

CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE FOSFATOS EM LATOSSOLOS

FABIO OLIVIERI DE NOBILE¹, CLAUDIA CRISTINA PASCHOALETI² e LUIZ FABIANO PALARETTI³

¹Dr. Docente e Pesquisador, UNIFEB, Barretos-SP, fabio.nobile@unifeb.edu.br;

²Me., Procuradora Institucional, UNIFEB, Barretos-SP; claudia.paschoaleti@unifeb.edu.br;

³Dr. Docente e Pesquisador, Prof. Titular, UNESP, Jaboticabal-SP, luiz.f.palaretti@unesp.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: O conhecimento do comportamento dos óxidos de ferro e alumínio relacionados a complexidade da paisagem é de suma importância para planejar a melhor forma da utilização do fósforo, minimizando perdas ao máximo e custos com insumos agrícolas, assim, otimizando o potencial produtivo. O objetivo desse trabalho de conclusão de curso é avaliar as amostras de solo por meio de métodos laboratoriais, a sua capacidade máxima de adsorção de fósforo no solo do Planalto Ocidental Paulista, localizado no estado de São Paulo. Ao obter os resultados do difratograma de Raio-X, observou-se que entre 150 e 200 nm houve a presença de goethita, entre 200 e 400 nm a presença da hematita e entre 700 e 900 apresentaram os maiores picos, representados pela hematita e goethita. Os valores obtidos no suscetibilímetro mostraram nas tabelas que os Latossolos Vermelhos eutroféricos possuem solos bem mais oxidados que os Latossolos Vermelho distrófico, e as Isotermas confirmaram que a máxima adsorção de fósforo ocorreu nos Latossolo Vermelho Eutroférico.

PALAVRAS-CHAVE: adsorção, mineralogia, goethita, hematita.

EFFECTS OF STEEL SLAG ON AGRONOMIC CHARACTERS OF MAIZE

ABSTRACT: The knowledge of the behavior of iron and aluminum oxides related to the complexity of the landscape is of paramount importance to plan the best form of phosphorus use, minimizing losses to the maximum and costs with agricultural insum, thus optimizing the productive potential. The objective of this course completion work is to evaluate soil samples by laboratory methods, their maximum phosphorus adsorption capacity in the soil of the Western Plateau of São Paulo, located in the state of São Paulo. When obtaining the results of the X-ray diffractogram, it was observed that between 150 and 200 nm there was the presence of goethite, between 200 and 400 nm the presence of hematite and between 700 and 900 presented the highest peaks, represented by hematite and goethite. The values obtained in the suscetibilimeter showed in the tables that the eutrophic Red Oxisols have much more oxidic soils than the dystrophic Red Oxisols, and the Isotermas confirmed that the maximum phosphorus adsorption occurred in the Eutrophic Red Latosol.

KEYWORDS: fertilization, soil remediation, waste utilization, Zea mays

INTRODUÇÃO

A região do Planalto Ocidental Paulista situa-se essencialmente sobre as rochas do grupo Bauru, que é constituído por formações de rochas areníticas com predomínio da formação Vale do Rio do Peixe, e algumas manchas cimentadas por carbonato de cálcio, que possui atualmente uma área de aproximadamente 126.000 km² (Gomes, 2017).

Na maioria dos solos, o suprimento natural de fósforo é insuficiente às necessidades das culturas, e por isso, torna-se um dos principais fatores limitantes para a produção de alimentos (Coringa, 2007).

A forte afinidade do fósforo com os óxidos e hidróxidos de ferro (goethita e hematita) e de alumínio (gibbsita) do solo tende a reter o fósforo no sistema, tornando-o menos disponível as plantas. Solos com textura muito argilosa e alto conteúdo em óxidos apresentam elevada capacidade de adsorção de fosfato, a qual pressupõe ser diferenciada de acordo com as formas dos óxidos de ferro (Coringa, 2007).

