

COMISSÃO IV — FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FOSFATOS NATURAIS PARA A CULTURA DO SORGO-GRANÍFERO.

I. FÓSFORO TOTAL E SOLÚVEL EM ÁCIDO CÍTRICO E GRANULOMETRIA⁽¹⁾

C.A. VASCONCELOS⁽²⁾, H.L. dos SANTOS⁽²⁾, G.E. de FRANÇA⁽²⁾,
G.V.E. PITTA⁽²⁾ & A.F.C. BAHIA Fº⁽²⁾

RESUMO

Em Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, fase cerrado, procurou-se avaliar o teor de fósforo solúvel em ácido cítrico a 2% de fósforo total e da granulometria, como indicativos da eficiência de dez fontes de fosfatos na cultura do sorgo-granífero. A conclusão geral do experimento, que teve a duração de sete anos, foi a seguinte; o fósforo solúvel em ácido cítrico foi uma variável adequada somente quando na presença de 100 kg de P_2O_5 total/hectare e quando associada aos parâmetros porcentagem de P_2O_5 total e granulometria do fertilizante. A granulometria dos fosfatos apresentou correlação negativa e positiva, respectivamente, para 100 e 400 kg de P_2O_5 total/hectare. Independente da fonte e do nível, a eficiência (quilograma de grãos/quilograma de P_2O_5) decresceu a partir do terceiro e/ou quarto cultivo sucessivo.

Termos de indexação: Sorgo-granífero, fosfato natural, granulometria.

SUMMARY: THE AGRONOMIC EFFICIENCY OF NATURAL ROCK PHOSPHATE FOR GRAIN SORGHUM. I. TOTAL PHOSPHORUS, CITRIC ACID SOLUBLE PHOSPHORUS AND GRANULE SIZE.

In Dark Red Latosol, dystrophic, cerrado fase, the phosphorus soluble in 2% citric acid was evaluated as a parameter to assess fertilizer efficiency among ten sources of natural rock phosphate for grain sorghum. From the results it was concluded that: the 2% citric acid is an adequate parameter for treatments up to 100 kg P_2O_5 /ha along with percent of total P_2O_5 and fertilizer granule size. The granule size of rock phosphate was negatively correlated for the treatment with 100 kg of P_2O_5 /ha and positively correlated for 400 kg of P_2O_5 /ha. Independent of source and level, the efficiency (kg of grain/kg of P_2O_5) decreased after the third and fourth successive cultivation.

Index terms: Grain sorghum, natural rock phosphate, granule size.

INTRODUÇÃO

O fosfato natural deve possuir um teor de fósforo conhecido, passível de ser utilizado pelas plantas quando adicionado ao sistema solo planta e que caracterize seu potencial agronômico.

O teor de fósforo dos fertilizantes fosfatados pode ser expresso, entre outros, pelos seguintes valores: fósforo total, fósforo solúvel em água, fósforo solúvel em ácido cítrico, em ácido fórmico e em citrato de amônio. Estas diferentes caracterizações surgem por existir, nos fosfatos naturais, determinada fração de fósforo total, não solúvel em água, que está disponível para as plantas. O teor total, portanto, possui quantidades "estáticas" do elemento que não se cor-

relacionam com a produção vegetal, sendo necessário estabelecer-se a fração "disponível" para as plantas.

De modo geral, o potencial agronômico das rochas fosfatadas tem sido relacionado à sua solubilidade em ácido cítrico a 2% (Arminger & Fried, 1957; Mattos, 1976; Chien & Hammond, 1978; Oliveira et alii, 1984). Entretanto, o potencial agronômico dos fosfatos naturais também depende de suas características físico-químicas (granulometria, substituição isomórfica entre cálcio, capacidade diferencial de absorção pela planta) e do tempo de reação entre esses fosfatos e o solo (Ellis et alii, 1955; Graham, 1955; Joos & Black, 1950; Jackson & Burton, 1960; Chu et alii, 1962; Peaslee et alii, 1962; Wutke et alii, 1962; Chien et alii, 1980).

⁽¹⁾ Recebido para publicação em novembro de 1985 e aprovado em junho de 1986.

⁽²⁾ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Caixa Postal 151, 35700 Sete Lagoas (MG).

