

RELAÇÕES ENTRE FORMAS DE FÓSFORO INORGÂNICO,  
FÓSFORO DISPONÍVEL E MATERIAL VEGETAL EM SOLOS  
SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO: I - TRABALHOS DE LABO-  
BORATÓRIO\*

José Mário Braga  
Braz Vitor Defelipo\*\*

1. INTRODUÇÃO

Uma das aplicações do fracionamento do fósforo inorgânico, proposto por CHANG e JACKSON (10), é verificar o relacionamento das formas do fracionamento com os teores, obtidos por diversos extratores, da forma disponível (12, 25).

Muito embora o conceito de forma disponível, conforme BRAY (7), importa em se ter o relacionamento com vegetal, é possível separar, dentro de um grande número de extratores de fósforo "disponível", os que têm maiores possibilidades de serem usados em uma área, onde os dados experimentais estimativos da fertilidade do solo são escassos (1, 2, 11, 16, 20, 24).

Alguns trabalhos têm mostrado que os extratores Bray 1 e Bray 2 extraem mais a fração de fósforo solúvel em fluoreto de amônio do que as outras frações (4, 22, 26); outros trabalhos têm mostrado que o extrator de Olsen extrai o fósforo adsorvido ao cálcio, de modo preferencial (19).

A calagem afeta as formas de fósforo inorgânico do solo, inclusive a forma disponível (8, 13, 14), muito embora esta alteração não se faça de maneira uniforme.

\* Esta pesquisa foi, em parte, financiada pelo Conselho Nacional de Pesquisas.

Aceito para publicação em 23-2-1972.

\*\* Respectivamente, Professor Adjunto e Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa.

Este trabalho tem como objetivo a escolha de extratores de fósforo "disponível", baseada nas relações entre os teores de fósforo disponível e os teores das frações inorgânicas do elemento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras compostas, superficiais, de Latossolo Vermelho Escuro, textura média, sob vegetação de cerrado, em nove diferentes locais do Triângulo Mineiro. Algumas das características físicas e químicas dessas amostras estão no quadro 1.

Com amostras secas ao ar, determinou-se a quantidade de hidróxido de cálcio para elevar o solo a pH 6,5, usando o método de incubação do solo (15).

A quantidade de hidróxido de cálcio, determinada para cada solo, foi misturada com o solo dentro de sacos plásticos, adicionando-se água até a capacidade de campo. A mistura foi posta em repouso durante o período de duas semanas, tempo suficiente para a elevação do pH à faixa desejada.

Com amostras de solos, sem e com calagem, foram determinadas as frações inorgânicas de fósforo, conforme o método de CHANG e JACKSON (10). O fósforo disponível foi determinado, usando-se os extratores de Norte Carolina ( $H_2SO_4$  0,025N + HC1 0,05N), na relação 1:10 (27); Bray 1 ( $NH_4F$  0,03N + HC1 0,025N) e Bray 2 ( $NH_4F$  0,03N-HC1 0,01) (7);  $H_2SO_4$  0,05N (9) e o extrator de Olsen ( $NaHCO_3$  0,5M) (15). Obtido o extrato do solo, foi o fósforo determinado, segundo a técnica desenvolvida por BRAGA e DEFELIPO (6).

Após realizada as análises estatísticas dos dados, a seleção dos extratores foi feita pelos maiores coeficientes de determinação entre os teores de fósforo disponível e a inclusão parcelada das formas de fósforo inorgânico.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Formas de Fósforo Inorgânico

Pelos teores das frações de fósforo inorgânico obtidas (quadro 2) nota-se que a fração de fósforo inorgânico presente em maior quantidade é a solúvel em redutor (P-sol.), seguindo-se a ligada a ferro (P-Fe), a cálcio (P-Ca) e, por último, a ligada a alumínio (P-Al). A forma ligada a cálcio (so-

QUADRO 1 - Características físicas e químicas das amostras de solos (\*)

Amostra	pH		Al eq. mg. 100 g	MO (%)	Anal. Textural			Umidade Equivalente (%)
	H <sub>2</sub> O	KCl 1N			Argila (%)	Silte (%)	Areia	
					Fina (%)	Grossa (%)		
1	5,6	4,8	0,07	1,51	16	4	39	41
2	5,7	4,9	0,06	1,18	15	6	27	32
3	5,6	4,5	0,20	1,15	21	8	48	23
4	5,7	4,5	0,12	0,91	19	6	52	23
5	5,4	4,5	0,20	1,15	18	9	43	30
6	4,8	4,1	0,45	0,65	12	3	50	35
7	5,9	5,1	0,05	0,86	8	4	37	51
8	5,8	5,0	0,05	1,32	16	12	29	43
9	6,0	5,2	0,05	1,12	20	10	45	25

(\*) Análises realizadas nos Laboratórios de Análises de Solos da U. F. V.

