

# RELAÇÕES ENTRE FÓSFORO “EXTRAÍVEL”, FRAÇÕES INORGÂNICAS DE FÓSFORO E CRESCIMENTO DO ARROZ EM FUNÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO, CALAGEM E TEMPO DE INCUBAÇÃO<sup>(1)</sup>

M. P. BARBOSA FILHO<sup>(2)</sup>, T. KINJO<sup>(3)</sup> & T. MURAOKA<sup>(4)</sup>

## RESUMO

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, com o objetivo de estudar as transformações do superfosfato triplo (SFT) e fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado (FAPS), aplicados em diferentes épocas em relação à calagem. Amostras de dois latossolos (LVd e LEd), com e sem calagem, foram incubadas por 180 dias. Todas as amostras receberam, inicialmente, água equivalente a 80% da capacidade máxima de embebição. Durante o período de incubação, a cada 45 dias, a partir da aplicação de calcário, as amostras correspondentes aos tratamentos com fósforo, de cada período, eram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de 2mm e homogeneizadas com uma dose dos fosfatos equivalente a 200 ppm de P total. Dessa forma, estabeleceram-se os seguintes períodos de contato fosfato-solos: 180, 135, 90 e 45 dias. Ao fim de 180 dias, os tratamentos foram amostrados e analisados. Em seguida fez-se o plantio de arroz, cultivar IAC 165, em vasos com capacidade de 2,5 kg. O efeito das fontes de P, calagem e tempo de incubação na transformação do P no solo foi medido pelo seu fracionamento e pelo P “extraível” com quatro extratores (Mehlich I, Olsen + EDTA, Bray-1 e resina). A calagem alterou diferentemente os teores das frações de P nos dois solos. No LVd, aumentou os teores de P-NH<sub>4</sub>Cl e P-Ca; no LEd, ocorreu uma redução nos teores de P-Al, um aumento nos de P-NH<sub>4</sub>Cl e nenhuma alteração nos de P-Fe e P-Ca. Em ambos os solos, a adição de SFT aumentou os teores de P-NH<sub>4</sub>Cl, P-Al e P-Fe. Esse aumento foi significativamente maior, comparado ao verificado quando se adicionou o FAPS. A fração que mais aumentou decorrente da aplicação do FAPS foi a de P ligado ao Ca. As quantidades das diversas frações de P não variaram com o tempo de incubação, no período de 45 a 180 dias, mostrando que as transformações do P ocorreram num tempo compreendido de 0 a 45 dias de contato fosfatos-solos. Independentemente da calagem e das fontes de P, as soluções de Mehlich I, Olsen + EDTA e Bray-1 extraíram P predominantemente da fração P-Fe. Isso sugere recomendar, para os solos estudados, extratores químicos com tendência de dissolução seletiva para fosfatos ligados a ferro.

**Termos de indexação:** Fósforo, fracionamento, extratores; calagem; fosfato parcialmente solubilizado; incubação, período.

**SUMMARY:** *RELATIONS AMONG “EXTRACTABLE” P, INORGANIC-P FRACTIONS AND RICE GROWTH AS AFFECTED BY P – SOURCES, LIMING AND INCUBATION TIME*

*A greenhouse experiment was conducted with the objective of studying the transformation of Supertriple (SFT) and Partially Solubilized “Araxá” Phosphate (FAPS), applied at different times with and without liming. Samples of two soils (LVd e LEd), with and without lime were incubated for 180 days. Water was added to samples in quantity equal to 80% of maximum retention capacity. During the incubation period, at intervals of 45 days, samples from treatments with added P were air dried, ground with a wooden roller and homogenized with a dose of phosphorus equivalent to 200 ppm of total P. In this way, phosphate-soil contact was obtained for the following periods: 180, 135, 90 and 45 days. At the end of 180 days, treatments were sampled and analysed. Afterwards the rice, cv. 165 was planted in 2.5 kg pots. The effect of P source, lime and incubation time on soil P reaction was measured by P contents in different fractions of P obtained with four extractants (Mehlich I, Olsen + EDTA, Bray-1 and Resin). Liming altered substantially the contents of P in the fraction: in the LVd soil, liming increased the contents of P-NH<sub>4</sub>Cl and P-Ca, whereas in the LEd soil, the content of P-Al was reduced, P-NH<sub>4</sub>Cl was increased and no changes were observed in P-Fe and P-Ca contents. In both soils, addition of supertriple increased the contents of P-NH<sub>4</sub>Cl, P-Al and P-Fe. The P-Ca fraction was the one that most increased with the application of FAPS. The different fractions of P did not change with incubation period within the period studied, i.e., 45 to 180 days, what*

(1) Recebido para publicação em dezembro de 1986 e aprovado em abril de 1987.

(2) Pesquisador do CNPAF/EMBRAPA, Caixa Postal 179. 74000 Goiânia, GO.

(3) Professor da ESALQ-USP, 13400 Piracicaba, SP.

(4) Pesquisador do CENA-USP, Seção de Fertilidade do Solo, 13400 Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

*suggests that P transformation occurred in the time interval between 0 and 45 days of phosphate-soil contact. Independent of the liming and P source, solutions of Mehlich I, Olsen + EDTA and Bray-1 extracted P predominantly from the P-Fe fraction what indicates that the use of chemical extractants that have a tendency to selectively dissolve phosphates combined with iron should be recommended for the studied soils.*

*Index terms: Phosphorus, fraction, extractants; transformation, liming, partially solubilized phosphate.*

## INTRODUÇÃO

Um problema muito comum, quando do uso de diferentes fontes de fósforo na presença ou na ausência da calagem, é a escolha de extratores que estimam com certo grau de precisão o P do solo que as plantas são capazes de absorver. Os métodos químicos convencionais de análise de P, selecionados através de estudos de correlação com os rendimentos das culturas, não levam em consideração as formas inorgânicas de P nos solos que mais contribuem para o P da solução do solo, ou seja, para o P "disponível" às plantas. Essa falta de seletividade dos extratores na dissolução dos fosfatos do solo tem levado a uma variação dos resultados de análise do P residual e nativo "disponível" para as plantas. Vários experimentos com fracionamento de P mostram que a maior porção dos fosfatos adicionados em solos ácidos são extraídos, depois de algum tempo, sob a forma de fosfatos de Fe e Al (Chang & Jackson, 1958; Al-Abbas & Barber, 1964; Bache, 1963; Braga & Defelipo, 1972). Isso sugere que um extrator com tendência de dissolução seletiva para fosfatos de Fe e Al, forneceria uma boa avaliação de P "disponível" em solos ácidos.

