

FOL
2952

ISSN 0100-6606



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA
Rodovia Celso Garcia Cid - km 375
Fones: (0432) 23-9850 e 23-9719 (PABX)
Telex: (0432) 208
Caixa Postal 1061
86100 - Londrina - PR

COMUNICADO TÉCNICO

Nº 28 - Nov/84 - p.1-13

CALAGEM PARA SOJA RECOMENDAÇÃO PARA O ESTADO DO PARANÁ

Calagem para soja recomendacao
1984 FL-2952



2158-1

†João B. Palhano¹
Gedi J. Sfredo¹
Rubens J. Campo¹
Áureo F. Lantmann¹
Clovis M. Borkert¹

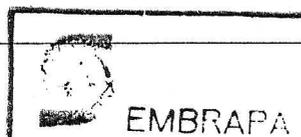
A acidez do solo é um dos principais fatores que limitam o crescimento das plantas em solos tropicais e subtropicais. O seu efeito é caracterizado, principalmente, pela solubilização de grandes quantidades de elementos tóxicos às plantas, tais como o alumínio, o manganês e o ferro. Além disso, há o efeito indireto da acidez sobre a disponibilidade de nutrientes, onde a maior solubilidade de grande parte destes nutrientes ocorre na faixa de pH entre 5,5 e 6,5. Há ainda, os efeitos negativos da acidez sobre a vida microbiana do solo, bem como sobre a fixação simbiótica de nitrogênio.

De todos os fatores que influenciam o bom desenvolvimento de uma lavoura de soja (preparo e adequação da área, escolha da cultivar mais adequada, etc.), a correção da acidez do solo é de fundamental importância e é um fator limitante para o sucesso da cultura.

Na grande maioria dos solos do Paraná onde a soja é cultivada, a acidez é capaz de comprometer o desenvolvimento da cultura. Desta forma, quantidades adequadas de calcário devem ser aplicadas, anulando totalmente os efeitos nocivos da acidez e melhorando as condições químicas do solo, para o pleno aproveitamento dos nutrientes.

Algumas observações feitas na região produtora de soja do Estado do Paraná mostraram que as quantidades de calcário recomendadas pela metodologia até

¹Engº Agrº, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Caixa Postal 1061 - 86.100 - Londrina, PR.



então em uso ($Al^{+++} \times 2$) não têm sido suficientes para a eliminação total da acidez. Como consequência disso, o potencial máximo de rendimento, em solos com problemas de acidez, não tem sido alcançado plenamente.

Trabalhos de pesquisa foram conduzidos para estudar uma metodologia de recomendação de calcário que eliminasse totalmente a acidez e proporcionasse as melhores condições de crescimento da soja. O objetivo deste documento é mostrar os resultados de pesquisa relativos à resposta da soja à calagem em solos do Paraná, bem como apresentar a metodologia proposta para recomendar a quantidade de calcário em função de componentes da acidez do solo.

NATUREZA DA ACIDEZ DO SOLO

A acidez, em solução aquosa, é devida à presença de íons hidrogênio (H^+) livres, cuja concentração dimensiona o grau de acidez. Quanto maior a concentração de H^+ , mais ácida a solução. O pH é a medida da quantidade de H^+ , definido como o logaritmo do inverso da concentração de H^+ .

A equação de definição de pH é:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log [H^+]$$

A escala de pH tem valores de 0 a 14 e a interpretação dos valores de pH do solo para fins agrícolas é dada na Tabela 1.

TABELA 1. Interpretação do pH do solo para fins agrícolas.

pH	Interpretação
< 5,0	acidez elevada
5,0 - 5,9	acidez média
6,0 - 6,9	acidez fraca
7,0	neutro
> 7,0	alcalino

Volkweiss e Ludwick (1971) afirmam que a medida de pH do solo tem o mesmo valor para o agrônomo que a medida da temperatura das pessoas tem para o médico.

dico. Da mesma forma que a temperatura do homem dá uma idéia do seu estado de saúde, também o pH dá uma idéia do "estado de saúde" do solo. Se o pH do solo é baixo (solo ácido), sabe-se que ele está "doente" porque uma série de propriedades químicas do solo, que afetam a nutrição das plantas, estão diretamente ligadas ao pH e, portanto, há necessidade de corrigir essa situação através de uma calagem. Todavia, o pH é um parâmetro que indica somente uma situação do solo; não esclarece qual a verdadeira causa da acidez e nem determina a quantidade de calcário a aplicar para corrigir a acidez. Para melhor entender este processo deve-se definir Acidez Ativa, Acidez Potencial e Capacidade Tampão do solo (Poder Tampão).