QUADRO 2 - Teores(ppm) de formas de fósforo inorgânico nas amostras de solos sem e com calagem

Amostra	P-Al		P-Fe		P-Ca		P-sol redutor	
	Calagem		Calagem		Calagem		Calagem	
	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com
1	64	86	46	71	59	50	104	84
2	51	59	90	117	63	75	136	124
3	14	7	36	33	20	18	76	88
4	55	55	123	131	66	75	164	232
5	17	66	58	105	37	68	88	148
6	5	9	33	32	15	24	78	84
7	12	9	40	50	19	36	88	108
8	24	34	79	76	57	84	120	132
9	40	47	68	67	47	61	88	104

lúvel em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5N) tem teores relativamente altos para este tipo de solo. Entretanto, dois fatos possivelmente possam explicar esta situação. Um seria o valor inusitadamente alto

de pH para solos desta região, o que sugere teores de cálcio comparativamente altos em relação aos outros elementos, afetando, desta maneira, o produto de solubilidade dos fosfatos, e em especial do fosfato de cálcio (1, 3, 20, 22). Outro fato é a solubilização, pelo ácido sulfúrico 0,5N, da parte de fósforo, sob a forma solúvel em redutor, fato admitido também por PETERSEN e COREY (21) e WILLIAMS *et alii* (28).

A elevação do pH das amostras de solos, com algumas exceções, aumentou o teor de fósforo inorgânico de todas as frações. Apenas na amostra 3 houve diminuição significativa do teor de fósforo, ligado a alumínio. A redução do teor de fósforo foi causada possivelmente, pela precipitação do fósforo como variscita, mercê da elevação do pH pela calagem. Além desta possibilidade, a amostra 3 tem teor alto de óxidos livres de alumínio - bem superior às demais amostras - e este fato contribuiu para a formação também da variscita. Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores (8, 13, 14).

Os teores de fósforo das diversas frações foram correlacionados uns com os outros nas amostras de solos que não receberam calagem, excetuando apenas os teores de forma ligada a alumínio, que não correlacionaram com os teores de fósforo ligado a ferro. Nas amostras de solos, que receberam calagem, apenas os teores da forma de fósforo solúvel em redutor não correlacionaram significativamente com os teores de fósforo ligado a alumínio.

### 3. 2. Fósforo "Disponível"

A calagem dos solos alterou os teores de fósforo disponível (quadro 3), dependendo do extrator usado e da amostra de solo. Há aumento, quando o extrator usado é o Norte Carolina 1:10, o  $H_2SO_4$  0,05N (menos amostra 6) e o extrator de Olsen. Os teores de fósforo disponível diminuíram com a calagem, quando o extrator foi o Bray 1 e o 2. Possivelmente, houve hidrólise dos fosfatos de alumínio e de ferro, seguindo-se uma precipitação do fósforo sob a forma de apatita, conforme mostram os trabalhos de diversos pesquisadores (3, 17, 18).

Nas amostras sem calagem, os teores de fósforo disponível, usando o Norte Carolina 1:10, correlacionaram significativamente com os teores de fósforo, usando o B-1 e o B-2. Também os teores de fósforo com o Bray 1 correlacionaram significativamente com os teores de Bray 2 e com os de Olsen.

QUADRO 3 - Teores de fósforo (ppm) disponível nas amostras de solos sem e com calagem

Amostra	Norte Carolina		Bray 1		Bray 2		$H_2SO_4$		Olsen	
	Calagem		Calagem		Calagem		Calagem		Calagem	
	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com
1	21,8	23,5	67,2	31,5	36,5	18,5	4,5	25,5	30,4	44,8
2	9,2	9,7	37,2	35,3	20,7	26,1	7,0	9,5	23,2	28,8
3	4,4	9,2	9,8	9,9	9,8	8,1	2,5	18,0	14,8	26,8
4	17,0	26,9	47,6	34,9	17,6	30,7	9,0	29,5	29,6	66,4
5	6,1	17,4	16,2	42,6	18,8	29,2	2,0	16,5	12,0	33,6
6	4,2	9,7	8,0	9,2	9,8	6,5	8,0	6,5	12,8	13,6
7	8,6	13,4	18,2	27,6	18,4	8,5	5,5	14,0	16,8	21,6
8	11,8	22,9	39,2	35,7	18,4	11,9	6,0	23,5	24,0	40,8
9	19,3	17,6	35,8	20,3	31,8	20,7	4,0	17,0	8,8	28,0

Nas amostras, onde foi aplicado calcário, os teores de fósforo, com o uso do extrator de Olsen, correlacionaram significativamente com os teores de fósforo, usando os demais extratores deste ensaio. O extrator Norte Carolina mostrou teores que correlacionaram significativamente com os teores de fósforo, usando o  $H_2SO_4$  0,05N; também o extrator Bray 1 forneceu valores que correlacionaram significativamente com os teores de fósforo, quando se usou o extrator B-1.

Os teores de fósforo disponível, usando os vários extratores, foram correlacionados com os teores das formas de fósforo inorgânico, e os coeficientes de correlação linear estão no quadro 4. Além desta análise, foi feita análise relacionando, por meio de equações de regressão múltipla, os teores de fósforo disponível e formas de fósforo no solo e os resultados obtidos estão no quadro 5.

Considerando o extrator Norte Carolina 1:10, nota-se que a fração de fósforo que melhor relacionou foi o fósforo ligado a alumínio ( $R^2 = 0,6853$ ) nos solos que não sofreram calagem. A inclusão da fração de fósforo ligada a ferro conserva o coeficiente de determinação ainda significativo, porém, nota-se, pela significância dos coeficientes de regressão, que é a fração ligada a alumínio a que altera os teores de fósforo disponível. O relacionamento deste extrator com fósforo ligado a alumínio já foi observado por outros pesquisadores (5, 23).

QUADRO 4 - Coeficientes de correlação linear mostrando a relação entre teores de fósforo disponível e formas de fósforo inorgânico, em amostras de solos sem e com calagem

Fração	Norte			Bray 1			Bray 2			H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 N			Olsen Calagem
	Carolina	Calagem	com	Caragem	com	sem	Caragem	com	sem	Caragem	com	sem	
P-Al	0,8278**	0,5856NS	0,9202**	0,7819**	0,7200*	0,7755**	0,2418NS	0,5984NS	0,7050*	0,5848NS			
P-Fe	0,4114NS	0,5110NS	0,5001NS	0,8655**	0,1185NS	0,9327**	0,5154NS	0,5414NS	0,5155NS	0,7045*			
P-Ca	0,7020*	0,6140NS	0,8594**	0,8844**	0,5620NS	0,7204*	0,2636NS	0,6154NS	0,7033*	0,6050NS			
P-Sol	0,4214NS	0,5949NS	0,6165NS	0,5925NS	0,1219NS	0,7115*	0,6439*	0,6065NS	0,7643*	0,7828*			

NS - não significativo

\* - significativo a 5%

\*\* - significativo a 1%.

**QUADRO 5 - Estimativa das equações que melhor se ajustam aos dados de teores de fósforo disponível e formas de fósforo inorgânico**

Formas de Fósforo	Coefficiente de Determinação	Equação de Regressão
1. Norte Carolina - solos sem calagem		
P-Al	0,6853**	$Y = 3,489 - 0,2517^*X_{Al}$
P-Al-P-Fe	0,6976*	$Y = 4,639 + 0,2776^*X_{Al} - 0,0306 X_{Fe}$
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,6999 NS	
2. Norte Carolina - solos com calagem		
P-Al	0,3429 NS	
P-Al-P-Fe	0,3629 NS	
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,4570 NS	
3. Bray 1 - solos sem calagem		
P-Al	0,8469**	$Y = 4,78 + 0,837^*X_{Al}$
P-Al-P-Fe	0,8519**	$Y = 6,94 + 0,885^*X_{Al} - 0,057 X_{Fe}$
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,9087**	$Y = 3,317 + 0,479 X_{Al} - 0,273 X_{Fe} + 0,706 X_{Ca}$
4. Bray 1 - solos com calagem		
P-Al	0,6227**	$Y = 12,21 + 0,3414 X_{Al}$
P-Al-P-Fe	0,8150**	$Y = 3,81 + 0,155 X_{Al} + 0,212^*X_{Fe}$
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,8834**	$Y = 0,8858 + 0,1376 X_{Al} + 0,080 X_{Fe} + 0,2511 X_{Ca}$
5. Bray 2 - solos sem calagem		
P-Al	0,5184*	$Y = 10,89 + 0,296^*X_{Al}$
P-Al-P-Fe	0,6757*	$Y = 16,47 + 0,420^*X_{Al} - 0,1486 X_{Fe}$
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,7245 NS	
6. Bray 2 - solos com calagem		
P-Al	0,6014**	$Y = 7,048 + 0,259^*X_{Al}$
P-Al-P-Fe	0,8994**	$Y = -1,032 + 0,080 X_{Al} + 0,204^*X_{Fe}$
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,9190**	$Y = 0,1908 + 0,087 X_{Al} + 0,2586^*X_{Fe} - 0,1036 X_{Ca}$
7. $H_2SO_4 0,05N$ - solos sem calagem		
P-Al	0,058 NS	
P-Al-P-Fe	0,2732 NS	
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,3341 NS	
8. $H_2SO_4 0,05N$ - solos com calagem		
P-Al	0,3581 NS	
P-Al-P-Fe	0,3875 NS	
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,4567 NS	
9. Olsen - solos sem calagem		
P-Al	0,4970*	$Y = 11,063 + 0,258^*X_{Al}$
P-Al-P-Fe	0,5097 NS	
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,5292 NS	
10. Olsen - solos com calagem		
P-Al	0,3420 NS	
P-Al-P-Fe	0,5129 NS	
P-Al-P-Fe-P-Ca	0,5129 NS	

NS - não significativo

\* - significativo a 5%

\*\* - significativo a 1%

Os extratores Bray 1 e Bray 2 obtêm teores de fósforo, principalmente ligado a alumínio, graças à presença do flúor (7). Neste ensaio, o fósforo disponível obtido com este extrator relacionou principalmente com o fósforo sob esta forma. A inclusão das formas ligadas a ferro e a cálcio alteraram pouco o coeficiente de determinação das equações de regressão. Nota-se, no quadro 5, que a fração ligada a cálcio altera, positivamente, os teores de fósforo disponível nos solos sem calagem. Nas equações de regressão, os teores de fósforo ligado a ferro têm efeito não significativo e negativo. Nos solos que sofreram calagem, o extrator Bray 1 tem outro comportamento. O coeficiente de determinação relacionando fósforo disponível, obtido com este extrator e o fósforo ligado a alumínio é bem inferior ao obtido, na mesma situação, com os solos sem calagem, mostrando maior quantidade de fósforo ligado a ferro, como realmente se observa pelos dados desta fração, e que se encontram no quadro 2. Esta alteração é confirmada pelo valor do coeficiente de determinação, quando a fração P-Fe é incluída na regressão. Quando isto é feito, a significância do coeficiente de regressão não é mais o do alumínio, mas de ferro. É importante notar que o coeficiente de intersessão diminui muito quando da inclusão do P-Fe. Esta situação ressalta que as quantidades de P-Fe, presentes no solo, são bastante altas. A inclusão da fração P-Ca não altera, significativamente, o valor do coeficiente de determinação. Resultados semelhantes a estes foram encontrados por SUSUKI *et alii* (24).

Os teores de fósforo, obtidos com ácido sulfúrico 0,05N, mostram coeficientes de correlação significativos com os teores de fósforo solúvel em redutor, mas, no estudo de regressão com as demais frações de fósforo, os valores dos coeficientes de determinação não foram significativos nos solos, sem e com calagem.

