

## RESPOSTA DO MILHO A GRANULOMETRIA E DOSES DE CALCÁRIO EM SISTEMAS DE PLANTIO CONVENCIONAL E DIRETO, EM FASE DE IMPLANTAÇÃO

Júlio César Assad de Mello<sup>1</sup>, Roberto Lyra Villas Boas<sup>2</sup>, Carlos Alexandre Costa Crusciol<sup>3\*</sup>, Eduardo do Valle Lima<sup>3</sup>,  
Leonardo Theodoro Bull<sup>2\*</sup>

### RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos de granulometria e doses de calcários nos sistemas de plantio convencional (SPC) e direto (SPD), em fase de implantação, sobre os atributos químicos do solo e a produtividade de grãos de milho. O experimento foi realizado no ano agrícola de 1998/99, na FCA/UNESP-Botucatu (SP), em Latossolo Vermelho. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e 4 repetições. As parcelas representaram os sistemas de plantio (SPC e SPD), as subparcelas a granulometria dos calcários [grosso (PRNT=56%) e fino (PRNT=95%)] e as subsubparcelas as doses de 2; 4 e 6t ha<sup>-1</sup> (calcário grosso) e 1,2; 2,4 e 3,6t ha<sup>-1</sup> (fino). O solo foi amostrado, para pH, H+Al e Ca<sup>+2</sup>, a 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade, 3 meses após a aplicação dos corretivos. A aplicação de calcário superficial na implantação do SPD, 3 meses após, independente da granulometria e da dose, alterou

---

<sup>1</sup> Empresa Brasileira de Calcário Ltda, Rodovia SP-127, km 56, 13440-000, C.P. 41, Saltinho, SP.

<sup>2</sup> Departamento de Recursos Naturais, FCA/UNESP, 18610-307, C.P. 237, Botucatu, SP. E-mail: [rlvboas@fca.unesp.br](mailto:rlvboas@fca.unesp.br); [bull@fca.unesp.br](mailto:bull@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> Departamento de Produção Vegetal, FCA/UNESP, 18610-207, C.P. 237, Botucatu, SP. E-mail: [crusciol@fca.unesp.br](mailto:crusciol@fca.unesp.br)

\* Com bolsa de produtividade CNPq.

positivamente os atributos químicos do solo de 0-5cm. A produtividade de grãos de milho apresentou melhor resultado com o SPC, calcário fino e maior dose.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, componentes da produção, preparo do solo, acidez, calagem, fertilidade do solo.

### MAIZE RESPONSE DUE TO APPLICATION OF DIFFERENT LIME DOSES AND PARTICLE SIZES ON THE IMPLANTATION PHASE OF CONVENTIONAL AND NO-TILLAGE SYSTEMS

#### ABSTRACT

This paper evaluates the effects of different particle size and lime doses utilized on the implantation phase of conventional tillage and no-tillage systems on soil chemical characteristics and grain yield. The experiment was carried out in 1998/99, in the experimental farm of São Paulo State University located in Botucatu, São Paulo, Brazil, in a Red Distroferric Latossol (Oxisol). The experimental design was a split-split plot with four replications. Plots represented the tillage system, sub-plots represented particle size of limestone (large and small) and the sub-sub plots represented lime doses of 2; 4 and 6t ha<sup>-1</sup> (large particle limestone) and 1.2; 2.4 and 3.6t ha<sup>-1</sup> (small particle limestone). The soil was sampled (pH, H+Al and Ca<sup>+2</sup>), at 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40cm depth, 3 months after liming. The soil chemical characteristics were positively changed (0-5cm), 3 months after surface liming in the implantation of no-tillage system. The grain yield of maize showed the best result in the conventional tillage system, with small particle size and higher lime doses.

**Key words:** *Zea mays*, yield components, soil tillage, acidity, liming, soil fertility.

## INTRODUÇÃO

A acidez dos solos é um aspecto fundamental a ser considerado devido à importância da sua correção visando o manejo sustentável da produção agrícola (Santos *et al.*, 2000). Nesse sentido, essa problemática vem sendo estudada e discutida há anos pela ciência agrônoma no Brasil e no mundo, por constituir-se num fator limitante à produtividade da maioria das culturas de interesse econômico. Especificamente quanto à resposta do milho à calagem, essa já é bastante conhecida na literatura quando se trata do sistema de plantio convencional (SPC), no qual o corretivo é teoricamente incorporado de forma adequada ao solo (Quaggio *et al.*, 1993). No entanto, existem dúvidas com relação à resposta da cultura mediante a aplicação de calcário na superfície em sistema de plantio direto (SPD), pois os corretivos da acidez, à base de carbonatos de Ca e Mg, são pouco solúveis em água, tendo os produtos de sua reação com o solo mobilidade limitada no perfil (Caires *et al.*, 1998).

