

NECESSIDADE DE CALAGEM PARA AS CULTURAS DO FEIJÃO E MILHO EM CONSÓRCIO, EM SOLOS DA MICRORREGIÃO MATA DE VIÇOSA, MINAS GERAIS. II. ENSAIOS DE CAMPO^{1/}

Maria Cristina Lemos da Silva Portela^{2/}
Braz Vitor Defelipo^{3/}
José Mário Braga^{3/}
Antonio Carlos Ribeiro^{3/}

1. INTRODUÇÃO

Os métodos usados para determinar a quantidade de calcário aplicado no solo visam apenas à sua correção, e pouco ou nada consideram das diferentes respostas das culturas à calagem. Além do mais, esses métodos são desenvolvidos em laboratório, em condições controladas, muito diferentes das que ocorrem no campo. Fitts e Nelson, citados por TORRES (23), afirmam que os resultados da análise de laboratório, assim como de outros métodos de avaliação da fertilidade do solo, alcançam seu objetivo apenas depois de correlacionados e ajustados aos dados de produção das plantas obtidos em experimentos de campo.

Vários estudos comparativos de métodos para recomendação de doses de calcário têm sido propostos (2, 6, 21, 22), porém são poucos os que procuram relacionar as doses obtidas em laboratório com a necessária para a produção máxima das culturas em condições de campo, ou seja, com a determinação do fator de calagem.

PONS (16) estudou o efeito da calagem sobre a produção de grãos do feijoeiro, em Podzólico Vermelho-Amarelo de Viamão, RS; e os resultados mostraram que a

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como uma das exigências para a obtenção do grau de Magister Scientiae.

Aceito para publicação em 2-10-1985.

^{2/} IFA/UEP/CARUARU. Caixa Postal 125. 55100 Caruaru, PE.

^{3/} Departamento de Solos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

produção de grãos aumentou com a aplicação de até 4,6 t/ha de calcário. Essa dose correspondia à quantidade recomendada pelo método SMP.

Fator de calagem igual à unidade, pelo método SMP, foi obtido por ELTZ *et alii* (9) em oxissolo, com a cultura de soja. Já NOVAIS e BORGES (13), baseando-se nos dados obtidos por Saturnino e Moreno, dizem que as recomendações de calagem, de acordo com os métodos SMP e Alumínio e Cálcio mais Magnésio Trocáveis, subestimam a quantidade de calcário necessária para a cultura da soja no Estado de Minas Gerais. A dose de calcário que propiciou a produção máxima foi, aproximadamente, equivalente a 3,5 vezes a recomendada pelo método SMP.

O objetivo do trabalho foi estudar a necessidade de calcário para as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) em consórcio, em solos da Microrregião Mata de Viçosa, MG, bem como relacionar a dose que maximizou a produção de grãos com as quantidades recomendadas pelos diferentes métodos de recomendação de calcário.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Selecionaram-se oito locais dentro da Microrregião Mata de Viçosa, de tal modo que os solos tivessem teores de alumínio trocável bem variado (Quadro 1). Outras características do solo são apresentadas por PORTELA *et alii* (17).

Em cada local, demarcaram-se doze parcelas, de 10 m x 10 m, nas quais foram aplicadas as doses de 0, 2, 4 e 8 t/ha de calcário comercial (33% CaO e 11% MgO-V.N. = 92%). Em setembro de 1982, as quantidades foram distribuídas, a lancha, nas parcelas e incorporadas até a profundidade de 20 cm. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições.

Aos 30, 120 e 180 dias após a calagem foram retiradas amostras dos solos, até a profundidade de 20 cm, para a verificação da reação do solo ao calcário. Feito isso, após a determinação de pH, Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} , seguindo a metodologia descrita por DEFELIPO e RIBEIRO (7), e H^+ e Al^{3+} , segundo BRAGA (3), foram feitas mais duas amostragens, entre as fileiras do plantio.

Dois meses após a calagem, procedeu-se ao plantio de milho (*Zea mays* L.), var. Cargill C-11, com o espaçamento de 1,0 m x 0,20 m. No sulco de plantio, foi feita uma adubação básica, com 20-70-60 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , usando-se como fontes o sulfato de amônio, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente. Quarenta e cinco dias após o plantio, foi feita uma adubação nitrogenada, utilizando-se 44 kg de nitrogênio por hectare, na forma de uréia.

Como parcela útil, consideraram-se as seis fileiras centrais, com 8 m de comprimento.