No estudo das transformações e separação das formas de P no solo, tem sido utilizada a extração seletiva por vários reagentes, conhecida como fracionamento de P (Chang & Jackson, 1957). O princípio do método baseia-se na solubilidade seletiva das soluções de  $\text{NH}_4\text{F}$  0,5N a pH 7,0,  $\text{NaOH}$  0,1N e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5N, sendo as frações de P extraídas denominadas, respectivamente, de P-Al, P-Fe e P-Ca. Entretanto, considerando solos em que se adicionaram P e calcário, não significa que os teores de cada fração obtidos pelos citados extratores correspondam exatamente às formas de P descritas por Chang & Jackson (1957): o P participa de numerosos complexos fosfóricos e, provavelmente, os reagentes poderão não ser totalmente seletivos para cada fração de P, isto é, um reagente poderá simultaneamente estar dissolvendo, também, uma pequena fração de outras formas de P. Entretanto, essa técnica de fracionamento do P do solo tem sido amplamente utilizada nos estudos sobre o comportamento químico do P em diferentes solos, pela simplicidade do processo e pela possibilidade de conhecer a causa da deficiência desse elemento e prever a resposta das culturas à adubação fosfatada.

Cabala & Fassbender (1970) fracionaram o P total de 54 amostras correspondentes a oito solos representativos da região cacauera da Bahia: concluíram que a deficiência generalizada de P na região está associada à predominância de P-Fe (24,8%) e fosfatos inativos, ou seja, P-solúvel redutível e P-ocluído (39,5%). O P-Ca e o P-Al representam apenas 9,5% e 2,0%, respectivamente, do P-total.

Braga & Defelipo (1972) observaram para amostras superficiais de latossolo vermelho-escuro coletadas em nove locais do Triângulo Mineiro, que a fração de P inorgânico presente em maior quantidade é a solúvel em redutor, seguindo-se a ligada a ferro (P-Fe), a cálcio (P-Ca) e, por último, a alumínio (P-Al).

A calagem dos solos pode alterar profundamente a solubilidade do fosfato, dependendo principalmente do extrator usado. Braga & Defelipo (1972) verificaram que a forma de P "extraível" em solos com calagem, obtida com extrator Bray-1 e com Bray-2, se correlaciona com a forma de P-Fe; que os extratores de Mehlich I, Bray-1 e Bray-2 se correlacionam com a forma de P-Al em solos com e sem calcário, e que o extrator Olsen somente se correlaciona com P-Al em amostras sem calagem. A forma de P-Ca não se correlacionou com os teores de P "extraível", obtidos com os extratores estudados.

Bahia Filho et alii (1982), estudando a relação dos teores de P extraído pelos extratores Bray-1, Bray-2, Mehlich I e Olsen com as formas inorgânicas após aplicação de fosfatos solúveis e de rocha em latossolo vermelho-escuro, verificaram, no caso dos fosfatos naturais, que a forma de P-Ca removida pelo Mehlich I era constituída de fosfato de cálcio proveniente do fertilizante aplicado e que ainda não reagiu com o solo. O mesmo comportamento se verificou com o extrator Bray-2. No caso do superfosfato triplo, a remoção preferencial foi P-Al, tendo em vista a quantidade dessa forma em solos ácidos em comparação a P-Ca.

Portanto, o conhecimento dessas formas de P, relacionadas com o P "extraível" obtido pelos extratores, é importante porque permite identificar as formas extraídas preferencialmente em determinado solo e, conseqüentemente, escolher um método mais adequado para uma área particular. Obviamente, a quantidade extraída de P deve ser correlacionada com o crescimento e absorção de P pela planta.

Este trabalho teve o objetivo de estudar as transformações de dois adubos fosfatados no solo, aplicados após diferentes épocas em relação à calagem. Utilizou-se, para isso, o fracionamento do P do solo, P "extraível" por quatro extratores e crescimento do arroz.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas em áreas ainda sob vegetação de cerrado, do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP, Goiânia, GO) e da Estação Experimental de Anápolis (GO), caracterizados, respectivamente, nas classes Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura argilosa (LEd), e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura franco-argilosa (LVd). As amostras de solo foram analisadas quanto à caracterização física e química, encontrando-se os resultados no quadro 1.

Amostras de 3 kg de cada solo, com e sem calcário, foram incubadas por 180 dias em sacos plásticos, recebendo as amostras com calcário uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  +  $\text{MgCO}_3$  comerciais na forma de pó, na proporção de 4:1 equivalentes, definida mediante a correlação entre pH e a saturação por bases (Catani & Gallo, 1955). Todas as amostras receberam, inicialmente, água equivalente a 80% da capacidade máxima de embebição. Durante o período de incubação

(180 dias), a cada 45 dias, a partir da aplicação de calcário, as amostras correspondentes aos tratamentos com fósforo, de cada período, eram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira de 2mm e homogeneizadas com uma dose de superfosfato triplo (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total) e fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado (26% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total), equivalente a 200 ppm de P total. Dessa forma, estabeleceram-se os seguintes períodos de contato fosfatos-solos: 45, 90, 135 e 180 dias. Ao fim de 180 dias, as amostras foram novamente secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de abertura de malhas, procedendo-se à amostragem de 500 g para análises. O efeito das fontes de P, calagem e tempo de incubação na transformação do P no solo foi medido pelo fracionamento (Chang & Jackson, 1957) e o P "extraível" por quatro extratores: Mehlich 1 (EMBRAPA, 1979), Olsen + EDTA (Miyake et alii, 1984), Bray-1 (Bray & Kurtz, 1945) e resina (Raij & Quaggio, 1983).