O SPD pode ser dividido em duas fases, sendo a de implantação, correspondente aos primeiros 4 ou 5 anos após o início do sistema, e a de estabilidade, onde claramente são observadas alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Salet, 1994). As evidências quanto à ação benéfica da calagem superficial atuando nas primeiras camadas abaixo da superfície do solo, em SPD já estabilizados, são hoje incontestáveis. Atualmente existe grande interesse de novas alternativas para implantação do SPD, sem incorporação prévia do calcário por meio de preparo convencional, realizando-se calagem superficial já no estabelecimento (Caires *et al.*, 2000; Delavale *et al.*, 2000; Lima, 2001).

A comparação de métodos de aplicação de calcário não tem evidenciado diferenças entre a incorporação e a sua deposição na superfície do solo para um ano de cultivo (Moraes & Benez, 1996; Pöttker & Bem, 1998). Entretanto, estudos como os de Oliveira & Pavan (1996) e Sá (1999), demonstraram a viabilidade da calagem superficial em favor da produção acumulada de grãos, em um sistema de rotação e sucessão de culturas, ao longo de vários anos. Daí surge o interesse em se avaliar a dose de calcário recomendada para o plantio convencional do milho (Raij & Cantarella, 1997), quando aplicada no SPD em fase de implantação.

No SPD o calcário apresenta uma reação de dissolução mais lenta, havendo com isso um maior poder residual, o que deve estar associado à não movimentação do solo e à menor mineralização da matéria orgânica nesse sistema, quando comparado ao SPC (Souza, 2000). Em função disso, calcários mais reativos, isto é, com um menor grau de finura, corrigiriam de forma mais intensa a acidez dos solos em SPD. Assim, para avaliar essa questão, deve-se testar corretivos com diferente poder relativo de neutralização total (PRNT). Portanto, diversas questões tem sido levantadas a respeito da qualidade do material corretivo a ser utilizado e os fatores que afetam a sua eficiência (Santos *et al.*, 2000), tal como a granulometria (Natale & Coutinho, 1994).

Na determinação do PRNT é considerada a pureza química da rocha de origem, denominada poder de neutralização (PN), e o grau de moagem, chamado taxa de reatividade (RE), ambos expressos em porcentagem de equivalência ao  $\text{CaCO}_3$  puro (Quaggio, 2000). Ressalta-se que o valor de RE indica a capacidade neutralizante no curto período de 3 meses, como prevê a legislação brasileira, de acordo com o trabalho de Alcarde *et al.* (1989).

Diante do exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos de granulometria e doses de calcários em sistemas de

plantio convencional e direto, em fase de implantação, sobre os atributos químicos do solo, as características agronômicas e a produtividade de grãos de milho.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado durante o ano agrícola de 1998/99, na Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, no município de Botucatu (SP), com as coordenadas geográficas: latitude 22° 58' S, longitude 48° 23' W, e altitude de 775m. A precipitação pluvial total durante o desenvolvimento do experimento foi de 1.553mm.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 1999), cuja composição granulométrica, avaliada na camada de 0-20cm de profundidade, revelou 50g kg<sup>-1</sup> de areia, 360g kg<sup>-1</sup> de silte e 590g kg<sup>-1</sup> de argila. Os atributos químicos do solo, antes da instalação do experimento, estão apresentados em quatro profundidades (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40cm) (Tabela 1), de acordo com a metodologia para análise descrita em Raij & Quaggio (1983).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas representaram os sistemas de plantio (SPC e SPD), cujas dimensões foram de 5,4m de largura por 36m de comprimento. As subparcelas representaram as granulometrias do calcário grosso (PRNT=56%) e fino (PRNT=95%), tendo, por conseguinte, área de 97,2m<sup>2</sup>. As subsubparcelas, de 32,4m<sup>2</sup>, representaram as doses de calcário: 2; 4 e 6t ha<sup>-1</sup> para o material grosso e 1,2; 2,4 e 3,6t ha<sup>-1</sup> para o material fino, equivalentes a 1/3, 2/3 e 3/3 da dose para elevar a V%=70, conforme recomendação de Raij & Cantarella (1997) para a cultura do milho.

Os corretivos empregados são de origem sedimentar e dolomítico, sendo que para o calcário fino utilizou-se apenas partículas passantes na

peneira 50 (<0,30mm), o que conferiu um reatividade de 100%, enquanto que para o calcário grosso a reatividade foi de 79%.

No dia 30/11/1998 a aplicação do material corretivo foi efetuada manualmente e, imediatamente, realizou-se a incorporação nas parcelas que tinham como tratamento o SPC. Foi utilizada grade aradora, que trabalhou à profundidade média de 20cm, seguida de uma grade niveladora, que atingiu 15cm de profundidade em média. Para o SPD os calcários foram aplicados sobre uma cobertura vegetal morta de aveia preta (*Avena strigosa*), que, também, estava presente nas parcelas do SPC.

