

ATRIBUTOS DE FERTILIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO E DA SOJA INFLUENCIADOS PELA CALAGEM EM SUPERFÍCIE E INCORPORADA

Attributes of soil fertility and bean and soybean productivity influenced by liming applied on surface or mixed to the soil

Morel Pereira Barbosa Filho¹, Nand Kumar Fageria², Francisco José Pfeilsticker Zimmermann²

RESUMO

A aplicação de calcário no Sistema Plantio Direto (SPD) ainda não é uma prática bem definida. Assim, um experimento de campo foi conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás, GO, para avaliar os efeitos de doses de calcário aplicadas na superfície e incorporadas ao solo sobre os atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro irrigado (*Phaseolus vulgaris* L.) e da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, tendo sido cultivado anteriormente, por quatro anos, sob SPD. Foram aplicadas três doses de calcário: zero, 1/3 e 3/3 da necessidade de calcário para elevar a saturação por bases a 60%. O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados com três repetições e esquema de parcelas subdivididas que variou com a característica avaliada: rendimento de grãos do feijoeiro e da soja, pH, teores de H + Al, Ca e Mg e porcentagem de saturação por bases. O experimento foi conduzido de 1999 a 2001. Em 1999 e 2001 o feijão foi semeado após a soja e, em 2000, após arroz. Em novembro de 2001 foi semeada a soja. No final do experimento, foram coletadas amostras de solo para análise nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade. A aplicação de calcário na dose calculada para elevar a saturação por bases a 60%, independentemente do sistema de aplicação (superficial ou incorporado ao solo), aumenta o pH e eleva os teores de Ca e Mg trocáveis das camadas de 0-10 e de 10-20 cm de profundidade, após 24 meses da calagem. A ação corretiva da acidez pela calagem, é mais acentuada na camada de 0-10 cm de profundidade independentemente se incorporado ou não ao solo. A aplicação de calcário, aumenta significativamente o rendimento médio de grãos do feijoeiro irrigado e mesmo o da soja em sucessão, devido ao seu efeito residual.

Termos para indexação: Plantio direto, calagem, acidez do solo.

ABSTRACT

The lime application method is not well defined in the no-till system. A field experiment was conducted at the Embrapa Rice & Bean Research Center Experimental Station, Santo Antônio de Goiás state, in order to evaluate the effects of rates of lime applied on surface or mixed to the soil upon yield of irrigated bean (*Phaseolus vulgaris* L.), and soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). The soil of the experimental area was classified as Dystroferic Red Latosol (Oxisol), which had been cultivated during four years under no-till system. Three lime rates were used: 0, 1/3 and 3/3 to elevate base saturation to 60%. The experimental design was randomized blocks with three replications and a scheme of subdivided parcels which varied with the evaluated characteristic. The experiment was conducted during two years and bean was planted after soybean in 1999 and 2001, and after rice in 2000. At November 2001, soybean was planted. At the end of the experiment, soil samples were collected at 0-10, 10-20 and 20-30 cm depths for analyses. The liming dose calculated to elevate base saturation to 60%, independently of the application method (superficial or mixed to the soil), increases pH, Ca and Mg levels at both 0-10 and 10-20 cm depths, after 24 months of liming application. The acidity correction by liming is accentuated at the 0-10 cm depth, independently of the lime application method. The liming application significantly increases grain yield of irrigated common beans as well as the subsequent soybean crop due to its residual effect.

Index terms: no-till system, liming, soil acidity.