Após o período de incubação, as amostras foram novamente secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de abertura de malhas, procedendo-se à amostragem de 500 g de terra para análise. Em seguida, fez-se uma adubação básica e uniforme a todos os tratamentos na forma de solução em níveis equivalentes a 180 ppm de N como NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, sendo 60 ppm no plantio e 120 ppm em cober-

tura; 150 ppm de K como KCl - 75 ppm no plantio e 75 ppm em cobertura; 1,0 ppm de B como H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 1,0 ppm de Cu como CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O; 0,1 ppm de Mo como (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.H<sub>2</sub>O e 5 ppm de Zn como ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O. Ainda como adubação básica, aplicou-se nos tratamentos sem calcário, uma solução contendo Ca e Mg nas formas de CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na relação de 4:1, em quantidades correspondentes àquelas aplicadas como corretivo, com o objetivo de fornecer Ca e Mg como nutrientes para as plantas. Como o FAPS apresenta na sua constituição o gesso, adicionou-se aos tratamentos com supertriplo uma quantidade equivalente de gesso, para eliminar possível efeito do íon acompanhante SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Após homogeneização, transferiu-se a mistura de 2,5 kg de terra para vasos de barro e adicionou-se água destilada de modo a manter o nível de umidade próximo a 80% da capacidade máxima de retenção. Fez-se o plantio de dez sementes de arroz, cultivar IAC 165, em cada vaso, deixando-se três plantas por vaso, após o estabelecimento completo das plantas.

Decorridos 60 dias do plantio, o que correspondeu ao início do emborrachamento, cortou-se a parte aérea das plantas rente ao solo, acondicionando-a em sacos de papel. Em seguida, colocaram-se as amostras para secar em estufa

Quadro 1. Algumas características químicas dos solos utilizados (0-20cm) (nº pares = 8)

Características	Solos		Processo ou Método
	LVd	LEd	
M.O. (%)	1,66	2,74	Walkley-Black
Ca <sup>2+</sup> (meq/100g)	0,60	0,56	KCl 1N
Mg <sup>2+</sup> (meq/100g)	0,16	0,20	KCl 1N
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,07	0,10	Mehlich
Al <sup>3+</sup> (meq/100g)	0,59	0,56	KCl 1N
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (meq/100g)	3,20	5,60	Ca (AOc) <sub>2</sub> pH 7
Soma de bases (meq/100g)	0,83	0,86	Calculado
CTC (meq/100g)	4,03	6,46	Calculado
Saturação Al (%)	41,50	39,40	Calculado
pH (1:2,5)	4,9	4,7	Em H <sub>2</sub> O
P "extraível" (µg P/g)	1,0	2,0	Mehlich I
P "extraível" (µg P/cm <sup>3</sup> )	2,70	6,00	Resina
P "extraível" (µg P/g)	0,15	0,36	Bray-1
P-NH <sub>4</sub> Cl (µg P/g)	1,59	1,78	Chang & Jackson (1957)
P-Al (µg P/g)	12,72	15,84	Chang & Jackson (1957)
P-Fe (µg P/g)	23,44	30,94	Chang & Jackson (1957)
P-Ca (µg P/g)	5,29	6,79	Chang & Jackson (1957)
Outros fosfatos <sup>(1)</sup> (µg P/g)	211,96	363,65	Calculados
P total (µg P/g)	255	419	Hesse (1971)
SiO <sub>2</sub> (%)	4,90	7,30	Vettori (1969)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	18,70	22,40	Vettori (1969)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	5,30	12,00	Vettori (1969)
TiO <sub>2</sub> (%)	1,02	1,58	Vettori (1969)
Ki	0,45	0,55	Vettori (1969)
Argila (%) <sup>(2)</sup>	30,2	47,1	Pipeta
Silte (%)	29,1	13,5	Pipeta
Areia (%)	40,7	39,4	Pipeta

(1) Calculados pela diferença entre o P total e a soma das frações inorgânicas contidas neste quadro.

(2) Argila: <0,002 mm; silte: 0,05-0,002 mm; areia: 0,05-2 mm.

de ventilação forçada a 65-70°C, durante uma semana, e pesaram-nas para obter o peso de matéria seca. Posteriormente, procedeu-se à determinação do fósforo total. Para isso, o material sofreu uma digestão nitroperclórica na proporção de 20 ml de HNO<sub>3</sub> e 2 ml de HClO<sub>4</sub>, sendo o fósforo determinado por colorimetria com vanadato-molibdato.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Formas de fosfatos inorgânicos

Quando se considera a média dos teores de P para os fatores fontes, calagem e tempo de incubação, observa-se para os dois solos que as menores quantidades (4,8 g P/g de solo) de P estão na forma de P fracamente adsorvido (solúvel em solução de NH<sub>4</sub>Cl 1N), predominando no LVd a forma P-Fe seguida de P-Ca e de P-Al (Quadro 2). Para o LEd, a seqüência encontrada foi P-Fe > P-Al > P-Ca > P-NH<sub>4</sub>Cl (Quadro 3). Essas seqüências refletem o estágio

de intemperismo de tais solos. Assim que eles se tornam mais ácidos pela remoção de sílica e de base trocáveis, a atividade de Fe e Al aumenta e as formas mais solúveis de P-Ca são convertidas por P-Al e P-Fe (Chang & Jackson, 1958; Bache, 1963). De fato, a relação Ki (Quadro 1) desses solos é muito baixa, em média, 0,51, evidenciando baixa atividade do complexo de troca.

Considerando-se os fatores principais, observa-se que a calagem alterou as formas de P inorgânico dos solos de maneira desuniforme. No LVd (Quadro 2), houve um aumento das formas de P-NH<sub>4</sub>Cl e P-Ca, enquanto no LEd (Quadro 3), a calagem aumentou os teores de P-NH<sub>4</sub>Cl e reduziu os de P-Al. Isso se deveu, possivelmente, à elevação do pH, possibilitando maior liberação das formas de P mais facilmente aproveitável, isto é, P-NH<sub>4</sub>Cl e P-Ca. Essa condição (elevação do pH) desfavorece a formação de variscita, fato admitido também por Braga & Defelipo (1972).