O extrator de Olsen correlacionou com P-Al e P-solúvel em redutor nos solos sem calagem e com P-Fe e P-solúvel em redutor nos solos com calagem. No estudo de regressão, apenas com a fração P-Al, nos solos sem calagem, o coeficiente de regressão foi significativo. Nos demais casos, não houve valores significativos.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Em nove amostras, superficiais, de solo Latossolo

Vermelho Escuro do Triângulo Mineiro, determinou-se o fósforo inorgânico o fósforo disponível. Estas determinações foram feitas com o objetivo de se estudar as relações entre estas formas.

O fósforo inorgânico foi determinado segundo o método usado por Chang e Jackson, e apenas sob as formas de P-Al, P-Fe e P-Ca. Para a determinação do fósforo disponível, foram usados diversos extratores como o Norte Carolina, o Bray 1, o Bray 2, o ácido sulfúrico 0,05 N e o extrator de Olsen. Estas determinações foram feitas em amostras de solos sem e com calagem.

Analizados os dados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

1. A calagem aumentou os teores de fósforo nas formas P-Al, P-Fe, P-Ca e P-solúvel em redutor.

2. A calagem altera de maneira desuniforme os teores de fósforo disponível. A alteração depende do extrator, principalmente; o Bray 1 e o 2 extraem menores quantidades de fósforo disponível em solos que tiveram calagem.

3. Os teores de fósforo disponível, obtidos pelos diversos extratores, correlacionaram significativamente entre si nas amostras sem calagem.

4. A forma de P-Al, isoladamente, é a que se relaciona melhor com os teores de fósforo disponível obtido com Norte Carolina, Bray 1 e Bray 2 em solos com e sem calagem; e com o extrator de Olsen em amostras nos solos sem calagem.

5. A forma P-Fe relaciona com teores de fósforo disponível nas amostras com calagem, quando os extratores são Bray 1 e Bray 2. Para estas amostras, o coeficiente de regressão da forma P-Al não é significativo.

6. A forma de P-Ca não relaciona, para estes solos, com os teores de fósforo disponível, obtidos com nenhum dos extratores aqui estudados.

## 5. SUMMARY

In nine samples of Dark Red Latossolo in the Triângulo Mineiro, Minas Gerais, the inorganic and available forms of phosphorus were determined in order to study the relationship between the two.

The forms of inorganic phosphorus were determined according the Chang & Jackson's fractionation and the available phosphorus using the North Carolina, Bray 1, Bray 2,  $H_2SO_4$

0,05 N and Olsen's extractors.

The determination were made on soil samples with and without liming. The pH of these samples averaged 6,5-7,0 after the liming.

After analysing the data, the following conclusions were drown:

1. The liming increased the phosphorus level in the P-Al, P-Fe, P-Ca forms and the P reductant soluble.

2. The liming alters the level of available phosphorus in a non-uniform way. The alteration depends mainly on the extractor; the Bray 1 and 2 extract smaller quantities of available phosphorus in soils that have been exposed to liming.

3. The levels of available phosphorus, obtained with the various extractors, correlated significantly with each other in the unlimed samples.

4. The P-Al form is the only one that correlates well with the level of available phosphorus obtained with North Carolina, Bray 1 and Bray 2 in soils with and without liming, and with Olsen's extractor in samples of soils without liming.

5. The P-Fe form correlate with the levels of available phosphorus in samples of limed soils, when the Bray 1 and extractors are used. The regression coefficient for the P-Al form is not significant.

6. The P-Ca form doesn't correlate with the levels of available phosphorus obtained on these soil samples regardless of the extractors used.

## 6. LITERATURA CITADA

1. ALBAN, L. N., VACHAROTAYAN, S. & JACKSON, T. L. Phosphorus availability in reddish brown lateritic soils. I. Laboratory studies. Agron. J., Madison, 56: 555-558. 1964.
2. AL-ABBAS, A. H. & BARBER, S. A. A soil test for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus: I. Correlation of soil phosphorus fraction with plant-available phosphorus. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 28: 218-221. 1964.
3. ASLYING, H. C. Lime and phosphate potentials of soils, the solubility and availability of phosphate. Royal Vet. Agr. College, Copenhagen, Yearbook. 1954. pp. 1-50

