

FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A FIXAÇÃO DO FÓSFORO  
EM SOLOS DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA\*

M.D.Thomazi\*\*  
F.de A.F.de Mello\*\*\*  
S.Arzolla\*\*\*

---

RESUMO: A finalidade deste trabalho foi determinar os fatores que mais contribuem para a fixação do fósforo na camada de 0 - 20cm em 8 solos representativos do município de Piracicaba.

Foram realizados dois ensaios. No primeiro foram tomadas porções de 4g de terra e agitadas durante 48 horas, intermitentemente, em solução de cloreto de cálcio 0,01 M contendo 500ppm de P. A seguir, fez-se a filtração e dosagem do teor de P do filtrado. A diferença entre este e o da solução original foi considerada como P fixado pela amostra. As quantidades de P fixadas, expressas em  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de terra, foram correlacionadas com propriedades físicas e químicas dos solos. O segundo ensaio constou de incubação das amostras de terra com 250ppm de P durante 15 dias. A seguir procedeu-se à extração e dosagem do P solúvel. A diferença entre a quantidade posta a incubar (250ppm) e a quantidade solúvel encontrada foi considerada fixada. Constatou-se, no primeiro ensaio, que argila e óxido de ferro livre

---

\* Parte da tese de doutoramento do primeiro autor

\*\* Engenheira Agrônoma da UNICAMP

\*\*\* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da E.S.A. "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - 13.400 - Piracicaba, SP.

são os principais fatores que concorrem para a fixação do P em solos do município de Piracicaba. A areia contribui para reduzir a fixação. Em ordem decrescente de capacidade de fixação os solos se comportaram do seguinte modo: Iracema > Luiz de Queiroz > Monte Olimpo > Lageadinho > Pau D'Alho > Quebra Dente = Gibóia > Ribeirão Claro. Após a incubação com 250ppm de P as terras continuaram a fixar esse elemento, mas nenhum dos fatores estudados se correlacionou com as quantidades fixadas, exceto a areia, negativamente.

Termos para indexação: Fixação do fósforo, Adsorção de fósforo, Fósforo no solo

FACTORS THAT CONTRIBUTE TO THE PHOSPHORUS FIXATION  
CAPACITY OF SOILS FROM THE MUNICIPALITY  
OF PIRACICABA

ABSTRACT: Phosphate fixation capacity of soils from the municipality of Piracicaba, State of São Paulo, Brazil, was studied under laboratory conditions. The main conclusions are as follows. Clay and free iron oxides are the main factors contributing to P fixation by the soils from the municipality of Piracicaba. Gibbsite must be important for the Iracema Serie. In all cases sand contributed to reduce P fixation. Fixation capacity of the soils studied decreased as follows: Iracema > Luiz de Queiroz > Monte Olimpo > Lageadinho > Pau D'Alho > Quebra Dente = Gibóia > Ribeirão Claro. After incubation with 250ppm of P, the soils still continued to retain this element but none of the studied factors correlated with the fixed amounts, with the exception of sand which correlated negatively.

Index terms: Phosphorus fixation, Phosphorus adsorption, Phosphorus in the soil.

---

## INTRODUÇÃO

A fixação do fosfato pelo solo é um fenômeno universal de elevada importância agrícola, pois, se por um lado ele impede a perda do nutriente por lixiviação, por outro ele compete com a planta na aquisição do mesmo.

São conhecidos vários fatores que causam a retenção do fosfato, cada um agindo com maior ou menor intensidade de acordo com as condições locais e deles próprios.

No caso dos solos de Piracicaba, um município importante em atividade agrícola, poucos trabalhos têm sido realizados nesse sentido.

MELLO *et alii* (1987) dizem que em solos ácidos os processos principais de fixação do fosfato são: precipitação por Fe e Al, reação com óxidos hidratados dos mesmos metais e reação com argilas silicatadas.

GENNY *et alii* (1950) apresentam dados sugestivos do efeito da reação do solo na retenção do fósforo e FASSBENDER (1969) apresenta a equação

$$y = 266,37 - 68,22 x + 9,41 x^2$$

em que  $y$  é o P fixado, em porcentagem do adicionado e  $x$  o pH do solo.

MALAVOLTA & PELEGRINO (1954) julgam que a fixação do fosfato em Terra Roxa, a princípio, se deve à formação de fosfatos de ferro e de alumínio.

Após o fracionamento do P de um Latossolo Roxo que havia recebido fosfato de cálcio, MELLO *et alii* (1979a) realçaram a importância do Fe e do Al na fixação e também constataram que o pré tratamento com fosfato reduziu bastante o fenômeno. Este último aspecto do problema foi ressaltado por MELLO *et alii* (1979b).

HSU (1965) observou que em solos ácidos as formas ativas de Fe e de Al conduzem à rápida precipitação do

fosfato.

LOPES & COX (1979) constataram que, em solos de cerrado, óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio são importantes na fixação do fósforo. Concluíram também, que, em tais condições e sob o ponto de vista agrônômico, o teor de argila é a variável mais adequada para estimar a capacidade de fixação de fosfato.

O papel da matéria orgânica na fixação de fosfato é discutível. Diversos trabalhos têm mostrado que ela ativa o fenômeno (FASSBENDER, 1966; LEAL & VELOSO, 1973). Outros revelam o contrário (MELLO *et alii*, 1987).

É relevante, ainda, citar que a adição de fósforo ao solo reduz-lhe o poder de retenção do mesmo.

Devido às considerações e opiniões expostas foi feito este trabalho. Nele procurou-se determinar os principais fatores que concorrem para a fixação na ausência e na presença de fosfato pré adicionado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de 8 solos representativos dos que ocorrem no município de Piracicaba: Séries Iracema (Latosolo Roxo), Luiz de Queiroz (Terra Roxa Estruturada), Pau D'Alho (Terra Roxa Estruturada, fase rasa), Monte Olimpo (Hidromórfico), Lageadinho (Cambissolo), Quebra Dente e Gibóia (Podzólico Vermelho Amarelo) e Ribeirão Claro (Areia Quartzosa).

Alguns fatores que podem causar ou interferir na fixação estão nas Tabelas 1 e 2 e seus efeitos foram estudados por meio de equações de regressão linear.

As análises químicas, exceto as referentes a  $Fe_2O_3$  e  $Al_2O_3$ , foram feitas segundo RAIJ & QUAGGIO (1983) e RAIJ *et alii* (1987).

As análises físicas foram efetuadas pelo método da pipeta (MEDINA, 1972).

Tabela 1. Resultados de algumas análises químicas das terras

Solo Série	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. %	P resina µg/cm <sup>3</sup>	Al <sup>3+</sup> troçável meq/100cm <sup>3</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
Iracema	5,2	2,60	6,52	0,10	6,54	± 10
Pau D'Alho	6,0	3,07	14,35	0,13	3,71	-
Monte Olimpo	4,1	3,44	8,26	1,40	1,84	-
Ribeirão Claro	4,7	1,58	3,04	0,24	0,60	-
Quebra Dente	4,1	1,67	8,70	1,60	0,38	-
Gibóia	6,3	1,30	19,57	0,11	1,51	-
Lageadinho	4,8	4,37	9,13	0,26	1,81	-
Luiz de Queiroz	6,1	1,40	2,17	0,08	7,83	-

Tabela 2. Resultados das análises granulométricas das terras

Solo Série	Frações		
	Areia	Limo	Argila (calgon)
Iracema	23,9	18,1	58,0
Pau D'Alho	37,9	30,0	32,3
Monte Olimpo	35,7	36,2	28,1
Ribeirão Claro	91,4	0,6	8,0
Quebra Dente	61,0	30,0	9,0
Gibõia	74,6	5,0	20,4
Lageadinho	24,7	43,3	32,0
Luiz de Queiroz	26,7	23,8	49,5

O  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  livre foi dosado pelo método do citrato-bicarbonato-ditionito (JACKSON, 1969) e o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  por análise termo-diferencial.

Foram realizados dois ensaios que serão descritos a seguir.

#### Primeiro ensaio:

Foram tomadas porções de 4g de TFSA (terra fina seca ao ar) de cada terra, passadas para frascos de Erlenmeyer de 250ml aos quais se adicionaram porções de 100ml de solução 0,01 M de  $\text{CaCl}_2$  contendo 500ppm de P provenientes de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . Seguiu-se um período de agitação de 48 horas, em agitador horizontal, com intervalos eventuais de repouso. Após isso, as soluções foram filtradas determinando-se os teores de P das mesmas pelo método colorimétrico do vanadomolibdato de amônio (KIEHL & PORTA, 1979). As diferenças entre estes teores e o da solução original (500ppm) foram consideradas fixadas pelas terras.

### Segundo ensaio:

Porções de 200g de cada terra foram passadas para copos de plástico recebendo 250ppm de P provenientes de uma solução de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

Em seguida, as terras foram secas nos próprios vasos, destorroadas e homogeneizadas sobre lâminas de plástico e retornadas aos respectivos copos.

Nos copos, as terras receberam água até o poder de embebição. Daí por diante o conteúdo de umidade das mesmas foi mantido entre 50-70% dos respectivos poderes de embebição durante 15 dias. Após esse período foram secas, destorroadas e homogeneizadas.

Procedeu-se, a seguir, à extração do P solúvel das amostras pelo método da resina trocadora de íons fazendo-se as dosagens pelo método colorimétrico de vanadato de amônio (KIEHL & PORTA, 1979). As diferenças entre a quantidade posta a incubar e as quantidades solúveis encontradas foram consideradas fixadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Primeiro ensaio:

Os resultados relativos ao primeiro ensaio se acham na Tabela 3.

O estudo das correlações revelou que somente areia, argila e óxido de ferro livre se correlacionaram com as quantidades de P fixadas, a primeira de modo negativo e os dois últimos positivamente, de acordo com as equações (1), (2) e (3), respectivamente.

$$y = 3.210,75 - 28,55 x \quad r = -0,83^{**} \quad (1)$$

$$y = 474,50 - 47,05 x \quad r = 0,94^{**} \quad (2)$$

$$y = 1.036,69 - 275,02 x \quad r = 0,86^{**} \quad (3)$$

Nas equações (1), (2) e (3) y significa os teores de P fixados, em  $\mu\text{g/g}$  de terra, e x as porcentagens de areia, argila e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , respectivamente.

Tabela 3. Fixação de fósforo por solos do município de Piracicaba

Solo Série	ppm de P fixado $\mu\text{g/g}$ de terra
Iracema	3.265
Luiz de Queiroz	2.905
Monte Olimpo	2.903
Lageadinho	1.825
Pau D'Alho	1.585
Quebra Dente	1.105
Gibóia	1.105
Ribeirão Claro	865

Vários autores têm mostrado que as argilas são componentes do solo importantes na retenção do fosfato (LOPES, 1983; LEAL & VELOSO, 1973; BAHIA FILHO, 1974; FROTA, 1973; FEITOSA, 1982; LOPES & COX, 1979; NOVAIS & KAMPRATH, 1978; REMENDRA *et alii*, 1983; CATANI & GLÓRIA, 1964) bem como o óxido de ferro livre (FASSBENDER, 1975; p.287; FASSBENDER, 1969a; LOPES, 1983; FEITOSA, 1982; UDO & UZU, 1972; HSU, 1964; ROSAND & WILD, 1982; CATANI & PELLEGRINO, 1960; CATANI & GLÓRIA, 1964; RODRIGUES & MELLO, 1981; HSU & JACKSON, 1960).

Em relação ao papel representado pela areia reconhece-se que não é um agente fixador do fosfato no solo. Ela atua mais como um agente diluidor dos componentes que causam a fixação, isto é, quanto mais areia menor a retenção: daí a correlação negativa. Vários pesquisadores têm constatado isso (RODRIGUES & MELLO, 1981; LOPES & COX, 1979).

Constata-se que o solo com maior poder de fixação de fosfato, entre os estudados, foi o pertencente à série Iracema. Isso se deve, ao menos em parte, ao fato de conter  $Al_2O_3$  (LOPES, 1983; FASSBENDER, 1969b; FEITOSA, 1982; ROSAND & WILD, 1982; UDO & UZU, 1972; BLACK, 1943; SAUNDERS, 1965; WILLIAMS *et alii* 1958) e dos mais elevados teores de argila e de  $Fe_2O_3$  livre.

No que se refere à capacidade de retenção de fosfato, em ordem decrescente, os solos em estudo se comportaram assim: Iracema > Luiz de Queiroz > Monte Olimpo > Lageadinho > Pau D'Alho > Quebra Dente = Gibóia > > Ribeirão Claro.

Pode-se, também classificar os referidos solos, sob o mesmo critério de capacidade de fixação de P, em três grupos:

a) os que apresentaram grande poder de fixação: Iracema, Luiz de Queiroz e Monte Olimpo;

b) os que apresentaram poder intermediário de fixação: Lageadinho e Pau D'Alho;

c) os que apresentaram baixo poder de fixação: Quebra Dente, Gibóia e Ribeirão Claro.

Segundo ensaio:

Os resultados deste ensaio estão na Tabela 4.

Nota-se que, mesmo após a incubação com 250ppm de P, as terras continuaram a fixar fósforo, embora de forma atenuada. Isso pode ser explicado pela consideração de que o fosfato anteriormente adicionado bloqueou os sítios de adsorção, tornando-os, em sua grande maioria, inábeis para retenção posterior.

Isso tem importância prática relevante. Vários autores concordam que uma das maneiras de se reduzir a fixação do fósforo é através de adubações fosfatadas suficientemente grandes para saturarem os lugares de fixação (BASU & MUCHERJEE, 1972; NELSON & HANSEN, 1968; SANCHES, 1981, p.275, YOUNGE & PLUCKNETT, 1966).

Tabela 4. Fixação de fosfato por solos do município de Piracicaba, após incubação com 250ppm de P

Solo Série	ppm de P fixado µg/g terra
Iracema	76
Luiz de Queiroz	143
Monte Olimpo	128
Lageadinho	97
Pau D'Alho	85
Quebra Dente	43
Gibóia	38
Ribeirão Claro	51

Quanto às correlações envolvendo fósforo fixado (Tabela 4) e os elementos das Tabelas 1 e 2 constatou-se apenas uma correlação significativa. Trata-se da correspondente à fração areia. A equação correspondente é a equação (4), onde x representa porcentagem de areia e y o teor de P fixado, em µg/g de terra.

$$y = 135,67 - 1,11 x \quad r = -0,74^{**} \quad (4)$$

Quanto à explicação do fato observado por que as correlações P-fixado x argila % e P-fixado x Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> % não resultaram significativas isso pode ser devido ao que já foi comentado anteriormente: possivelmente o fósforo aplicado na incubação bloqueou os lugares de retenção de P, sobretudo os correspondentes à Série Iracema, desestabilizando a correspondência entre os dados.

### CONCLUSÕES

O trabalho permite concluir o seguinte:

Argila e óxido de ferro livre são os principais

fatores que contribuem para a fixação do P nos solos do município de Piracicaba. Na série Iracema a gibsita deve ser importante. A areia contribui, em todos os dados, para reduzir a fixação.

Colocando-se em ordem decrescente de capacidade de fixação as terras se comportam do seguinte modo: Iracema > Luiz de Queiroz > Monte Olimpo > Lageadinho > Pau D'Alho > Quebra Dente = Giboia > Ribeirão Claro.

Após a incubação com 250ppm de P as terras ainda continuaram a reter esse elemento, mas nenhum dos fatores estudados se correlacionou com as quantidades fixadas, exceto a areia, negativamente.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIA FILHO, A.F.C. Fósforo em latossolos do estado de Minas Gerais: intensidade, capacidade de fósforo, fósforo disponível e crescimento vegetal. Viçosa, 1974. 69p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- BASU, N.S. & MUCHERJEE, S.K. Solubility of added phosphates in phosphate saturated soils. *Journal of the Soil Science Society of America*, Madison, 20: 7-11, 1972.
- BLACK, C.A. Phosphate fixation by kaolinite and other clays as effect by pH, phosphorus concentration, and time contact. *Journal of the Soil Science Society of America*, Madison, 7:123-33, 1943.
- CATANI, R.A. & PELLEGRINO, D. Avaliação da capacidade de fixação de fósforo. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 21:229-37, 1964.
- FASSBENDER, H.W. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fitotecnia Latinoamericana*, Caracas, 3:203-16, 1966.

- FASSBENDER, H.W. Phosphorus fixation in tropical soils. *Agricultural Research Digest*, Virginia, 18: 20-8, 1969.
- FASSBENDER, H.W. Estudio del fósforo en suelos de América Central: capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. *Turrialba*, San Jose, 19:497-505, 1969a.
- FASSBENDER, H.W. Retención y transformación de fosfatos en ocho latosoles de la amazonia del Brasil. *Fitotecnia Latinoamericana*, Caracas, 6:1-9, 1969b.
- FASSBENDER, H.W. *Química de suelos: con énfasis en suelos de América Latina*. Turrialba, IICA, 1975. 398p.
- FEITOSA, C.T. Influência de pH e teor de argila do solo na solubilização de fosfatos. Piracicaba, 1982. 118p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- FROTA, J.N.E. Fixação de fósforo em solos aluviais. *Ciência Agrônômica*, Porto Alegre, 3:89-94, 1973.
- HSU, P.H. & JACKSON, M. L. Inorganic phosphate transformations by chemical weathering in soils as influenced by pH. *Soil Science*, New Jersey, 90:16-24, 1960.
- HSU, P.H. Adsorption of phosphorus by aluminum and iron in soils. *Journal of the Soil Science Society of America*, Madison, 28:474-8, 1964.
- HSU, P.H. Fixation of phosphate by aluminum and iron in acid soils. *Soil Science*, New Jersey, 99:398-403, 1965.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis; advanced course*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1967. 498p.
- JENNY, H.V.J. & MARTIN, W.E. Greenhouse assay of fertility of California soils. *Hilgardia*, Berkeley, 20:1-8, 1950.

- KIEHL, E.J. & PORTA, A. *Análises de lixo e compostos*. Piracicaba, ESALQ, Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, 1980. 55p.
- LEAL, J.R. & VELLOSO, A.C.X. Adsorção de fosfato em latossolos sob vegetação de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira. Série Agronomia*, Rio de Janeiro, 8:81-8, 1973.
- LOPES, A.S. *Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162p.
- LOPES, A.S. & COX, F.R. Relação de características físicas, químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 3:82-8, 1979.
- MALAVOLTA, E. & PELEGRINO, D. Nota sobre algumas transformações do superfosfato radioativo em terra roxa. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 29:317-23, 1954.
- MEDINA, H.P. Constituição física. In: MONIZ, A.C., coord. *Elementos de pedologia*. São Paulo, EDUSP, 1972. 459p.
- MELLO, F.A.F.; KRUG, F.J.; CARREL, J.M.; LOPES, M.I.S.; GIRALDI, R.N.; NETO, V.L.F. Fixação de fósforo por um latossolo vermelho escuro-orto. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*. Piracicaba, 36:53-66, 1979a.
- MELLO, F.A.F.; COELHO, E.J.P.; PALHANO, J.B.; HENKLAIN, J.C.; NETO, L.C. Efeito do tratamento de um regossol com fosfato sobre a capacidade de fixação de fósforo do mesmo. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, 4:93-5, 1979b.
- MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.do; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J.C. *Fertilidade do solo*. São Paulo, Nobel, 1987. 400p.
- NELSON, W.L. & HANSEN, C.M. Methods and frequency of fertilizer application. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. *Changing patterns in fertilizer use*.

Madison, Soil Science Society of America, 1968. 466p.

- NOVAIS, R.F. & KAMPRATH, E.J. Phosphorus supplying capacity of previously heavily fertilized soils. *Journal of the Soil Science Society of America*, Madison, 42:931-5, 1978.
- RAIJ, B.van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. *Boletim Técnico. Instituto Agrônômico*, Campinas (81):1-31, 1983.
- RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- RODRIGUES, M.R.S. & MELLO, F.A.F. Fatores que afetam a fixação de fosfato nos solos do Estado de São Paulo. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 38:173-83, 1981.
- ROSAND, P.C. & WILD, A. Phosphate adsorption and immobilization characteristics of three soils from southern Bahia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17:1013-21, 1982.
- SANCHES, P.A. *Suelos del trópico; características e manejo*. Costa Rica, IICA, 1981. 634p.
- SAUNDERS, W.M.H. Phosphate retention by New Zealand soils and its relationship to free sesquioxides, organic matter and other soil properties. *Journal of Agricultural Research*, Washington, 8:30-57, 1965.
- SINGH, R.; MOLLER, M.R.F.; FERREIRA, W.A. Cinética de sorção de fósforo em solos dos trópicos úmidos da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 7:227-31, 1983.
- UDO, E.J.A. & UZU, F.O. Characteristics of phosphorus adsorption by some nigerian soils. *Journal of the Soil Science Society of America*, Madison, 36:879-83, 1972.

An.ESALQ, Piracicaba, 47(parte 1):177-191 1990 191

WILLIAMS, E.G.; SCOTT, N.M.; McDONALD, M.J. Soil properties and phosphate sorption. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, 9:551-9, 1958.

YOUNGE, O.P. & PLUNCKNETT, D.L. Quenching the high phosphorus fixation of Hawaiian latosols. *Journal of the Soil Science Society of America*, Madison, 30: 653-5, 1966.

---

Entregue para publicação em: 22/09/89

Aprovado para publicação em: 22/03/90