Aos 180 dias após a calagem, em seis dos oito locais escolhidos, foi introduzida, entre as quatro fileiras centrais do milho, a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), var. Negrito. O plantio foi feito em sulcos de 5,0 m de comprimento, espaçados de 1,0 m. Foram semeadas doze sementes por metro. Como adubação, no sulco de plantio, utilizaram-se 20, 90 e 40 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , tendo como fontes a uréia, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente.

Como parcela útil, consideraram-se as quatro fileiras, com 3,5 m de comprimento.

A produção de grãos das duas culturas foi correlacionada com as quantidades de calcário. A dose de calcário que propiciou a produção máxima foi usada na determinação do fator de calagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções médias de grãos de milho (Quadro 2), em geral, foram baixas, talvez influenciadas pelas condições climáticas, desfavoráveis nesse ano, que pro-

QUADRO 1 - Algumas características químicas de amostras dos solos estudados

Solo Ident.	Procedência	pH H ₂ O (1:2,5)	Análises químicas					
			Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	MO	V	Al
--- meq./100 cm ³ de solo --- % -----								
JEQ	Jequeri	5,2	0,0	3,5	1,0	6,44	48,97	0
PAN	Pedra do Anta	4,8	0,2	1,6	1,0	5,36	28,48	7
PFS	Porto Firme (Seb.)	4,9	0,3	1,1	0,4	4,21	20,80	15
VIC	Viçosa	4,6	0,4	1,3	0,5	3,62	24,27	13
COI	Coimbra	4,3	0,8	0,7	0,3	4,56	13,11	42
PFO	Porto Firme (Olgo)	4,3	0,8	0,4	0,3	5,37	10,92	46
ERJ	Ervália (Jatiboca)	4,6	1,3	0,7	0,4	6,17	11,59	52
ERC	Ervália (Careço)	4,5	1,4	0,5	0,3	4,42	7,70	57

QUADRO 2 - Produção de grãos de milho, conforme as doses de calcário. Média de três repetições

Solo	Doses de calcário (t/ha)			
	0	2	4	8
	----- g/parcela -----			
JEQ	2745,8	2695,5	2604,6	2471,9
PAN	5373,9	5698,8	5530,4	4401,3
PFS	6150,1	7324,5	6920,8	7255,1
VIC	6806,6	7353,3	8022,6	7902,5
COI	6514,3	7613,3	7962,0	7663,5
PFO	4214,7	4694,8	5171,3	5157,9
ERJ	3674,5	3876,5	4092,3	3615,8
ERC	4988,1	5447,8	4958,9	4044,0

vocaram redução no 'stand' inicial da cultura, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. O 'stand' final foi tão prejudicado, que, em alguns locais, não foi colhida toda a parcela útil, mas, sim, um número grande de plantas competitivas. O milho mostrou-se tolerante ao alumínio até a saturação de 60%. Esse resultado confere com os obtidos por DOROFFEEF (8), que trabalhou em solos da Zona da Mata de Minas Gerais, e com os de EVANS e KAMPRATH (10).

Para a cultura do feijão, as produções variaram entre os locais estudados (Quadro 3). O local ERC apresentou, na parcela testemunha, produção média correspondente a 110 kg/ha, destacando-se como o menos produtivo. O solo desse local apresentava, inicialmente, a mais alta saturação de alumínio (57%) e a mais baixa saturação de bases (7,7%) (Quadro 1). Foram essas, provavelmente, as principais causas de sua baixa produção. Por outro lado, o solo COI foi o mais produtivo, com produção média equivalente a 1298 kg/ha. Acredita-se que, nesse local, a cultura tenha sido favorecida pelas melhores condições de umidade do solo, uma vez que o plantio foi um pouco tardio, em relação aos demais.

Nos locais COI e ERC, os dados de produção da cultura, em relação às doses de calcário, ajustaram-se às equações do segundo grau, enquanto nos solos PFO, VIC e ERJ a elevação das doses causou aumento linear na produção de grãos. A produção máxima nos locais em que se verificou efeito significativo da calagem foi estimada por equações de regressão (Quadro 4), ao passo que no local PFS foi considerado o valor médio observado. Além das características químicas, vários fatores, como relevo, luminosidade, temperatura e teor de umidade do solo, entre outros, foram responsáveis pelas variações na produtividade da leguminosa nos diferentes solos. Consequentemente, as estimativas das produções máximas foram influenciadas por essas variáveis.