A Acidez Ativa é a concentração de íons H^+ na solução do solo que são liberados pelas substâncias que compõem a chamada Acidez Potencial.

Acidez Potencial são os íons de H^+ que podem vir a ser liberados por um conjunto de substâncias ou compostos para a solução do solo. Os principais compostos que constituem a Acidez Potencial em solos ácidos são: a) o alumínio trocável nos seus diversos estados de hidratação; b) os diversos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio que existem nas superfícies das argilas ou nos seus espaços interlaminares; e c) os ácidos e fenóis da matéria orgânica, através de seus radicais carboxila e hidroxila. Assim, a capacidade de liberação de H^+ em um determinado solo vai depender da quantidade de substâncias que compõe a Acidez Potencial contida nesse solo. Quanto maior for a Acidez Potencial, maior será a quantidade de H^+ que poderá ser liberada à solução do solo, aumentando a Acidez Ativa. A Acidez Ativa está na dependência íntima da Acidez Potencial.

O Poder Tampão é definido, quimicamente, como a capacidade de uma mistura de soluções em resistir a mudanças no pH. A solução do solo, formada por uma mistura de substâncias é uma solução complexa que confere ao solo sua capacidade de tamponante. Assim, a Capacidade Tampão de um solo é a resistência que ele oferece à mudança de pH, pela aplicação de calcário ou qualquer outro material que neutralize a acidez. A resistência à mudança de pH de um solo será tanto maior, quanto maior for a quantidade de compostos que têm a capacidade de liberar H^+ . Estes compostos são todos aqueles enumerados como fazendo parte da Acidez Potencial. Assim, dois solos que tenham o mesmo valor de pH, mas um com o dobro de matéria orgânica do que o outro, necessitarão de diferentes quantidade de calcário para corrigir a acidez. O solo com mais matéria orgânica necessitará uma quantidade de calcário maior, porque a sua Capacidade Tampão é maior. O mesmo é válido para solos com diferentes concentrações de alumínio trocável e de óxidos

e hidróxidos de ferro e alumínio. Portanto, um método para recomendação da quantidade de calcário deve medir e levar em consideração todas as formas que compõem o complexo acidez do solo.

ACIDEZ DO SOLO E SUA NEUTRALIZAÇÃO

Os íons H^+ encontrados normalmente nos solos ácidos não são por si sós tóxicos para as plantas. O efeito desfavorável da acidez do solo sobre as plantas é devido indiretamente ao controle que esta exerce sobre as propriedades químicas e sobre a flora microbiana do solo. A melhor resposta de uma cultura à elevação do pH do solo, adequando-o ao crescimento das plantas, deve-se aos seguintes fatores:

- 1) eliminação ou diminuição parcial da solubilidade de elementos tóxicos como o alumínio (Al^{3+}) e o manganês (Mn^{2+}) trocáveis, pela formação de compostos insolúveis;
- 2) diminuição da adsorção do fósforo aplicado (fixação de fósforo) e aumento da disponibilidade do fósforo já existente no solo;
- 3) aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio para as plantas e os microorganismos;
- 4) melhoria e aumento da atividade microbiana, acelerando a mineralização da matéria orgânica, proporcionando com isto maior disponibilidade de todos os nutrientes que se encontravam imobilizados na forma orgânica, principalmente o nitrogênio e o enxofre, cujos ciclos no solo são extremamente dependentes da atividade microbiana;
- 5) melhoria de condições para o funcionamento da simbiose *Rhizobium*-leguminosa.