Segundo Resende (2004), tendo em vista que uma fração relativamente pequena do P é aproveitada no primeiro ano, enquanto o restante permanece retido no solo, em formas de maior ou menor disponibilidade as plantas, na qual o efeito residual passa a ser um componente muito importante na avaliação agrônômica e econômica de práticas de adubação fosfatada.

O objetivo desse trabalho é analisar a capacidade máxima de adsorção do fósforo no solo, com amostras coletas do solo do Planalto Ocidental Paulista. Além de realizar as análises, esse trabalho tem o objetivo de caracterizar as principais causas da adsorção de fósforo no solo e apresentar técnicas de otimização para melhorar o manejo desse elemento utilizado abundantemente na agricultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos laboratórios pertencentes ao departamento CSME (Caracterização do Solo para Fins de Manejo Específico), dentro do Campus da Universidade Estadual São Paulo, localizada no município de Jaboticabal, nas quais as amostras foram utilizados amostras de Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) e Latossolo Vermelho distrófico (LVd). As amostras dos solos foram coletadas na profundidade de 0,0 – 0,20 m, de acordo com os procedimentos analíticos descritos pela Embrapa (2009).

Foi realizada a caracterização dos principais minerais da fração argila, ou seja, hematita (Hm), goethita (Gt), caulinita (Ct) e gibbsita (Gb) por difratometria de raios-X, através do método do pó após a concentração dos óxidos de ferro, de acordo com (Norrish e Taylor, 1961) e desferriificação da fração argila pelo método de Mehra & Jackson (1960).

O cálculo do teor de substituição isomórfica do ferro pelo alumínio na Gt foi obtido pela equação de Schulze (1984). A área de superfície específica (ASE) da Gt foi estimada segundo Schulze & Schwertmann (1984). O diâmetro médio do cristal (DMC) da Hm e Gt foi calculado a partir da largura à meia altura (LMA) e da posição dos reflexos dos minerais utilizando a equação de Scherrer (Schulze, 1984). Foi determinada a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) nos respectivos solos, seguindo a metodologia descrita por Alvarez et al. (2000). Baseando em (SILVA, 2016) a suscetibilidade magnética (SM) foi determinada na TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) no laboratório utilizando equipamento Bartington MS2, acoplado ao sensor Bartington MS2B.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e quando significativos, foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para o fator solos e regressão polinomial para doses (CMAP). Os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados escolhendo os modelos significativos e com maior coeficiente de determinação (R²).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, a quantidade de Fe₂O₃ presente nos LVef foi de 211,3 g kg⁻¹, já nos LVd, a quantidade foi de apenas 30,8 g kg⁻¹, indicando que os Latossolos Vermelhos Eutroféricos são bem mais oxídicos comparados com LVd.

Tabela 1. Conteúdo de ferro total, matéria orgânica (MO), granulometria e valores de suscetibilidade magnética (SM) dos solos Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) e Latossolo Vermelho distrófico (LVd).

Solos	Fe ₂ O ₃	MO	Areia	Silte	Argila	SM
	g kg ⁻¹	g dm ⁻³				
LVef	211,3	37	438	78	485	71,71
LVd	30,8	8	432	150	416	1,04