PESSANHA e PENTEADO (15) observaram resposta linear da produção de feijão às doses de calcário, até 4,0 t/ha, em Podzólico Vermelho-Amarelo com bai-

QUADRO 3 - Produção de grãos de feijão, conforme as doses de calcário. Média de três repetições

Solo	Doses de calcário (t/ha)			
	0	2	4	8
	----- g/parcela -----			
PFS	725,0	942,5	845,0	1130,0
VIC	290,0	517,5	702,5	870,0
COI	1947,5	2422,5	2670,0	2607,5
PFO	575,0	997,5	1587,0	2047,0
ERJ	762,0	960,0	1250,0	1425,0
ERC	165,0	373,0	760,0	655,0

QUADRO 4 - Equações de regressão ajustadas entre a produção de grãos de feijão no campo, em g/parcela (Y), e doses de calcário, em t/ha (X)

Solo	Regressão			R ²
VIC	Y =	347,5 + 70,7 x		0,94**
COI	Y =	1950,9 + 281,02 x - 24,88 x ²		0,99*
PFO	Y =	652,0 + 185,6 x		0,96*
ERJ	Y =	806,2 + 83,73 x		0,94*
ERC	Y =	126,38 + 210,5 x - 17,85 x ²		0,92**

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

xa concentração de alumínio (0,1 meq/100 cm³ de solo) e altos teores de cálcio mais magnésio (4,2 meq/100 cm³ de solo). Esses resultados conferem ainda com os obtidos por RAIJ *et alii* (18) e FEITOSA *et alii* (11), que também obtiveram acréscimos na produção com a adição de corretivo, mesmo quando os teores de alumínio atingiram valores não-detectáveis pela análise do solo. Essas observações sugerem que, para solos desse tipo, o teor de alumínio trocável não é o melhor critério para a recomendação de calagem, como indicado por COLEMAN *et alii* (4), KAMPRATH (12) e PEARSON (14).

Utilizando as equações que relacionam as doses de calcário com algumas características do solo, apresentadas por PORTELA (17), verificou-se que o valor de pH, para a obtenção da produção máxima, variou de acordo com o solo (Quadro 5). Entretanto, para o teor de alumínio trocável ocorreu um valor-limite (0,29 meq/100 cm³ solo), quando se obtiveram as produções máximas. Essa concentração, quando expressa em termos de saturação de alumínio (11,69%), foi considerada não-tóxica para a cultura.

Observa-se que as necessidades dos solos podem variar conforme o objetivo da calagem. Por exemplo, no local ERC, segundo PORTELA *et alii* (17), a dose necessária para elevar o pH do solo a 6,0 foi igual a 10,3 t/ha de calcário, ao passo que, para neutralizar todo o alumínio trocável do solo, foram necessárias 7,8 t/ha de calcário e, para a obtenção da produção máxima, estimada a partir da equação de regressão (Quadro 4), foram suficientes 5,9 t/ha (Quadro 5). O fato de a dose ótima para a cultura estar abaixo da que neutraliza o alumínio trocável foi também observado por vários outros autores, em diferentes condições (1, 19, 20, 23). Em alguns desses casos, tratava-se de cultura ou variedade tolerante a níveis elevados de alumínio. No exemplo citado, acredita-se que, por ser rico em matéria orgânica, a acidez trocável do solo não foi devida somente ao Al³⁺; admite-se que tenha havido participação de H⁺ no extrato obtido com a solução de KCl 1N e, ou, diminuição da toxidez de Al³⁺, pela complexação com a matéria orgânica.

O fator de calagem variou conforme o solo e métodos testados (Quadro 6). No cálculo do fator, foi corrigido o valor neutralizante do calcário. Aqui, o efeito da granulometria foi considerado, porque se observou reação do calcário ao solo com 30 dias apenas de aplicação e porque o plantio foi realizado 180 dias depois da calagem. Observou-se que o método do Alumínio e Cálcio mais Magnésio Trocáveis, proposto pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS (5), também subestimou as necessidades de calagem para a obtenção da produção máxima da cultura, o que está de acordo com os resultados citados por NOVAIS e BORGES (13) para a cultura da soja, no Estado de Minas Gerais.

As quantidades de calcário recomendadas pelo método de Saturação de Bases foram também, de modo geral, subestimadas, quando comparadas com a dose necessária para a produção máxima, porém em menor intensidade do que com o método citado anteriormente.

Foi observado que as doses de calcário recomendadas pelos métodos baseados no uso de soluções tamponantes, em alguns solos (VIC, PFO e ERJ), tenderam a um bom ajustamento à dose ótima para a cultura.

Os resultados aqui apresentados demonstram que os métodos estudados não foram eficientes na predição da necessidade de calagem para a cultura do feijão, uma vez que não se observou, em nenhum deles, fator de calagem constante para os diferentes solos. Diante do exposto, deixa-se como sugestão o desenvolvimento de uma metodologia de laboratório adequada para recomendar doses de calcário compatíveis com as características desses solos e com as exigências das culturas do feijão e do milho.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram aplicadas, em oito solos da Microrregião Mata de Viçosa, MG, diferentes quantidades de corretivo, para a cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) consorciado com o milho (*Zea mays* L.). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. Doses de 0, 2, 4 e 8 t/ha de calcário (33% de CaO e 11% de MgO) foram aplicadas, a lanço, na superfície do terreno e incorporadas, com enxada, até a profundidade de 20 cm, em parcelas de 10 m x 10 m.

As doses que maximizaram a produção foram relacionadas com as quantidades de calcário recomendadas pelos métodos de Incubação, para elevar o pH dos

QUADRO 5 - Doses de calcário utilizadas para a obtenção da produção máxima de grãos de feijão. Valores estimados de pH e concentrações de alumínio correspondentes ao máximo, nos solos estudados

Solo	Calcário (t/ha)	Produção máxima (g/parcela)	pH	Al ³⁺ (meq/100 cm ³ de solo)	Saturação de alumínio (%)
PFS	0,0	910**	5,25**	0,12**	6,10**
VIC*	8,0	913,1	5,9	0,00	0,00
COI	5,6	2749,4	5,7	0,00	0,00
PFO*	8,0	2136,8	5,1	0,01	0,30
ERJ*	8,0	1476,0	5,5	0,00	0,00
ERC	5,9	747,0	5,4	0,29	11,69

* Resposta linear - Considerou-se "produção máxima" a produtividade obtida com a aplicação da maior dose de calcário.

** Resultados médios dos tratamentos.

QUADRO 6 - Fator de calagem, para os diferentes métodos, dos solos estudados

Solo	Métodos					
	Incubação		Woodruff	SMP	Acetato Al^{3+} e Ca^{2+} + Mg^{2+} de cálcio	Saturação de bases
	pH=5,5	pH=6,0				
PFS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIC*	1,64	1,06	1,22	1,29	1,17	2,54
COI	0,82	0,62	0,74	0,76	0,70	1,29
PFO*	1,29	0,92	1,05	1,09	0,96	1,71
ERJ*	0,62	0,47	0,82	0,76	0,80	1,44
ERC	0,72	0,51	0,68	0,63	0,42	0,68
						0,54
						0,40

* Devido à resposta linear da produção, esses fatores são valores mínimos.

solos a 5,5 e a 6,0, Woodruff, SMP, Acetato de Cálcio, Alumínio e Cálcio mais Magnésio Trocáveis, Saturação de Bases e Matéria Orgânica, para elevar o pH do solo a 6,0 e a 6,5, obtendo-se assim o fator de calagem. Os resultados levaram à conclusão de que não houve efeito da calagem na produção de grãos de milho. O efeito da calagem sobre a produção de feijão variou de acordo com os solos e, de modo geral, os métodos de Alumínio e Cálcio mais Magnésio Trocáveis e Saturação de Bases subestimaram as necessidades de calagem, enquanto os demais métodos superestimaram as doses de calcário necessárias para a obtenção da produção máxima na maioria dos locais.

5. SUMMARY

(LIME REQUIREMENTS FOR ASSOCIATED PRODUCTION SYSTEMS OF BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.) AND MAIZE (*Zea mays* L.) ON SOILS IN THE MICROREGION OF VIÇOSA, MINAS GERAIS. II. FIELD TRIALS)

The effects of different rates of lime applied to soils intercropped with beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.) were studied at eight locations in the «Zona da Mata», State of Minas Gerais.

Rates of 0, 2, 4 and 8 t/ha of lime (33% CaO and 11% MgO) were evaluated in a randomized complete-block design with three replications, in plots of 10 m x 10 m. The lime was incorporated to a depth of 0 to 20 cm.

Yields were used to evaluate the effects of liming. The amounts of lime required to maximize production were determined by the methods of: that recommended for incubation to raise the soil pH to 5,5 and to 6,0; Woodruff; SMP; calcium acetate; exchangeable aluminum and calcium plus magnesium; base saturation; and, organic matter to raise the pH to 6,0 and 6,5. Thus, liming factors were obtained.

The results were that liming did not increase corn yields. The effect of liming on bean yields varied according to the soils. The methods of exchangeable aluminum and calcium plus magnesium and base saturation underestimated the liming requirement, whereas the other methods overestimated the liming requirement for maximum yield.