Um método para determinação da necessidade de calagem de um solo deve estabelecer a quantidade necessária para neutralizar a acidez até níveis adequados para o bom desenvolvimento das plantas.

Existem vários métodos para determinar a quantidade de calcário a ser aplicada aos solos. Três deles são baseados em princípios químicos e filosofias diferentes, sendo os outros variações destes três métodos, que são:

1) Neutralização do alumínio trocável

Este método preconiza que a quantidade de calcário a ser aplicada deve

ser somente a suficiente para neutralizar o alumínio trocável. Segundo Quaggio (1983), este critério está ligado ao conceito de capacidade de troca de cátions efetiva (CTC) e, ainda, assume que abaixo de pH 5,4 a Capacidade Tampão do solo seja devida exclusivamente ao alumínio trocável (Al^{3+}).

No Estado do Paraná, é utilizada a seguinte fórmula para determinar a quantidade necessária de calcário (NC):

$$NC = 2 \times \text{meq } Al^{3+} = \text{toneladas de calcário por hectare, onde 2 é um fator constante e meq } Al^{3+} \text{ é a quantidade em miliequivalentes/100 ml de solo de alumínio trocável dada pela análise.}$$

Segundo Muzilli & Igue (1976), por este método, o pH do solo deve subir para próximo de 5,5, além de elevar a níveis adequados o cálcio e o magnésio.

Este método inicialmente utilizava o valor 1,5 como fator constante a ser multiplicado pelo número de miliequivalentes de alumínio trocável. Como as quantidades de calcário recomendadas muitas vezes eram insuficientes, por não levar em consideração o Poder Tampão do solo, foram introduzidas adaptações para $2 \times Al^{3+}$ e até $3 \times Al^{3+}$, em determinados solos com mais de 3% de matéria orgânica. Além destas, são utilizadas outras variações procurando garantir teores de cálcio mais magnésio acima de 2 meq/100 ml de solo. Outra adaptação é feita considerando as duas alternativas acima, de acordo com a fórmula:

$$(2 \times Al^{3+}) + 2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) = t \text{ de calcário/ha}$$

2) Solução Tampão SMP

Nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina é utilizado o método conhecido como SMP, sigla que tem as iniciais dos autores Shoemaker, McClean & Pratt (1961). Este método é baseado na utilização de uma solução tamponada a pH 7,5 que, quando misturada ao solo, reage com os ácidos nele existentes (Acidez Ativa e Acidez Potencial) sofrendo uma redução no pH. Este valor de redução é então levado a uma tabela especial, previamente calibrada para o valor de pH que se deseja obter no solo, indicando assim a quantidade de calcário necessária. A calibração do método é obtida correlacionando os valores do pH de equilíbrio da mistura solo-água-tampão com a quantidade de $CaCO_3$ necessária para elevar o pH do solo para um valor desejado, obtido pelo método da incubação com

CaCO₃. Esta calibração, para ser válida em um estado ou região, deve ser realizada com uma série de solos de maior ocorrência, nos quais o método será utilizado. Uma vez obtida a calibração do método para o pH desejado (5,5, 6,0 ou 6,5), pode ser montada uma tabela para recomendar a quantidade de calcário em toneladas por hectare, em função do valor do pH da mistura solo-água-tampão. Muzilli & Igue (1976) apresentam uma tabela elaborada por Van Raij (1975) para solos do Estado do Paraná (Tabela 2), para a determinação da quantidade de calcário recomendada pelo método SMP.

TABELA 2. Quantidade de calcário a ser aplicada ao solo determinada pelo método SMP, para solos do Estado do Paraná. Londrina, IAPAR (Van Raij, 1975, dados não publicados)¹.

pH da solução solo-água-tampão SMP	Quantidade de CaCO ₃ necessária (t/ha)	
	para elevar o pH para 5,5	6,0
6,6		0,6
6,5		1,3
6,4		2,0
6,3		2,7
6,2		3,4
6,1		4,1
6,0	0,6	4,9
5,9	1,5	5,7
5,8	2,3	6,5
5,7	3,2	7,4
5,6	4,0	8,2
5,5	5,0	9,0
5,4	6,0	10,0
5,3	7,0	11,2
5,2	8,1	12,3
5,1	9,4	13,4
5,0	10,8	15,0
4,9	12,4	17,2

¹Muzilli & Igue (1976).