(Recebido para publicação em 14 de Janeiro de 2004 e aprovado em 18 de março de 2005)

INTRODUÇÃO

O rendimento das culturas é freqüentemente afetado pela acidez dos solos, sendo esta uma das

maiores limitações para a produção agrícola no cerrado (BARBOSA FILHO & SILVA, 1994, 2000). Nesta região, os sistemas de produção mudaram muito nas duas últimas décadas, com a utilização da irrigação por

1. Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179 – 75375-000 – Santo Antônio de Goiás, GO – morel@cnpaf.embrapa.br

2. Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão.

pivô central, exploração mais intensiva dos solos, introdução de cultivares mais produtivas e adoção crescente do Sistema Plantio Direto (SPD). Tais sistemas visam a melhoria contínua da fertilidade dos solos, promovendo assim, uma maior capacidade produtiva do solo e mitigação dos impactos ambientais negativos que a agricultura intensiva ocasiona. Neste contexto, a calagem é uma prática indispensável no processo de construção da fertilidade e correção do perfil do solo.

Uma das premissas do SPD consiste na correção prévia da acidez do perfil do solo. Porém, a acidificação do solo é um processo contínuo, que persiste, mesmo depois de ter sido corrigida por meio da calagem. Com o passar dos anos, geralmente após quatro a cinco anos de cultivo, poderá ser necessária nova calagem, visando a reposição de Ca e Mg e a correção da acidez naturalmente desenvolvida com o tempo. A decomposição da matéria orgânica (MO), por exemplo, constitui um dos principais processos de adição de íons de H^+ ao solo por meio da formação de compostos orgânicos saturados de H^+ , os quais atuam como ácidos fracos aumentando a acidez do solo em intensidade variável, dependendo da quantidade e qualidade da MO. Outro processo que exerce efeito considerável na diminuição do pH na interface raiz-solo, refere-se à troca iônica que ocorre entre as raízes das plantas e os colóides do solo. Por esse processo, ao absorverem os íons Ca, Mg e outras bases as plantas passam a liberar íons H^+ no meio, aumentando a acidez do solo.

A fertilização com adubos nitrogenados de efeito residual ácido ou que resultam na formação de íons NH_4^+ na solução do solo também contribui consideravelmente para a redução do pH do solo (BARBOSA FILHO et al., 2001). No SPD, os fertilizantes por serem distribuídos geralmente na superfície do solo, especialmente os nitrogenados de cobertura, podem afetar o pH do solo pela liberação de íons H^+ interferindo diretamente no desenvolvimento e produtividade das culturas.

Em áreas onde o SPD encontra-se estabelecido, a calagem é realizada na superfície do solo, embora pouco se conheça sobre sua eficiência, pois, os corretivos geralmente são pouco solúveis em água e, portanto, de baixa mobilidade no perfil do solo (MELLO et al., 2003). Devido à estas características, é importante a incorporação do calcário ao solo de forma a se obter maior eficiência. Por outro lado, vários pesquisadores (CAIRES et al., 1998, 1999, 2000; PÖTTKER & BEN, 1998) mostraram resultados positivos da calagem superficial, corrigindo a acidez ativa e potencial e elevando positivamente os teores de Ca, Mg e a porcentagem de saturação por bases na camada

de 5-10 cm, em diferentes condições de solo e clima. Segundo estes autores, o efeito da correção superficial depende de quanto tempo o calcário foi aplicado. Em geral, o tempo médio de reação dos corretivos na camada de solo de 0 a 20 cm de profundidade, varia de dois a três anos, dependendo de como são aplicados e dos atributos químicos do solo, como textura e conteúdo de matéria orgânica, entre outros.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência da aplicação de calcário na superfície e incorporado ao solo, sobre alguns atributos de fertilidade do solo e sobre o rendimento de grãos da soja e do feijoeiro irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás (GO), em solo Latossolo Vermelho distroférico, textura franco-argilosa, cujas características químicas, determinadas antes da instalação do experimento, encontram-se na Tabela 1.

