

FÓSFORO EM LATOSSOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS: II. QUANTIDADE DE FÓSFORO E FÓSFORO "DISPONÍVEL"*.

Antônio F.C. Bahia Filho
José Mário Braga**

1. INTRODUÇÃO

Em estudos de Fertilidade do Solo, um dos problemas que existe é a conceituação da forma química de um elemento no solo que se relaciona com o crescimento vegetal. Na ausência desta conceituação, tem-se empregado extratores químicos diversos, selecionados e usados de maneira empírica. Neste caso, desde que haja relacionamento entre a quantidade extraída e o desenvolvimento vegetal, denomina-se de "disponível" a forma extraída. Ao lado desta forma há, no caso do fósforo, formas inorgânicas melhor definidas em função da solubilidade específica em determinados reagentes. Estas formas constituem, em seu todo, o fator quantidade de fósforo no solo, o que é mais compreensível em termos de físico-química.

Os pesquisadores em fósforo no solo, preocupados com o empirismo das formas "disponíveis", têm tentado relacioná-las com as formas inorgânicas. Deste modo, pode-se identificar a forma inorgânica que contribui preponderantemente para o teor de fósforo "disponível" obtido pelo extrator.

A caracterização do fator quantidade de fósforo nas suas formas inorgânicas e a sua relação com os teores de fósforo "disponível" obtido pelos extratores Bray 1, IAC, Mehlich e Olsen constitui o objetivo desse trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O fator quantidade (Q) mede a reserva de um íon na fase sólida do solo, sendo constituído pelas formas trocável e adsor-

* Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa, como uma das exigências para o grau de "Magister Scientiae" em Fitotecnia.

Pesquisa parcialmente subvencionada pelo Conselho Nacional de Pesquisas.

Aceito para publicação em 6-03-1975.

** Respectivamente, Pesquisador da EMBRAPA e Professor Adjunto da U.F.V.

vida, e raramente pelas formas precipitadas ou compostos químicos (24).

Este parâmetro pode ser avaliado, no caso de fósforo, por diluição isotópica (valores L e E) (2, 20, 24), pela técnica de cortes sucessivos de um vegetal (37) ou pelo teor de fósforo inorgânico no solo (2). Através do fracionamento de CHANG e JACKSON (14), pode-se, por outro lado, separar as formas de fósforo constituintes da fração inorgânica deste elemento no solo, embora a distinção de formas ligadas a alumínio e ferro seja ponto discutido desta metodologia (19, 33). Outro aspecto, enfatizado em alguns trabalhos, é que os extratores utilizados no fracionamento não extraem definidos compostos de fósforo, porém, vários tipos de fosfatos (17, 26, 28).

Numerosos pesquisadores têm procurado determinar qual é a forma de fósforo inorgânico que é absorvida preferencialmente pelo vegetal (1, 8, 18, 26, 32, 34, 35). Todos estes trabalhos estabelecem a existência de relações funcionais entre o fator quantidade e crescimento vegetal.

O conceito de disponibilidade proposto por BRAY (8) relaciona, no entanto, a quantidade de um elemento independente de sua forma, em dado momento, com o crescimento vegetal. Desde que haja o relacionamento da quantidade de um elemento, obtida pelo uso de um extrator químico, com o crescimento vegetal, pode-se aceitar que o reagente usado na extração seja o extrator da forma "disponível". Estes extratores, como acentua FASBENDER (17), além de apresentarem o inconveniente de alterar as características dos solos constituem metodologia relativamente empírica, pois o fósforo que extraem não é um composto definido, uma vez que se origina de diferentes fosfatos presentes no solo.

Os teores obtidos pelo uso de extratores de fósforo "disponível" dependem, entre outros fatores, das quantidades relativas das formas de fósforo no solo, da solubilidade destas formas nos extratores utilizados, além da atividade destas formas (13, 15, 16, 29). Deste modo, os trabalhos que relacionam teores de fósforo disponível e formas de fósforo inorgânico (1, 4, 5, 12, 23, 26, 28, 31, 32, 34) evidenciam a predominância de um destes fatores ou o seu efeito conjugado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se amostras superficiais compostas, de 20 latossolos do Estado de Minas Gerais, sendo a sua caracterização química e física anteriormente realizada por BAHIA FILHO e BRAGA (3).

