

FOL 2029

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
ESCRITÓRIO DE PESQUISAS E EXPERIMENTAÇÃO
(Ex-DPEA)

EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO
(Ex-DPFS)

FIXAÇÃO DE FÓSFORO NOS SOLOS BRASILEIROS

MARIA DE LOURDES AMOROSO ANASTACIO

Boletim Técnico n.º 4

Rio de Janeiro

1968

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
ESCRITÓRIO DE PESQUISAS E EXPERIMENTAÇÃO
(Ex-DPEA)
EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO
(Ex-DPFS)

Fh 97.00713

FIXAÇÃO DE FÓSFORO NOS SOLOS BRASILEIROS

MARIA DE LOURDES AMOROSO ANASTACIO
Químico da Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo

FOL 2029

Boletim Técnico n.º 4

Rio de Janeiro

1968

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos aos Drs. Robert Cate, Leandro Vettori, Marcelo Nunes Camargo e sua equipe, aos dois primeiros pela sugestão do presente trabalho e oportunos conselhos e aos últimos pela seleção das amostras.

FIXAÇÃO DE FÓSFORO NOS SOLOS BRASILEIROS

MARIA DE LOURDES AMOROSO ANASTACIO
Químico da Seção de Solos da E.P.F.S.

INTRODUÇÃO

Fixação de nutrientes das plantas no solo, pode ser definida como o processo pelo qual nutrientes, prontamente solúveis, são transformados em formas menos solúveis, por reações com compostos orgânicos ou inorgânicos do solo, resultando uma restrição na mobilidade dos nutrientes ou decréscimo na sua assimilabilidade pela planta ¹.

Kamprath ² diz que é inerente, aos solos vermelhos das regiões quentes e úmidas em geral, baixos níveis de fósforo assimilável e altas capacidades de fixação de fósforo. Cita os trabalhos de De Datta e outros que acharam insolubilização superior a 98% do fertilizante fosforado adicionado em 3 solos latosol, e os trabalhos de Woodruff e Kamprath, com solo Georgeville.

É crença generalizada que os solos ácidos que constituem a grande maioria de nossos solos fixam grandes quantidades de fósforo. Na 1.^a reunião sobre Análises de Solos para Fertilidade (Janeiro de 1967) realizada na Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, foi recomendado que fossem feitos estudos sobre a capacidade de fixação de fósforo nos solos brasileiros, como parte de recomendação extensiva à América do Sul. Para uniformidade de resultados deveria ser seguido o método preconizado por D.L. Waugh e J.W. Fitts ³.

O presente trabalho é parte do cumprimento desta recomendação: uma tentativa de verificação de quanto fósforo fixam os solos brasileiros.

MÉTODOS E MATERIAIS:

As experiências foram feitas com as amostras:

Originárias do Estado de S. Paulo

- Amostra n.º 30.437 — Podzólico Vermelho Amarelo — Variação Piracicaba
- " " 30.512 — Podzólico Vermelho Amarelo — Orto
- " " 30.308 — Solos Podzolizados de Lins e Marília — Variação Marília.
- " " 30.599 — Solos Podzolizados de Lins e Marília — Variação Lins.
- " " 30.327 — Terra Roxa Estruturada

Amostra n.º	31.528	—	Mediterrâneo Vermelho Amarelo
"	30.199	—	Latosol Roxo
"	30.333	—	Latosol Vermelho Escuro — Orto
"	31.725	—	Latosol Vermelho Escuro — Fase arenosa
"	29.802	—	Latosol Vermelho Amarelo — Fase terraço
"	30.144	—	Latosol Vermelho Amarelo — Fase arenosa
"	30.212	—	Latosol Vermelho Amarelo — Húmico.

Originários de Furnas, Sul de Minas

Amostra n.º	32.167	—	Podzólico Vermelho Amarelo — Equivalente Eutrófico
"	31.624	—	Podzol Húmico
"	32.400	—	Solos Brunos Ácidos (similar)
"	32.084	—	Terra Roxa Estruturada
"	31.963	—	Mediterrâneo Vermelho Amarelo (similar)
"	31.676	—	Latosol Vermelho Escuro Húmico
"	31.978	—	Latosol Vermelho Escuro — Fase cerrado
"	32.183	—	Latosol Vermelho Escuro
"	32.175	—	Glei pouco Húmico
"	31.986	—	Glei Húmico
"	32.159	—	Solo Orgânico
"	32.156	—	Solo Aluvial
"	32.149	—	Litosol — Fase substrato gnaiss.

Originárias de Médio Jequitinhonha, Nordeste de Minas.

Amostra n.º	31.569	—	Latosol Vermelho Amarelo
"	31.454	—	Podzólico Vermelho Amarelo — Equivalente Eutrófico
"	31.395	—	Latosol Vermelho Amarelo semi-árido
"	31.376	—	Podzol
"	31.297	—	Solos Brunos Não Cálcicos
"	31.248	—	Solonetz — Solodizado.

Originárias do Estado da Bahia.

Amostra n.º	33.967	—	Podzólico Vermelho Amarelo — Equivalente Eutrófico
"	33.983	—	Solos Brunos Tropicais Eutróficos
"	34.402	—	Latosol Vermelho Amarelo
"	34.368	—	Brown Forest Tropical
"	34.374	—	Podzólico Vermelho Amarelo — Substrato Folhelho
"	700	—	Podzólico Vermelho Amarelo
"	634	—	Solos Aluviais
"	978	—	Podzólico Vermelho Amarelo — Equivalente Eutrófico
"	1.038	—	Podzólico Vermelho Amarelo — Fase Tabuleiro.

Originárias do Nordeste do Brasil.

Amostra n.º	2.015	—	Latosol Vermelho Amarelo
"	2.611	—	Latosol Vermelho Amarelo — Fase Tabuleiro
"	2.044	—	Podzólico Vermelho Amarelo — Fase Textura Média

Amostra n.º	2.048	— Podzólico Vermelho Amarelo — Fase Tabuleiro com fragipan
"	"	2.054 — Areias Quartzosas Vermelhas e Amarelas com fragipan
"	"	2.062 — Solos Brunos não Cálcicos
"	"	2.092 — Podzólico Vermelho Amarelo — Fase Tabuleiro com fragipan
"	"	2.458 — Podzólico Vermelho Amarelo
"	"	2.607 — Podzólico Vermelho Amarelo Húmico
"	"	2.617 — Solos Brunos Não Cálcicos Grumusólicos
"	"	2.039 — Areias Quartzosas Vermelhas e Amarelas
"	"	2.573 — Grumusol
"	"	2.640 — Grumusol
"	"	2.034 — Areias Quartzosas Vermelhas e Amarelas
"	"	2.075 — Solos Aluviais.

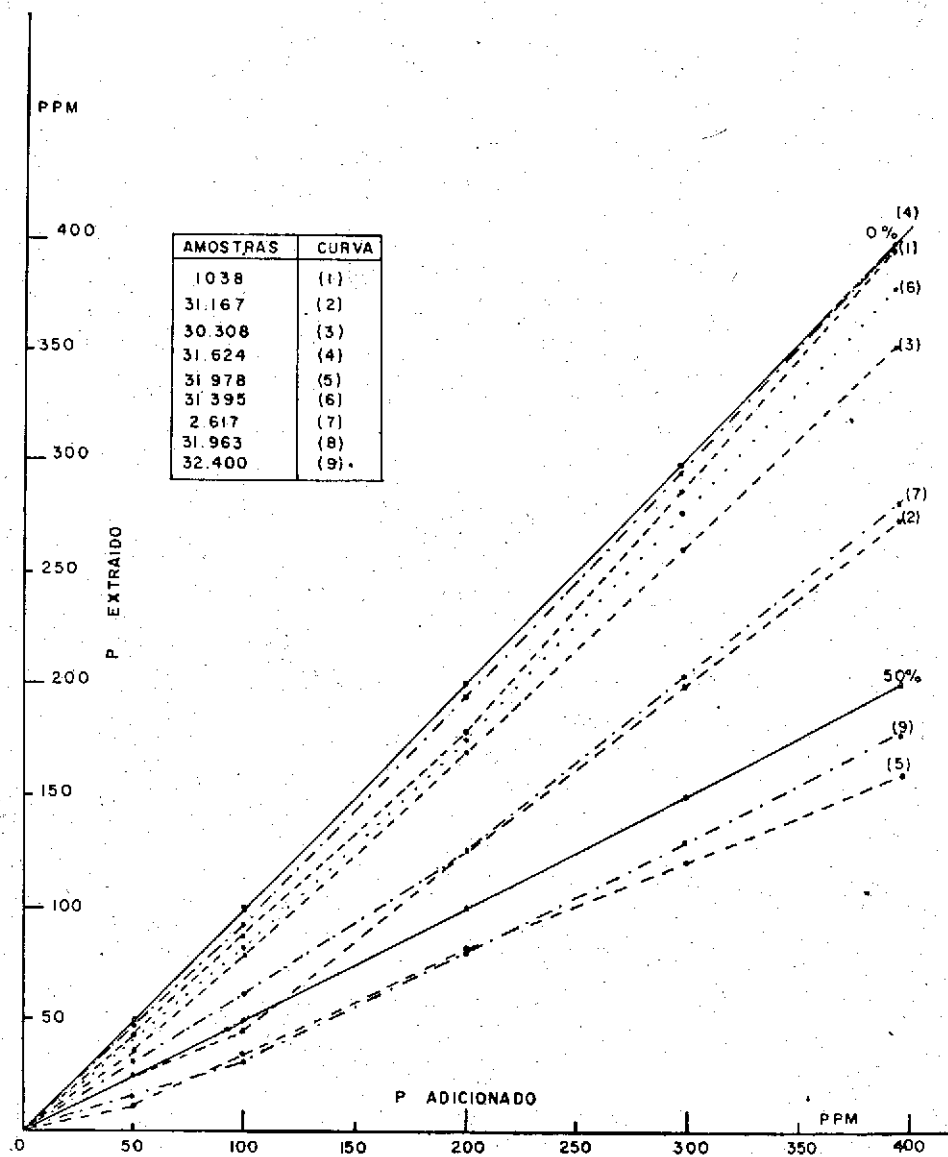
Perfazendo um total de 55 amostras de horizontes superficiais de grande variedade de solos, de modo que abrangessem tanto quanto possível amostras representativas da maioria das unidades típicas do Brasil.

As amostras foram analisadas anteriormente pela equipe do laboratório de análises para o levantamento de solos do antigo Instituto de Química e atual Equipe de Pedologia, segundo os métodos adotados na Seção, constantes no trabalho do mapeamento do Estado de São Paulo⁴; os resultados analíticos são transcritos no Apêndice.

Para obtenção dos dados a serem relacionados no presente trabalho, seguimos a marcha³: 5 porções de 10 ml de solo, colocados em erlenmeier de 125 ml, foram adicionados de 4 ml de soluções de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ contendo 0, 50, 100, 200 e 400 ppm de fósforo respectivamente (essa proporção de 10 para 4 corresponde ao valor médio da capacidade de campo). Conforme recomendação do método original, foi prestada atenção especial à distribuição homogênea das soluções às terras, procurando umedecê-las por igual. Depois de tampadas para evitar evaporação, incubaram 4 dias, no fim dos quais foram adicionados 100 ml de solução extratora (0.050N em HCl e 0.025N em H_2SO_4), agitados 5 minutos em agitador horizontal circular e filtrados. Foram pipetadas alíquotas e dosados os teores de fósforo pelo método do fosfomolibdato de amônio, usando como redutor o ácido ascórbico⁵. Como as concentrações em fósforo das soluções eram muito diferentes, as alíquotas variaram de 0.2 a 5 ml.

RESULTADOS

Sendo dispensável a apresentação das curvas das 55 amostras, selecionamos 9 que nos parecem representar os resultados obtidos; incluímos nesta seleção as curvas de um dos solos que apresentou fixação mínima aproximadamente 0% (amostra n.º 31.624 e a de fixação máxima (amostra n.º 31.978); no mesmo gráfico apresentamos um traçado correspondente a 0 e 50% de fixação, para facilitar a comparação.



Damos a seguir os resultados obtidos no laboratório, em ppm de fósforo extraído e os calculados em percentagem de fósforo fixado. O cálculo foi feito descontando dos valores das quantidades extraídas após a adição e incubação das soluções fosforadas, o valor obtido quando não há adição de P (corresponde ao fósforo assimilável existente na terra).

P adicionado em ppm

	0	50		100		200		400	
Amostra n.º	P ext. ppm	P ext. ppm	P fix. %	P ext. ppm	P fix. %	P ext. ppm	P fix. %	P ext. ppm	P fix. %
31.978	5	16	78.0	32	73.0	77	64.0	164	60.2
30.199	10	22	76.0	37	73.0	78	66.0	170	60.0
32.400	5	19	72.0	37	68.0	85	60.0	184	55.2
34.368	10	24	72.0	49	61.0	96	57.0	207	50.7
34.402	5	19	72.0	35	70.0	77	64.0	165	60.0
32.084	5	19	72.0	38	67.0	88	58.5	184	55.2
2.640	319	333	72.0	347	72.0	436	41.5	—	—
30.327	8	23	70.0	43	65.0	90	59.0	191	54.2
31.676	15	30	70.0	54	61.0	97	59.0	212	50.7
30.333	3	21	64.0	43	60.0	97	53.0	234	42.2
32.183	9	26	46.0	47	62.0	105	52.0	215	48.5
31.963	18	39	58.0	63	55.0	114	52.0	238	45.0
2.573	57	79	56.0	101	56.0	162	47.5	290	41.7
30.212	15	43	44.0	60	55.0	133	41.0	281	33.5
2.015	14	38	52.0	77	37.0	156	29.0	333	20.2
32.167	11	35	52.0	65	46.0	136	37.5	283	32.0
31.569	14	38	52.0	62	32.0	135	39.5	269	36.2
33.983	229	254	50.0	278	51.0	354	36.5	—	—
31.986	37	63	48.0	98	39.0	176	30.5	371	16.5
30.437	3	30	46.0	63	40.0	142	30.5	301	25.5
32.156	35	62	46.0	94	41.0	156	39.5	286	37.2
2.075	42	69	46.0	96	46.0	162	40.0	290	38.0
29.802	6	34	44.0	77	29.0	141	32.5	284	30.5
32.175	111	142	38.0	167	44.0	215	48.0	371	35.0
2.617	10	40	40.0	71	39.0	136	37.0	290	30.0
31.297	3	33	40.0	69	34.0	159	22.0	323	19.2
2.458	4	35	38.0	72	32.0	150	27.0	326	19.5
34.374	16	52	38.0	89	27.0	176	20.0	354	15.5
31.528	36	67	38.0	98	38.0	173	36.5	326	27.5

P adicionado em ppm

Amostra n.º	0	50		100		200		400	
	P ext. ppm	P ext. ppm	P fix. %	P ext. ppm	P fix. %	P ext. ppm	P fix. %	P ext. ppm	P fix. %
634	42	74	36.0	105	37.0	180	31.0	340	25.5
31.454	19	52	34.0	90	29.0	170	24.5	340	19.7
33.967	14	47	34.0	85	29.0	159	27.3	326	22.0
2.062	14	47	34.0	85	29.0	163	25.5	333	20.2
700	29	67	21.0	96	33.0	170	29.5	347	20.5
32.159	24	58	32.0	103	21.0	193	15.5	385	9.7
2.034	2	36	32.0	78	24.0	167	17.5	351	12.7
32.144	4	38	32.0	79	25.0	170	17.0	352	13.0
30.308	4	39	30.0	83	21.0	173	15.5	358	11.5
30.512	19	54	30.0	94	25.0	173	23.0	326	23.2
2.607	1	37	28.0	77	24.0	167	17.0	347	13.5
2.039	1	38	26.0	84	17.0	181	10.0	383	5.0
31.725	4	42	23.0	81	23.0	167	18.5	340	16.0
2.048	1	40	22.0	89	12.0	192	4.5	390	2.7
978	40	81	19.0	118	22.0	210	15.0	411	7.2
32.149	21	60	22.0	99	22.0	190	15.5	383	9.5
2.092	9	49	20.0	95	14.0	193	8.0	368	10.2
30.159	11	51	20.0	90	21.0	181	15.0	361	12.5
31.395	28	69	18.0	108	20.0	204	12.0	397	7.7
2.611	14	55	18.0	96	18.0	196	9.0	374	10.0
1.038	8	50	16.0	96	12.0	187	10.5	403	1.2
2.044	3	45	16.0	91	12.0	187	8.0	383	5.0
2.054	3	45	16.0	92	11.0	192	5.5	397	1.5
31.624	7	52	10.0	99	8.0	201	3.0	411	0
31.248	17	63	8.0	120	0	210	3.5	411	1.5
31.376	14	63	2.0	111	3.0	213	0.5	408	1.5

DISCUSSÃO

Pelo trabalho de Waugh e Fitts³ quando são traçadas as curvas colocando em abscissas as quantidades de fósforo adicionadas ao solo e em ordenadas as extraídas, podem ser distinguidos 3 tipos de curvas: a. de solo que não fixa fósforo, a de solo que fixa pouco fósforo e a de solo que fixa fósforo. Nesta última é facilmente identificável o ponto em que o fósforo extraído aumenta abruptamente, sendo chamado valor X. O valor X é uma aproximação da quantidade de fósforo requerida para ultrapassar o efeito de fixação e portanto o valor onde haverá um aumento de fósforo assimilável pela planta. De acordo com este critério encontramos para nossas amostras valores X variando entre 0 e aproximadamente 100ppm, tendo a maioria apresentado um valor X próximo a 50 ppm. Acharmos entretanto este processo falho quando se trata de curvas de solos que não fixam ou fixam muito pouco P. Seguindo a distinção feita no trabalho de Fitts e Waugh a variação de inflexão nas nossas curvas é muito pequena, e curvas de inclinações completamente diferentes (retenção maior ou menor de fósforo), dão o mesmo valor X. Cumpre notar que os autores consideram fósforo

fixado o que é adicionado e completamente retido, e não o adicionado e parcialmente cedido ao extrator. Por este critério as nossas amostras praticamente não fixaram fósforo; no entanto pelo estudo das curvas e tabelas verificamos que qualquer que tenha sido a quantidade de fósforo adicionado, houve retenção de fósforo.

O tipo de solo não é decisivo, mas como a composição química é importante, genericamente os latossolos retêm mais que os podzólicos. O teor de argila tem uma influência relativa na fixação de fósforo; os latossolos que retiveram menos fósforo, amostras n.º 31.395 e 2.611 (respectivamente 20 e 18% de fixação) têm o teor de argila 22% e 15%. O podzólico que reteve mais fósforo (52%) tem 33% de argila e 68% de argila + silte. Os solos que não estão incluídos nestes dois grupos tiveram também uma fixação variável.

Dos 18 solos que apresentaram retenção igual ou superior, a 50%, apenas 4 tem $\text{pH} < 5$ e todos > 4.3 . Nos de fixação menor que 50% e maior de 10%, o pH variou entre 7.7 e 4.0. Nos três que tiveram fixação menor de 10%, os pH foram 4.2, 5.7 e 3.7. Verificamos portanto que a acidez também não é fator decisivo na fixação do fósforo, e que os solos mais ácidos não foram os que mais retiveram fósforo.

Pelo estudo dos dados obtidos não foi possível relacionar a fixação a um só dos constituintes dos solos; é provável que a fixação seja condicionada por um conjunto de fatores.

CONCLUSÃO

Pela observação dos gráficos verificamos que acima da adição de 100 ppm, as curvas são em geral, praticamente retas, variando apenas as inclinações das mesmas; seria portanto interessante um estudo mais detalhado das curvas entre 0 e 100 ppm. É verdade que somente os ensaios com plantas podem indicar os níveis críticos mas, de qualquer maneira, pelo presente trabalho, pode-se concluir, genericamente, que, nas amostras estudadas, é relativamente pequena a quantidade de P necessária para ultrapassá-los.

APÊNDICE

Amostra N.º	mE/100g			g/100g				
	pH	Ca ++	Al +++	C	Argila	Argila	Kl	Kr
	em água	+ Mg ++				+ Silte		
31.978	4.6	0.5	2.1	2.12	78	93	1.18	0.92
30.199	5.2	3.3	0.1	1.78	53	66	0.64	0.33
32.400	4.8	0.6	2.3	2.43	58	81	1.56	1.99
34.368	5.4	7.1	0.2	2.83	47	72	1.29	0.97
34.402	5.6	6.0	0	2.49	55	83	1.00	1.73
32.084	5.0	4.3	0.4	2.69	65	91	1.63	0.96
2.640	7.2	41.5	0	4.55	59	91	4.67	3.24
30.327	6.2	13.4	0	1.45	64	79	2.19	1.07
31.676	5.0	3.1	0.6	3.32	74	84	1.36	1.03
30.333	5.1	3.7	0.6	1.75	67	74	1.53	1.22
32.183	4.3	0.5	2.1	2.42	57	68	1.19	0.96
31.963	5.8	9.9	0.2	3.82	67	96	1.83	1.29
2.573	7.5	44.9	0	1.89	67	95	3.67	2.67
30.212	4.6	—	2.8	3.82	50	55	1.49	1.20
2.015	4.4	1.1	1.4	2.01	32	37	1.87	1.56
32.167	5.5	11.7	0.2	2.04	33	68	3.04	2.12
31.569	5.1	2.7	0.4	2.65	43	52	1.62	1.29
33.983	6.7	26.8	0	3.42	32	76	2.74	1.42
31.986	5.0	2.0	3.1	6.43	48	72	1.73	1.59
30.437	5.0	2.9	1.2	1.05	18	32	2.42	1.80
32.156	5.1	0.8	1.4	6.35	68	92	1.88	1.61
2.075	5.5	17.5	0.3	1.90	41	91	3.77	2.46
29.802	4.6	—	2.0	1.84	57	59	1.75	1.51
32.175	4.7	2.0	3.3	8.06	12	86	2.12	1.94
2.617	5.6	11.0	0.2	1.43	17	45	4.19	2.13
31.297	5.2	2.9	0.5	0.80	24	78	2.11	1.53
2.458	4.7	1.4	0.8	1.34	25	39	2.19	1.73
34.374	6.9	25.1	0	4.08	40	54	3.39	2.15
634	5.4	22.9	0	5.10	50	88	2.02	1.76
31.454	6.1	7.8	0	1.68	13	30	2.93	1.83
33.967	5.1	6.9	0.3	1.82	15	51	3.17	2.59
2.064	5.8	10.6	0.2	1.14	20	36	3.00	2.05
700	4.5	3.1	0.9	1.76	23	49	2.33	1.88
32.159	4.9	0.9	6.6	27.09	—	—	—	—

APÊNDICE

Amostra N.º	pH em água	mE/100g		g/100g			Ki	Kr
		Ca ++	Al +++	C	Argila	Argila		
		+ Mg ++				+ Silte		
2.034	5.2	0.6	0.2	0.57	9	11	1.52	1.14
32.144	4.4	—	1.0	0.71	20	22	1.69	1.41
30.308	5.6	2.2	0.1	0.38	7	9	1.91	1.23
30.512	5.4	4.5	0.2	0.64	14	22	2.94	2.20
2.607	5.3	3.2	0.8	1.06	22	50	2.45	1.85
2.039	6.2	0.9	0	0.32	6	11	1.24	1.03
31.725	4.2	0.4	1.4	0.86	19	21	1.86	1.23
2.048	4.8	1.4	0.2	0.84	9	13	2.00	1.77
978	7.7	5.8	0	1.64	6	15	2.80	2.06
32.149	5.6	7.9	0.2	2.99	14	41	2.73	2.12
2.092	4.6	3.5	0.7	1.64	11	16	1.77	1.25
30.599	5.6	4.5	0.1	1.43	12	12	1.79	1.17
31.395	7.0	5.8	0	1.05	22	38	1.90	1.75
2.611	5.8	6.6	0.2	1.89	15	23	2.37	1.89
1.038	5.7	2.3	0	1.27	6	11	1.68	1.47
2.044	4.4	0.6	0.4	0.58	10	14	1.93	1.45
2.054	5.9	2.9	0	0.77	6	10	1.75	1.46
31.624	4.2	0.3	1.1	0.69	1	9	3.56	2.69
31.248	5.7	2.6	0.1	0.60	11	63	3.71	3.27
31.376	3.7	1.0	3.0	4.57	2	4	2.20	1.00

BIBLIOGRAFIA

- 1 — Bear — Chemistry of the Soil — 2ond. edition.
- 2 — Kamprath, E. J. — Agronomy Journal, 59, 25-27, 1961.
- 3 — International Soil Testing — Technical Bulletin n.º 3 Dec. 1966 — Soil test interpretation studies — laboratory and potted plant.
- 4 — Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo — Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, n.º 12 - 1960.
- 5 — Método de análises da Seção de Fertilidade.