O delineamento estatístico adotado no caso do rendimento de grãos do feijoeiro foi o de blocos ao acaso com três repetições e esquema experimental de parcelas subdivididas. Nas parcelas foi alocado o fatorial cultivos (ou safras) x métodos de aplicação do calcário (superficial e incorporado ao solo por meio de grade pesada, em junho de 1999) e, nas subparcelas, de 8 m x 20 m (160m²), as doses de calcário (zero, 1/3 e 2/3 da necessidade de calagem calculada para elevar a saturação por bases para 60%, ou seja, zero 1/3 e 4,0 t ha⁻¹). No caso do rendimento de grãos da soja, o esquema utilizado foi um fatorial 2 x 3, envolvendo os dois métodos e as três doses de calcário. Para os atributos do solo o esquema foi parcelas subdivididas, envolvendo os dois métodos e as três doses, além de três profundidades de amostragem (Tabela 2).

Em 02/06/1999, o feijão foi semeado após soja, em 06/06/2000, após arroz e em 30/05/2001, novamente após soja. Em novembro de 2001 foi semeada a soja, visando avaliar o efeito residual da calcário. A semeadura, tanto do feijão (cv. Pérola) como da soja (cv. Emgopa 316), foi feita em linhas espaçadas de 45 cm. A adubação de plantio foi com 30-120-70 kg.ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O para o feijão e 00-120-70 kg.ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, para a soja. O adubo foi aplicado no sulco de plantio, 5 cm ao lado e abaixo das sementes. Foram semeadas aproximadamente 18 sementes por metro, tanto do feijão quanto da soja. O calcário empregado apresentou PRNT = 70%.

TABELA 1 – Atributos químicos das amostras de solo utilizado, analisados antes da implantação dos experimentos.

Atributos químicos	Métodos de aplicação de calcário					
	Incorporado		Média	Superficial		Média
	0-10 cm	10-30 cm		0-10 cm	10-30 cm	
pH em H ₂ O (Rel. 1:2,5)	5,8	5,1	5,4	5,6	5,1	5,3
Al trocável, mmol _c dm ⁻³⁽²⁾	1,0	3,0	2,0	1,0	3,0	2,0
H+Al, mmol _c dm ⁻³⁽⁴⁾	60,8	74,5	67,6	66,0	70,0	68,0
Ca trocável, mmol _c dm ⁻³⁽²⁾	22,2	10,1	16,1	15,7	9,6	12,6
Mg trocável, mmol _c dm ⁻²⁽²⁾	12,4	6,7	9,5	9,2	6,7	7,9
P disponível, mg dm ⁻³⁽¹⁾	17,7	6,9	12,3	12,6	6,2	9,4
K disponível, mg dm ⁻³⁽¹⁾	101,6	54,3	78,0	85,7	55,0	70,3
Cu disponível, mg dm ⁻³⁽¹⁾	1,9	2,0	1,9	2,1	2,2	2,1
Zn disponível, mg dm ⁻³⁽¹⁾	5,2	4,1	4,6	5,3	4,4	4,8
Fe disponível, mg dm ⁻³⁽¹⁾	68,4	79,2	73,8	72,5	81,5	77,0
Mn disponível, mg dm ⁻³⁽¹⁾	10,9	7,9	9,4	9,2	6,8	8,0
Matéria orgânica, g kg ⁻¹⁽³⁾	1,8	1,5	1,6	1,7	1,5	1,6
CTCpH ₇ , mmmol _c dm ⁻³⁽⁵⁾	98,0	92,7	95,3	93,1	87,7	90,4
S, mmmol _c dm ⁻³⁽⁵⁾	37,2	18,2	27,7	27,1	17,7	22,4
V, % ⁽⁵⁾	37,9	19,6	28,7	29,1	20,2	24,6

¹⁾P, K, Cu, Zn, Fe e Mn extraídos com solução de Mehlich-1, ²⁾ Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹, ³⁾Matéria orgânica determinada pelo método Walkely & Black (1944), ⁴⁾H + Al extraídos com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 (EMBRAPA, 1997). ⁵⁾ CTCpH₇, S e V foram calculados.