A avaliação da eficiência agrônômica de diferentes fosfatos naturais, em solos sob vegetação de cerrado, foi efetuada por Goedert & Lobato (1984). Após oito anos de reação com o solo, algumas das fontes estudadas não promoveram aumentos significativos nos teores de fósforo "disponível" e nos de cálcio e magnésio trocáveis. Tais resultados sugerem a baixa dissolubilidade dos fosfatos naturais ao longo do tempo e o questionamento sobre o comportamento do fósforo solúvel em ácido cítrico a 2% para explicar a sua reação com o solo.

O objetivo do presente trabalho, portanto, foi procurar avaliar a validade do teor de fósforo solúvel em ácido cítrico a 2% de diferentes fosfatos naturais e avaliar a influência do teor de P_2O_5 total e da granulometria destas fontes, na produção de sorgo-granífero, em experimento de longa duração.

MATERIAL E MÉTODOS

O quadro 1 apresenta os tratamentos, que foram dispostos em blocos ao acaso com três repetições, em Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, fase cerrado, cujas características químicas iniciais foram: pH = 5,7; $Al^{3+} = 0,08$ meq/100 cm^3 ; $Ca^{2+} = 3,02$ meq/100 cm^3 ; $Mg^{2+} = 1,18$ meq/

100 cm^3 ; K = 37 ppm; P = 2 ppm, determinações efetuadas conforme Vettori (1969).

Os fosfatos foram aplicados, a lanço, no primeiro ano do ensaio e incorporados à profundidade de 0 a 20 cm. O sorgo-granífero foi semeado no espaçamento de 0,70 m e na densidade de 200.000 plantas/hectare. No primeiro ano do ensaio (1976), usou-se a cultivar NK-233; nos seis anos subsequentes, a 'BR 300'. Anualmente, aplicaram-se 60 kg/hectare de nitrogênio, na forma de uréia (sendo 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura, 30-40 dias após a germinação), e 60 kg de K_2O /hectare, na forma de cloreto de potássio, no sulco de plantio.

Os níveis de fósforo foram calculados baseando-se nos teores totais de P_2O_5 das fontes. No quadro 2, encontraram-se algumas características químicas e físicas dos fosfatos, conforme especificações do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados.

Após quantificar a produção de cada tratamento, calculou-se o fator de substituição (FS) através da fórmula:

$$FS = \frac{\text{Produção } T_i - \text{Produção } T_0}{\text{Nível de } P_2O_5 (T_i)} \quad (1)$$

sendo T_0 a testemunha e T_i o tratamento onde se empregou o fosfato.

Para avaliar o efeito residual de cada tratamento, obteve-se o fator de substituição total (FST), substituindo-se a produção total dos sete anos na equação 1. Portanto, o FST corresponde à produção total de grãos por quilograma de P_2O_5 aplicado em cada tratamento.

Deste total, subtraíram-se os valores de FS obtidos anualmente. Posteriormente, ajustou-se uma regressão linear entre o decréscimo do FST (Y) por ano do ensaio (x). A declividade da reta demonstra a magnitude do efeito residual de cada tratamento e foi denominado "índice do efeito residual" (IER).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 3 são apresentados os valores do fator de substituição total (FST) e do índice do efeito residual (IER) das diferentes fontes de fósforo utilizadas no trabalho.

Quadro 1. Fontes de fosfatos e níveis de fósforo estudados

Fonte	Nível de P_2O_5 total kg/ha
Testemunha	-
Superfosfato triplo	100, 400, 800
Hiperfosfato	100, 400
Termofosfato de yoorin	100, 400, 800
Fosfato-de-catalão	100, 400
Fosfato-de-jacupiranga	100, 400
Termofosfato de IPT	100, 400
Fosfato-de-araxá	100, 400, 800
Fosfato-de-tapira	100, 400, 800
Fosfato-de-abaeté	100, 400
Fosfato-de-patos-de-minas	100, 400, 800 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Neste nível (800 kg/ha), em 1978/79, aplicaram-se mais 200 kg de P_2O_5 total/hectare.