As fontes de P alteraram significativamente as quantidades relativas de todas as frações de P. Quando a fonte adi-

Quadro 2. Teores médios de fósforo obtidos no fracionamento das frações inorgânicas nas amostras de latossolo vermelho-amarelo distrófico (LVd), após diferentes tempos de incubação com duas fontes de fósforo, com e sem calcário

Fonte	Calcário	P-NH <sub>4</sub> Cl					P-Al					P-Fe					P-Ca				
		Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)				
		45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média
µg P/g																					
SFT <sup>(1)</sup>	Sem	5,3	5,9	5,2	5,6	88,0	92,8	90,1	86,4	89,3b	120,6	112,5	126,9	121,3	31,2	28,2	30,7	37,3			
	Com	7,6	6,5	6,2	6,5	97,6	96,8	89,3	97,8	95,4a	121,6	126,3	131,9	130,0	40,3	34,2	45,3	48,3			
	Média	6,4	6,2	5,7	6,0	6,1a	92,8	94,8	89,7	92,1	92,3a	121,1	119,4	129,4	125,6	123,9a	35,7b	31,2b	38,0b	42,8b	36,9b
FAPS <sup>(2)</sup>	Sem	2,4	3,4	3,4	3,6	55,0	58,7	49,4	55,4		91,9	94,4	96,3	104,4	122,8	126,3	127,3	139,4			
	Com	3,7	4,5	4,3	4,6	54,9	51,2	52,5	57,1		92,8	98,1	109,1	91,3	126,9	149,0	167,1	128,4			
	Média	3,0	3,9	3,8	4,1	3,7b	54,9	54,9	50,9	56,2	54,2b	92,3	96,2	102,7	97,8	97,2b	124,8aB	137,6aAB	147,2aA	133,9aAB	135,9a
Média	Sem	3,8	4,6	4,3	4,6	4,3b	71,5	75,7	69,7	70,9	71,9	106,2	103,4	111,6	112,8	108,5	77,0a	77,2b	79,0b	88,3a	80,4b
	Com	5,6	5,5	5,2	5,5	5,4a	76,2	74,0	70,9	77,4	74,6	107,2	112,2	120,5	110,6	122,6	83,6aB	91,6aAB	106,2aA	88,3aB	92,4a
	Média	4,7	5,0	4,7	5,0		73,8	74,8	70,3	74,1		106,7	107,8	116,0	111,7		80,3bB	84,4AB	92,6A	88,3AB	

— Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey; letras minúsculas, para comparação das médias na vertical e maiúsculas, para comparação das médias na horizontal.

(1) Superfosfato triplo; (2) Fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado.

Quadro 3. Teores médios de fósforo obtidos no fracionamento das frações inorgânicas nas amostras de latossolo vermelho-escuro distrófico (LEd), após diferentes tempos de incubação com duas fontes de fósforo, com e sem calcário

Fonte	Calcário	P-NH <sub>4</sub>					P-Al					P-Fe					P-Ca				
		Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)				
		45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média
µg P/g																					
SFT <sup>(1)</sup>	Sem	3,7	4,5	3,7	3,9	130,2	125,3	118,7	120,5		108,1	101,9	105,0	101,9	39,8	42,8	40,8	30,7	38,5b		
	Com	5,3	7,1	7,0	6,8	118,9	115,5	119,8	115,7		103,1	103,1	109,4	111,9	38,3	41,3	41,8	48,8			
	Média	4,5	5,8	5,3	5,3	5,2a	124,5	120,4	119,2	118,1	120,5a	105,6	102,5	107,2	106,9	105,5a	39,0a	42,0a	41,3a	39,7b	40,5
FAPS <sup>(2)</sup>	Sem	4,5	3,9	3,7	4,5	59,0	57,8	60,3	60,2		75,6	64,4	70,6	83,8	36,2	34,2	50,3	59,9	45,1a		
	Com	5,0	5,0	5,3	4,5	60,0	67,6	52,3	54,2		76,3	74,4	75,6	73,8	41,8	40,3	39,8	41,3			
	Média	4,7	4,4	4,5	4,6	4,5b	59,5	57,7	56,3	57,2	57,7b	75,9	69,9	73,1	78,8	74,3b	39,0aB	37,2aB	45,0aAB	50,6aA	42,9
Média	Sem	4,1	4,2	3,7	4,3	4,1b	94,6	91,5	89,5	90,3	91,5a	91,8	83,1	87,8	92,8	88,9	38,0	38,5	45,5	45,3	41,8
	Com	5,1	6,0	6,1	5,6	5,7a	89,4	86,5	86,0	84,9	86,7b	89,7	88,7	92,5	92,8	90,9	40,0	40,8	40,8	45,0	41,6
	Média	4,6	5,1	4,9	4,9		92,0	89,0	87,7	87,6		90,7	85,9	90,1	92,4	39,0	39,6	43,1	45,1		

— Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey; letras minúsculas, para comparação das médias na vertical, e maiúsculas, para comparação das médias na horizontal.

(1) Superfosfato triplo; (2) Fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado.

cionada foi o superfosfato triplo (SFT), os teores de P-NH<sub>4</sub> Cl, P-Al e P-Fe foram maiores do que quando se empregou o fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado (FAPS), tanto no LVd como no LEd. Explica-se esse comportamento pela maior quantidade de fosfato monocálcico presente no SFT do que no FAPS, que em condição ácida transforma-se em fosfatos de Fe e de Al, dada a alta atividade desses cátions (Lindsay et alii, 1962).

Houve uma interação significativa entre fontes e tempos de incubação, com relação à fração P-Ca. As duas fontes se comportaram de modo bem diferente nos diversos tempos de incubação. Nota-se que o LVd (Quadro 2) adubado com FAPS apresentou mais P-Ca do que quando adubado com SFT, em qualquer tempo de incubação. Isso é compreendido por o FAPS apresentar fosfato natural parcialmente solubilizado na sua composição, uma proporção maior de P na forma de fosfato tricálcico de baixa solubilidade, o qual ainda não reagiu com o solo. Esse fato explica também por que o FAPS, na ausência de calcário, aumentou significativamente o teor de P-Ca no LEd (Quadro 3), quando comparado ao SFT sem calcário, verificado após o desdobramento da interação fontes x calcário.