A semente de milho empregada foi a do híbrido simples Braskalb XL 251. Para a região centro-oeste de São Paulo, esse material é indicado para semeadura normal à tardia (novembro a janeiro), com uma população de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

No dia 23/12/1998 efetuou-se a semeadura do milho, por meio de uma semeadora-adubadora, em linhas espaçadas em 0,90m. Cada subparcela foi representada por quatro linhas de semeadura de 6m de comprimento. Como adubação de semeadura empregou-se 320kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 8-28-16, e a adubação de cobertura foi efetuada aos 30 dias após a emergência, utilizando-se 55kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia (Raij & Cantarella, 1997).

A amostragem de solo foi realizada no dia 03/03/1999, aproximadamente 3 meses após a aplicação dos corretivos, pois as plantas encontravam-se no estágio 3,5 (14 folhas emergidas), que se caracteriza por ser uma fase de alta demanda de fotossintetizados, onde o pendão apresenta-se totalmente desenvolvido e inicia-se a formação dos estigmas, havendo a definição do número potencial de grãos que terá cada espiga (Fornasieri Filho, 1992). Além disso, a escolha desse período para amostragem deveu-se, também, ao fato da legislação brasileira atual considerar esses 3 meses na determinação da capacidade neutralizante dos corretivos. As

profundidades amostradas foram de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40cm, retirando-se cinco amostras simples por camada em cada subsubparcela, na diagonal, com a utilização de trado holandês. As amostras compostas foram secas ao ar e peneiradas (malha de 2mm), para determinação do pH CaCl<sub>2</sub>, acidez potencial (H+Al) e Ca<sup>2+</sup> trocável, segundo metodologia descrita em Raij & Quaggio (1983).

Foram efetuadas, momento antes da colheita, considerando-se as duas linhas centrais de cada subsubparcela, menos 1m das extremidades como bordadura, as seguintes medições: a) **diâmetro basal do colmo**: medida tomada em milímetros no segundo entre nó, contado a partir do nível do solo em 10 plantas por unidade experimental; b) **altura de planta**: distância em centímetros compreendida entre o nível do solo e a inserção da folha bandeira em 10 plantas por unidade experimental; c) **plantas quebradas**: contou-se o número de plantas quebradas abaixo da espiga em toda área útil das unidades experimentais, calculando-se esse valor por hectare; d) **plantas acamadas**: adotou-se o mesmo procedimento descrito para plantas quebradas, considerando-se também as plantas com inclinação maior que 45°; e) **população de plantas**: contou-se o número de plantas em toda área útil das unidades experimentais, calculando-se esse valor por hectare.

Na colheita, realizada manualmente em 28/05/1999, considerando-se as duas linhas centrais de cada subsubparcela, menos 1m das extremidades como bordadura, foram efetuadas as seguintes medições: a) **peso da espiga com palha**: determinado em gramas, por meio da pesagem das espigas envolvidas na palha, numa amostra de 10 espigas por unidade experimental; b) **peso da palha da espiga**: determinada em gramas, por meio da pesagem das palhas retiradas de uma amostra de 10 espigas por unidade experimental, após a secagem em estufa a 60°C por 5 dias; c) **peso da espiga sem palha**: determinado em gramas, por meio da pesagem das

espigas desprovidas de palha, numa amostra de 10 espigas por unidade experimental; d) **comprimento da espiga com palha**: distância em centímetros compreendida entre a inserção da espiga no colmo e a ponta terminal da palha em 10 espigas por unidade experimental; e) **comprimento da espiga sem palha**: distância em centímetros compreendida entre a inserção da espiga no colmo e a ponta do sabugo em 10 espigas por unidade experimental; f) **diâmetro da espiga com palha**: medida tomada em milímetros no terço mediano da espiga em 10 espigas por unidade experimental; g) **diâmetro da espiga sem palha**: adotou-se o mesmo procedimento descrito no item anterior; h) **número de fileiras de grãos por espiga**: contagem total do número de fileiras de grãos de cada espiga em 10 espigas por unidade experimental; i) **número de grãos por fileira**: determinado pela média da contagem do número de grãos das fileiras em 10 espigas por unidade experimental; j) **número de espigas por planta**: contagem do número de espigas em toda área útil das unidas experimentais dividido pela população de plantas de cada uma; k) **produtividade de grãos**: foi determinada pela colheita de todas as plantas da área útil das unidades experimentais, onde os grãos, após debulha manual, foram pesados. A partir daí, tendo-se a produção e a população de plantas, calculou-se a produtividade em quilos por hectare. Ressalta-se que as produtividades foram ajustadas para 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos a análise de variância, tendo-se comparado as médias pelo teste de Tukey a 5%, utilizando-se o programa de computador SANEST (Zonta & Machado, 1991).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Atributos químicos do solo

A análise de variância, dos resultados para os atributos químicos avaliados, não detectou interações duplas ou triplas entre sistema de plantio,



granulometria e doses de calcário. Assim, os efeitos isolados desses fatores foram discutidos separadamente (Tabela 2).