Na determinação das frações de fósforo inorgânico, empregou-se o método de CHANG e JACKSON (14), modificado por PETERSEN e COREY (27). As frações obtidas, fósforo solúvel em NH_4Cl , em NH_4F , NaOH , ditionito-citrato-bicarbonato e H_2SO_4 foram designadas, respectivamente, como P-Sol, P-Al, P-Fe, P-Red e P-Ca.

Na obtenção dos teores de fósforo "disponível" utilizaram-se os extratores químicos Bray 1, IAC, Mehlich e Olsen (Quadro 1). O fósforo no filtrado foi determinado colorimetricamente pelo método de BRAGA e DEFELIPO (?).

As análises de variância, regressão e correlação, efetuadas com os dados obtidos, foram realizadas através do computador

QUADRO 1 - Relação dos extratores químicos (composição química, tempo de agitação e relação solo:solução) utilizados na obtenção de fósforo "disponível"

Nome do extrator	Composição química	Relação solo:solução	Tempo de agitação	Referência
Bray 1	NH ₄ F 0,03 N	1:10	1 minuto	BRAY (9)
IAC	HCl 0,025N	1:25	15 minutos	CATANI <i>et alii</i> (11)
Mehlich	H ₂ SO ₄ 0,025N	1:10	5 minutos	VETTORI (36)
Olsen	HCl 0,05 N	1:20	30 minutos	JACKSON (22)
	NaHCO ₃ 0,05N			

IBM 1130 (21) do Centro de Processamento de Dados da Universidade Federal de Viçosa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Quantidade de fósforo

Este parâmetro foi avaliado através do fracionamento de CHANG e JACKSON (14), sendo que os teores de fósforo obtidos nas diversas formas acham-se no Quadro 2.

QUADRO 2 - Teores de Fosforo em formas inorgânicas (ppm)

Grande grupo de solo	Nº de amostra	Formas de fosforo			
		P	P-Fe	P-Red	P-Ca
LE	1	49,8	72,2	137,0	22,4
	2	145,9	210,6	164,6	84,9
	3	49,0	48,5	84,4	51,8
	4	108,1	207,3	151,0	122,6
	5	48,2	48,0	88,7	41,6
	6	76,7	117,2	128,2	67,9
	7	137,4	248,9	198,9	78,1
	8	332,3	312,7	271,5	111,5
LEm	9	33,5	43,6	203,9	36,0
	10	39,1	61,2	105,9	22,2
	11	29,5	46,0	43,0	17,1
LV	12	44,3	106,9	80,1	41,3
	13	60,0	105,3	179,6	98,6
	14	30,2	26,5	80,2	17,8
LVm	15	30,2	40,1	123,7	27,4
	16	56,6	43,6	63,5	19,0
	17	25,7	37,7	31,0	9,8
LRe	18	60,9	109,5	134,3	62,5
	19	94,2	182,0	282,6	110,5
	20	75,6	63,8	151,2	62,5
Média		76,4	106,6	135,2	55,3

Na primeira fração extraída (solúvel em NH_4Cl), não se constatou a presença de fósforo, pelo menos dentro dos limites de sensibilidade do método colorimétrico empregado. Dentre as frações obtidas, predomina a forma P-Red, que em latossolos ocorre geralmente em maior quantidade (37).

As demais formas seguem a ordem $\text{P-Fe} > \text{P-Al} > \text{P-Ca}$, quando se considera as médias dos teores de fósforo. Esta mesma distribuição de fósforo nas diversas formas foi anteriormente sugerida por CHANG e JACKSON (15) e CHANG e CHU (13), ao estudarem, em outros solos, a distribuição de formas de fósforo em

relação ao intemperismo. Segundo estes autores, nos estádios iniciais de intemperismo, há maior possibilidade de formação de fosfatos de cálcio e alumínio, uma vez que as atividades dos cátions, cálcio e alumínio são superiores à atividade de ferro. As atividades destes íons são controladas pela presença de carbonato de cálcio, aluminossilicatos, gipsita e óxidos de ferro. Gradualmente, as formas de fosfatos de cálcio e as de alumínio são reduzidas pela formação de fosfatos de ferro, que são menos solúveis que os anteriores. A formação e transformação de vários tipos de fosfatos seguem, de acordo com o princípio de solubilidade, a ordem de fosfatos de cálcio, alumínio, ferro e fosfatos oclusos, correspondendo a estádios crescentes de intemperismo, tendo em vista as diferentes estabilidades destes fosfatos (15).