O controle de plantas daninhas, tanto para o feijão como para a soja, foi realizado pela aplicação, 15 dias antes do plantio, de 0,9 kg.ha⁻¹ de glifosate e, no plantio, de 0,5 kg.ha⁻¹ de paraquat + 0,1% de espalhante adesivo (Agral). Como pós-emergência aplicou-se 0,6 L de fomezafen + energic na concentração de 0,2%. Uma semana depois aplicou-se o imazamox na dose de 0,021 kg.ha⁻¹ + bentazon, 0,48 kg.ha⁻¹ + 0,2% de energic. Depois de cinco dias foi aplicado o fluazifop-p-butil na dose de 0,188 kg.ha⁻¹, de forma que a área foi sempre mantida no limpo durante todo o período de condução do experimento.

Além do rendimento de grãos de feijão e de soja, foram avaliados no solo a acidez ativa (pH em H₂O na relação 1:2,5), acidez potencial (H + Al), os teores de Ca e Mg trocáveis e saturação por bases (V%), aos 24 e 30 meses após a instalação do experimento, nas

camadas de 0-10 de 10-20 e 20-30 cm de profundidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos de fertilidade do solo

Não houve significância da interação tripla entre os tratamentos (Tabela 2). Os métodos de aplicação do calcário, incorporado ou superficial, analisados isoladamente, não diferiram quanto aos atributos de fertilidade do solo. Porém, ocorreu interação significativa entre doses e os métodos de aplicação do calcário em relação ao pH, H + Al, Ca trocável e porcentagem de saturação por bases, apenas não influenciando os teores de Mg trocável. Equivale dizer

que, dependendo do método de aplicação, incorporado (sistema convencional) ou distribuído na superfície (SPD), o calcário mostrou comportamento diferenciado em relação à maioria dos atributos de fertilidade. Com o desdobramento da interação entre métodos de aplicação e doses de calcário, observou-se que, com o aumento das doses de calcário incorporado, ocorreu diminuição da acidez ativa (pH) e potencial (H+Al) e elevação dos

teores de Ca trocável e da porcentagem de saturação por bases (V). O mesmo não foi verificado quando o calcário foi distribuído a lanço na superfície do solo, exceto para o pH (Tabela 3), o que é explicado pelo melhor contato do calcário com as partículas do solo e ao alcance do corretivo às camadas mais profundas, quando se procede sua incorporação por meio de aração e gradagem.

TABELA 2 – Significância do teste F de da análise de variância conjunta dos dados de rendimento de grãos de feijão em três safras de inverno (1999, 2000 e 2001) e de pH do solo, acidez potencial (H + Al), Ca trocável, Mg trocável e porcentagem de saturação por bases (V%) aos 24 meses após aplicação do calcário.

Fontes de variação	Atributos de fertilidade do solo					
	GI	pH	H+Al	Ca	Mg	V
Métodos (M)	1	NS	NS	NS	NS	NS
Erro a	4	-	-	-	-	-
Doses (D)	2	***	***	***	***	***
M x D	2	**	**	*	NS	***
Erro b	8	-	-	-	-	-
Profundidade (P)	2	***	***	***	***	***
M x P.	2	NS	**	NS	NS	NS
D x P.	4	*	**	**	**	***
M x D x P.	4	NS	NS	NS	NS	NS
Erro c	24	-	-	-	-	-
Cva (%)	-	3,6	5,9	25,3	47,2	23,9
Cvb (%)	-	2,9	8,7	29,0	31,2	27,1
Cvc (%)	-	3,5	11,8	20,9	25,7	22,1

Fontes de variação	Rendimento de grãos, kg.ha ⁻¹				
	GI	Feijão	Fontes de variação	GI	Soja
Cultivos (C)	2	***	Métodos	1	NS
Métodos (M)	1	*	Doses	2	**
C x M.	2	NS	Métodos x doses	2	NS
Erro a	12	-	-	-	-
Doses (D)	2	***	-	-	-
C x D	4	NS	-	-	-
M x D	2	NS	-	-	-
C x M x D	4	NS	-	-	-
Erro b	24	-	Erro	8	-
Cva (%)	-	5,4	Cv (%)	-	10,2
Cvb (%)	-	5,7	-	-	-

*, **, ***significativo ao nível de probabilidade de 0,05, 0,01 e 0,001, respectivamente. NS = não-significativo.