Para granulometria e doses não se constatou diferença significativa entre os tratamentos, em qualquer profundidade (Tabela 2). Nesse caso, a recomendação de corretivo mais fino, por provocar maior velocidade de reação no solo (Braga, 1991), não faz sentido pois, vale lembrar que o PRNT dos calcários foram levados em consideração para o cálculo da necessidade de calagem, adicionando-se quantidade maior do corretivo grosso em relação ao fino, visando elevar, em ambos os casos, para a mesma V% desejada, após 3 meses da aplicação. Quanto à dose, provavelmente apenas uma pequena parte das frações granulométricas de menor dimensão dos corretivos tiveram tempo hábil para reagir, não havendo distinção 3 meses após a aplicação.

Com relação ao sistema de plantio (Tabela 2), tornou-se evidente a melhor neutralização da acidez nas parcelas onde os corretivos foram incorporados (SPC), em relação às parcelas onde os calcários foram aplicados na superfície (SPD). Isso pôde ser verificado nas profundidades de 5-10, 10-20 e 20-40cm, para o pH, H+Al e Ca. Na camada de 0-5cm, a diferença entre os sistemas de plantio não foi observada, pois o total dos corretivos na superfície, em SPD, compensou a necessidade de contato com o solo que o calcário tem para reagir e expressar seu efeito neutralizante. Além disso, nas parcelas onde o corretivo foi incorporado houve diluição da quantidade total de calcário aplicada ao longo do perfil de solo mobilizado.

Ao comparar-se os valores absolutos (Tabela 2) com os apresentados antes da instalação do experimento (Tabela 1), verifica-se que para o pH, de modo geral, não houve melhora do ambiente radicular nas camadas de 0-5 e 5-10cm pois, em função dos limites de interpretação (Rajj *et al.*, 1997), a acidez permaneceu alta (4,4-5,0). Inclusive, na profundidade de 10-20cm, para o SPD e nas duas menores doses, ocorreu redução

substancial do pH para um limite de acidez considerada muito alta (até 4,3). Na camada de 20-40cm, independente do tratamento, verificou-se acidez muito alta, isso porque, mesmo no SPC a mobilização do solo foi realizada somente até 20cm e, além disso, após 3 meses, não deve ter havido tempo suficiente para que ocorresse a hidrólise da maior parte do calcário (Alcarde *et al.*, 1989), para a sua conseqüente atuação em profundidade. Já, o comportamento da acidez potencial seguiu padrão inverso ao do pH, sendo que apenas na primeira profundidade (Tabela 2), constatou-se diminuição aparente dos teores de H+Al em relação à amostragem anterior a instalação do experimento (Tabela 1). No caso do Ca (Tabela 2), o mesmo apresentou-se bem acima dos níveis considerados altos ( $>7\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), como os já encontrados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo, em quatro profundidades, antes da instalação do experimento.

Profundid cm	pH	M.O. <sup>(1)</sup>	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB <sup>(2)</sup>	T <sup>(3)</sup>	V <sup>(4)</sup>
	(CaCl <sub>2</sub> )	<sup>1)</sup>	(resina)					<sup>2)</sup>		%
		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----		
0-5	4,4	31	6	58	2,8	14	9	26	84	31
5-10	4,5	33	5	61	4,0	14	10	28	89	32
10-20	4,5	34	3	58	3,2	17	11	31	89	35
20-40	4,4	23	4	68	2,8	14	8	25	92	27

<sup>(1)</sup>M.O. = material orgânica. <sup>(2)</sup>SB = soma de bases. <sup>(3)</sup>T = cap. troca de cátions a pH 7,0. <sup>(4)</sup>V = saturação por bases.

Nem mesmo o elevado índice de precipitação pluvial (1.366mm), nos meses entre a aplicação do calcário e a amostragem de solo, contribuiu para uma rápida reação do corretivo no solo, uma vez que este apresenta, por natureza, baixo grau de solubilização, necessitando, provavelmente, mais do que 3 meses para expressar seu potencial de neutralização.

**Tabela 2.** Valores de pH do solo, acidez potencial (H+Al) e teores de cálcio em diferentes profundidades, 3 meses após a calagem, em função do sistema de plantio (SP), granulometria (GRAN) e DOSES de calcário.

FATORES	pH CaCl <sub>2</sub>				H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			
	0-5cm	5-10cm	10-20cm	20-40cm	0-5cm	5-10cm	10-20cm	20-40cm	0-5cm	5-10cm	10-20cm	20-40cm
convencional.	4,8	4,9 a	4,5 a	4,3 a	56	58 b	70 b	86 b	31	32 a	24 a	11 a
reto	4,8	4,5 b	4,2 b	4,1 b	58	74 a	92 a	98 a	30	18 b	10 b	8 b
GRAN												
osso (PRNT=56%)	4,8	4,8	4,4	4,2	57	66	82	92	33	28	20	10
no (PRNT=95%)	4,8	4,6	4,4	4,1	57	66	80	93	27	22	14	8
DOSES												
3	4,9	4,8	4,4	4,2	55	62	78	93	32	27	17	9
3	4,8	4,6	4,3	4,2	57	67	83	96	32	23	15	10
3	4,7	4,6	4,3	4,2	60	69	83	88	28	24	19	8
	Valor de F											
	0,86	12,66*	20,31*	121,50*	0,19	62,15*	252,24*	1,04*	0,07	15,82*	21,54*	2,51*
GRAN	0,10	0,36	0,02	1,90	0,02	0,01	0,06	0,20	1,36	0,85	0,96	0,82
DOSES	0,71	1,22	0,65	0,26	0,57	0,75	0,37	1,13	0,44	0,67	0,18	0,57
	CV (%)											
	1	3	3	0,5	8	4	2	20	21	19	24	33
GRAN	7	10	7	3	22	31	25	15	35	54	65	45
DOSES	4	8	7	4	22	25	22	18	46	45	89	51