A pedogênese dos "oxisols", no entanto, consiste basicamente na remoção de sílica, concentração de ferro livre e em alguns casos gipsita, completa decomposição de minerais primários intemperizáveis e de minerais de argila 2:1, além de remoção quase completa de bases trocáveis (10). Consequentemente, a atividade de cálcio em solução será bem menor do que as atividades dos cátions, alumínio e ferro, resultando numa menor quantidade de fosfatos de cálcio e predominância dos fosfatos de alumínio e ferro, fato este já verificado em alguns trabalhos (13, 15, 30). Desde que o fosfato de cálcio é o mais solúvel dentre os demais (15), a fração de fósforo ligada a cálcio, que permanece nos oxisols, possivelmente é constituída de fosfatos de cálcio de baixa solubilidade.

4.2. Fósforo "disponível" e sua relação com formas de fósforo inorgânico.

Os teores de fósforo "disponível" obtidos pelos extratores utilizados (Quadro 3) mostraram que a maior amplitude de variação dos teores de fósforo foi verificada no extrator Bray 1 (33,9 ppm). Os extratores Mehlich e Olsen apresentaram amplitudes de variação semelhantes (21,4 e 23,8 ppm respectivamente), enquanto que a menor amplitude foi constatada nos teores de fósforo obtidos pelo IAC (15,3 ppm). Por outro lado, as médias dos teores obtidos indicam que o extrator Bray 1 apresentou maior poder de extração de fósforo nos solos estudados segundo os extratores IAC, Olsen e Mehlich (Quadro 3). Verifica-se, contudo, que houve correlação entre os teores obtidos por Bray 1, Olsen e Mehlich (Quadro 4), sendo que este resultado pode ter sido obtido em razão da extração preferencial de uma determinada forma de fósforo. Essa pressuposição é confirmada no Quadro 5, sendo que a fração de fósforo predominantemente removida pelos mencionados extratores é a de fósforo ligada a alumínio. Os menores valores do coeficiente de correlação encontradas para o extrator IAC (Quadro 4) são justificáveis, tendo em vista que este extrator remove preferencialmente a forma de fósforo ligada a ferro (Quadro 5). Considerando que a forma de fósforo ligada a cálcio somente é superior em quantidade à ligada a cálcio, depreende-se que a extração de formas pelos extratores químicos não se deve unicamente à predominância de uma forma sobre as demais. Possivelmente, a maior remoção da forma de fósforo ligada a alumínio está relacionada com a maior solubilidade nos extratores, além de maior afinidade com a maior solubilidade nos extratores, além de maior a-

QUADRO 3 - Teores de fósforo disponível (ppm) obtidos com extratores químicos nas amostras de solo

Grande grupo de solo	Nº de amostra	Extratores			
		Bray 1	IAC	Mehlich	Olsen
LE	1	6,6	4,3	2,4	7,2
	2	18,9	18,0	8,8	10,8
	3	5,9	8,2	4,4	4,3
	4	14,3	17,2	6,6	8,6
	5	5,1	3,1	1,8	3,3
	6	7,2	9,8	4,8	5,2
	7	15,2	15,3	7,8	12,1
	8	35,9	10,0	21,4	23,8
LEm	9	2,5	2,4	1,8	3,3
	10	5,5	3,3	2,6	3,9
	11	2,5	2,5	1,3	2,5
LV	12	3,9	2,1	1,6	3,1
	13	6,6	7,7	4,4	6,1
	14	2,1	2,5	0,7	2,7
LVm	15	3,3	4,2	3,1	4,3
	16	4,5	3,3	2,5	3,7
LRd	17	3,4	3,3	2,6	3,3
	18	5,1	4,3	2,0	5,2
LRe	19	12,8	6,0	4,1	7,7
	20	4,6	5,8	3,3	2,9
Média		8,3	6,7	4,4	6,2

QUADRO 4 - Coeficientes de correlação linear entre os métodos avaliação da disponibilidade de fósforo

	IAC	Mehlich	Olsen	Potencial
Bray 1	0,650**	0,9668**	0,9772**	0,3400 n.s.
IAC	-	0,5898**	0,5936**	0,0270 n.s.
Mehlich	-	-	0,9635**	0,2994 n.s.
Olsen	-	-	-	0,3571 n.s...

n.s. - não significativo

** Excede ao nível de probabilidade de 1%

QUADRO 5 - Análises de variância das equações de regressão ajustadas entre teor de fósforo "disponível" e frações de fósforo inorgânico