Observe-se que entre os atributos de fertilidade, apenas o pH foi influenciado significativamente pela calagem em superfície (Tabela 3). Segundo Caires et al. (2000) e Mello et al. (2003), a ação da calagem em superfície está relacionada com a quantidade e o tempo de reação com o solo. Possivelmente, no presente estudo, o fator quantidade (dose) não foi suficiente para alterar significativamente os teores de Ca e Mg trocáveis, a acidez potencial e a porcentagem de saturação por bases, pois o tempo de 24 meses de reação do calcário com o solo é considerado suficiente para liberar Ca e Mg e elevar a saturação por bases (ALCARDE et al., 1989; CAIRES et al., 2000; MELLO et al., 2003). Caires et al. (2000) relataram máxima reação do calcário entre 12 a 28 meses após

sua aplicação na profundidade de 5-10 cm.

Analisando o efeito das doses de calcário em função das profundidades de amostragem, observa-se que somente a dose máxima (4 t ha⁻¹), calculada baseada na elevação da saturação por bases a 60%, foi capaz de aumentar significativamente os teores de Ca e Mg trocáveis, a porcentagem de saturação por bases e diminuir a acidez ativa e potencial do solo (Tabela 4). Quando se desdobrou a interação dos métodos de aplicação de calcário e a profundidade (Tabela 5) observou-se maior ação corretiva da calagem, na camada de 0-10 cm de profundidade, e que no método incorporado, a ação da calagem atingiu uma camada mais profunda de solo (10-20 cm), devida ao maior revolvimento do solo em profundidade, pelos implementos agrícolas.

TABELA 3 – Desdobramento da interação significativa da análise de variância para doses de calcário e métodos de aplicação, em relação ao pH do solo, H + Al, Ca e Mg trocáveis e porcentagem de saturação por bases, aos 24 meses após aplicação do calcário.

Calcário t ha ⁻¹	Métodos de aplicação ¹		Média
	Incorporado	Superficial	
pH em H₂O			
0	5,2bB	5,5bA	5,3b
1,3	5,4bA	5,4bA	5,4b
4,0	5,8aA	5,7aA	5,7a
Média	5,5	5,5	-
H + Al, mmol_c dm⁻³			
0	67,8aA	62,7aA	65,2a
1,3	60,8bA	61,2aA	61,0a
4,0	46,1cB	57,4aA	51,8b
Média	58,2	60,4	-
Ca trocável, mmol_c dm⁻³			
0	10,8bA	14,7aA	12,8b
1,3	15,0bA	14,7aA	14,8b
4,0	22,8aA	20,6aA	21,6a
Média	16,2	16,7	-
Mg trocável, mmol_c dm⁻³			
0	3,0	4,4	3,7b
1,3	4,1	4,4	4,2b
4,0	6,8	6,5	6,7a
Média	4,6	5,1	-
Porcentagem de saturação por bases, V			
0	16,8bA	22,9aA	19,8b
1,3	23,8bA	23,8aA	23,8b
4,0	39,2aA	31,5aB	35,4a
Média	26,6	26,1	-

¹ Letras minúsculas comparam doses de calcário dentro de cada sistema de aplicação e as maiúsculas comparam os sistemas de aplicação de calcário dentro de cada dose de calcário, pelo teste de Tukey a 5%. Ausência de letras indica não-significância entre doses de calcário ou sistema de aplicação, ou interação.

Na média dos métodos de aplicação de calcário, depois de 24 meses de reação do calcário com o solo e de ter realizado cinco cultivos sucessivos, a dose recomendada de 4 t ha⁻¹ de calcário não foi suficiente para atingir ou manter a porcentagem de saturação por bases em 60%, conforme a recomendação para a maioria das culturas. Este fato é uma indicação de que em sistemas intensivos de cultivos, os critérios de

determinação da necessidade de calcário necessitam ser reavaliados. Deve-se ressaltar que no sistema plantio direto onde o calcário foi distribuído a lanco na superfície, à exceção do pH do solo, os demais atributos de fertilidade não foram influenciados pela calagem (Tabela 3), provavelmente devido à quantidade de calcário ter sido pequena.