comparam-se letras na vertical. Médias seguidas sem letras dentro de cada fator não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. \* significativo a 5% pelo teste F.

### **Características agronômicas e produtividade**

Pela análise de variância (Tabelas 3, 4 e 5), constatou-se que não houve interações triplas entre os fatores, sendo, assim, discutido separadamente os efeitos isolados ou em função do desdobramento de interação dupla. Entretanto, para algumas variáveis, quando o teste F indicou efeito significativo de interação e, em contrapartida, o teste de Tukey não detectou diferenças estatísticas entre os tratamentos, discutiu-se apenas os efeitos isolados.

A característica diâmetro do colmo (Tabela 3) não sofreu a influência significativa dos tratamentos aplicados. Tal resultado pode ser justificado pelos altos teores de Ca (Raij *et al.*, 1997) antes da instalação do experimento (Tabela 1), cujas quantidades aumentaram ainda mais (Tabela 2). Assim, em solos mais argilosos, como o do presente experimento, maior é o reservatório deste elemento passível de ser absorvido (Andreotti, 1998), que participa como ativador enzimático e com a função estrutural no tonoplasto e na membrana plasmática (Taiz & Zeiger, 1991).

A altura de plantas de milho (Tabela 3) foi influenciada pelo sistema de plantio adotado, onde o convencional demonstrou superioridade sobre o plantio direto, não havendo efeito significativo dos demais fatores estudados. Esse fato deveu-se, basicamente, a maior disponibilidade de Ca observada nas três últimas profundidades em favor do SPC (Tabela 2). Dessa forma, fica evidente que o maior reservatório de Ca no solo interfere diretamente no maior crescimento vegetativo das plantas (Taiz & Zeiger, 1991; Silva *et al.*, 1993).

**Tabela 3.** Diâmetro basal do colmo, altura de plantas, plantas quebradas e acamadas e população final do milho, em função do sistema de plantio (SP), granulometria (GRAN) e DOSES de calcário.

FATORES	Diâmetro basal do colmo(mm)	Altura de plantas(m)	Plantas quebradas(n° pls ha <sup>-1</sup> )	Plantas acamadas (n° pls ha <sup>-1</sup> )		População de planta (n° pls ha <sup>-1</sup> )	
				Plantas	Plantas		
SP							
Convencional	14	1,79 a	1,158	1,597	41,435 a		
Direto	12	1,59 b	1,158	1,042	37,384 b		
GRAN							
Grosso (PRNT=56%)	13	1,66	1,505	741 b	37,847		
Fino (PRNT=95%)	13	1,71	810	1.828 a	40,972		
DOSES							
1/3	13	1,62	1,042	1,910	37,153 b		
2/3	13	1,75	1,215	1,007	37,674 b		
3/3	13	1,69	1,215	1,042	43,403 a		
			Valor de F				
SP	1,63	13,46*	0,00	0,23	18,85*		
GRAN	0,29	0,68	2,45	2,94*	1,12		
DOSES	0,94	2,01	0,10	1,73	6,74*		
SP x GRAN	1,21	1,20	2,45	0,47	1,18		
SP x DOSES	0,13	0,59	0,87	1,73	1,26		
GRAN x DOSES	0,38	0,64	0,29	0,86	0,35		
			CV (%)				
SP	7	5	46	124	35		
GRAN	10	7	77	102	6		
DOSES	10	11	111	118	14		

Comparam-se letras na vertical. Médias seguidas sem letras dentro de cada fator não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% \* significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 4.** Peso da espiga com palha, da palha e da espiga sem palha, e comprimento da espiga com e sem palha, em função do sistema de plantio (SP), granulometria (GRAN) e DOSES de calcário.