Extrator	Fonte de variação	G.L.	QM	R ²	Equação de regressão
Bray 1	Devido a P-Al	1	1.175,00**	0,9604	$Y = -0,3383 + 0,1131^{**} X_{Al} + 0,0225^{*} X_{Fe}$ $Y = 0,9374 + 0,0896^{**} X_{Al} + 0,0225^{*} X_{Fe}$
	Devido a P-Al e P-Fe	2	594,57**	0,9720	
	Devido a P-Fe dado P-Al	1	14,14*	0,0124	
	Devido a P-Al, P-Fe e P-Red	3	396,40**	0,9720	
	Devido a P-Red dado P-Al, P-Fe	1	0,04n.s.	0,0000	
IAC	Devido a P-Al, P-Fe, P-Red, P-Ca	4	297,30**	0,9720	$Y = 1,7006 + 0,0465^{**} X_{Fe}$
	Devido a P-Ca, dado P-Al, P-Fe, P-Red	1	0,01n.s.	0,0000	
	Devido a P-Fe	1	287,40**	0,5836	
	Devido a P-Fe e P-Al	2	149,56**	0,6270	
	Devido a P-Al dado P-Fe	1	20,72n.s.	0,0434	
Mehlich	Devido a P-Fe, P-Al, P-Red	3	103,92**	0,6535	$Y = -0,4825 + 0,0639^{**} X_{Al}$
	Devido a P-Red dado P-Al, P-Fe	1	12,66n.s.	0,0265	
	Devido a P-Fe, P-Al, P-Red e P-Ca	4	84,84**	0,7113	
	Devido a P-Ca dado P-Fe, P-Al, P-Red	1	27,59n.s.	0,0578	
	Devido a P-Al e P-Fe	1	374,61**	0,9544	
Olsen	Devido a P-Al e P-Fe	2	187,86**	0,9573	$Y = 0,9253 + 0,0691^{**} X_{Al}$
	Devido a P-Fe dado P-Al	1	1,12n.s.	0,0029	
	Devido a P-Al, P-Fe, P-Red	3	125,39**	0,9585	
	Devido a P-Red dado, P-Al, P-Fe	1	0,45n.s.	0,0012	
	Devido a P-Al, P-Fe, P-Red e P-Ca	4	94,11**	0,9591	
	Devido a P-Ca dado P-Al, P-Fe, P-Red	1	0,25n.s.	0,0006	$Y = 0,9253 + 0,0691^{**} X_{Al}$
	Devido a P-Al	1	438,09**	0,9377	
	Devido a P-Al e P-Fe	2	220,77**	0,9451	
	Devido a P-Fe dado P-Al	1	3,44n.s.	0,0074	
	Devido a P-Al, P-Fe e P-Ca	3	148,15**	0,9513	
	Devido a P-Ca dado P-Al, P-Fe	1	2,9n.s.	0,0062	$Y = 0,9253 + 0,0691^{**} X_{Al}$
	Devido a P-Al, P-Fe, P-Ca e P-Red	4	111,77**	0,9570	
	Devido a P-Red dado P-Al, P-Fe, P-Ca	1	2,63n.s.	0,0057	

n.s. - não significativo

* - excede ao nível de probabilidade de 5%

** - excede ao nível de probabilidade de 1%

tividade relativa dos fosfatos que a constituem em relação às demais formas. Outros autores sugerem o mesmo mecanismo para explicar o comportamento diferencial de extratores em relação a formas de fósforo inorgânico (4, 13, 15, 16, 26).

Desta maneira, a extração preferencial da forma de fósforo ligada a alumínio pelos extratores Bray 1, Mehlich e a Olsen indica maior solubilidade dos fosfatos de alumínio e maior atividade relativa desta forma dentre as demais, nestes extratores. A maior solubilidade dos fosfatos de alumínio pelos mencionados extratores pode ser explicada pelo efeito complexante do fluor sobre o alumínio, pela solubilização destes fosfatos no ácido clorídrico e sua hidrólise pelo bicarbonato de sódio (16, 23, 26). Por outro lado, a extração da forma de fósforo ligada a ferro expressa a solubilização dos fosfatos de ferro no ácido sulfúrico (25).

Os coeficientes de determinação obtidos nas regressões ajustadas entre fósforo "disponível" e frações de fósforo inorgânico (Quadro 5) mostram que as variações nos teores de fósforo, obtidos pelos extratores Bray 1, Mehlich e Olsen devem-se, em grande parte, ao fator quantidade.