Segundo Muzilli & Igue (1976) as informações da Tabela 2 carecem de dados de pesquisa de campo que comprovem a eficiência desses valores estabelecidos em laboratório.

3) Elevação da saturação de bases (V%)

Este método requer o conhecimento de quanto da capacidade de troca de cátions de um solo está ocupada por bases e por componentes da acidez. Portanto, para recomendar a quantidade de calcário a ser aplicada, há necessidade da determinação e do cálculo dos seguintes parâmetros:

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ \text{ (soma das bases trocáveis)}$$

$$T = S + (H^+ + Al^{3+}) \text{ (capacidade de troca de cátions, CTC)}$$

$$V_1 = \frac{100 \cdot S}{T} \text{ (porcentagem de saturação de bases)}$$

Calculando a quantidade de calcário para elevar a saturação de bases (V%) é preciso definir qual o limite a ser atingido, ou seja, qual o valor de saturação de bases que se pretende obter no solo após a calagem. Este valor será escolhido em função das espécies que se pretende cultivar, já que as mesmas diferem na reação e na tolerância a diferentes níveis de saturação de bases trocáveis no solo. Uma vez escolhido o valor pretendido (V_2), e determinado o valor de saturação de bases do solo (V_1) e a capacidade de troca de cátions, a quantidade de calcário a ser aplicada é obtida pela fórmula:

$$\text{Quantidade de calcário (t/ha)} = \frac{(V_2 - V_1) T}{100}$$

RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

Tem sido verificado, através de observações de pesquisadores, técnicos e produtores, que a quantidade de calcário utilizada em solos do Paraná, para neutralizar o efeito da acidez e proporcionar boas condições de fertilidade para a cultura da soja, é insuficiente. Em face desta situação, o Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPS desenvolveu trabalhos de resposta da cultura da soja à aplicação de doses de calcário.

Estes estudos tiveram por objetivo principal determinar a dose de calcário que proporcione máxima produtividade técnica e econômica da soja. Neste trabalho, foi feita a comparação do efeito de doses de calcário aplicadas em função de três métodos de recomendação vigentes no País ($2 \times Al^{3+}$, Saturação de Bases (V%) e SMP), sobre a produtividade da soja, bem como a verificação do efeito residual das diferentes doses de calcário.

No ano agrícola 77/78 dois experimentos foram instalados, um em Guarapuava, na região Centro-Sul, em Latossolo Bruno álico (LBa) e outro em Campo Mourão, na região Centro-Oeste, em Latossolo Roxo álico (LRa); no ano agrícola 82/83, um experimento foi instalado em Toledo, na região Oeste, em Latossolo Roxo distrófico (LRd), e cujas análises químicas estão contidas na Tabela 3.

TABELA 3. Análise química inicial em três solos do Estado do Paraná¹.

Solo	pH em H ₂ O	(H ⁺ +Al ³⁺)	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	C (%)	P (ppm)	V (%)
		meq / 100 ml de solo							
LRa	4,5	10,32	0,8	1,49	0,61	0,22	1,75	8,2	18,35
LBa	4,5	16,24	1,7	0,27	0,13	0,14	2,42	0,1	3,22
LRd	5,2	11,74	1,2	2,72	0,96	0,24	2,77	11,0	24,96

¹Análise efetuada no laboratório de solos do IAPAR.