FATORES	Peso da espiga com palha (g)	Peso da palha (g)	Peso da espiga sem palha (g)	Comprimento da espiga com palha (cm)	Comprimento da espiga sem palha (cm)
<b>SP</b>					
Convencional	201,2 a	23,5 a	177,7 a	23	19
Direto	179,1 b	20,5 b	159,7 b	24	18
<b>GRAN</b>					
Grosso (PRNT=56%)	182,6 b	21,1 b	162,6	23	17
Fino (PRNT=95%)	197,7 a	22,9 a	174,8	24	19
<b>DOSES</b>					
1/3	187,6	21,4	167,9	24	18
2/3	194,9	23,3	171,6	23	18
3/3	187,9	21,4	166,6	23	19
				----- Valor de F -----	
SP	2,56*	3,92*	2,30*	0,10	0,12
GRAN	2,08*	0,90	1,97	1,44	2,56
DOSES	0,58	2,21	0,26	1,08	0,60
SP x GRAN	0,41	0,06	0,35	1,55	1,16
SP x DOSES	3,49*	4,70*	2,32	0,68	2,00
GRAN x DOSES	0,48	2,09	0,65	1,68	0,76
				----- CV (%) -----	
SP	10	10	10	5	12
GRAN	11	17	10	7	11
DOSES	11	14	12	12	19

Comparam-se letras na vertical. Médias seguidas sem letras dentro de cada fator não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. \* significativo a 5% pelo teste F.

**Tabela 5.** Diâmetro da espiga com e sem palha, número de fileiras de grãos por espiga, de grãos por fileira e de espigas por planta, e produtividade do milho, em função do sistema de plantio, granulometria (GRAN) e DOSES de calcário.

FATORES	Diâmetro da espiga com palha (mm)		Diâmetro da espiga sem palha (mm)		Número de fileiras de grãos por espiga		Número de grãos por fileira		Número de espigas por planta		Produtividade a 13% (kg ha <sup>-1</sup> )
	48	45	42 b	43 a	13	13	37 a	34 b	1	1	
SP											
Convencional	48		42 b	43 a	13	13	37 a	34 b	1	1	6.697 a
Direto	45				13	13			1	1	5.075 b
GRAN											
Grosso (PRNT=56%)	47				13	13	35 b		1	1	5.416 b
Fino (PRNT=95%)	46				13	13	36 a		1	1	6.355 a
DOSES											
1/3	48				13	13	35		1	1	5.619 b
2/3	46				13	13	36		1	1	5.862 b
3/3	46				13	13	35		1	1	7.586 a
----- Valor de F -----											
SP	1,00		23,50*		0,99		6,49*		1,80		18,50*
GRAN	0,12		4,50*		1,47		2,04*		1,48		11,50*
DOSES	0,78		0,17		0,94		1,31		1,41		7,10*
SP x GRAN	1,72		2,14		0,63		0,36		0,82		1,18
SP x DOSES	2,07		2,62		0,39		0,85		0,49		0,65
GRAN x DOSES	1,22		0,69		0,77		0,48		1,56		3,72*
----- CV (%) -----											
SP	4		3		4		4		5		9
GRAN	7		2		6		5		10		9
DOSES	13		3		12		6		22		17

Comparam-se letras na vertical. Médias seguidas sem letras dentro de cada fator não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. \* significativo a 5% pelo teste F.

O número de plantas quebradas não foi influenciado significativamente por nenhum dos fatores, enquanto que, para o número de plantas acamadas houve diferença estatística apenas para granulometria (Tabela 3), onde o calcário fino demonstrou superioridade sobre o grosso. Provavelmente o calcário fino, após 3 meses de reação, disponibilizou maior quantidade de Ca às plantas de milho, conferindo mais resistência ao acamamento. Ressalta-se que as características supracitadas são muito influenciadas pelo ambiente (Garcia, 2000). Essa afirmação se confirma para o centro-oeste de São Paulo, pelo fato de que quanto mais tardio for o cultivo de milho nessa região, maior é o percentual de plantas acamadas, explicado pela incidência de larvas de *Diabrotica* sp. e a ocorrência de ventos fortes (Quiessi, 1999).

Os resultados obtidos para população final de plantas (Tabela 3), demonstraram que o SPC e a maior dose de calcário, de forma independente, proporcionaram os valores mais elevados da variável em questão. Para o sistema de plantio existem duas explicações: a primeira seria a pequena quantidade de resíduo vegetal formado sobre o solo, que em um SPD já estabelecido poderia conservar maior teor de água, proporcionando o estabelecimento de um melhor estande (Lima, 2001); a segunda deve-se a maior correção da acidez verificada em profundidade no SPC (Tabela 2), o que, provavelmente, promoveu maior crescimento radicular do milho, favorecendo a absorção de água e de nutrientes, garantindo maior sobrevivência das plantas até o momento da colheita. Essa última explicação corrobora aos resultados obtidos por Kapusta *et al.* (1996), que após 20 anos de cultivo convencional e direto, verificaram que a população final de plantas sempre foi menor no SPD em relação ao SPC. Quanto à dose, a provável justificativa seria a maior disponibilização de Ca que, provavelmente, foi sendo aproveitado no estabelecimento da maior população de plantas.



O peso da espiga com palha e o peso da palha (Tabela 4), apresentaram valores significativamente maiores para o SPC e para o calcário mais fino, enquanto que no peso da espiga sem palha detectou-se apenas diferença estatística em favor do SPC. Para essas três variáveis, quanto ao sistema de plantio, os resultados deveram-se a elevação do pH, a redução dos teores de H+Al e o aumento dos níveis de Ca, nas três últimas profundidades avaliadas (Tabela 2). Dessa forma, no SPC, 3 meses após a calagem, favoreceu-se a absorção de nutrientes essenciais e a translocação de fotossintetizados para a espiga e, conseqüentemente, para os grãos. Já a utilização de calcário mais reativo, independente do sistema de plantio adotado e da dose de corretivo aplicada, num curto período de tempo, apenas aumentou o envio de fotossintetizados e de Ca para a formação de mais palha, não interferindo no peso da espiga.

