentou um efeito linear ao nitrogênio para as duas formas de parcelamento. Considerando os tratamentos que aplicaram diferentes doses de N em

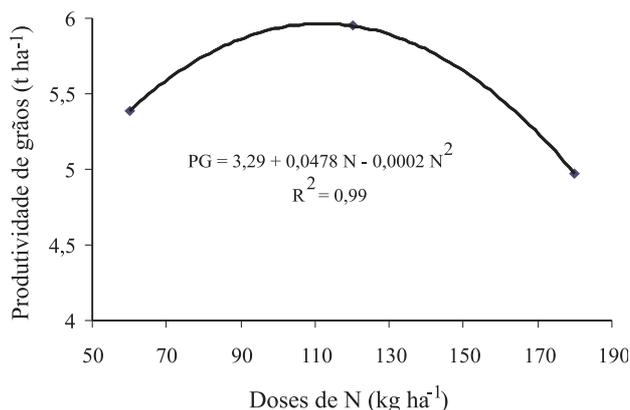


Figura 1 - Produtividade de grãos de milho em função de doses de nitrogênio, parcelado em duas vezes, em Baixa Grande do Ribeiro, PI. Ano agrícola 2001/2002

duas vezes, as máximas produtividades de grãos foram de 7,73 t ha⁻¹ (Figura 2). Em relação aos tratamentos em que o N foi parcelado em três vezes, a máxima produtividade de grãos foi de 7,74 t ha⁻¹ (Figura 3), ambas obtidas com a dose de 180 kg de N ha⁻¹. Percebe-se que as produtividades de grãos em São Raimundo das Mangabeiras foram superiores às obtidas em Baixa Grande do Ribeiro, o que pode ser explicado pela maior fertilidade do solo do primeiro município, especialmente pelo maior teor de matéria orgânica (Tabela 2).

Comparando-se tratamentos que apresentavam a mesma dose de N, parcelado em duas ou três vezes, observou-se pelo teste F (Tabelas 5 e 6) não haver diferença significativa entre as formas de parcelamento sobre a produtividade de grãos de milho, nos dois municípios.

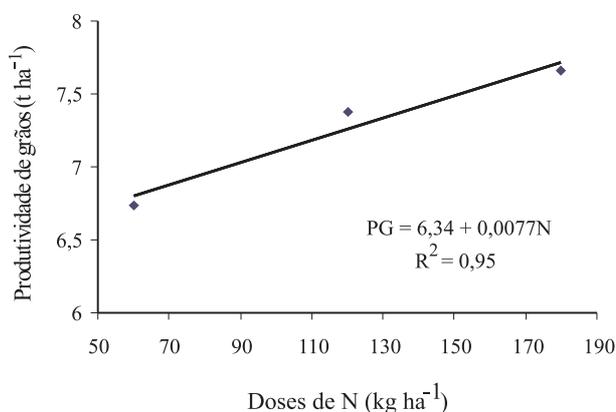


Figura 2 - Produtividade de grãos de milho em função de doses de nitrogênio, parcelado em duas vezes, em São Raimundo das Mangabeiras, MA. Ano agrícola 2001/2002

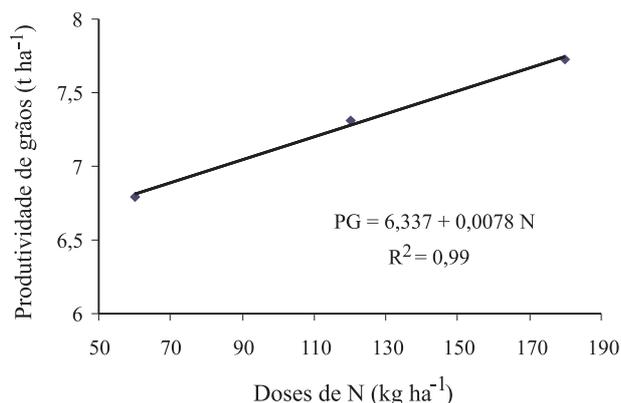


Figura 3 - Produtividade de grãos de milho em função de doses de nitrogênio, parcelado em três vezes, em São Raimundo das Mangabeiras, MA. Ano agrícola 2001/2002

Tabela 5 - Resumo da análise de variância referente à produtividade de grãos, com o desdobramento de parcelamento na presença de cada dose de nitrogênio. Baixa Grande do Ribeiro, PI. Ano agrícola 2001/2002

Fontes de variação	GL	F
Doses de N (N)	2	0,85 ns
P 60 (N)	1	0,05 ns
P 120 (N)	1	3,27 ns
P 180 (N)	1	0,00 ns
Fatorial vs Testemunha	1	0,00 ns
Tratamentos	6	0,39 ns
Blocos	3	3,39 *
Resíduo	18	

Tabela 6 - Resumo da análise de variância referente à produtividade de grãos, com o desdobramento de parcelamento na presença de cada dose de nitrogênio. São Raimundo das Mangabeiras, MA. Ano agrícola 2001/2002

Fontes de variação	GL	F
Doses de N (N)	2	11,91 ns
P 60 (N)	1	0,03 ns
P 120 (N)	1	0,05 ns
P 180 (N)	1	0,06 ns
Fatorial vs Testemunha	1	14,85 **
Tratamentos	6	6,47 **
Blocos	3	6,02 **
Resíduo	18	

Isso ocorreu, provavelmente, devido ao elevado teor de argila (acima de 30%) presente nesses solos, uma vez que em solos mais argilosos há uma menor perda do N. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Silva et al. (2005a), Gross et al. (2006), Von Pinho et al. (2006) e Yamada (1995; 1996), os quais enfatizam que uma terceira cobertura de nitrogênio no milho sob sistema plantio direto é recomendável em solos de textura mais arenosa.

Conclusões

Nas condições de solo e clima de Baixa Grande do Ribeiro, PI e São Raimundo das Mangabeiras, MA, o parcelamento da adubação nitrogenada no milho deve ser feito no máximo em duas vezes, 1/2 na fundação + 1/2 por ocasião da sexta folha.

Para o município de Baixa Grande do Ribeiro, a produtividade econômica de grãos de milho (6,14 t ha⁻¹) está associada a uma dose de 114 kg de N ha⁻¹.

Agradecimentos

Ao Banco do Nordeste do Brasil pelo aporte financeiro à execução desta pesquisa.

Referências

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. *Ciência Rural*, v. 29, n. 04, p. 745-754, 1999.
- CARDOSO, M. J. et al. Performance de híbridos simples de milho submetidos a níveis de nitrogênio e da densidade de plantas nos cerrados do Maranhão e Piauí em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 26., 2006a, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Epamig. 1 CD.
- CARDOSO, M. J. et al. Produtividade de grãos de milho em função de doses de nitrogênio e da densidade de plantas em sistema plantio direto nos cerrados do Meio-Norte brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 26., 2006b, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Epamig. 1 CD.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro:

- EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN, 1986. 964 p. (EMBRAPA-SNCLS. Boletim de Pesquisa, 35).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo, 1997.
- GROSS, M. R. et al. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileira na cultura do milho em sistema plantio direto na região Sudeste de Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Epamig. 1 CD.
- LOPES, S. A.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: Associação Nacional para difusão de Adubos – ANDA, 2004. 110 p.
- PÖTTKER, D.; ROMAN, E. Efeito dos resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 05, p. 763-770, 1994.
- SÁ, J. C. M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo, Aldeia Norte, 24 p. 1996.
- SILVA, E. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 03, p. 353-362, 2005a.
- SILVA, E. C. et al. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 05, p. 725-733, 2005b.
- SILVA, E. C. et al. Análise econômica do estudo de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto em solo de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 5., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABAR. 1 CD.
- SOUSA, D. M. G. Manejo da fertilidade do solo sob cerrado com ênfase em plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1997, Dourados, MS. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 53-58. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 22).
- VON PINHO, R. G. et al. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Epamig. 1 CD.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 03, p. 473-481, 2002.
- YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: como melhorar a eficiência?** Piracicaba: POTAFOS, 1995 3p. (Informações Agronômicas, 71).
- YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 5 p. (Informações Agronômicas, 74).