As quantidades das frações de P inorgânico determinadas após diferentes períodos de contato fosfatos-solo (45, 90, 135 e 180 dias) foram semelhantes, indicando que, à exceção de P-Ca no LVd, nenhuma outra mudança detectável das frações ocorreu com o tempo, o que é confirmado estatisticamente pelas análises apresentadas nos quadros 2 e 3. Todas as transformações do P ocorreram possivelmente num tempo compreendido entre zero e 45 dias de contato dos fosfatos com os solos. MacKenzie & Amer (1964) verificaram que as frações P-Al, P-Fe e P-Ca de seis solos, analisados aos 30 e 335 dias após adição de P, foram semelhantes àquelas analisadas após 15 dias. Também, Ibrahim & Pratt (1982) estudaram o efeito do tempo de incubação sobre a adsorção de P, concluindo que o equilíbrio do P da solução com o P do solo foi alcançado aos 42 dias de incubação, e que, após 3 dias, houve pequeno efeito do tempo para baixos níveis de P aplicado. Segundo os mesmos autores, existem pelo menos duas explicações possíveis. A primeira é que, com o tempo, as formas amorfas de P, ou mesmo cristalinas, tornam-se mais cristalinas, dimi-

nuindo, assim, o P solúvel. A segunda é que o P penetra nos poros sólidos, expondo sítios na superfície para adsorver mais P. Esses resultados sugerem, portanto, que as transformações das formas de P ocorram dentro de um período de tempo ainda mais curto.

Fósforo "extraível"

O P "extraível" obtido nos dois solos pelos extratores utilizados acha-se nos quadros 4 e 5. Colocando os extratores em ordem decrescente de quantidade de P extraído, ficaria a seqüência: Mehlich I, resina, Olsen + EDTA e Bray-1, sendo que os dois últimos extraíram quantidades praticamente iguais de P.

O efeito da calagem variou conforme o extrator e solo. No LVd (Quadro 4), a calagem diminuiu os teores de P "extraível" obtidos pelos extratores Olsen + EDTA e Bray-1. Já nos LEd (Quadro 5), a calagem aumentou o P "extraível" obtido pelos extratores de Mehlich I, Olsen + EDTA e resina; não se verificou seu efeito no P extraído pelo método Bray-1. A explicação pode ser o enfraquecimento do poder extrativo dos reagentes no LVd, devido à calagem. O mesmo efeito não se verificou no LEd para o extrator Olsen + EDTA, possivelmente por apresentar maior teor de argila (Quadro 1).

Quando foi usado o SFT, houve um aumento do P extraído pelos extratores Olsen + EDTA, Bray-1 e resina, em comparação com o FAPS. Por outro lado, o Mehlich I extraiu mais P das amostras tratadas com FAPS em relação ao SFT, mostrando que esse extrator dissolve minerais de apatita não tratados com ácido durante o processo de obtenção do FAPS, e que permaneceu sem reação no solo. Isso indica a inadequação da extração de P por Mehlich I, quando o FAPS é usado nesses solos. A limitação do extrator Mehlich I tem sido relatada por vários pesquisadores (Feitosa & Rajj, 1976; Goedert & Lobato, 1980; Rajj et alii, 1982; Bahia Filho et alii, 1982; Cabala & Santana, 1983).

Em todos os períodos de incubação, os teores obtidos nos tratamentos com FAPS para os dois solos foram mais baixos quando extraídos pelos métodos de Olsen + EDTA, Bray-1 e resina, comparados ao SFT. Em relação ao Olsen

Quadro 4. Teores médios de fósforo extraível por vários extratores obtidos em amostras de latossolo vermelho-amarelo distrófico, após diferentes tempos de incubação com duas fontes de fósforo, com e sem calcário

Fonte	Calcá-rio	P extr. Mehlich I					P extr. Olsen + EDTA					P extr. Bray-1					P extr. resina				
		Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)				
		45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média
µg P/g																					
µg P/cm <sup>3</sup>																					
SFT <sup>(1)</sup>	Sem	56,9	56,2	54,0	52,8	55,0b	72,0	72,0	64,3	56,3	63,6	65,5	54,5	61,6	62,3	62,0	50,7	51,3	56,6b		
	Com	73,9	79,7	63,5	68,7	71,5a	73,0	67,7	58,3	50,7	58,2	64,9	52,2	55,5	72,0	75,3	64,0	68,3	69,7a		
	Média	65,4	67,9	58,7	60,7	63,2b	72,5aA	69,8aA	61,3aB	53,5aC	64,3a	60,9	65,2	53,3	58,5	59,5a	67,1	68,6	57,3	59,8	63,2a
FAPS <sup>(2)</sup>	Sem	100,1	110,1	101,1	101,1	100,1a	47,0	40,3	39,7	42,3	35,4	36,8	32,3	36,5	38,3	39,7	30,3	33,0	35,3b		
	Com	108,5	85,8	103,1	84,1	95,3b	42,0	35,3	34,7	32,7	32,4	29,9	31,5	30,9	44,7	41,3	37,3	36,7	40,0a		
	Média	104,3	97,9	102,1	92,6	99,2a	45,5bA	37,8bB	37,2bB	37,5bB	39,2b	34,4	33,3	31,9	33,7	33,4b	41,5	40,5	33,8	34,8	37,6b
Média	Sem	78,5	83,1	77,5	76,9	79,0	59,5	56,1	52,0	49,3	54,2a	49,5	51,1	43,3	49,0	48,2a	50,3	50,8	40,5	42,1	45,9b
	Com	91,2	82,7	83,3	76,4	83,4	57,5	51,5	46,5	41,7	49,3b	46,2	47,4	41,8	43,2	44,6b	58,3	58,3	50,6	52,5	54,9a
	Média	84,8	82,9	80,4	76,6	81,4	58,5A	53,8AB	49,2BC	45,5C	47,8AB	49,2A	42,6B	46,1AB	54,3A	54,5A	45,8B	47,3b			

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey; letras minúsculas, para comparação das médias na vertical, e maiúsculas, para comparação das médias na horizontal.