Constata-se (Tabela 4) que para o comprimento da espiga, com ou sem palha, não foi influenciado significativamente pelos fatores estudados. Da mesma forma Gonçalves (1999), não observou diferença estatística para o comprimento da espiga, com ou sem palha, entre os sistemas de plantio convencional e direto. Contudo, para Andreotti (1998), a maior disponibilidade de Ca no solo proporcionou aumento no comprimento da espiga pois, de acordo com Taiz & Zeiger (1991), este elemento participa como ativador do complexo enzimático Ca-calmodulina, no processo de crescimento da membrana plasmática.

O diâmetro da espiga com palha (Tabela 5), também não apresentou diferença significativa para todos os fatores, assim como verificado por Gonçalves (1999). Em contrapartida, para o diâmetro da espiga sem palha houve superioridade a favor do SPC e do calcário fino. No caso do sistema de plantio, esse efeito pode ser explicado pelo maior teor de Ca presente no solo, sob SPC, nas três últimas profundidades (Tabela 2). Portanto, esse elemento, que tem função na ativação enzimática no processo de crescimento celular,

pode ter alterado o diâmetro da espiga e também do sabugo (Andreotti, 1998). Nesse contexto, o emprego de calcário mais reativo possibilita a liberação mais rápida e em maior quantidade de Ca, justificando o maior diâmetro da espiga sem palha com o corretivo fino.

Os resultados de número de fileiras de grãos na espiga não apresentaram comportamentos distintos para os fatores empregados (Tabela 5). Ao contrário, Gonçalves (1999) observou que no SPC o número de fileiras de grãos na espiga foi maior que o encontrado no SPD. Para o número de grãos por fileira, os valores no SPC e com a aplicação de calcário fino foram significativamente maiores. Poderia atribuir-se tal constatação à maior disponibilidade de Ca que, após absorção e incorporação, favoreceu uma elevada translocação de carboidratos para a espiga, havendo a formação e o enchimento de um maior número de grãos por fileira no sabugo. Quanto ao número de espigas por planta (Tabela 5), os valores foram idênticos para todos os tratamentos aplicados. Há informações de que essa variável só começa expressar diferenças, para um mesmo material genético, quando se comparam épocas de semeadura diferentes (Quiessi, 1999).

Os dados de produtividade de grãos de milho (Tabela 5) foram influenciados significativamente e de forma isolada pelos três fatores estudados, além da interação entre granulometria x doses, onde se detectou diferença estatística entre médias. Pode-se observar que o SPC proporcionou uma maior produtividade em relação ao SPD. De forma similar, Gonçalves (1999) verificou valores maiores em favor do SPC do que no SPD. Entretanto, Moraes & Benez (1996) e Pöttker & Ben (1998) não constataram diferenças significativas entre os dois sistemas de cultivo após um ano de safra agrícola.

O desdobramento da interação ocorrida entre granulometria x doses para a produtividade de grãos onde, na maior dose, obteve-se produtividade mais elevada com a utilização do calcário fino, ou seja, dentro do tratamento

calcário fino, o emprego da maior dose gerou incremento significativo na produtividade de milho (Tabela 6).

**Tabela 6.** Produtividade do milho em função da granulometria e doses de calcário (Desdobramento da Interação).

Granulometria	Doses de Calcário		
	1/3	2/3	3/3
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
Grosso	4.865 a A	5.793 a A	5.590 b A
Fino	5.619 a B	5.862 a B	7.586 a A

Médias seguidas das mesmas letras (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De modo geral, apesar de não ter sido observado interação tripla entre os fatores, pode-se inferir que nas condições do presente experimento, mesmo com as pequenas alterações nos atributos químicos do solo, atinge-se a máxima produtividade com a combinação de SPC, calcário fino e maior dose. Talvez a maior correção da acidez do solo em profundidade tenha proporcionado um melhor enraizamento das plantas, favorecendo a primeira safra no primeiro ano de cultivo em sistema convencional. O fato é que para o plantio direto também foi o primeiro ano de implantação, onde na instalação do sistema não se fez a tão preconizada calagem com a incorporação prévia do corretivo. Contudo, é possível que com o transcorrer do tempo e a estabilização do SPD, os materiais da dissolução do calcário venham atuar em profundidade, favorecendo não apenas um único cultivo, mas sim a produção acumulada de grãos, num sistema de rotação e sucessão de culturas. Além disso, a utilização de calcário com maior granulometria poderá proporcionar um efeito residual prolongado, a despeito dos corretivos mais reativos.

