

FATORES QUE AFETAM A FIXAÇÃO DO FÓSFORO — I — PERÍODO DE INCUBAÇÃO*

Francisco José de Albuquerque Cavalcanti**

Francisco de Assis Ferraz de Mello***

Amostras da camada arável de 5 séries de solos do município de Piracicaba, S. Paulo, foram tratadas com solução de fosfato monocálcico (4 ml de solução contendo 1.500 ppm de P para 10 g de terra), seguindo-se incubação por diferentes períodos ($T_0 = 0$; $T_1 = 2$; $T_3 = 200$ horas). Dos solos utilizados, 3 eram Latossolos e 2 Podzólicos. Ao término de cada período de incubação determinou-se o teor de P extraído com solução 0,025N em H_2SO_4 e 0,05N em HCl.

A quantidade de P fixada foi obtida subtraindo-se do "extrato corrigido" para T_0 as concentrações encontradas para T_1 , T_2 e T_3 .

Para se proceder tal correção foi necessário tratar cada amostra de terra com uma quantidade de água destilada igual à da solução empregada.

A análise estatística indicou, para cada solo, uma significância ao nível de 1% para os efeitos linear e quadrático do período de incubação.

A análise conjunta para as 5 amostras revelou a ausência de diferenças significativas entre os Latossolos e de diferenças significativas entre os Podzólicos.

INTRODUÇÃO

Quando se procura estudar a fixação do P é costume separar os processos que predominam em solos ácidos dos que predominam em solos alcalinos, mesmo sabendo-se que todos eles podem atuar sob quaisquer condições de pH.

* Trabalho realizado com parte dos dados da Dissertação apresentada pelo primeiro autor à E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, em 1974. Entregue para publicação em: 27-12-1977.

** Eng.º Agr.º, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, da Seção de Solos do Instituto de Pesquisas Agropecuária do Nordeste (IPEANE), Recife, Pernambuco.

*** Prof. Adjunto do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, ESALQ - USP.

O pH do solo chega a ser um fator tão importante na fixação do P que MALAVOLTA et al. (1965) lembram a possibilidade de sua elevação acarretar um aumento no teor de fósforo disponível de tal ordem que possa desaparecer, por um certo tempo, a necessidade de se aplicar fertilizantes fosfatados.

Além desse fator, vários outros afetam a retenção do P pelo solo. A solubilidade da forma em que esse elemento é adicionado também poderá contribuir para uma fixação mais ou menos acentuada. Em solos com elevada capacidade de fixação Mc LEAN & LOGAN (1970) mostraram que a concentração de P em plântulas de milho decresceu com o aumento da solubilidade em água do fertilizante utilizado.

O excesso de umidade parece reduzir a retenção do P. Em condições de alagamento, os fosfatos féricos são reduzidos para compostos ferrosos, mais solúveis (GOEDERT et al., 1971 e MANDAL & DIAS, 1970).

O efeito do tempo de contacto do solo com o íon fosfato, objetivo deste trabalho, foi estudado de modo tão detalhado por BASE & SHIELING (1950) que chegaram a estabelecer períodos diferindo apenas de uma hora.

A redução da quantidade de P disponível às plantas, devido à incubação do solo ocorre principalmente em regiões de clima quente (ENGELSTAD & ALLEN, 1971).

Neste ensaio, efetuado com amostras representativas da camada arável de 5 séries de solos da região de Piracicaba, São Paulo, procurou-se estimar o efeito do período de incubação sobre a porcentagem de P fixado.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras, numeradas de I a V (Quadro 1), foram coletadas na região de Piracicaba, São Paulo, tendo a parte experimental sido realizada nos laboratórios do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo.

QUADRO 1 — Classificação dos solos utilizados (adaptado de RANZANI et al, 1966).

Amostra	Série	Grande Grupo	
		(Comissão de Solos-CNEPA)	(7. ^a Aproximação)
I	Guamium	Latossolo	Haplacrox
II	Iracema	Latossolo	Haplacrox
III	Gibóia	Podzólico	Typustalf
IV	Ibitiruna	Podzólico	Typochrult
V	Luiz de Queiroz	Latossolo	Ultustalf

A amostra denominada Solo I foi tomada perto do perfil P₂, estudado por ANDRADE (1971). As demais, Solos II a V, foram coletadas, respectivamente, nas proximidades dos perfis P₂₀, P₂₆, P₂₈ e P₃₃, descritos por RANZANI et al (1966).

Após serem secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm e analisadas (Quadros 2 e 3), tomou-se, para cada tratamento, o equivalente a 10 g de TFSE ao qual se adicionou 4 ml de uma solução de fosfato monocálcico contendo 1.500 ppm de P (WAUGH & FITTS, 1966). Para tratamentos, repetidos 4 vezes, foram estabelecidos os seguintes períodos de incubação: T₀ = 0; T₁ = 2; T₃ = 200 horas.

QUADRO 2 — Análise mecânica dos solos utilizados

Amostra	Porcentagem			Classe Textural
	Areia (2 — 0,05 mm)	Limo (0,05 — 0,002 mm)	Argila < 0,002 mm	
I	19,8	17,3	62,9	Argiloso
II	23,7	30,4	45,9	Argiloso
III	73,3	20,2	6,5	Arenoso franco
IV	88,0	5,8	6,2	Arenoso Franco
V	35,3	26,0	38,7	argiloso

A reposição da água perdida no decorrer do ensaio foi feita com base no peso inicial de cada recipiente. Findo o tempo de incubação previsto para cada tratamento, procedeu-se à determinação do teor de P do extrato obtido com uma solução 0,025N em H₂SO₄ e 0,05N em HCl (VETTORI, 1966).

A quantidade de P fixada foi obtida subtraindo-se do “extrato corrigido” para T₀ as concentrações corrigidas para T₁, T₂ e T₃. Os resultados assim conseguidos foram, a seguir, transformados em mg de P por 100 g de terra.

Para se proceder à correção dos valores inicialmente encontrados foi preciso tratar cada amostra de solo com uma quantidade de água destilada idêntica à da solução empregada e por período iguais aos observados (2, 4 e 200 horas).

Os resultados assim obtidos foram submetidos à análise estatística, com o objetivo de pesquisar, para cada solo, os efeitos linear e quadrático dos períodos de incubação estabelecidos. A seguir, foi feita uma análise conjunta, visando a classificação dos solos segundo as quantidades de P fixadas.

QUADRO 3 — Análise química dos solos utilizados ^a

Amostra	pH	Matéria orgânica	Fe ₂ O ₃ Livre	PO ₄ ⁻³ solúvel	PO ₄ ⁻³ total	e. mg/100g					Acidez total
						trocável			H+	Al+3	
						Ca+2	Mg+2	K+			
I	5,0	5,93	6,52	0,02	0,76	1,90	1,34	0,36	0,34	1,12	8,91
II	5,0	4,60	13,45	0,03	1,48	3,30	1,74	0,16	0,22	0,37	8,00
III	5,6	1,40	0,93	0,02	0,18	1,86	1,35	0,37	0,17	0,09	2,66
IV	5,2	1,07	0,25	0,03	0,16	1,90	1,22	0,20	0,22	0,21	2,64
V	6,1	3,73	10,56	0,02	1,31	5,90	1,38	0,38	0,19	0,03	3,04

^a Fósforo solúvel: extraído com solução 0,025 N em H₂SO₄ e 0,05 N em HCl; fósforo total: extraído com ácido sulfúrico de peso específico 1,47.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações dos extratos obtidos, tanto do material tratado com solução de fosfato monocálcico como das amostras que receberam 4 ml de água destilada (Quadros 4 e 5, respectivamente), permitiram a elaboração do Quadro 6, relativo ao extrato corrigido.

As quantidades de P fixadas por cada solo, nos períodos de 2, 20 e 200 horas podem ser vistas no Quadro 7. Para uma comparação mais fácil entre os resultados proporcionados pelos diferentes solos empregados pode-se recorrer às curvas da Fig. 1.

A partir dos resultados da análise estatística para cada solo de per si (Quadro 8) ficou constatado, ao desdobrarem-se os graus de liberdade, que os efeitos linear e quadrático dos períodos de incubação foram altamente significativos, independente da natureza da amostra.

A análise conjunta para as 5 amostras revelou diferença significativa para tratamentos ($F = 36,92^{**}$) e o teste de Tukey a 5% mostrou a ausência de diferenças significativas entre os solos I, II e V (Latosolos), o mesmo não acontecendo entre os de número III e IV (Podzólicos), como pode ser observado no Quadro 9.

Esses resultados acham-se intimamente relacionados com algumas das características apresentadas pelos solos em questão. Assim, levando-se em conta a análise mecânica (Quadro 2), observa-se um teor de argila de 6 a 10 vezes mais baixo nos solos III e IV em relação aos solos I, II e V.

Dos resultados da análise química (Quadro III), aqueles referentes aos teores de Fe_2O_3 livre prestam-se bem para comparações. No caso, ao mais alto teor de Fe_2O_3 livre (Solo II — 13,45%) corresponde a uma maior quantidade de P fixado, enquanto que a mais baixa porcentagem de óxido de ferro livre (Solo IV — 0,25%) corresponde exatamente à amostra que, pelo teste de Tukey a 5%, fixou a menor quantidade de fósforo.

CONCLUSÕES

Com base na análise estatística dos dados obtidos para as condições em que foi realizado o presente trabalho, são válidas as seguintes conclusões:

- a) dentro de cada solo, a quantidade de P fixada aumentou com o tempo de incubação;
- b) houve efeitos linear e quadrático do tempo de incubação sobre a quantidade de P fixado;
- c) os Latossolos não diferiram entre si em relação às quantidades de P fixadas, ocorrendo o inverso entre os Podzólicos;
- d) os Latossolos fixaram mais P que os Podzólicos.

QUADRO 4 — Resultados obtidos com o material tratado com solução de fosfato monocálcico

Amostra	Concentração do extrato, em e.ug. $PO_4^{3-}/100g$															
	T ₀				T ₁				T ₂				T ₃			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
I	390,26	390,26	392,80	390,26	326,70	326,70	333,06	333,06	269,51	277,14	269,51	278,41	211,04	212,32	212,32	213,59
II	399,15	399,15	399,15	399,15	355,60	338,14	339,41	339,41	287,30	277,14	272,05	272,05	218,67	223,75	223,12	223,12
III	568,20	580,91	574,55	574,55	536,42	536,42	536,42	533,24	511,00	511,00	511,00	511,00	465,24	467,15	472,87	472,87
IV	612,68	612,68	612,68	612,68	599,97	599,97	599,97	599,97	574,55	580,90	574,55	568,20	549,13	555,49	555,49	561,84
V	422,03	415,68	422,03	422,03	357,21	357,21	358,48	358,48	315,27	315,27	315,27	314,00	261,88	261,88	259,34	264,43

QUADRO 5 — Resultados obtidos com o material tratado apenas com água destilada

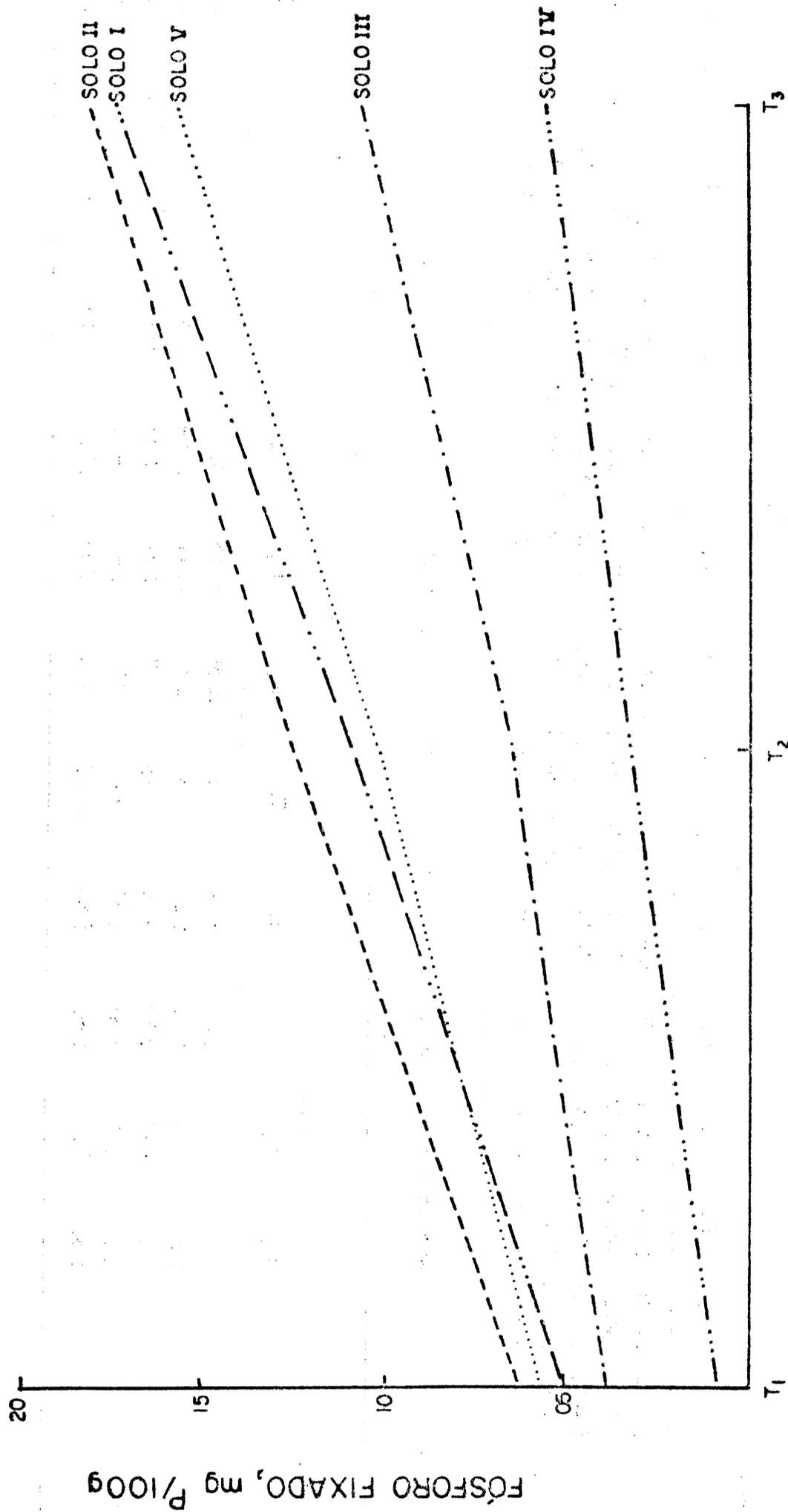
Amostra	Concentração do extrato, em e.ug. $PO_4^{3-}/100g$															
	T ₀				T ₁				T ₂				T ₃			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
I	14,67	14,67	13,40	14,07	2,73	2,67	2,67	2,67	2,04	2,04	2,17	1,17	2,55	2,55	2,29	2,29
II	3,87	3,87	3,87	3,87	2,17	2,17	2,17	2,17	2,04	2,04	2,04	2,04	2,10	2,10	2,04	2,04
III	3,49	3,36	3,36	3,49	1,91	1,91	1,91	1,91	1,72	1,72	1,72	1,72	1,59	1,53	1,53	1,53
IV	8,32	8,32	8,32	7,68	3,44	3,44	3,44	3,44	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,18	3,12	3,06
V	10,22	9,59	9,59	9,59	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,04	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91

QUADRO 6 — Resultados do extrato após a correção, em e.ug. $PO_4^{3-}/100g$

Amostra	T ₀				T ₁				T ₂				T ₃			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
I	375,59	275,50	379,40	376,19	323,97	324,97	330,39	330,39	267,47	275,10	267,34	276,24	208,49	209,77	210,03	211,30
II	395,28	395,28	395,28	395,28	333,43	335,97	335,07	335,07	285,26	275,10	270,01	270,01	216,57	221,65	221,08	221,08
III	564,71	577,55	571,19	571,06	534,51	534,51	534,51	531,33	509,28	509,28	509,28	509,28	463,65	465,62	471,34	471,34
IV	604,36	604,36	604,36	605,00	596,53	596,53	596,53	695,53	571,43	577,78	571,43	565,08	546,01	552,31	552,37	558,78
V	411,81	406,09	412,44	412,44	355,04	355,04	356,31	356,31	313,10	313,27	313,36	312,09	259,97	259,97	257,43	262,52

QUADRO 7 — Quantidade de fósforo fixado por cada solo, em mg P/100g de terra

Amostra	T ₁				T ₂				T ₃			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
I	5,33	5,33	5,06	3,74	11,17	10,38	11,58	10,33	17,26	17,13	17,50	17,03
II	6,39	6,13	6,22	6,22	11,36	12,41	12,94	12,94	18,46	17,94	17,99	17,99
III	3,12	4,45	3,79	4,10	5,73	7,05	6,39	6,38	10,44	11,56	10,31	10,30
IV	0,81	0,81	0,81	0,87	3,40	2,75	3,40	4,12	6,03	5,38	5,37	4,77
V	5,86	5,27	5,80	5,80	10,20	9,59	10,23	10,37	15,68	15,09	16,01	15,49



Log. DO PERÍODO DE INCUBAÇÃO

Figura 1 — Quantidade de P fixada em relação ao log. do tempo de incubação

QUADRO 8 — Análise da variância

Fonte de variação	GL	QM	F ^a
— Solo I			
Total	11		
Tratamentos	2	146,96	918,50**
Componente linear	(1)	(67,59)	(422,43)**
Componente quadrática	(1)	(226,33)	(1.414,56)**
Resíduo	9	0,16	
— Solo II			
Total	11		
Tratamentos	2	140,60	703,10**
Componente linear	(1)	(64,37)	(321,85)**
Componente quadrática	(1)	(216,87)	(1.084,35)**
Resíduo	9	0,20	
— Solo III			
Total	11		
Tratamentos	2	47,08	147,10**
Componente linear	(1)	(39,94)	(124,81)**
Componente quadrática	(1)	(54,22)	(169,43)**
Resíduo	9	0,32	
— Solo IV			
Total	11		
Tratamentos	2	20,15	110,26**
Componente linear	(1)	(33,43)	(175,94)**
Componente quadrática	(1)	(8,47)	(44,57)**
Resíduo	9	0,19	
— Solo V			
Total	11		
Tratamentos	2	98,08	891,63**
Componente linear	(1)	(55,97)	(508,81)**
Componente quadrática	(1)	(140,20)	(1.274,54)**
Resíduo	9	0,11	

a ** — significativo ao nível de 1%.

QUADRO 9 — Quantidade de P fixada por cada solo, médias das repetições nos 3 períodos estudados

Solo	P fixado, mg/100g de terra
II	12,24
I	11,06
V	10,45
III	6,96
IV	3,21

d.m.s., Tukey a 5% = 3,00

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, S.S. de 1971. Gênese e dissertação de solos de três catenas nos municípios de Piracicaba e Rio Claro. Tese Mestrado. Piracicaba, E.S.A. "Luiz de Queiroz" 74 p. (Mimeografada).
- BASS, G.B. & H.D. SHIELING, 1950. Method for determining relative phosphate — fixing capacity of acid soils. *Soil Sci.* 69: 269-280.
- CAVALCANTI, F.J. de A., 1974. Alguns aspectos da fixação do fósforo por solos da região de Piracicaba. Dissertação Mestrado, Piracicaba, E.S.A. "Luiz de Queiroz" — USP. 62 p. (Mimeografada).
- ENGELSTAD, O.P. & S.E. ALLEN, 1971. Ammonium pyrophosphate and ammonium orthophosphate as phosphorus sources. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35(6): 1002-1004.
- GOEDERT, W.J., J.F. PATELLA & J.F.V. MORAES, 1971. Formas de fósforo num planossolo do Rio Grande do Sul e sua disponibilidade para a cultura do arroz irrigado. *Pesq. agropec. bras., Sér. Agron.* 6: 39-43.
- MALAVOLTA, E., O.J. CROCOMO, R.G. de ANDRADE, C. ALVIZURI, R. VENCOWSKY & L.M.M. de FREITAS, 1965. Estudos sobre a fertilidade dos solos do cerrado; I Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo (Nota prévia) *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 22: 131-138.
- MANDAL, L.N. & R.K. DAS, 1970. Transformation of applied water soluble phosphate in acid lowland rice soils. *Soil Sci.* 110(1): 263-267.
- McLEAN, E.O. & T.J. LOGAN, 1970. Phosphorus for plants grown in soils with differing phosphorus fixation tendencies: *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34: 907-911.
- RANZANI, G., O. FREIRE & T. KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, Centro de Estudos de Solos da E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, 85 p.
- VETTORI, L., 1966. Métodos de análise de solos. Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo. Rio de Janeiro, 19 p. (Mimeografado).
- WAUGH, D.L. & J.W. FITTS, 1966. Estudos para interpretação de análises de solo; de laboratório e de vasos. *Boletim Técnico n.º 3. International Soil Testing.* 33 p.

SUMMARY

FACTORS THAT INTERFERE WITH PHOSPHORUS FIXATION
I — INCUBATION PERIOD

Research material for this work was soil samples from the plow layer from five soils. Samples were taken and submitted to different incubations periods ($T_0 = 0$; $T_1 = 2$; $T_2 = 20$ and $T_3 = 200$ hours) after treatment with a monocalcium phosphate solution (4 ml of a solution with 1,500 ppm P per 10 grams of soil).

Of the soils used nos. I, II and V were Latosols; whereas the others were Podzolics (Soils III and IV). At the end of each incubation period, the phosphorus content was determined using the extraction solution of 0.025 N H_2SO_4 and 0.05 N HCl.

The quantity of fixed phosphorus was calculated by subtracting the values found for T_1 , T_2 and T_3 from the "corrected strata" for T_0 . For this purpose each soil sample was treated with an equal amount of distilled water and was observed at the four time periods specified above.

In accordance with the statistical analysis (Tukey's test) it was found that for each soil had a statistical significance at the level of 1% as related to the linear and quadratic effects of the incubation period. A joint analysis of the 5 soils samples Tukey's test at the 5% level showed the lack of marked differences among Soils I, II and V (Latosols), but Soils of III and IV nos. (Podzolics) showed a statistical difference.