Quadro 2. Algumas características químicas e físicas dos fosfatos em estudo⁽¹⁾

Fonte	P_2O_5		Granulometria (mesh)				
	Total	Ácido cítrico 2%	60	60-100	100-150	150-200	200
	%		%				
Hiperfosfato	29,96	14,32	-	0,4	0,4	5,0	83,0
Termofosfato de Yoorin	10,53	16,71	11,2	14,4	10,8	13,0	50,6
Termofosfato de IPT	30,81	8,98	16,6	13,0	9,0	29,0	32,4
Fosfato-de-abaeté	21,04	4,33	50,7	21,1	8,3	9,3	10,6
Fosfato-de-araxá	25,97	4,08	0,6	4,4	10,0	14,2	70,8
Fosfato-de-catalão	41,78	2,60	0,2	3,1	10,4	13,0	73,3
Fosfato-de-jacupiranga	36,90	2,20	1,0	1,3	1,8	3,7	92,2
Fosfato-de-patos-de-minas	25,79	6,72	0,4	1,2	3,6	9,2	85,6
Fosfato-de-tapira	30,84	3,10	3,0	22,1	21,4	14,0	39,5
Superfosfato triplo	53,29	45,20	-	-	-	-	-

⁽¹⁾ FONTE: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados.

Quadro 3. Valores do fator de substituição total (FST) e do índice do efeito residual (IER) das diferentes fontes de fosfatos para a cultura do sorgo-granífero em solo LEd, fase cerrado. Sete Lagoas, MG

Fonte	Nível de P ₂ O ₅ total					
	100		400		800	
	FST	IER	FST	IER	FST	IER
Superfosfato triplo	39,57	6,50	31,14	4,72	14,76	2,22
Hiperfosfato	67,75	10,06	30,90	4,39	...	...
Termofosfato de Yoorin	45,58	6,95	23,79	3,52	21,58	3,20
Fosfato-de-catalão	56,10	8,11	10,68	1,72	...	...
Fosfato-de-jacupiranga	21,93	3,28	13,36	1,96	...	...
Termofosfato de IPT	76,53	11,26	15,90	2,31	...	...
Fosfato-de-araxá	31,36	5,20	20,38	3,00	12,32	1,86
Fosfato-de-tapira	42,47	6,56	10,59	1,57	14,25	2,03
Fosfato-de-abaeté	34,78	5,39	24,28	3,48	...	...
Fosfato-de-patos-de-minas	12,75	1,84	26,95	3,80	12,03	1,79

Através desses dados, verificou-se que a produção total de grãos por quilogramas de P₂O₅ total aplicado foi influenciada pela fonte e pelo nível do fertilizante fosfatado. No de 100 kg de P₂O₅ total/hectare, para as fontes mais solúveis, o FST variou de 76,53 (termofosfato de IPT) a 39,57 (superfosfato triplo). Dentre os fosfatos naturais, o maior FST, 56,10, foi obtido com o fosfato-de-catalão, seguindo-se o de tapira, 42,47, abaeté, 34,78, e araxá, 31,36. O menor foi obtido com o fosfato-de-patos-de-minas, 12,75.

Na presença de 400 kg de P₂O₅ total/hectare, os índices de FST e IER foram maiores no superfosfato triplo e no hiperfosfato. Dentre os fosfatos naturais, destacaram-se as respostas do fosfato-de-patos-de-minas, abaeté e araxá. Contudo, ao nível de 800 kg de P₂O₅/hectare, houve decréscimo tanto do FST como do IER. Esse decréscimo também foi observado na produção total de grãos obtida para o patos-de-minas nos sete anos de ensaio (12,75 x 100 = 1.275; 26,95 x 400 = 10.780; 12,03 x 800 = 9.624 kg/hectare).

O fosfato-de-araxá, de modo análogo ao termofosfato de yoorin, apresentou decréscimo do FST e do IER com o aumento do nível de P₂O₅ aplicado; todavia, houve aumento da produção total de grãos (31,36 x 100 = 3.136; 20,38 x 400 = 8.152; 12,32 x 800 = 9.856).