(1) Superfosfato triplo; (2) Fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado.

+ EDTA e Bray-1, isso ocorre porque eles têm sua extração baseada na hidrólise de fosfatos de Al ou Fe, não removendo fosfatos de cálcio, conforme reconheceram, em 1980, Kamprath & Watson e, em 1973, Thomas & Peaslee, citados por Bahia Filho et alii (1982). Quanto aos teores de P obtidos com resina, o desdobramento da interação fontes x calcário mostrou que para os dois solos e para os dois fosfatos (Quadros 4 e 5) os teores de P foram mais altos na presença de calcário.

Como é de esperar que em solos ácidos adubados a reserva de P-lábil se encontre em grande parte na forma de fosfatos de Al e Fe, os resultados alcançados surterem, de preferência, os extratores de Olsen + EDTA e Bray-1 na avaliação do P "extraível" nesses solos.

Os teores de P extraídos com Olsen + EDTA, Bray-1 e resina diminuíram à medida que aumentaram os tempos de contato dos fosfatos com os solos (LVd e LEd), embora esse efeito não ocorresse com tanta intensidade para o P extraído com Bray-1. Isso significa que, dentro de limites, quanto maior o tempo de contato fosfato-solo, maior a

retenção do P aplicado. Como se observa, os teores de P obtidos com Mehlich I são muito mais elevados, comparados com os obtidos com os demais extratores. Isso está relacionado à ação enérgica do extrator, impedindo readsorção do P no solo durante a extração.

Comparando os teores de P "extraível", para o LED – Quadro 5 – verifica-se que os valores obtidos com os extratores de Mehlich I, Olsen + EDTA e Bray-1 principalmente, são bastante inferiores aos obtidos pelos mesmos extratores para o LVd (Quadro 4). Uma das causas pode ser a quantidade de argila daquele solo (Quadro 1). Pratt & Garber (1964) mostraram, num trabalho realizado na Califórnia, que em solos com maior teor de argila houve menor eficiência do Bray-1 e Olsen em extrair P. Tal eficiência, segundo os autores, está relacionada a reações secundárias após dissolução ou ainda à exaustão dos reagentes, devido a sua reação com outros minerais do solo que não sejam fosfatos. Esclarece-se que esse efeito da textura se refere à eficiência dos extratores para extrair P e não à disponibilidade de P para as plantas, embora ambos possam estar inter-relacionados.

Quadro 5. Teores médios de fósforo extraível por vários extratores obtidos em amostras de latossolo vermelho-escuro distrófico, após diferentes tempos de incubação com duas fontes de fósforo, com e sem calcário

Fonte	Calcá-rio	P extr. Mehlich I					P extr. Olsen + EDTA					P extr. Bray-1					P extr. resina				
		Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)					Tempo de incubação (dias)				
		45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média	45	90	135	180	Média
$\mu\text{g P/g}$																					
SFT <sup>(1)</sup>	Sem	30,2	20,8	21,7	20,7	65,7	53,3	54,0	44,3	45,3b	40,2	39,9	39,2	36,7	74,0	65,3	66,0	58,7	66,0b		
	Com	28,5	26,3	27,3	36,3	67,0	64,3	57,7	54,0	60,8a	44,9	41,0	40,8	36,6	106,0	88,3	73,0	94,3	90,4a		
	Média	29,3	23,5	24,4	28,5	66,3	58,8	55,8	49,1	57,5a	42,5	40,4	40,0	36,6	39,9a	90,0	76,8	69,5	76,5	78,2a	
$\mu\text{g P/cm}^3$																					
FAPS <sup>(2)</sup>	Sem	29,7	25,7	25,5	22,8	34,3	27,3	25,7	24,0	27,8	22,0	21,0	21,7	21,0	45,7	37,0	35,7	32,0	37,6b		
	Com	38,9	40,8	34,2	36,6	33,7	30,7	27,3	25,0	29,2	20,8	18,4	19,9	19,3	53,0	45,3	44,7	47,0	47,5a		
	Média	34,3	33,2	29,8	29,7	34,0	29,0	26,5	24,5	28,5b	21,4	19,7	20,8	20,1	20,5b	49,3	41,1	40,2	39,5	42,5b	
Média	Sem	29,9	23,2	23,6	21,7	24,6b	50,0	40,3	39,8	34,1	41,1b	31,1	30,4	30,4	28,8	30,2	59,8bA	51,1bB	50,8bB	45,3bB	51,7b
	Com	33,7	33,5	30,7	36,4	33,6a	50,3	47,5	42,5	39,5	44,9a	32,8	29,7	30,3	27,9	30,2	79,5aA	66,8aBC	58,8aC	70,6aAB	68,9a
	Média	31,8	28,3	27,1	29,0	50,1A	43,9B	41,1B	36,8C		31,9	30,0	30,3	28,3	69,6A	58,9B	54,8B	57,9B			

– Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey; letras minúsculas, para comparação das médias na vertical e maiúsculas, para comparação das médias na horizontal.

(1) Superfosfato triplo; (2) Fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado.

Quadro 6. Coeficientes de correlação linear entre teores de fósforo obtidos pelos extratores e frações inorgânicas de fósforo em amostras de dois solos incubados em diferentes tempos, considerando as fontes e a calagem

Formas de fósforo	Mehlich I		Olsen + EDTA		Bray-1		Resina	
	S/calc.	C/calc.	S/calc.	C/calc.	S/calc.	C/calc.	S/calc.	C/calc.
<b>Superfosfato triplo</b>								
P-NH <sub>4</sub> Cl	0,818*	0,926**	ns	ns	0,818*	0,854**	ns	ns
P-Al	-0,948**	-0,904**	ns	ns	-0,930**	-0,817*	0,731*	0,749*
P-Fe	0,888**	0,839**	ns	ns	0,778*	0,753*	ns	-0,809*
P-Ca	ns	ns	ns	-0,824	ns	ns	ns	ns
<b>Fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado</b>								
P-NH <sub>4</sub> Cl	ns	-0,906**	-0,780*	-0,870*	ns	-0,941*	ns	ns
P-Al	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P-Fe	0,883**	0,915**	0,764*	ns	0,881**	0,884**	ns	-0,741*
P-Ca	0,967**	0,953**	0,835**	ns	0,966**	0,937**	ns	-0,772*

\*\* e \* Significativos aos níveis de 1% e 5% respectivamente; ns = não significativo.

**Relações entre fósforo "extraível" e frações inorgânicas de fósforo**

Os teores de P "extraível" obtidos através dos extratores foram correlacionados com os teores das frações inorgânicas, sendo os coeficientes mostrados no quadro 6. Para o superfosfato triplo (SFT), as frações predominantemente extraídas pelos métodos Mehlich I e Bray-1 foram P-NH<sub>4</sub>Cl e P-Fe, nas amostras sem e com calagem.

A maior dissolução da forma de P-Fe nesses extratores provavelmente esteja relacionada com a predominância dessa forma ou, ainda, com a sua maior solubilidade em relação aos fosfatos de Al e Ca, através dos íons H<sup>+</sup> dos ácidos sobre o ferro. Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores (Al-Abbas & Barber, 1964; Khanna, 1967, e Braga & Defelipo, 1972).

No extrator resina, a forma preferencialmente extraída foi P-Al, o que explica a inexistência de correlação significativa desse extrator com os demais (Quadro 7). A forma P-Ca não correlacionou, para esses solos, com os teores de P "extraível" obtidos com nenhum dos extratores estudados. Neste caso, a explicação é que o SFT não possui, na sua constituição, fosfato insolúvel, sendo, portanto, imediatamente convertido em P-Fe e P-Al, quando adicionado ao

solo. Outro fator a considerar é que o P extraído com extratores ácidos diluídos pode sofrer reabsorção no solo durante a extração, afetando, com isso, os coeficientes de correlação (Khanna, 1967).

Por outro lado, quando se considera o fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado (FAPS), as formas predominantemente extraídas com Mehlich I, Olsen + EDTA e Bray-1 foram P-Fe e P-Ca, embora não fosse significativo para Olsen + EDTA nas amostras com calcário. As correlações verificadas com a forma P-Ca devem-se à presença do fosfato tricálcico na composição do FAPS, o qual contribuiu para maior proporção dessa fração no solo (Quadros 2 e 3).

De acordo com Hislop & Cooke (1966), a técnica de extração de P pela resina reflete ambos os fatores, capacidade e intensidade de P no solo, e de acordo com Bahia Filho & Braga (1975), os extratores químicos mais frequentemente usados representam, em grande parte, o fator quantidade (fração lábil mais a não-lábil). Assim, é possível que, com o tempo de incubação dos fosfatos com o solo, tenha ocorrido aumento no grau de cristalização dos fosfatos, reduzindo o fósforo da fração lábil, o que também pode explicar a inexistência de correlações significativas entre os extratores químicos e a resina trocadora de ânions (Quadro 7).

**Quadro 7.** Coeficientes de correlação linear entre teores de fósforo "extraível" obtidos por extratores em amostras de dois solos incubados em diferentes tempos, considerando as fontes e a calagem (nº pares = 8)

Extratores	Olsen + EDTA		Bray-1		Resina	
	S/calc.	C/calc.	S/calc.	C/calc.	S/calc.	C/calc.
<b>Superfosfato triplo</b>						
Mehlich I	0,742*	ns	0,973**	0,968**	ns	ns
Olsen + EDTA	—	—	0,716*	ns	ns	ns
Bray-1	—	—	—	—	ns	ns
<b>Fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado</b>						
Mehlich I	0,913**	0,756*	0,986**	0,985**	ns	ns
Olsen + EDTA	—	—	0,911**	0,799**	ns	ns
Bray-1	—	—	—	—	ns	ns

\*\* e \* Significativos aos níveis de 1% e 5% respectivamente; ns = não significativo.

**Quadro 8.** Relações entre formas de fósforo inorgânico em dois solos incubados por vários tempos, antes do plantio, com produção de matéria seca, porcentagem de fósforo e fósforo acumulado na parte aérea para cada fonte, sem e com calcário (nº pares = 8)

Variáveis da planta	P-NH <sub>4</sub> Cl		P-Al		P-Fe		P-Ca	
	S/calc.	C/calc.	S/calc.	C/calc.	S/calc.	C/calc.	S/calc.	C/calc.
<b>Superfosfato triplo</b>								
Produção de matéria seca	ns	0,927**	ns	-0,927**	ns	0,827*	ns	ns
P na parte aérea, %	0,766*	0,918**	-0,861**	-0,906**	0,778*	0,868**	ns	ns
P acumulado na parte aérea	ns	0,939**	ns	-0,922**	ns	0,862**	ns	ns
<b>Fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado</b>								
Produção de matéria seca	ns	-0,851**	ns	ns	ns	0,870**	ns	0,897**
P na parte aérea, %	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P acumulado na parte aérea	-0,726*	-0,897**	ns	ns	0,707*	0,846**	0,766*	0,865**

\*\* e \* Significativos aos níveis de 1% e 5% respectivamente; ns = não significativo.

### Relações com o crescimento do arroz

Os dados relativos às variáveis da planta foram relacionados com as frações do P inorgânico — Quadro 8: para o SFT das frações de P inorgânicas do solo, as de P-NH<sub>4</sub>Cl e P-Fe foram as que mais alteraram a produção de matéria seca, concentração de P e P acumulado na parte aérea. Houve correlação negativa e significativa com a fração P-Al nas amostras com calcário.

Quando se considerou a adição do FAPS, as frações que mais se correlacionaram com produção de matéria seca e P acumulado foram P-Fe e P-Ca. Daí, pode-se afirmar que não só a adição de P ao solo altera as frações de fósforo preferencialmente absorvidas, conforme relatam Miyake et alii (1984), mas também a forma em que esse elemento é adicionado ao solo, como mostrado no quadro 8.

As correlações verificadas entre P-NH<sub>4</sub>Cl e P-Ca com a produção de matéria seca e P acumulado na parte aérea, estão relacionadas aos comportamento no solo às próprias características químicas e de composição dos fosfatos utilizados.

Quando da discussão dos dados do quadro 6, encontrou-se que os teores de P “extraível” pelos extratores de Mehlich I e Bray-1 correlacionaram-se com a fração P-Fe, independente da fonte usada, o que explica a absorção, pela planta, do fósforo da forma P-Fe. Ainda, deve-se considerar que da quantidade total de P (soma de todas as frações), a maior quantidade de P se encontrava sob a forma P-Fe, o que justifica a absorção preferencial verificada neste trabalho.

### CONCLUSÕES

A calagem alterou diferentemente os teores das frações de P nos dois solos. No LVd, a calagem aumentou os teores de P-NH<sub>4</sub>Cl, P-Ca, ao passo que no LEd ocorreu uma redução nos teores de P-Al, um aumento nos de P-NH<sub>4</sub>Cl e nenhuma alteração nos de P-Fe e P-Ca.

Em ambos os solos, a adição de superfosfato triplo (SFT) aumentou os teores de P-NH<sub>4</sub>Cl, P-Al e P-Fe. Esse aumento foi significativamente maior, comparado ao verificado quando se adicionou o fosfato-de-araxá parcialmente solubilizado (FAPS). A fração mais alterada decorrente da aplicação do FAPS foi a de P ligado ao Ca.

As quantidades das diversas frações de P não variaram com o tempo de incubação, dentro do período estudado, de 45 a 180 dias, mostrando que as transformações do P ocorreram num tempo compreendido entre zero e 45 dias de contato fosfatos-solos.

Independente da calagem e das fontes de fósforo, as soluções de Mehlich I, Olsen + EDTA e Bray-1 extraíram P predominantemente da fração P-Fe, o que sugere recomendar, para os solos estudados, extratores químicos com tendência de dissolução seletiva para fosfatos ligados a ferro.

### LITERATURA CITADA

- AL-ABBAS, A.H. & BARBER, S.A. A soil test for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus. I. Correlation of soil phosphorus fractions with plant-available phosphorus. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 28:218-221, 1964.
- BACHE, B.N. Aluminum and iron phosphate studies relating to soil. I. Solution and hydrolisis of variscite and strengite. *J. Soil Sci.*, London, 14:113-123, 1963.
- BAHIA FILHO, A.F.C. & BRAGA, J.M. Fósforo em Latossolo do Estado de Minas Gerais. II. Quantidade de fósforo e fósforo “disponível”. *R. Ceres*, Viçosa, 22(119):50-61, 1975.
- BAHIA FILHO, A.F.C.; VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L.; MENDES, J.F.; PITTA, G.V.E. & OLIVEIRA, A.C. Formas de fósforo inorgânico e fósforo “disponível” em um Latossolo Vermelho-Escuro, fertilizado com diferentes fosfatos. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 6:99-104, 1982.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Relações entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material vegetal em solos sob vegetação de cerrado. I. Trabalhos de laboratório. *R. Ceres*, Viçosa, 19(102):124-136, 1972.
- BRAY, R.H. & KURTZ, L.T. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 59:39-45, 1945.
- CABALA, R.P. & FASSBENDER, H.W. Formas del fósforo en suelos de la región cacaoatera da Bahia, Bracil. *Turrialba*, Costa Rica, 20(4):439-444, 1970.
- CABALA, R.P. & SANTANA, M.B.M. Disponibilidade e diagnose de fósforo pela análise química do solo com referência ao Brasil. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 7:109-118, 1983.
- CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante a correlação entre o pH e a saturação de bases. *R. Agric.*, Piracicaba, 30:49-60, 1955.
- CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.*, Baltimore, 84(1):133-144, 1957.
- CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. Soil phosphorus fractions in some representative soils. *J. Soil Sci.*, London, 9:109-119, 1958.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análise de solo, 1979. (n.p.)
- FEITOSA, C.T. & RAIJ, B. van. Influência da natureza de fosfatos aplicados a dois solos no fósforo solúvel em extratores químicos e disponível para trigo e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.215-220.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Eficiência agrônômica de fosfatos em solos de cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 15(3):311-318, 1980.
- HESSE, P.R. A textbook of soil chemical analysis. John Murray, London, 1971. 520p.
- HISLOP, J. & COOKE, I.J. Anion exchange resin as a means of assessing soil phosphate status: a laboratory technique. *Soil Sci.*, Baltimore, 105(1):8-11, 1966.
- IBRAHIM, H.S. & PRATT, P.F. Effects of rate of application and time on phosphorus sorption by soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 46:926-928, 1982.
- KHANNA, P.K. Inorganic soil phosphate fractions as related to soil test values by common method. *Pl. Soil*, Hague, 26:277-284, 1967.
- LINDSAY, W.L.; FRAZIER, A.W. & STEPHESON, H.P. Identification of reaction products from phosphate fertilizers in soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 26:446-452, 1962.
- MACKENZIE, A.F. & AMER, S.A. Reaction of iron, aluminum and calcium phosphates in six ontario soils. *Pl. Soil*, Hague, 21(1): 17-25, 1964.
- MIYAKE, M.; ISMUNADJI, M.; ZULKARNAINI, I. & ROECHAN, S. Phosphate response of rice in indonesian paddy fields. *Japan, Tropical Agriculture Research Center*, 1984. 78p. (Technical Bulletin, 17)



PRATT, P.F. & GARBER, M.J. Correlations of phosphorus availability by chemical tests with inorganic phosphorus fractions. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 28:23-26, 1964.

RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T. & CARMELLO, Q.A.C. A adubação fosfatada no Estado de São Paulo. In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENÇO, S. & GOEDERT, W.J., eds. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA/DID, 1982. p.103-136.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análises do solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas. 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)

VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)