Palhano et al. (1982) relataram que, na média dos anos 78/79 e 79/80, pelo método do 2 x Al³⁺ a quantidade de calcário recomendada não foi suficiente para reduzir o alumínio a níveis não tóxicos no LBa, enquanto que no LRa foi possível reduzir o Al³⁺ a níveis não tóxicos, pois na soma dos dois primeiros anos (77/78 e 78/79), houve efeito linear em ambos os solos na Fig. 1, onde são mostradas as produções acumuladas de grãos em kg/ha de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 anos, em ambos os locais. Pode ser observado, a partir do terceiro ano, que já há um retorno econômico, pela obtenção de produções econômicas máximas, acima da dose recomendada pelo 2 x Al³⁺. Considerando uma relação de preço do calcário (Cr\$/t) com o preço da soja (Cr\$/kg), em torno de 100/1, pode ser verificado pela Fig. 2 que as doses mais econômicas, com cinco anos de cultivo, estão acima das recomendadas pelo método 2 x Al³⁺ e próximas das doses recomendadas para elevar a saturação de bases para 70%, em Campo Mourão e Guarapuava, respectivamente.

Com sete anos de cultivo, a dose mais econômica, em Campo Mourão, se aproxima da recomendada pelo SMP, enquanto que em Guarapuava esta está próxima à saturação.

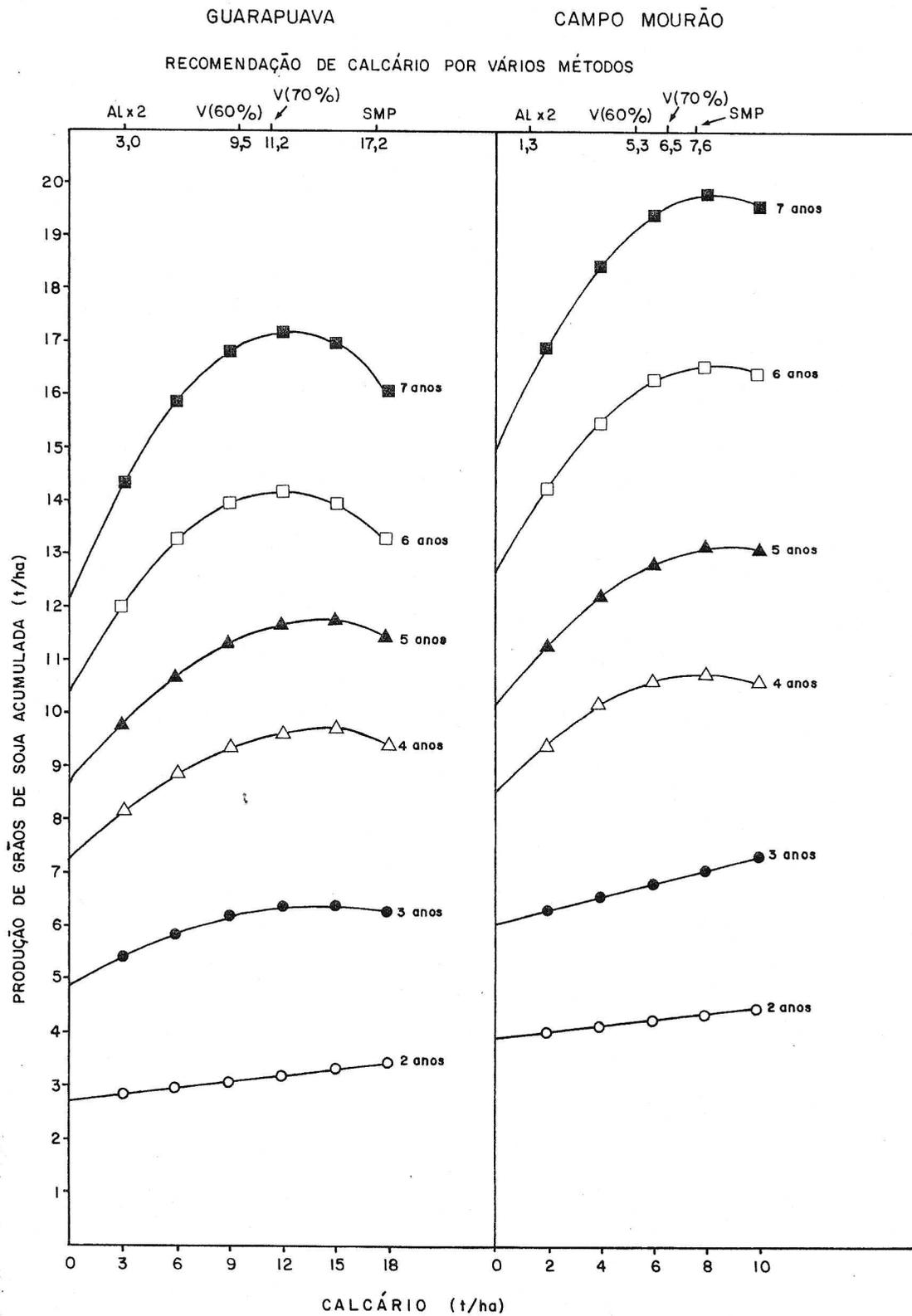
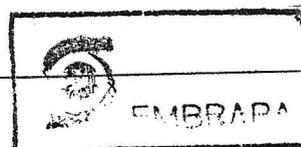


FIG. 1. Produção acumulada (dois a sete anos) de grãos de soja (t/ha) em função de doses de calcário em dois locais no Estado do Paraná. EMBRAPA-CNPS. Londrina, PR. 1984.



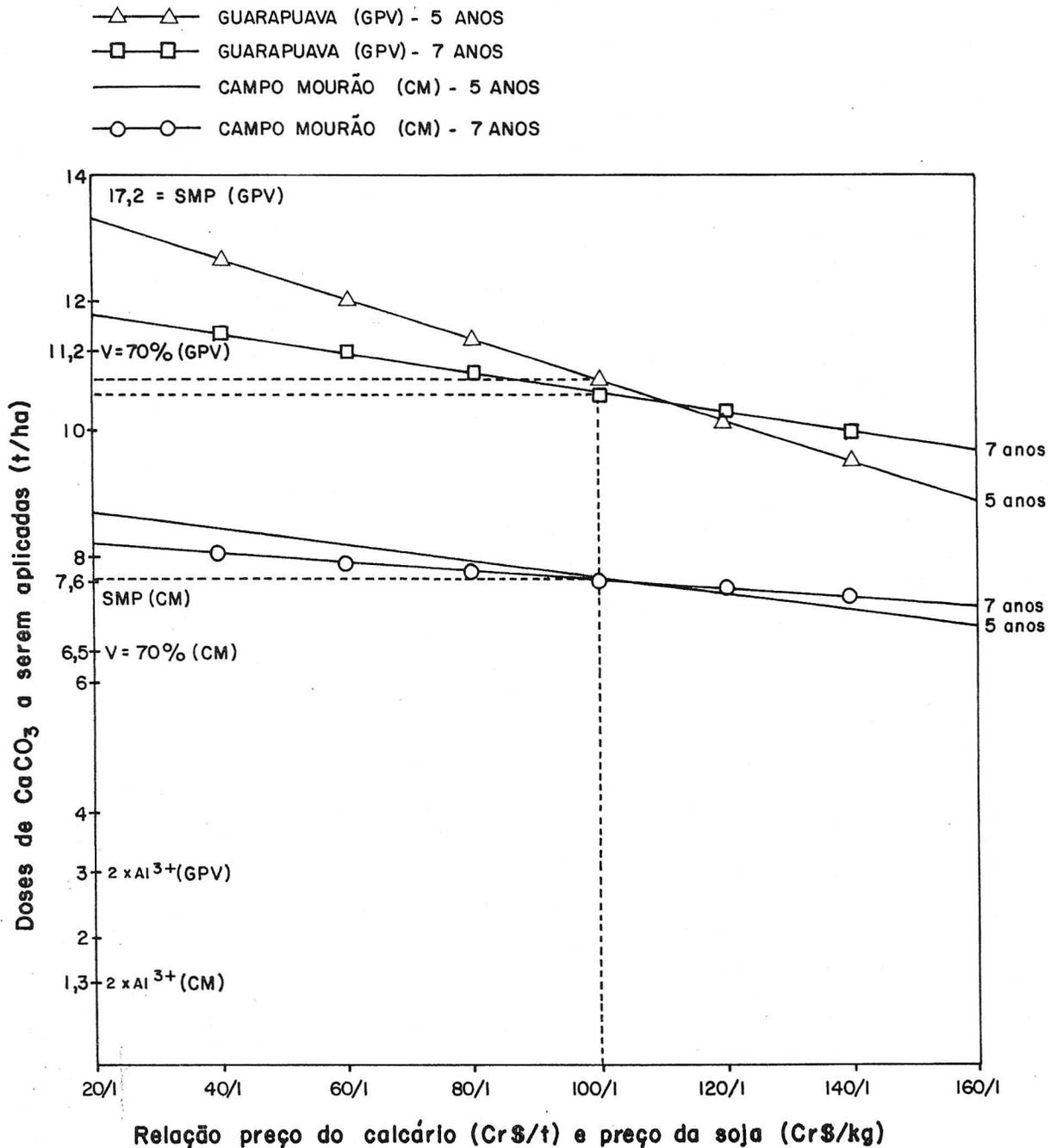


FIG. 2. Doses de calcário a serem aplicadas (t/ha) em função do preço do calcário e da soja, comparando com métodos de determinação da necessidade de calcário, na soma de cinco e sete anos de cultivo em dois locais. EMBRAPA-CNPS. Londrina, PR. 1984.

Com estes resultados pode ser inferido que a dose determinada em função do método $2 \times Al^{3+}$, preconizada para reduzir os efeitos da acidez por até cinco anos, não satisfaz a necessidade exigida pela soja, em ambos os locais.

Para que não haja necessidade de recomendar métodos diferentes para vários solos, para a cultura da soja deve ser utilizado o método de recomendação de quantidade de calcário que eleve a saturação de bases a 70%, com efeito residual para cinco anos. Desta forma, os resultados da Fig. 2 indicam, para o solo LBa, que a quantidade de calcário para elevar a saturação de bases para 70% irá superestimar a necessidade de calagem para um período de cinco anos. Assim, o agricultor terá necessidade de avaliar a acidez do solo somente após aquele período. Caso a saturação de bases esteja entre 60% e 70%, não haverá necessidade de efetuar a calagem antes de cinco anos.

Em Toledo, apesar dos resultados refletirem apenas a situação da calagem em dois anos da aplicação, pode ser notado que as doses mais econômicas estão próximas às recomendadas pelos métodos de saturação de bases e pelo SMP. (Fig. 3).

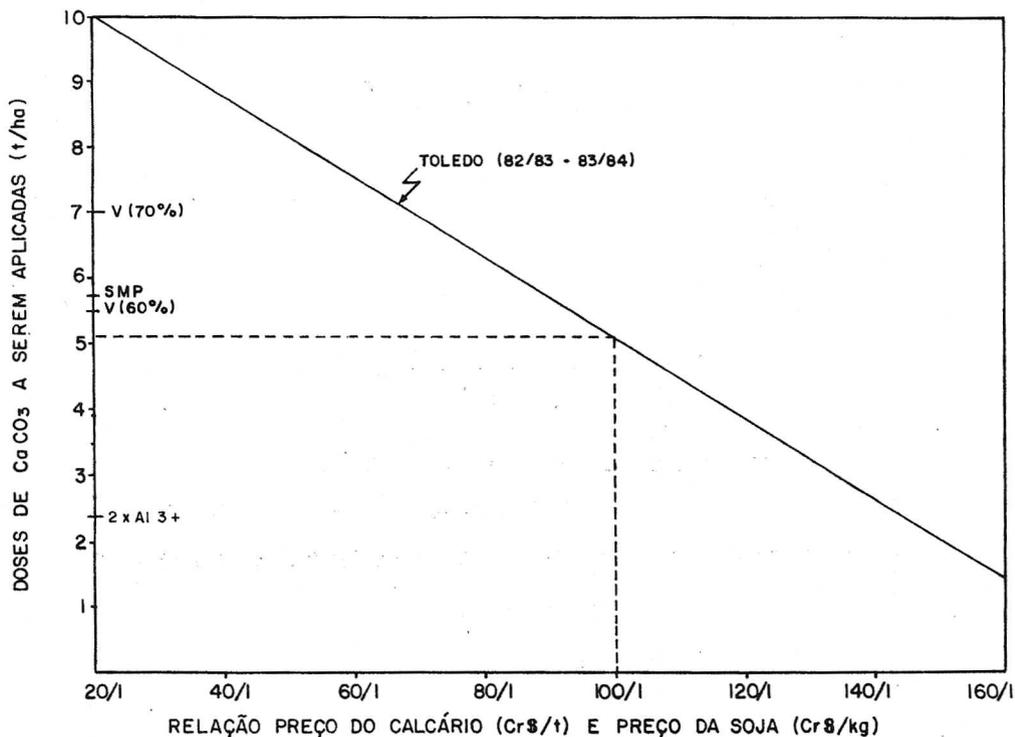


FIG. 3. Doses de calcário a serem aplicadas (t/ha) em função do preço do calcário e da soja, comparando com métodos de determinação da necessidade de calcário, em dois anos de cultivo em Toledo. EMBRAPA-CNPS. Londrina, PR. 1984.

Entretanto, como o método SMP leva em consideração o poder tampão do solo, que é maior quanto maiores forem os teores de compostos de alumínio e manganês e de matéria orgânica, a quantidade de calcário, estabelecida por este método, poderá ser superestimada em solos com alto teor de matéria orgânica, como acontece no caso do LBa em Guarapuava.

Por isso, os resultados obtidos nos três experimentos mostram que a necessidade de calcário para a soja, em solos semelhantes aos dos experimentos, é superior à dose preconizada pelo método $2 \times Al^{3+}$ e inferior à dose estabelecida pelo método SMP.

A utilização do método de recomendação de calagem, em função da saturação de bases, exige, nos laudos de análise de solo, que conste o valor de $H^+ + Al^{3+}$. Este valor pode ser determinado pelos laboratórios que normalmente executam análises de rotina para fins de avaliação da fertilidade dos solos.

Baseados nos resultados obtidos, pode ser concluído que:

1. O método do $2 \times Al^{3+}$ não satisfaz as necessidades de correção da acidez para a cultura da soja;
2. O método do SMP pode, em muitos casos, superestimar a dose de calcário recomendada;
3. O mais indicado é o método para elevar a saturação de bases a 70%, pela utilização da fórmula:

$$NC \text{ (t/ha)} = \frac{(V_2 - V_1) T}{100} \times f$$

NC = Necessidade de calcário em t/ha

V_2 = 70% (saturação de bases desejada, no caso da cultura da soja)

V_1 = saturação de bases determinada pela análise do solo

T = CTC = H + Al + Ca + Mg + K

$$V_1 = \frac{Ca + Mg + K}{T} \times 100$$

$$f = \frac{100}{PRNT}$$

(PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser aplicado)

4. Quando a saturação de bases estiver entre 60% e 70% não há necessidade de aplicação de calcário.
5. A recomendação desta dose de calcário, segundo a saturação de bases, prevê um efeito residual durante cinco anos;
6. Há um incremento de 150% em favor da última quando é comparado o retorno, em cinco anos, entre as doses de calcário recomendadas pelo método $2 \times Al^{3+}$ e o da saturação de bases (70%).

REFERÊNCIAS

- LUDWICK, A.E. & VOLKWEISS, S.J. O melhoramento do solo para calagem. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Faculdade de Agronomia, 1971. 30p. (UFRGS-FA. Boletim Técnico, 1).
- MUZILLI, O. & IGUE, K. Fertilidade do solo e adubação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, PR. Manual agropecuário para o Paraná. Londrina, 1976. cap. 4. p.105-51.
- PALHANO, J.B.; LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J.; SFREDO, G.J. & BORKERT, C.M. Efeito de níveis de calcário sobre o rendimento da soja. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Resultados de pesquisa de soja 1981/82. Londrina, 1982. p.17-9.
- QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calcário em solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, Campinas, SP, 1982. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, SBCS/IAC, 1983. p.33-48.
- SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 25(4):274-7, 1961.