

Estudos sôbre a fertilidade dos solos do cerrado.
I. Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo
(Nota prévia)¹

E. MALAVOLTA, O. J. CROCOMO², R. G. DE ANDRADE³,
C. ALVIZURI⁴, R. VENCOWSKY⁵ e L. M. M. DE FREITAS⁶

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

1 — Trabalho feito com auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, da Fundação Rockefeller e do Conselho Nacional de Pesquisas, recebido para publicação em 30-11-1965; 2 — Cadeira de Química Orgânica e Biológica da E. S. A. Luiz de Queiroz; 3 — Cadeira de Química Agrícola da E. S. A. Luiz de Queiroz; 4 — Bolsista da Agência Internacional de Energia Atômica; 5 — Cadeira de Citologia e Genética da E. S. A. Luiz de Queiroz; 6 — IBEC Research Institute, São Paulo.

RESUMO

O método da diluição isotópica foi empregado com êxito para estudar a influência de doses crescentes de calcário na disponibilidade do fósforo do solo de cerrado.

Os valores A foram determinados usando-se uma técnica simplificada; as amostras de solos de cerrado usadas no trabalho haviam sido submetidas previamente ao tratamento com diferentes dosagens de calcário em condições de campo. Tais amostras foram colhidas nas localidades de Orlandia, Pirassununga e Matão, todas elas no Estado de São Paulo.

As seguintes conclusões puderam ser tiradas:

- (1) os três tipos de solos de cerrado apresentaram teores diferentes de fósforo assimilável;
- (2) nos casos das amostras de Pirassununga e Matão a calagem aumetou a disponibilidade do fósforo de modo linear; em Orlandia, entretanto, a dose mais alta de calcário diminuiu significativamente o teor de fósforo disponível.

1. INTRODUÇÃO

É sabido que os solos chamados de "cerrado" representam uma extensa região, aproximadamente 25 por cento, da superfície total do Brasil. Em muitos casos trata-se de terras de boa topografia próximas de grandes centros de consumo, cortadas por estradas; daí o interesse do seu aproveitamento agrícola. Pensou-se durante algum tempo que a falta d'água fosse o fator limitante da produção no cerrado até que FERRI (1955) demonstrou o contrário. Que a pobreza mineral do solo fôsse a responsável pela vegetação característica e pela dificuldade em fazer crescer plantas de interesse econômico, parece ter sido sugerido primeiramente por ALVIM & ARAUJO (1952); ARENS (1958, 1963) apresentou a hipótese de que o escleremorfismo da vegetação refletisse deficiências nutricionais.

Multiplicaram-se desde então os ensaios visando estudar e demonstrar as possibilidades de uso agrícola do cerrado mediante correção das deficiências minerais e condições desfavoráveis do solo.

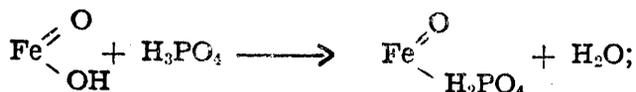
2. REVISÃO DA LITERATURA

Muitos trabalhos de campo (ver FAGUNDES et al., 1953;

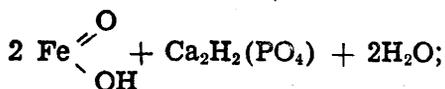
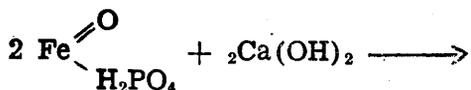
FREITAS et al., 1963) demonstraram que se podia produzir econômicamente no cerrado, em Minas Gerais ou em São Paulo, mediante uso de calcário — na maioria dos casos —, de adubos fosfatados — em muitos casos — ou de outros macro e alguns micronutrientes. As respostas à calagem e à adubação fosfatada são particularmente dignas de menção.

A presença da interação calcário x adubação fosfatada foi notada por FREITAS et al. (1963) em ensaios de campo conduzidos em Pirassununga e Orlandia; no primeiro caso, elevando-se o pH de 4,9 a 6,0 aumentaram as produções em presença de fósforo adicionado; em Orlandia as colheitas de soja, milho e algodão deixaram de aumentar, antes, diminuíram em consequência da calagem.

O efeito da calagem na disponibilidade do fósforo do solo ou do adubo é bem conhecido (ver TRUOG, 1953); acredita-se que nos solos ácidos haja reação entre óxido de ferro hidratado, do tipo da goethita, dando um composto insolúvel.



a libertação do fósforo pela calagem se processaria pela reação:



em solos ácidos uma alta proporção do fósforo nativo é solúvel em álcali o que sugere a presença de fosfatos de ferro e de alumínio (KURTZ, 1953; HEMWALL, 1957). A influência da elevação no pH do solo, mediante uso de calcário, no aumento do fósforo assimilável pode ser tão grande que faz desaparecer a necessidade da adubação fosfatada; se o solo possuir uma reserva suficiente de fosfatos não disponíveis a calagem poderá libertar o elemento em quantidade suficiente para atender à necessidades da planta.

Várias aproximações têm sido tentadas para estudar o

efeito do calcário na disponibilidade do fósforo nativo. Citam-se em primeiro lugar os ensaios de campo em que se confronta as colheitas obtidas em resposta ao fósforo na presença ou ausência de calcário aplicado; a análise das plantas submetidas a êsses tratamentos dá também informações úteis; em condições de laboratório o assunto tem sido estudado de diverso smodos; um deles consiste em determinar-se a porcentagem do fósforo que permanece em solução — não necessariamente em equilíbrio — quando se deixa em contato o solo que recebeu ou não calcário com um volume determinado de uma solução fosfatada adequada (DATTA et al., 1963).

De acôrdo com FRIED & DEAN (1953), usando-se o método da diluição isotópica é possível determinar a quantidade de fósforo disponível no solo em forma equivalente ao fosfato usado como adubo. Para isso faz-se uso da equação:

$$A = \frac{B(1-y)}{y}$$

onde A = quantidade de fósforo disponível no solo

B = quantidade de fósforo aplicado

y = fração do fósforo na planta que veio do adubo;

segue-se daí que a calagem aumentando a disponibilidade do fósforo, deverá aumentar também o valor A encontrado, em relação ao original do solo não tratado. A finalidade do presente é testar essa hipótese usando solos de cerrado anteriormente submetidos a diferentes doses de calcário.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As principais características químicas dos solos estudados, antes de submetidos à calagem, aparecem na Tabela 1.

Local	pH	Mat. org. %	Ca ⁺²	Trocáveis (e. mg/100 g)		
				Mg ⁺²	K ⁺	PO ₄ ⁻³
Orlândia	4,9	2,57	0,35	0,03	0,04	2,21
Matão	4,9	0,86	0,35	0,03	0,04	0,15
Pirassununga	4,9	0,63	0,16	0,03	0,03	0,03

TABELA 1. Características químicas dos solos de cerrado usados no trabalho.

Em 1960 foram feitos diversos tratamentos com calcário em canteiros instalados nos vários locais (FREITAS et al., 1963). Em consequência disso o pH se elevou atingindo os valores encontrados na Tabela 2.

Local	Calcáreo aplicado t/ha	pH atingido
Pirassununga	0	5,0
	2	5,1
	4	5,5
	8	5,7
	0	4,9
	0,5	—
Matão	1,0	5,5
	2,0	—
	0	4,9
	1	—
	2	—
	4	5,2

TABELA 2. pH das amostras de solos usadas no trabalho.

A determinação do valor A foi feita usando-se seedlings de arroz aos quais se forneceu uma solução de $\text{KH}_2\text{P}^{32}\text{O}_4$ e amostras dos diversos solos como fonte de fósforo; a técnica usada foi a de MENARD & MALAVOLTA (1962).

4. RESULTADOS

A Tabela 3 dá os resultados obtidos na determinação do valor A, médias de duas repetições. Não foi feita a análise estatística conjunta dos dados uma vez que o erro experimental foi diferente nos três casos: os coeficientes de variação correspondentes aos resultados obtidos com as amostras de Pirassununga e Matão (12,8 e 9,5 por cento, respectivamente) foram bem maiores que o relativo às amostras de Orlândia (2,8 por cento).

5. DISCUSSÃO

A análise estatística revelou para os três tipos de solos efeito altamente significativo dos tratamentos prévios na disponibilidade do fósforo; esta aumentou linearmente em resposta à calagem nos casos das amostras colhidas em Pirassununga e Matão; já no que tange ao solo de Orlândia, a calagem afetou o teor de fósforo assimilável de modo algo dife-

rente: o valor A aumentou de maneira linear como consequência da aplicação de doses crescentes de calcário até aquela de 4 t/sa, diminuiu o teor de fósforo disponível.

Local	Calcário aplicado t/ha	A mg P/100 g solo	Dif. min. signif. a 5 por cento
Orlândia	0	24,2	4,0
	2	28,0	
	4	41,6	
	8	34,3	
Pirassununga	0	12,2	12,2
	0,5	13,5	
	1,0	20,0	
	2,0	39,8	
Matão	0	11,2	10,0
	1	14,6	
	2	16,4	
	4	18,2	

TABELA 3. Resultados médios das neterminações do valor A em função do tipo de solo e da dosagem de calcário empregada.