Este fato, aliado à inexistência de correlação significativa entre potencial de fosfato monocalcário e teores de fósforo "disponível" (Quadro 4) indica que possivelmente estes extratores não têm sensibilidade suficiente para remover somente o fósforo representativo do fator intensidade. A remoção de fósforo, principalmente do fator quantidade, impede, deste modo, que o fator intensidade influencie nos teores de fósforo obtidos pelos extratores. Possivelmente, o mesmo ocorre com o extrator IAC, com a diferença de que apenas 58,36% da variação dos teores de fósforo obtidos é explicada pela remoção da forma de fósforo ligada a ferro.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Em amostras compostas superficiais de vinte latossolos do Estado de Minas Gerais, procederam-se às análises de formas inorgânicas de fósforo e fósforo "disponível" pelos extratores Bray 1, IAC, Mehlich e Olsen.

Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas, onde se procurou estabelecer as relações entre as formas de fósforo inorgânico e fósforo "disponível".

Os resultados obtidos evidenciaram as seguintes conclusões:

- 1) Das frações de fósforo inorgânico determinadas, predominou a fração P-Red, seguida das frações P-Fe, P-Al, P-Ca.
- 2) As variações observadas nos teores de fósforo "disponível" foram devidas, em grande parte, ao fator quantidade.
- 3) Os extratores Mehlich e Olsen extraíram preferencialmente a forma de P-Al; o extrator Bray 1, além de extrair esta forma, removeu pequena parte da forma de P-Fe. Por sua vez o extrator IAC somente extraiu esta última forma.

6. SUMMARY

Samples of surface horizons of twenty latosols in the State of Minas Gerais were analyzed for inorganic phosphate content and available phosphorus by using the following extractors: Bray 1, IAC, Mehlich, and Olsen. The data obtained

was then submitted to regression analysis in order to determine the relationships among the available phosphorus and inorganic forms.

The results showed that the composition of the specified inorganic phosphates was predominated by the P-Red form followed by lesser amounts of the P-Fe, P-Al and P-Ca forms. A major part of the variations observed in the contents of available phosphorus was due to the quantity factor. The extracts obtained by Mehlich and the Olsen methods contained only the P-Al form. The Bray 1 method extracted the P-Al form and small amounts of the P-Fe form while the IAC method succeeded in extracting only the form.

7. LITERATURA CITADA

1. ALBAN, L.N.; VACHAROTAYAN, S.; JACKSON, M.L. Phosphorus availability in reddish brown lateritic soils. I. Laboratory studies. *Agron. J.*, Madison, 56(6):555-8, 1964.
2. BACHE, B.W. & ROGERS, N.E. Soil phosphate values in relation to phosphate supply to plants from some Nigerian soils. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, 74(2):383-90, 1970.
3. BAHIA FILHO, A.F.C. & BRAGA, J.M. Fósforo em latossolos do Estado de Minas Gerais. I. Intensidade e Capacidade de Tampão de Fósforo. *Experientiae*, Viçosa, 19(3):17-32, jan. 1975.
4. BALERDI, F.; MULLER, L.; FASSBENDER, H.W. Estudio del fósforo en suelos de América Central. III. Comparacion de cinco métodos químicos de análise de fósforo disponible. *Turrialba*, Costa Rica, 18(4):348-60, 1968.
5. 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):124-36, 1972.
6. _____. Relações entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material vegetal em solos sob vegetação de cerrado: II. Trabalhos em estufa. *R. Ceres*, Viçosa, 19(104):248-60, 1972.
7. _____. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *R. Ceres*, Viçosa, 21(113):73-85, 1974.
8. BRAY, R.H. Soil plant relations. I. The quantitative relation of changeable potassium to crop yields and to crop response to potash additions. *Soil. Sci.*, Baltimore, 58(4):305-24, 1944.