## CONCLUSÕES

No curto período de 3 meses o calcário incorporado ao solo em sistema de plantio convencional, expressa sua capacidade neutralizante em profundidade, quando comparado à calagem superficial no sistema de plantio direto recém implantado, cuja ação se restringe a camada de 0-5cm.

Na implantação do sistema de cultivo de milho, a produtividade de grãos apresenta melhor resultado em plantio convencional, com a utilização de calcário fino (PRNT=95%) e o emprego da dose de corretivo para elevar a saturação por base a 70%.

## AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Calcário Ltda. (EMBRACAL), por meio de sua associada Calcário Bonança, pelos corretivos especialmente preparados para o experimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOTTI, M., 1998. **Resposta do milho ao potássio em função da saturação do solo**. Botucatu, 85p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- ALCARDE, J.C.; PAULINO, V.T.; DERNARDIN, J.S., 1989. Avaliação da reatividade de corretivos da acidez do solo. **Rev. Bras. Cienc. Solo** 13 (3): 387-392.
- BRAGA, J.M., 1991. Aspectos qualitativos do calcário. **Informe Agropecuário** 15 (170): 5-11.
- CAIRES, E.F.; CHUERI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A., 1998. 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. **Rev. Bras. Cienc. Solo** 22 (1): 27-34.

- CAIRES, E.F.; BLUM, J.; FELDHAUS, I.C., 2000. Resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. In: FERTIBIO, 2., Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: SBCS-UFSM, CD-ROM.
- DELAVALÉ, F.G.; LAZARINI, E.; BUZZETTI, S., 2000. Efeitos de cobertura e manejo do calcário na implantação do sistema de plantio direto em solo característico de cerrado. In: FERTIBIO, 2., Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: SBCS-UFSM, CD-ROM.
- EMBRAPA., 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-Solos. (Documentos, 15)
- FORNASIERI FILHO, D., 1992. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1p.
- GARCIA, L.L.C., 2000. **Avaliação da seleção massal estratificada aplicada na obtenção de quatro cultivares de milho (*Zea mays L.*)**. Botucatu, 85p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- GONÇALVES, J.R.P., 1999. **Efeitos de três espécies de adubos verdes cultivados no inverno sobre as propriedades físicas do solo, desenvolvimento da planta e produtividade do milho (*Zea mays L.*) sob cultivos convencional e plantio direto**. Botucatu, 89p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- KAPUSTA, G.; KRAUSZ, R.F.; MATTHEWS, J.L., 1996. Corn yield is equal in conventional, reduced, and no-tillage after 20 years. **Agronomy Journal** 88 (5): 812-817.
- LIMA, E.V., 2001. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta da soja à cobertura vegetal e à calagem superficial na implantação do sistema de semeadura direta**. Botucatu, 125p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

- MORAES, M.H.; BENEZ, S.H., 1996. Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo em algumas propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada e na produção do milho para um ano de cultivo. **Eng. Agríc.** **16** (2): 31-41.
- NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M., 1994. Avaliação da eficiência agronômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. **Rev. Bras. Cienc. Solo** **18** (1): 55-62.
- OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A., 1996. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Res.** **38** (1/2): 47-57.
- PÖTTKER, D.; BEN, J.R., 1998. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Rev. Bras. Cienc. Solo** **22** (4): 675-684.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A., 1993. Resposta da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesqui. Agropecu. Bras.** **28** (3): 375-383.
- QUAGGIO, J.A., 2000. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico.
- QUIESSI, J.A., 1999. **Rendimento de grãos e características agronômicas da cultura do milho (*Zea mays L.*) em função de cultivares e épocas de semeadura**. Botucatu, 84p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., 1997. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 285p. (Boletim técnico, 100)
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H., 1997. Cereais: milho para grão e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, cap.13, p.56-59. (Boletim técnico, 100)

- RAIJ, B. van; QUAGGIO, A.J., 1983. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico. (Boletim técnico, 81)
- SÁ, J.C.M., 1999. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS-UFLA, cap.2, p.267-319.
- SALET, R.L., 1994. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto**. Porto Alegre, 110p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SANTOS, D.; CORLETT, F.M.F.; NASCIMENTO, J.E.S., 2000. Calcários calcinado, dolomítico e filler: efeito sobre o desenvolvimento inicial do milho (*Zea mays* L.) e acidez de um Latossolo Vermelho-Amarelo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., Uberlândia. **Anais**. Uberlândia: Embrapa-UFU, CD-ROM.
- SILVA, D.J.; ALVARENGA, R.C.; ALVAREZ, V.H.; SOARES, P.C., 1993. Localização de fósforo e de calcário no solo e seus efeitos sobre o desenvolvimento inicial do milho. **Rev. Bras. Cienc. Solo**.17 (2): 203-209.
- SOUZA, D.M.G., 2000. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência no cerrado. In: FERTIBIO, 2., Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: SBCS-UFSM, CD-ROM.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E., 1991. **Plant physiology**. Belmont: The Benjamin Cummings.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A., 1991. **Manual do SANEST: sistema de análise estatística para microcomputadores**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas.