

COMPARAÇÃO DE EXTRATORES DE FÓSFORO DO SOLO,  
CONSIDERANDO-SE O TEMPO DE INCORPORAÇÃO  
DE FONTES DE ADUBOS FOSFATADOS\*

Francisco Maximino Fernandes\*\*  
Francisco de Assis Ferraz de Mello\*\*\*  
Manoel Evaristo Ferreira\*\*\*\*

*RESUMO*

No período de 1978 a 1983 efetuou-se um experimento comparando-se extratores de fósforo quando amostras foram coletadas em diferentes períodos após a aplicação de superfosfato triplo, termofosfato-Mg e fosfato de Araxá. Os fertilizantes foram aplicados a lanço no solo nas doses de 0 - 145 - 290 - 435 - 580 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total e incorporados com grade

- 
- \* Trabalho apresentado na I Jornada Científica do Campus de Ilha Solteira, UNESP. Entregue para publicação em 13/12/84.
- \*\* Departamento de Agricultura. FEIS/UNESP - Campus de Ilha Solteira.
- \*\*\* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, ESALQ/USP.
- \*\*\*\* Departamento de Solos e Adubos, FCAMV/UNESP - Campus de Jaboticabal.

pesada. A cada 120 dias, num período de 48 meses, de cada parcela foi retirada uma amostra composta, constituída de 15 amostras simples, as quais foram submetidas a extração de fósforo pelos métodos: IAC ( $H_2SO_4$  0,05N), Bray-1 e Olsen. Os resultados evidenciam que na incorporação do superfosfato triplo e termofosfato-Mg os três extratores foram eficientes em recuperar o fósforo. Na incorporação do fosfato de Araxá, o método Bray-1 foi o que apresentou melhor comportamento na extração de fósforo. O método de Olsen foi o mais estável na recuperação do P do solo, em função do tempo de incorporação para as fontes superfosfato triplo e termofosfato-Mg. Para a fonte fosfato de Araxá os métodos Bray-1 e de Olsen foram os mais estáveis. A partir da amostragem 960 dias após a incorporação do fosfato de Araxá os três métodos tenderam a se igualar na extração de fósforo.

## INTRODUÇÃO

A procura de um extrator de fósforo do solo coerente com todas as fontes de fósforo utilizadas, principalmente, com as de fosfato natural, tem sido intensificada nos últimos anos na maioria das instituições de pesquisa do País.

Segundo RAIJ, no Brasil são usados dois extratores para fósforo: o  $H_2SO_4$  0,05N (método IAC) e o duplo ácido, constituído de  $H_2SO_4$  0,025N + HCl 0,05 N (método Mehlich). Esses dois métodos tem superestimado os valores de fósforo

ro do solo, quando se usam fosfatos naturais na adubação (COREY, 1965; RAIJ, 1981). Essa superestimação de deve ao fato de que esses extratores dissolvem resíduos de fosfatos naturais (P-não lábil), ou seja, uma forma que não dissolveu no solo, e que tem pouco a ver com o fósforo disponível (RAIJ, 1981).

Numa revisão de literatura sobre seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos, RAIJ (1978), relata que o de Olsen, se destaca dos demais por sua superioridade em diferentes condições de solos. Os métodos Bray-1, Bray-2, Mehlich, Truog e Morgan parecem ser menos eficientes em solos alcalinos e calcários. Ainda o autor diz que, devido ao emprego crescente de fosfatos naturais no País, o uso de soluções ácidas que dissolvem apatitas tende a ser restrito, com possível exceção ao Bray-1. Seriam preferíveis, no caso, soluções extratoras e eficazes em dissolver os fosfatos de alumínio, como o Bray-1, a resina trocadora de ânions e o método de Olsen.

Considerando esses aspectos e a crescente utilização desses fosfatos na agricultura brasileira, principalmente no Brasil central, foi iniciado, em 1978 um trabalho com os seguintes objetivos: a) Comparar diversos extratores de fósforo incorporado do solo das fontes: superfosfato triplo, termofosfato-Mg e fosfato de Araxá; b) Determinar a época, a partir da qual os diversos extratores mostrem semelhança na recuperação do fósforo, em solo adubados com fosfatos naturais.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de terra utilizadas para o estudo foram de um experimento localizado num Latossolo Vermelho Escuro, argiloso (DEMATTE, 1980), da Fazenda de Ensino e

Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Silvânia, MS, e cujas características químicas iniciais estão na Tabela 1, analisadas segundo RAIJ & ZULLO (1977).

Tabela 1. Análise química do solo antes da incorporação dos fosfatos.

pH (H <sub>2</sub> O)	C (%)	Al <sup>+3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K	P
		(meq/100 g TESA)			(ppm)	
5,0	1,45	1,0	0,6	0,2	28	1

A correção da acidez foi feita com calcário dolomítico, utilizando-se o método Al<sup>+3</sup>x2. O calcário foi incorporado cerca de 3 meses antes do plantio.

Foram comparadas cinco níveis de fósforo (0-145-290-435-580 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total) nas formas de superfosfato triplo, termofosfato-Mg e fosfato de Araxá. Os adubos foram aplicados a lanço seguidos de incorporação ao solo com grade pesada, em parcelas de 30 x 30 m, em 26 e 27/10/1978).

As unidades experimentais foram cultivadas com soja, cultivar UFV-1, cujos plantios foram sempre realizados entre 20 e 30 de novembro de cada ano.

Uma amostra composta, proveniente de 15 amostras simples, foi retirada entre zero e 20 cm de profundidade com trado de rosca em cada parcela, aos 120-240-360-480-600-720-840-960-1080-1200-1440 dias após a incorporação

dos fosfatos, as quais foram submetidas à extração de fósforo pelos métodos: a) IAC (RAIJ & ZULLO, 1977):  $H_2SO_4$  0,05 N; b) Bray-1 (BRAY & KURTZ, 1945):  $NH_4F$  0,03 N +  $HCl$  0,025 N; c) Olsen (SANKARAN, 1966):  $NaHCO_3$  0,5 M a pH 8,5.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compararam-se os três métodos de extração de fósforo do solo em cada fonte de fosfato utilizada. Para melhor discuti-los, expressaram-se os dados em ppm de fósforo adicionando ao solo, solúveis em ácido cítrico a 2%. Para o fósforo extraído pelos três métodos, expressaram-se também os dados em ppm, porém os mesmos através de aproximações foram transformados em números inteiros.

Os resultados da produção de grãos foram obtidos para o segundo ano (1979/80), o quarto ano (1981/82) e o quinto ano (1982/83). No primeiro ano (1978/79), o veranico nivelou o efeito dos tratamentos. No terceiro ano não se obteve produção, também devido ao veranico.

### Superfosfato Triplo

Para essa fonte de fósforo (Figura 1) na primeira amostragem (aos 120 dias após a sua incorporação), a extração de fósforo foi elevada pelos métodos IAC e Bray-1, enquanto o método de Olsen extraiu-o em quantidades menores. Com o decorrer do tempo de incorporação (240 a 1440 dias) o método Bray-1 foi o que extraiu maiores quantidades de fósforo. Já o método de Olsen foi o que extraiu menos fósforo nos respectivos tratamentos. Por outro lado, o método IAC extraiu quantidades de fósforo intermediárias aos métodos de Olsen e Bray-1, o que mostra uma sensí-

vel redução nos teores de fósforo extraído quando se utiliza este método e esta fonte, após os 240 dias de incorporação. GOEPFERT & MOURA (1979) observaram resultados semelhantes, porém utilizando o método da Carolina do Norte, o qual segundo FERREIRA et alii (1977) apresenta a mesma capacidade de extração de fósforo que o método do IAC. Ainda se deve ressaltar que aos 480, 960 e 1200 dias após a incorporação dos fosfatos (respectivamente março/80, julho/81 e março/82), os três métodos extraíram quantidades equivalentes de fósforo.

No Tabela 2 observa-se que houve acréscimo na produção até os valores máximos extraídos pelos três métodos, indicando que todos eles podem ser usados até 1440 dias após a aplicação do superfosfato triplo.

#### Termofosfato-Mg

Quando se usou essa fonte (Figura 2), um fosfato de fusão, na primeira amostragem, aos 120 dias após a incorporação, a extração de fósforo foi maior pelo método IAC, enquanto os métodos de Olsen e Bray-1 extraíram quantidades menores de fósforo, porém equivalentes entre si. Entretanto com o passar do tempo de incorporação dos fosfatos (240 a 1440 dias) o comportamento dos extratores IAC e Bray-1 foi semelhante, isto é, extraíram quantidades de fósforo equivalente e sempre maior quando comparadas com as quantidades de fósforo extraída pelo método de Olsen. Aos 960 e 1200 dias após a incorporação dos fosfatos (respectivamente julho/81 e março/82), os três métodos extraíram quantidades equivalentes de fósforo. Tal fato também foi observado para o superfosfato triplo.

Por outro lado, no Tabela 2, observa-se que houve acréscimo na produção até os valores máximos extraídos pelos três métodos, indicando que os mesmos podem ser usados até 1440 dias após a aplicação do termofosfato-Mg.

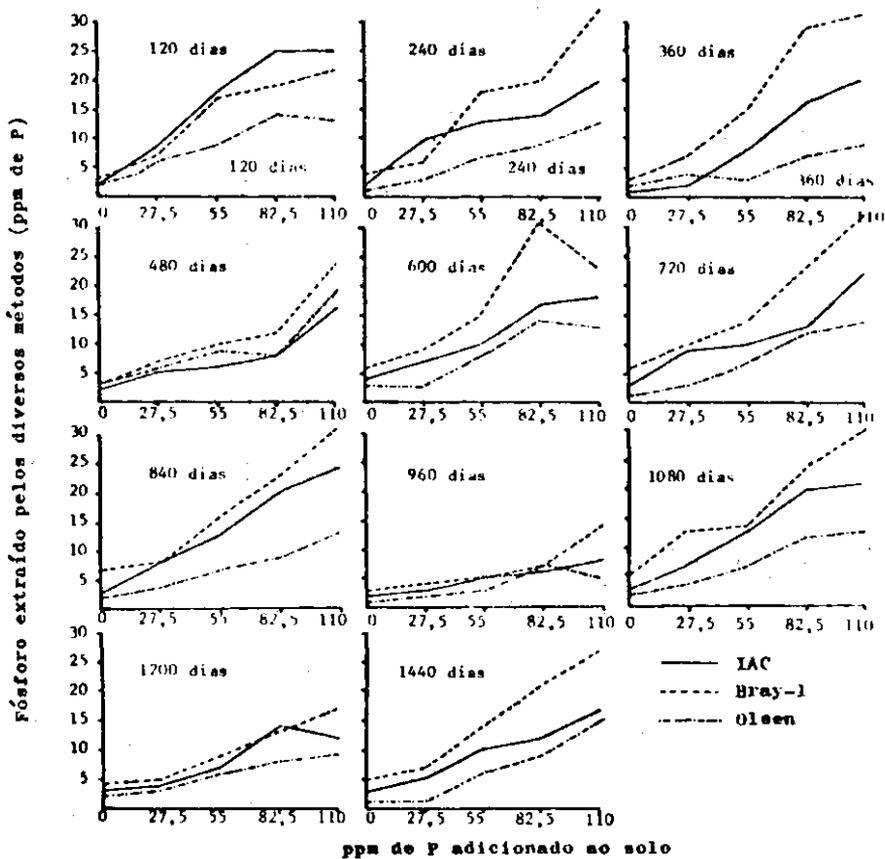


Figura 1. Fósforo aplicado ao solo em cinco doses de P solúvel em ácido cítrico a 2%, como superfosfato triplo, respectivos teores de P recuperado pelos diversos métodos, em relação à época de amostragem e efeito residual.

Tabela 2. Efeito de cinco doses de três adubos fosfatados sobre o teor de fósforo (ppm) do solo, 360, 1080 e 1440 dias após a aplicação dos fosfatos, por três métodos de extração, sobre a produção de grãos de soja (kg/ha). Média de quatro repetições.

Fontes	Doses de P adicionado												Produção de soja (kg/ha)	
	P recuperado pelos diversos métodos (ppm)													
	Mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	a/	IAC	Bray-1	Olsen	total/ha (ppm)	360	1080	360	1080	360	1440	1440	1080
Superfosfato triplo	0	0	1	3	3	3	5	5	2	2	1	617	438	737
	145	27,5	2	7	5	7	13	7	4	4	1	1054	822	595
	290	55,0	8	13	10	15	14	14	3	7	6	1046	1124	1334
	435	82,5	16	20	12	29	24	21	7	12	9	1724	1216	1031
	580	110,0	20	21	17	31	31	27	9	13	15	2059	1371	1441
Termofosfato -Mg	0	0	1	3	5	3	6	6	2	2	1	479	609	717
	145	31,3	2	7	6	8	9	11	3	6	4	1446	1028	1373
	290	62,6	5	12	12	11	17	13	8	6	6	1668	1302	1122
	435	93,9	12	18	14	17	21	19	12	9	8	1857	1672	1735
	580	125,2	20	23	15	23	23	21	9	12	9	2034	1422	1620
Fosfato de Arsená	0	0	1	3	5	3	6	6	2	3	1	484	422	252
	145	5,6	7	16	7	4	7	8	3	8	3	1013	680	704
	290	11,2	13	21	13	5	8	11	8	4	4	1247	1037	1072
	435	16,8	33	36	28	6	11	16	10	5	8	1245	1233	1182
	580	22,4	36	44	22	6	18	16	16	6	7	1466	1312	1193

a/ Percees por milhão de fósforo aplicados ao solo à-lanço, em cinco doses de P solúvel em ácido cítrico à 23.

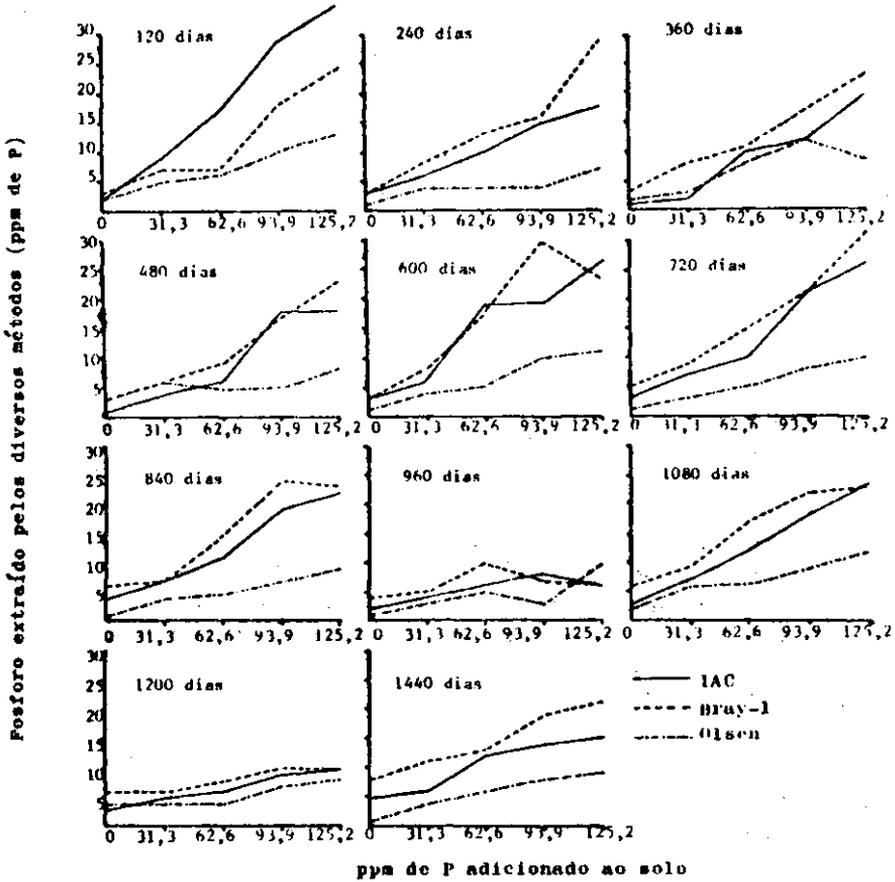


Figura 2. Fósforo aplicado ao solo em cinco doses de P solúvel em ácido cítrico a 2%, como termofosfato-Mg, respectivos teores de P recuperados pelos diversos métodos, em relação à época de amostragem, efeito residual.

### Fosfato de Araxá

O uso do fosfato do Araxá, um fosfato de cálcio natural, cristalino, o comportamento dos extratores foi diferente (Figura 3). Nas amostragens feitas aos 120, 240, 360, 480, 600, 720 e 840 dias após a incorporação dos fosfatos, o método IAC foi o que extraiu mais fósforo, indicando que, pela sua reação ácida, extrai fósforo em excesso da rocha fosfatada adicionada ao solo. Esse problema já tinha sido relatado por COREY (1965), BIAST (1978), MASCARENHAS *et alii* (1979), quando usaram extratores ácidos para determinar o fósforo disponível de um solo que recebeu um fosfato de rocha.

A extração de fósforo pelos métodos Bray-1 e de Olsen não se alterou com o tempo de incorporação desse fosfato. A partir da amostragem feita aos 960 dias após a incorporação do fosfato de Araxá, o método IAC tendeu a igualar-se aos demais, mas ainda extraíndo fósforo provavelmente da rocha fosfatada, nas suas doses mais elevadas. SFREDO *et alii* (1979) encontraram resultados semelhantes trabalhando com fosfato de Gafsa, fosfato de Patos de Minas e os seguintes extratores: Mehlich (Carolina do Norte), Bray-1 e Olsen, a partir da amostragem feita aos 527 dias após a incorporação dos fosfatos.

Na Tabela 2, observa-se um aumento na produção à medida que os teores de fósforo extraído pelo método Bray-1 aumentam, indicando que o mesmo pode correlacionar bem com a produção. Este melhor comportamento para o método Bray-1 deve-se provavelmente ao efeito complexante que o mesmo apresenta, pois os métodos que apresentam efeito complexante foram desenvolvidos para solos neutros a ácidos, principalmente aos fertilizados com fosfatos naturais (BIASI, 1978).

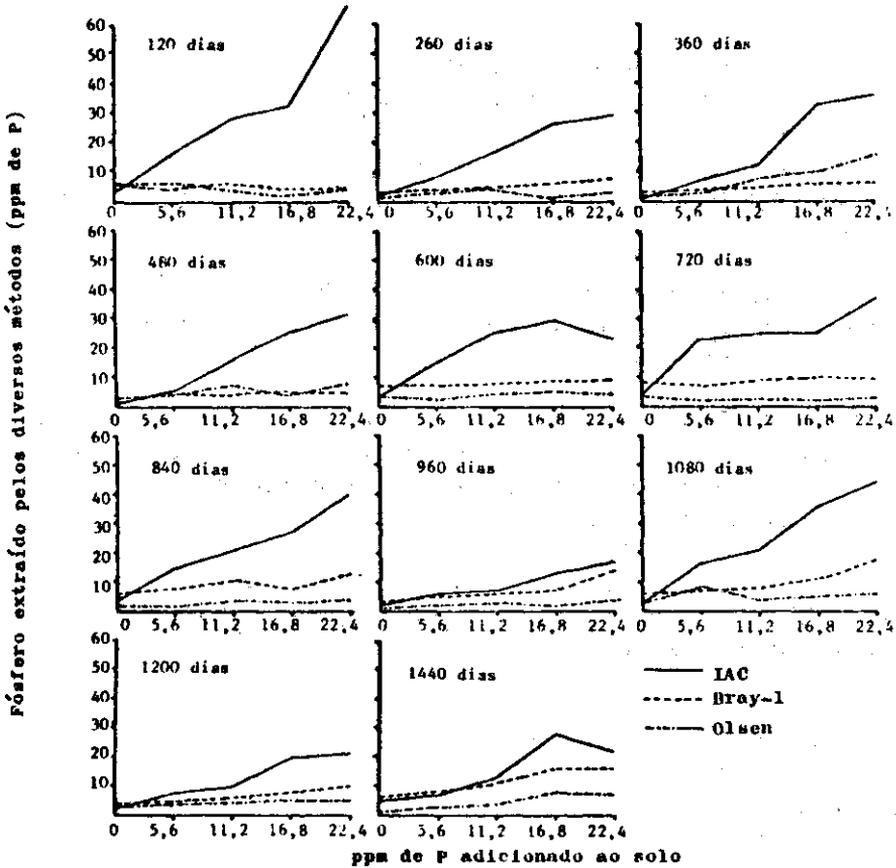


Figura 3. Fósforo aplicado ao solo em cinco doses de P solúvel em ácido cítrico a 2%, como fosfato de Araxá, respectivos teores de P recuperados pelos diversos métodos, em relação à época de amostragem, efeito residual.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho pode-se tirar as seguintes conclusões:

- Na incorporação do superfosfato triplo e termofosfato-Mg os três extratores foram eficientes em recuperar o fósforo.

- Na incorporação do fosfato de Araxá, o método Bray-1 foi o que apresentou melhor comportamento na extração do fósforo.

- O método de Olsen foi o mais estável na recuperação para as fontes superfosfato triplo e termofosfato-Mg. Para a fonte de fosfato de Araxá os métodos Bray-1 e Olsen foram os mais estáveis.

- A partir da amostragem 960 dias após a incorporação do fosfato de Araxá os três métodos tenderam a se igualar na extração do fósforo.

## SUMMARY

### COMPARING SOIL PHOSPHORUS EXTRACTORS FOR DIFFERENT SOURCES OF PHOSPHORUS AND TIME OF APPLICATION

An experiment was held from 1978 to 1983 to know how soil phosphorus extractors compare when samples are collected at different periods after application of triple superphosphate, Mg-thermophosphate or rock phosphate from Araxá. The fertilizers were broadcasted to the soil at rates of 0 - 145 - 290 - 435 and 580 kg/ha of total  $P_2O_5$  and then incorporated with a heavy harrow.

Each 120 days, in a period of 48 months, a composite soil sample was collected from 15 sites of each plot and analyzed for P by extraction with 0,05 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Bray-1 and Olsen extractors. The results showed that all extractors were efficient in recovering phosphorus applied either as triple superphosphate or Mg-termo-phosphate; when applied as phosphate from Araxá the best result was obtained with Bray-1 method. Olsen method gave the most consistent results for samples collected at different times after application of triple superphosphate or Mg-thermophosphate; when phosphate from Araxá was applied results were most consistent with Bray-1 and Olsen extractors. At the 32<sup>nd</sup> month after application of phosphate from Araxá and thereafter it was observed a tendency for the extraction methods to be similar in respect to phosphorus extraction.

#### BIBLIOGRAFIA

- BIASI, J., 1978. Avaliação do fósforo relacionado a diversos extractores químicos em solos de Santa Catarina. Piracicaba, ESALQ/USP, 181 p. (Dissertação de Mestrado).
- BRAY, R.H. & KURTZ, L.T., 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci.**, 59:39-45.
- COREY, R.B., 1965. **Análise de solos, teoria e prática.** In: VIANA, M.P.M. Porto Alegre, UFRGS, 177 p.
- DEMATTE, J.L.I., 1980. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira.** Piracicaba. ESALQ/USP. 131 p. (Mimeografado).

- FERREIRA, M.E.; MELLO, F.A.F.de & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do, 1977. Comparação entre três técnicas de extração de P solúvel do solo. **Científica**. Jaboticabal, 5(3):244-249.
- GOEPFERT, C.F. & MOURA, R.L., 1979. Resposta da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à dose e fontes de fósforo. In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Resumos**. Manaus, p.36.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; FEITOSA, C.T.; NAGAI, V.; HIROCE, R. & BRAGA, N.R., 1978. **Adubação da soja em solos de cerrado**. Campinas, Inst.Agrônomo. 28 p. (Boletim Técnico).
- RAIJ, B.van & ZULLO, M.A.T., 1977. Métodos de análises de solo. Campinas, Inst. Agrônomo. (Circular, 63).
- RAIJ, B.van, 1978. Seleção e métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. **R. bras.Ci.solo**. Campinas, 2(1):1-9.
- RAIJ, B.van, 1981. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba. Instituto da Potassa/Instituto Internacional da Potassa. 142 p.
- SANKARAN, A., 1966. Laboratory manual for agricultural chemistry. Asia, Publishing house-London. p.113-114.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; CORDEIRO, D.S.; PALHANO, J.B. & DITTRICH, R.C., 1979. Comparação de cinco extratores de fósforo do solo, considerando-se o tempo de incorporação de três adubos fosfatados. **R.bras.Ci.solo**, 3:111-115.