Os três tipos de solos possuem teores diferentes de fósforo disponível, como se pode ver através dos valores A correspondentes aos tratamentos O t calcário/ha, Tabela 3. A análise química das amostras colhidas antes da calagem (Tabela 1) já revelava diferença muito acentuada no conteúdo de PO_4-3 ; verifica-se, entretanto, que o extrator usado, H_2SO_4 0,05 N, mostrou existir nos três solos diferenças no teor de fósforo bem maiores que as reveladas através dos valores A; isto sugere que as plantinhas de arroz absorvem formas de fósforo que a solução mencionada é incapaz de extrair.

FREITAS et al. (1963) verificaram, como já foi mencionado, que a calagem afetou diferentemente a resposta à adubação fosfatada em Orlândia e Pirassununga: em presença de uma quantidade fixa de P_2O_5 adicionado, obteve-se no segundo local produções cada vez maiores quanto mais calcário se aplicou anteriormente; nas mesmas condições, o calcário não aumentou em Orlândia o tamanho da resposta à adubação fosfatada. O exame da Tabela 3 permite tirar uma explicação para esse fato: é que o teor de P disponível em Orlândia é o dobro daquele encontrado na amostra de Pirassununga; nessas condições já havia, mesmo sem calagem, fósforo assimilável em proporção suficiente para satisfazer a fome da cultura; o que não ocorria em Pirassununga; aí a calagem

reforçou a adubação fosfatada ou impediu que o adubo aplicado fosse fixado no solo de modo inaproveitável.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho permite tirar as seguintes conclusões:

- (1) os solos de cerrado de Orlândia, Pirassununga e Matão possuem diferentes teores de fósforo assimilável, revelados pelas determinações dos valores A;
- (2) nos três locais mencionados, pelo mesmo método, verificou-se que doses crescentes de calcário aumentaram de modo linear a quantidade de fósforo disponível.

7. SUMMARY

The method of isotopic dilution was successfully used to study the influence of limestone in the availability of native phosphorus.

A values were determined by a simplified technique using samples of cerrado soils previously submitted in the field to the treatment with different amounts of limestone.

It has been found out:

- (1) *the three types of cerrado soils had different amounts of available phosphorus;*
- (2) *liming increased linearly the A values in the case of two of the soils under study; in the third one, however, the response was linear also up to a point wherefrom a further increase in the amount of limestone applied caused a significant drop in available phosphorus.*

8. LITERATURA CITADA

- ALVIM, P. T. & W. ARAUJO. 1952 El suelo como factor ecologico en el desarrollo de la vegetacion en el centro-oeste del Brasil. *Turrialba* 2: 153-160.
- ARENS, K. 1958 Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. *Bol. Fac. Fil. Ci. e Letras, U.S.P.* 224: 25-56.
- ARENS, K. 1963 As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais no solo. *Em Simpósio sobre o cerrado*, Edit. da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- DATTA, S.K. DE, R. L. FOX & G. D. SHERMAN. 1963 Availability of fertilizer phosphorus in latosols of Hawaii. *Agron. J.* 55: 311-313.
- FAGUNDES, A. B., W. C. MENEZES & R. E. KALCKMANN. 1953 Adubação e calagem de terras do cerrado. *An. II Reu. Bras. Ciência do Solo* 2: 295-304.
- FRIED, M. & L. A. DEAN. 1952 A concept concerning the measurement of available soil nutrients. *Soil Sci.* 73: 263-271.
- FREITAS, L. M. M., D. S. MIKKELSEN, A. C. MC CLUNG & W. L. LOTT. 1963 Agricultura no cerrado. *Em Simpósio sobre o cerrado*, Edit. da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FERRI, M. G. 1955 Contribuição ao ecologia de caatinga e de cerrado. Estudo comparativo da economia d'água e de sua vegetação, Tese, Fac. Filosofia Ciências e Letras, U.S.P., 170 págs.
- HEMWALL, J. B. 1957 The fixation of phosphorus by soils. *Adv. Agron.* 9: 95-112.
- KURTZ, L. T. 1953 Inorganic phosphorus in acid and neutral soils, *em Soil and Fertilizer phosphorus in crop nutrition*, ed. por W. H. Pierre & A. G. Norman, Academic Press Inc., Publ., New York.
- MENARD, L. N. & MALAVOLTA. 1962 Estudos com adubos fosfatados marcados com fósforo-32. 4th Inter Am. Symp. Peaceful Appl. Nucl. Energy (Mexico City) 2: 219-223.
- TRUOG, E. 1953 Liming in relation to availability of native and applied phosphates, *em Soil and Fertilizer phosphorus in crop nutrition*, ed. por W. H. Pierre & A. G. Norman, Academic Press Inc., Publ., New York.