Chien et alii (1980) demonstraram que a dissolução dos fosfatos naturais aumenta com a substituição de fosfatos por carbonatos e fluoretos na constituição da apatita. Alcarde & Ponchio (1983) determinaram os teores de "carbonato ligado" à apatita em diferentes rochas fosfatadas. As correlações entre os valores de "carbonato ligado" apresentado por esses autores e os de FST e IER (Quadro 3) foram r = 0,64*** e r = 0,65*** respectivamente para os níveis de 100 e 400 kg de P₂O₅ total/hectare. Esses valores do coeficiente de correlação, portanto, confirma a maior solubilidade dos fosfatos naturais a longo prazo com o aumento do teor de "carbonato ligado" das rochas fosfatadas.

Normalmente, o teor de fósforo solúvel em ácido cítrico a 2% tem sido aquele caracterizado como "fósforo disponível" dos fertilizantes fosfatados. Quanto maior for a solubilidade em ácido cítrico, mais rápida pode ser tanto a absorção pelas plantas como a adsorção do fósforo pelo solo. Por outro lado, a solubilização dos fosfatos naturais irá depender, dentre outros fatores, da doação de prótons do solo e da sua granulometria (Khasawneh & Dool, 1978). Desta

Quadro 4. Equações para o fator de substituição total (y), obtido para diferentes fontes de fosfatos, em solo LEd, fase cerrado, em função da solubilidade em ácido cítrico (X₁), P₂O₅ total (X₂) e granulometria (X₃), porcentagem de partículas que passam em peneiras de 150 mesh, 0,11mm

Parâmetro	Nível de P ₂ O ₅ total/hectare			
	100		400	
	Estimativa	R ² devido a	Estimativa	R ² devido a
	%		%	
Interseção	-28,91	-	3,38	-
X ₁	3,88***	20,16	-	-
X ₂	3,00**	22,75	-0,902**	44,19
X ₃	- 0,58**	37,15	0,144*	22,88

Para significância estatística, adotou-se: ns - não significativo; * significativo a 10%; ** significativo a 5% e *** significativo a 1%.

forma, procurou-se ajustar, pelo método "step wise" (Draper & Smith, 1981), uma equação que explicasse a variação do FST de sete anos em função da granulometria e dos teores de P₂O₅ total e P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2% dos diferentes fosfatos em estudo (Quadro 4). Estas equações demonstraram que, no nível de 100 kg de P₂O₅/hectare, o FST foi influenciado positivamente pela porcentagem de P₂O₅ total e pela solubilidade dos fosfatos em ácido cítrico e negativamente, pela sua granulometria. Ao se aumentar o nível de P₂O₅ aplicado (400 kg/ha), não se constatou efeito significativo para o teor do fosfato solúvel em ácido cítrico.

As equações ajustadas para o FS anual em função de granulometria dos fosfatos e dos teores de fósforo total e solúvel em ácido cítrico - Quadro 5 - indicaram que, no nível de 100 kg de P₂O₅/hectare, a solubilidade em ácido cítrico é um parâmetro importante para explicar a variabilidade dos FS ao longo dos sete anos de cultivos sucessivos. Esse parâmetro, (solubilidade em ácido cítrico), associado ao fósforo total e a granulometria compõem um critério adequado para avaliar a eficiência dos fosfatos de rocha.

Quando na presença de 400 kg de P_2O_5 /hectare, a significância desses parâmetros (P_2O_5 total e solúvel em ácido cítrico e granulometria) para explicar os índices de FS obtidos é alterada com o ano agrícola (Quadro 5). Neste caso, a granulometria mais fina aparece como uma característica adequada ao fosfato natural, ao favorecer a sua solubilização por prótons do solo. Enquanto há decréscimo do FS com o aumento de P_2O_5 total, há acréscimo com o aumento da porcentagem de grânulos que passam em peneiras de 150 mesh.

Os quadros 6 e 7 apresentam os valores do FS obtidos, anualmente, para cada fonte, nos níveis de 100 e 400 kg de P_2O_5 /hectare, respectivamente.

Independente da fonte, observa-se aumento nos valores de FS até o terceiro ou quarto ano de cultivo. Após este período, também independente da fonte, houve um decréscimo acentuado na produção de grãos por quilograma de P_2O_5 aplicado.

Alguns trabalhos têm demonstrado que, quanto maior

Quadro 5. Equações ajustadas entre o fator de substituição (FS) anual para os diferentes fosfatos, em solo LEd, fase cerrado, em função da solubilidade em ácido cítrico (X_1), P_2O_5 total (X_2) e granulometria (X_3), porcentagem de partículas que passam em peneiras de 150 mesh

Coeficientes	Anos						
	1	2	3	4	5	6	7
100 kg de P_2O_5 /hectare							
X_1	0,58***(32) ⁽¹⁾	0,67**(28)	0,52* (35)	0,63* (23)	0,37***(32)	0,60***(33)	0,63***(21)
X_2	0,32***(15)	0,40* (9)	0,53* (20)	0,38ns(7)	0,25** (42)	0,64***(32)	0,50** (34)
X_3	0,07** (39)	0,10* (27)	0,13** (16)	0,08ns(20)	0,02 (7)	0,07* (16)	0,09** (34)
400 kg de P_2O_5 /hectare							
X_1	—	0,15::(55)	—	0,07ns(26)	0,13* (42)	—	—
	-0,87* (24)	—	-0,19***(31)	-0,06ns(7)	—	-0,16** (31)	-0,17** (45)
X_3	0,20* (29)	—	0,04** (45)	—	—	0,03ns (24)	0,03* (21)

(1) O número entre parênteses refere-se ao R^2 (%) devido a cada variável.

Quadro 6. Valores do fator de substituição (FS) anual para diferentes fontes de fosfatos, em função do tempo de reação com o solo, ao nível de 100 kg de P_2O_5 total/hectare

Fonte	Ano						
	1	2	3	4	5	6	7
Superfosfato triplo	8,0	8,4	12,2	8,4	3,0	1,2	2,5
Hiperfosfato	8,9	10,2	11,4	16,0	5,5	7,8	8,3
Termofosfato de Yoorin	7,2	8,5	7,8	12,1	2,5	3,8	5,5
Fosfato-de-catalão	6,3	5,0	11,0	11,9	3,6	10,3	6,4
Fosfato-de-jacupiranga	3,8	3,2	4,4	5,8	0,2	2,2	3,3
Termofosfato de IPT	9,2	13,8	15,3	15,2	2,4	10,8	11,0
Fosfato-de-araxá	4,2	5,7	7,6	12,4	0	1,6	1,0
Fosfato-de-tapira	5,9	8,0	10,1	9,7	1,6	4,2	4,6
Fosfato-de-abaeté	5,4	4,2	8,7	10,0	0,4	3,8	3,2
Fosfato-de-patos-de-minas	1,8	1,1	2,2	3,4	0	2,4	1,7

Quadro 7. Valores do fator de substituição (FS) anual para diferentes fontes de fosfatos, em função do tempo de reação com o solo, ao nível de 400 kg de P_2O_5 total/hectare

Fonte	Ano						
	1	2	3	4	5	6	7
Superfosfato triplo	4,8	5,0	6,5	6,9	1,8	3,7	3,7
Hiperfosfato	2,2	3,7	4,7	6,1	3,6	4,7	4,3
Termofosfato de Yoorin	3,6	4,0	4,2	4,6	2,0	2,7	3,3
Fosfato-de-catalão	2,5	2,1	2,1	2,9	0,5	1,0	0,6
Fosfato-de-jacupiranga	1,7	1,8	2,5	3,4	0,5	1,5	2,0
Termofosfato de IPT	1,5	2,3	2,0	3,7	1,5	2,7	1,7
Fosfato-de-araxá	2,7	2,3	4,0	4,7	1,0	3,2	2,4
Fosfato-de-tapira	1,0	0,7	1,4	3,5	1,1	1,3	1,0
Fosfato-de-abaeté	2,1	2,9	3,6	5,5	2,6	3,1	3,5
Fosfato-de-patos-de-minas	3,2	3,8	5,6	2,7	2,5	4,7	4,3

o tempo de contato do solo com as partículas de fosfato, há menos disponibilidade para as plantas (Chien, 1977; Novais et alii, 1980). Provavelmente, dados os constantes preparos de solo, tenha-se obtido maior solubilidade e maior sorção.

Novais et alii (1985), verificaram que o número de revolvimentos do solo favorece a solubilização do fosfato-de-araxá e patos-de-minas. Entretanto, a produção de massa seca do sorgo foi mais elevada com um número intermediário de revolvimentos.