6. LITERATURA CITADA

1. BAUMGARTNER, J.G.; LOPES, E.S.; DEMATTÊ, J.B.; MIYASAKA, IGUE, T. & GUIMARÃES, G. Calagem e adubação mineral da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) var. Santa Maria, em solo de várzea. *Bragantia*, 33(1):1-10. 1974.
2. BORGES, A.L. Métodos de análises para recomendação de calcário e obtenção do fator de calagem em casa-de-vegetação, na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 58 p. (Tese M.S.).
3. BRAGA, J.M. Avaliação da fertilidade do solo (Análise Química). I e II parte. Viçosa, Imprensa Universitária, 1980. 167 p.
4. COLEMAN, N.T.; KAMPRATH, E.J. & WEED, S.B. Liming. *Adv. Agron.*, 10: 474-522. 1958.
5. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 3.^a aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1980. 80 p.

6. DEFELIPO, B.V.; BRAGA, J.M. & SPIES, C. Comparação entre métodos de determinação da necessidade de calcário de solo de Minas Gerais. *Experientiae*, 13(4):111-136. 1972.
7. DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. *Análise química do solo (Metodologia)*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1981. 17 p. (Boletim de Extensão, 29).
8. DOROFEEFF, A. *Determinação das doses de calagem para as terras de cultura*. Viçosa, UREMG, 1955. 124 p. (Tese para concurso de catedrático).
9. ELTZ, F.L.F.; GRIMM, S.S. & FOILE, D.A. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a produtividade da soja, em oxissolo da unidade de mapeamento Santo Ângelo. *Agron. Sulriog.*, 11(1):37-44. 1975.
10. EVANS, C.E. & KAMPRATH, E.J. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 34(6):893-896. 1970.
11. FEITOSA, C.T.; RONZELLI JR., P.; ALMEIDA, D.D'A. de.; VEIGA, A.A.; HIROCE, R. & JORGE, J.P.N. Adubação N P para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de calcário. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 4(3):156-159. 1980.
12. KAMPRATH, E.J. *A acidez do solo e calagem*. Raleigh, North Carolina, 1967. 23 p. (Boletim Técnico, 4).
13. NOVAIS, R.F. de & BORGES, A.C. *Calagem e adubação da soja no Estado de Minas Gerais*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1983. 23 p.
14. PEARSON, R.W. *Soil acidity and liming in the humid tropics*. Ithaca, N.Y., Cornell Int. Agric./Cornell Univ., 1975. 66 p. (Bulletin-30).
15. PESSANHA, G.G. & PENTEADO, A. de F. Efeito de N e calagem sobre a cultura de feijão. *Pesq. Agrop. Bras.*, 17(3):375-379. 1982.
16. PONS, A.L. Efeito da calagem e da adubação nitrogenada em feijoeiro. *Agron. Sulriog.*, 11(2):251-257. 1975.
17. PORTELA, M.C. da., DEFELIPO, B.V.; BRAGA, J.M. & RIBEIRO, A. C. Necessidade de calagem para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos da Microrregião Mata de Viçosa, MG. I — Experimento em casa-de-vegetação. *Rev. Ceres*, 32(182):271-282. 1985.
18. RAIJ, B. VAN; CAMARGO, A.P. de; MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; FEITOSA, C.T.; NERY, C. & LAUN, C.R.P. Efeitos de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 1(1):28-31. 1977.
19. ROSELEM, C.A.; MACHADO, J.R.; COLETA, O.D. & MARCONDES, D.A.S. Efeito de calagem e adubação potássica na cultura do sorgo sacarino em um Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa. *Pesq. Agrop. Bras.* 18(4):351-356. 1983.
20. SEIFFERT, N.F.; SOARES, W.V.; SCHUNKE, R.M. & PRIMO, A.T. Calagem de Latossolo Roxo Álico textura argilosa fase cerrado, e seu efeito sobre o desenvolvimento de sorgo forrageiro. *Pesq. Agrop. Bras.*, 13(4):1-8. 1978.

21. SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. & KLIEMAN, H.J. Avaliação de métodos para determinar as necessidades de calcário em solos de cerrado de Goiás e do Distrito Federal. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 4(3):144-148. 1980.
22. TOBÓN, J.H. & LEÓN, L.A. Comparacion de varios métodos para determinar requerimientos de cal en algunos suelos colombianos. *Suelos Ecuatoriales*, 3(1): 66-87. 1971.
23. TORRES, C.B. Estudos sobre a prática de calagem. *Rev. Fac. Agron. & Veter.*, 5:101-116. 1962.