TABELA 4 – Desdobramento da interação significativa doses de calcário x profundidade de amostragem, em relação ao pH do solo, H + Al, Ca e Mg trocáveis e porcentagem de saturação por bases, aos 24 meses após aplicação do calcário.

Calcário t ha ⁻¹	Profundidade (cm) ¹		
	0-10	10-20	20-30
pH em H₂O			
0	5,5bA	5,4bA	5,0aB
1,3	5,7bA	5,5bA	5,0aB
4,0	6,2aA	5,9aB	5,1aB
Média	5,8A	5,6B	5,0C
H + Al, mmol_c dm⁻³			
0	63,3aA	67,5aA	64,8aA
1,3	56,0aA	60,2aA	66,8aB
4,0	38,0bA	52,3bB	65,0aB
Média	52,4B	60,0A	65,5A
Ca trocável, mmol_c dm⁻³			
0	18,0bA	13,6bA	6,6aB
1,3	20,2bA	16,8bA	7,5aB
4,0	33,0aA	23,1aB	8,8aC
Média	23,7A	17,8B	7,6C
Mg trocável, mmol_c dm⁻³			
0	5,5bA	3,6bB	2,0aC
1,3	5,9bA	4,6aA	2,2aB
4,0	10,5aA	6,6aA	2,9aB
Média	7,3A	5,0B	2,4C
Porcentagem de saturação por bases, V			
0	27,3bB	20,3abB	11,8aA
1,3	32,1bB	26,2aB	12,9aA
4,0	53,9aA	36,6aB	15,5aA
Média	37,8A	27,7B	13,4C

¹ Letras minúsculas comparam doses de calcário dentro de cada profundidade de amostragem e as maiúsculas comparam as profundidades de amostragem dentro de cada dose de calcário, pelo teste de Tukey a 5%.

TABELA 5 – Desdobramento da interação significativa métodos de aplicação de calcário x profundidade de amostragem, em relação à acidez potencial (H + Al), aos 24 meses da aplicação do calcário.

Profundidade ----- cm -----	Métodos de aplicação ¹		
	Incorporado	Superficial	Média
0-10	53,4bA	51,4bA	52,4b
10-20	56,9abB	63,1aA	60,0a
20-30	64,3aA	66,8aA	65,6a
Média	58,2	60,4	-

¹ Letras minúsculas comparam profundidade de amostragem dentro de cada sistema de aplicação de calcário e as maiúsculas comparam os sistemas de aplicação dentro de cada profundidade de amostragem, pelo teste de Tukey a 5%.

Rendimento de grãos

O rendimento de grãos do feijoeiro foi significativamente influenciado pelo ano de cultivo (safras) e pelas doses e métodos de aplicação do calcário (Tabela 2), mas não houve significância das suas interações, indicando que a variação nos rendimentos de grãos de feijão foi consistente nos três cultivos (1999-2001), tanto no sistema do calcário incorporado, quanto na aplicação em superfície do solo. Por esta razão, são apresentados e discutidos apenas os efeitos significativos isolados (Tabela 6). Os resultados demonstraram que o feijoeiro respondeu significativamente ($P < 0,05$) à aplicação das doses de 1,3 e 4,0 t ha⁻¹ de calcário, não havendo diferença entre elas.

Pöttker & Ben (1998) ressaltam a menor necessidade de calcário em sistemas de plantio direto, em razão do acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo. A confirmar esta hipótese, pode ser que em SPD já estabelecido e onde o solo encontra-se corrigido, a necessidade de calagem passe a ser avaliada,

prioritariamente, no suprimento nutricional das plantas em Ca e Mg e não como meio de correção de acidez.

Em muitas áreas de cerrado, é comum encontrar solos deficientes em Ca e Mg, sem que apresentem problemas de acidez por Al. Nas condições em que foi realizado esse estudo, a dose de 1,3 t ha⁻¹ de calcário, aplicada antes do primeiro cultivo de feijão, não diferiu da dose de 4 t ha⁻¹. Essa dose foi suficiente para se obter altos rendimentos de grãos em três safras de feijão e uma de soja, indicando que a calagem funcionou mais como fonte de Ca e Mg do que como neutralizante da acidez, pois não se observou alterações no pH original (Tabela 1). De certa forma, este resultado era esperado tendo em vista os baixos teores de Ca e Mg trocáveis no solo antes da implantação do experimento, especialmente de Ca (Tabela 1).

Analisando o efeito isolado dos métodos de aplicação do calcário sobre a média dos rendimentos de grãos de feijão, obteve-se o maior rendimento de grãos quando o calcário foi incorporado ao solo, comparado ao distribuído na superfície (Tabela 6).

TABELA 6 – Rendimento médio de grãos de feijoeiro irrigado (três safras) e de soja (uma safra), em função de doses de calcário e da sua aplicação na superfície ou incorporado ao solo.

Fonte de variação	Rendimento de grãos, kg.ha ⁻¹	
	Feijão	Soja
Calcário, t ha⁻¹		
0	2.975b ¹	1.912b
1,3	3.273a	2.167ab
4,0	3.395a	2.486a
Método		
Incorporado	3.267a	2.215a
Superficial	3.162b	2.161a
Cv (%) - incorporado = 14,1		
Cv (%) - superficial = 2,3		

¹Médias com a mesma letra na coluna não diferem significativamente, pelo teste de Tukey a 5%.

No caso da soja, os métodos de aplicação de calcário, bem como a sua interação com as doses não influenciaram significativamente o rendimento de grãos. As doses de calcário, porém, analisadas isoladamente, aumentaram significativamente ($P < 0,01$) o rendimento da soja, atingindo 2.486 kg ha^{-1} de grãos com a aplicação de 4 t ha^{-1} de calcário (Tabela 6). O fato de incorporar ou não o calcário ao solo não afetou o rendimento da soja, uma indicação de que transcorridos 30 meses da aplicação do corretivo, quando foi realizada a segunda amostragem do solo, a soja se beneficiou dos efeitos da calagem, mesmo quando administrada na superfície do solo, o que pode ser demonstrado quando se analisa as alterações dos atributos químicos do solo (Tabelas 3 a 5).

CONCLUSÕES

A aplicação de calcário na dose calculada para elevar a saturação por bases a 60%, reduz o pH e eleva os teores de Ca e Mg trocáveis das camadas de 0-10 e de 10-20 cm de profundidade, após 24 meses da calagem.

A ação corretiva da acidez pela calagem, é mais acentuada na camada de 0-10 cm de profundidade, independentemente se incorporado ou não ao solo.

A aplicação de calcário aumenta significativamente o rendimento médio de grãos do feijoeiro irrigado e, mesmo o da soja em sucessão, devido ao seu efeito residual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J. C.; PAULINO, V. T.; DERNARDIN, J. S. Avaliação da reatividade de corretivos da acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 387-392, 1989.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. da. **Aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2001. 8 p. (Circular técnica, 49).
- BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. da. Aspectos agro-econômicos da calagem e da adubação nas culturas de arroz e feijão irrigados por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1657-1667, nov. 1994.
- BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. da. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1317-1324, jul. 2000.
- CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 161-169, 2000.
- CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 27-34, 1998.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 315-327, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (Documentos, 1).
- MELLO, J. C. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; BÜLL, L. T. Alterações nos atributos químicos de um latossolo distroférrico decorrentes da granulometria e das doses de calcário em sistema plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 553-561, 2003.
- PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 675-684, 1998.
- WALKLEY, A.; BLACK, A. An examination of the degtarreff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, p. 29-38, 1944.