9. BRAY, R.H. Correlation of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirements. In: KITCHEN, H.B. *Diagnostic techniques for soils and crops*. Washington, The America Potash Institute, 1947. p. 53-85.
10. BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; McCracken, R.J. *Soil genesis and classification*. Ames, The Iowa State University Press, 1973. 360 p.
11. CATANI, R.A.; GALLO, J.R.; GARGANTINI, H. *Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade*. Campinas, Instituto Agrônomo, 1955. 28 p. (Bol. Tec., 69).
12. CHAI, M.C. & GALDWEL, A.C. Forms of phosphorus and fixation in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 23(4):458-60, 1959.
13. CHANG, S.C. & CHU, W.K. The fate of soluble phosphate applied to soils. *J. Soil Sci.*, Oxford, 12(2):286-93, 1961.
14. CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.*, Baltimore, 84(2):133-44, 1957.
15. _____. Soil phosphorus fractions in some representative soils. *J. Soil Sci.*, Oxford, 9(1): 109-19, 1958.
16. CHANG, S.C. & JUO, S.R. Available phosphorus in relation to forms of phosphate in soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 95(2):91-6, 1963.
17. FASSBENDER, H.W. Descripción físico-química del sistema fertilizante fosfatado-suelo-planta. *Turrialba*, Costa Rica, 16(3):237-46, 1966.
18. FASSBENDER, H.W.; MULLER, L.; BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II. Formas y su relación con las plantas. *Turrialba*, Costa Rica, 18(4):333-47, 1968.
19. FIFE, C.V. An evaluation of ammonium fluoride as a selective extractant for aluminum-bound soil phosphate. IV. Detailed studies on selected soils (2). *Soil Sci.*, Baltimore, 96(2):112-20, 1963.
20. GUNARY, D. & SUTTON, G.D. Soil factores affecting plant uptake of phosphate. *J. Soil Sci.*, Oxford, 18(1):167-73, 1967.
21. IBM, International Business Machines Corporation, New York. *1130 statistical system (1130-CA-06x); user's manual*. 2. ed. New York, 1967. 118 p.

22. JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis*. New Jersey, Prentice Hall, 1968. 498 p.
23. KHANNA, S.S. & MAHAJAN, K.K. A study of the behaviour of added phosphates in soils of variable physico-chemical properties. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF SOIL FERTILITY EVALUATION, New Delhi, 1971. *Proceedings...* New Delhi, Indian Society of Soil Science. 1971. v. 1. p. 725-36.
24. KHASAWNEH, F.E. Solution ion activity and plant growth. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 35(3):426-35, 1971.
25. NELSON, W.L.; MEHLICH, A. & WINTERS, E. The development, evaluation, and use of soil tests for phosphorus availability. In: PIERRE, W.H. & NORMAN, A.G. *Soil and fertilizer phosphorus*. New York, Academic Press, 1953. v. 4. cap. 6, p. 153-88.
26. PAYNE, H. & HANNA, W.J. Correlations among soil phosphorus fractions, extractable phosphorus and plant of phosphorus. *J. Agric. Food. Chem.*, Washington, 13(4): 322-6, 1965.
27. PETERSEN, G.W. & COREY, R.B. A modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of inorganic soil phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 30(5):563-5, 1966.
28. PRATT, P.F. & GARBER, M.J. Correlations of phosphorus availability by chemical tests with inorganic phosphorus fractions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28(1):23-36, 1964.
29. RAMA MOORTHY, B. & SUBRAMANIAN, T.R. Phosphate potential and phosphate availability. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7th, Madison, 1960. *Transactions...* Madison, International Society of Soil Science, 1960. v. 3, p. 590-9.
30. SALMON, R.C. Effects of initial phosphate intensity and sorption or buffering capacity of soil on fertilizer requirements of different crops grown in pots or in field. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, 81(1):39-46, 1973.
31. SAXENA, S.N. Characterization of soil available phosphorus. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF SOIL FERTILITY EVALUATION, New Delhi., 1971. *Proceedings...* New Delhi, Indian Society of Soil Science, 1971. v. 1, p. 361-9.
32. SHING, R.N.; MARTENS, D.C.; OBESHAIN, S.S. Plant availability and form of residual phosphorus in Davidson clay loam. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 30(5):617-20, 1966.

33. SMITH, A.N. Distinction between iron and aluminum phosphate in CHANG and JACKSON'S procedure for fractionation inorganic soil phosphorus. *Agrochimica*, Pisa, 9 (2):162-8, 1965.
34. SUSUKI, A.; LAWTON, K.; DOLL, E.C. Phosphorus uptake and soil tests as related to from of phosphorus in some Michigan soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 27(4):401-3, 1963.
35. TANDON, H.L.S.; TYNER, E.H.; WALKER, W.M. The relation of labile phosphorus to soil inorganic phosphorus forms: evaluation by regression analysis. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF SOIL FERTILITY EVALUATION, New Delhi, 1971. *Proceedings...* New Delhi, Indian Society of Soil Science, 1971. v. 1, p. 105-9.
36. VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, EPE, 1969. 24 p. (Bol. Téc., 7).
37. VIEIRA, L.S. & BORNEMISZA, E. Categorías de fósforo en los principales grandes grupos de suelos en la Amazonia de Brasil. *Turrialba*, Costa Rica, 18(3):242-8, 1968.