CONCLUSÕES

O fósforo solúvel em ácido cítrico a 2% é um parâmetro adequado para avaliar a eficiência do fertilizante fosfatado, na cultura do sorgo granífero, somente quando na presença de 100 kg de P_2O_5 total/hectare e quando associado aos parâmetros porcentagem de P_2O_5 total e granulometria.

A granulometria dos fosfatos apresentou correlação negativa e positiva, respectivamente, para 100 e 400 kg de P_2O_5 total/hectare.

Independente da fonte e do nível, a eficiência (quilograma de grãos/quilograma de P_2O_5) decresceu a partir do terceiro e/ou quarto cultivo sucessivo.

LITERATURA CITADA

- ALCARDE, J.C. & PONCHIO, C.O. Conteúdo de "carbonato ligado" em fosfatos naturais brasileiros. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 7:341-343, 1983.
- ARMINGER, W.H.M. & FRIED, M. The plant availability of various sources of phosphate rock. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 21:183-188, 1957.
- CHIEN, S.H. Dissolution of phosphate rocks in a flood acid soil. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 41:656-667, 1977.
- CHIEN, S.H. & HAMMOND, L.L. A comparison of various laboratory methods for predicting the agronomic potential of phosphate rocks for direct application. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 42:935-940, 1978.
- CHIEN, S.H.; CLAYTON, W.R. & McCLELLAN, G.H. Kinetics of dissolution of phosphate rocks in soils. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 44:260-264, 1980.
- CHU, C.R.; MOSCHLER, W.W. & THOMAS, G.W. Rock phosphate transformations in acid soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 26:476-478, 1962.
- DRAPER, N.R. & SMITH, H. Applied regression analysis. 2.ed. New York, J. Wiley, 1981. 709p.
- ÉLLIS, J.R.R.; QUADER, M.A. & TRUOG, E. Rock phosphate availability as influenced by soil pH. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 19:984-987, 1955.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo de cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 8:97-102, 1984.
- GRAHAM, E.R. Availability of natural phosphate according to energy changes. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 19:26-29, 1955.
- JACKSON, J.E. & BURTON, G.W. A five year comparison of rock phosphate and concentrated superphosphate for several forage crops. Agron. J., Madison, 52:692-694, 1960.
- JOOS, L.L. & BLACK, C.A. Availability of phosphorus in rock phosphate as affected by particle size and contact with bentonite and soil of different pH values. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 15:69-76, 1950.
- KHASAWNEH, F.E. & DOLL, E.C. The use of phosphate rock for direct application to soil. Adv. Agron., New York, 30:159-206, 1978.
- MATTOS, P.L.P. Tratamento térmico dos fosfatos de Araxá e de Patos. Solubilização em ácido cítrico, absorção de fósforo e produção de matéria seca pelo sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa-UFV, 1976. 31p. (Tese de Mestrado)
- NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M. & MARTINS FILHO, C.A.S. Efeito de tempo de incubação de fosfato de Araxá em solos sobre o fósforo disponível. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 4:152-155, 1980.
- NOVAIS, R.F.; BAHIA FILHO, A.F.C.; RIBEIRO, A.C. & VASCONCELLOS, C.A. Solubilização de fosfatos incubados com amostras de Latossolo submetidas a diferentes números de revolvimento. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 9:23-26, 1985.
- OLIVEIRA, E.L.; MUZILLI, O.; IGUE, L. & TORNERO, M.T.T. Avaliação da eficiência agronômica de fosfatos naturais. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 8:63-67, 1984.
- PEASLEE, D.E.; ANDERSON, C.A.; BURNS, G.R. & BLACK, C.A. Estimation of relative value of phosphate rock and superphosphate to plants on different soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 26:566-570, 1962.
- VETTORI, L. Métodos da análise do solo. Rio de Janeiro, EPE, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)
- WUTKE, A.C.P.; SCHIMIDT, N.C.; AMARAL, A.Z. do; VERDADE, F.C. & IGUE, K. Disponibilidade de fosfatos naturais em função do pH do solo. Bragantia, Campinas, 21:271-284, 1962.