4. BALERDI, F., MÜLLER, L., & FASSBENDER, H. W. Estudio del fósforo en suelos de América Central. III-Comparación de cinco métodos químicos de análisis de fósforo disponible. Turrialba, Costa Rica, 18:348-360. 1968.
5. BRAGA, J. M. & YAHNER, J. Estudo de correlação de análise química do solo e da planta em cultura de milho. Experientiae, Viçosa, 8:164-196. 1968.
6. BRAGA, J. M. & DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. Rev. Ceres, Viçosa, 1972. (em impressão).
7. 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 American Potash Institute, 1947. pp. 53-85.
8. CABALA, R. P. & FASSBENDER, H. W. Efecto del encalado en las formas y disponibilidad de fosfatos en suelos de la región cacaotera, Bahia, Brasil. Turrialba, Costa Rica, 21:38-46. 1971.
9. CATANI, R. A., GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análises, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Inst. Agronomico, 1955. 28 p. (Bol. 69).
10. CHANG, S. C. & JACKSON, M. L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci., Baltimore, 84:133-144. 1957.
11. CHANG, S. C. & JUO, S. R. Available phosphorus in relation to forms of phosphate in soils. Soil Sci., Baltimore, 95:91-96. 1963.
12. COSTA, J. V. B. Avaliação do "fósforo assimilável" em solos tropicais. Garcia de Orta, Lisboa, 5:147-151. 1957.
13. FASSBENDER, H. W. Efecto del encalado en la mejor utilización de fertilizantes fosfatados en un andosol de Costa Rica. Fitotecnia Latinoamericana, Costa Rica, 6: 115-126. 1969.

14. FASSBENDER, H. W. & MOLINA, R. Influencia de enmiedas calcareas y silicatadas sobre el efecto de fertilizantes fosfatados en suelos derivados de cenizas volcánicas de Costa Rica. In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turri-alba, 1969. pp. 6-13
15. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. New Jersey, Prentice Hall, 1958. 498 p.
16. HERNANDO, V. & LOMBARDIA, V. Correlation between the active fractions of soil phosphorus and their availability to wheat. Phosphorus Agr. 56:35-42. 1970 (Fertilizer Abst. 4:1047. 1971).
17. HUS, P. H. & JACKSON, M. L. Inorganic phosphate transformations by chemical weathering in soils as influenced by pH. Soil Sci., Baltimore, 90:16-24. 1960.
18. LINDSAY, W. L. & MORENO, E. C. Phosphate phase equilibrium in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 24:117-182. 1960.
19. MEHTA, B. V. & PATEL, J. M. Some aspects of phosphorus availability in Gujarat soils. J. Indian Soc. Soil Sci., N. Delhi, 11:151-158. 1963.
20. MILLER, J. R. & AXLEY, J. R. Correlation of chemical soil test for available phosphorus with crop response, including a proposed method. Soil Sci., Baltimore, 82:117-127. 1956.
21. 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, 30:563-565. 1966.
22. PRATT, P. F. & GARBER, M. J. Correlations of phosphorus availability by chemical tests with inorganic phosphorus fractions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 28:23-26. 1964.

23. SEATZ, L. F. & STANBERRY, C. O. Advances in phosphate Fertilization. In, MC Vickar, M. H. et alii, ed. Fertilizer technology and usage. Madison, Soil Sci. Soc. Amer. 1963. pp. 155-187.
24. SUSUKI, A., LAWTON, K. & DOLL, E. C. Phosphorus uptake and soil tests as related to form of phosphorus in some Michigan soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 27:401-403. 1963.
25. SMITH, A. N. Fractionation of inorganic phosphorus in soils. The Chang and Jackson fractionation procedure: its limitation and uses. Agri. Digest, Belgica, 17:10-19. 1969.
26. TRIPATHI, B. R., TANDON, H. L. S. & TYNER, E. H. Native inorganic phosphorus forms and their relation to some chemical indices for phosphate availability for soils of Agra District, India. Soil Sci., Baltimore, 109:93-101. 1970.
27. VETTORI, L. Métodos de análise de solo. EPE, Rio de Janeiro, 1969. 24 p. (Bol. n° 7).
28. WILLIANS, J. D. H., SYERS, J. K. & WALKER, T. W. Fractionation of soil inorganic phosphate by a modification of Chang and Jackson's procedure. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 31:736-739. 1967.