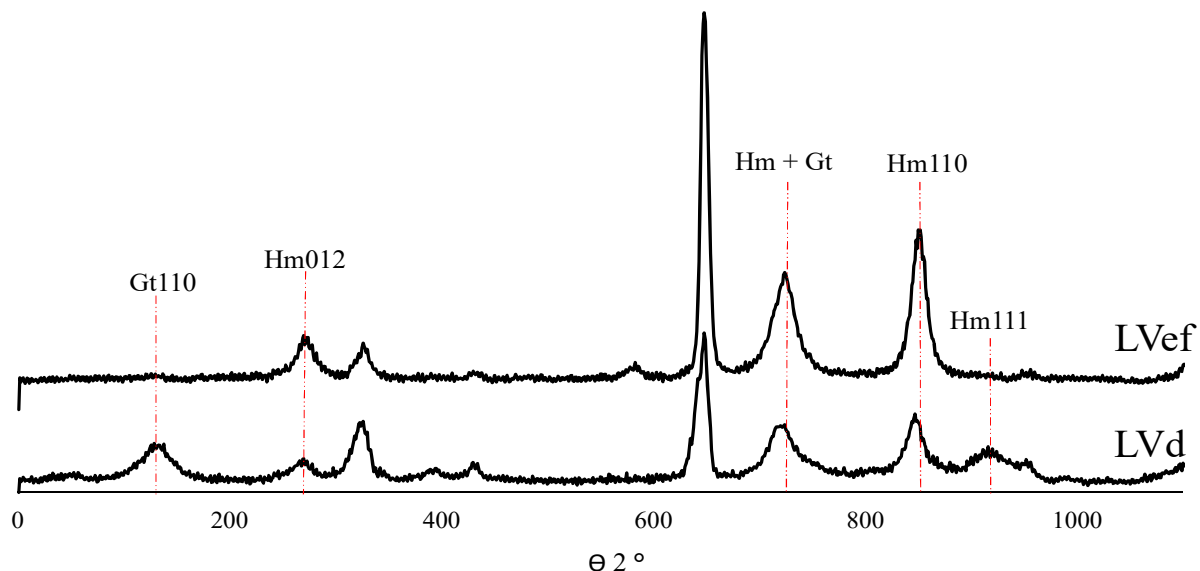
SM: Suscetibilidade magnética, MO: matéria orgânica

A presença da matéria orgânica (MO) pode favorecer o aumento da suscetibilidade magnética (SM), uma vez que proporciona condições favoráveis para a redução do ferro, na qual dificulta a transformação de magnetita em hematita, que tem menos expressão magnética nos solos. A MO é a principal fonte orgânica ativa presente no solo, sua interação com o fósforo ocorre devido a matéria orgânica possuir a maior parte de cargas negativas, porém ela também possui cargas positivas, ocorrendo troca de cargas iônicas com o fósforo que possui cargas negativas. Com a mineração da matéria orgânica o fósforo orgânico vai ser liberado por solo, podendo ocorrer adsorção.

Na Figura 1, estão apresentadas as variáveis de importância para projeção (VIP). O difratograma de raio X, conforme indicado pelo tamanho dos picos, referentes aos óxidos de ferro Hm e Gt, que para ambos os solos a

Hm e Gt são os óxidos de Fe presente nos solos. Entretanto, os maiores picos e bem definidos no LVef, indica que esse solo é mais oxidico se comparado ao LVd. Esse comportamento revela diferente potencial de adsorção de P, o que reflete em dose específicas de adubações fosfatadas.

Figura 1: Difratoograma de raios X da fração argila concentrada em óxidos de hematita e goethita para os Latossolo Vermelho eutroférico e Latossolo Vermelho distrófico.



Na Tabela 2 abaixo, estão apresentados os valores encontrados no Difratorômetro de Raio-X, onde passou por uma faixa de leitura do de $^{\circ}2\theta$, e os demais valores foram calculados segundo a sua classificação apresentada.

Tabela 2. Atributos cristalográfico dos óxidos de hematita (Hm) e goethita (Gt) dos solos Latossolo Vermelho eutroférico e Latossolo Vermelho distrófico.

Solo	LMA				ASE		SI		Teor		Relação	
	Gt ₁₁₀	Gt ₁₁₁	Hm ₁₁₀	Hm ₀₁₂	Gt	Hm	Gt	Hm	Gt	Hm	Ct/(Ct+Gb)	
LVef	0,71	0,39	0,26	0,32	206	40	21	14	35	75	0,42	
LVd	0,51	0,79	0,22	0,25	145	37	15	4	10	29	1,00	

LMA: largura à meia altura; ASE: área de superfície específica; SI: substituição isomórfica

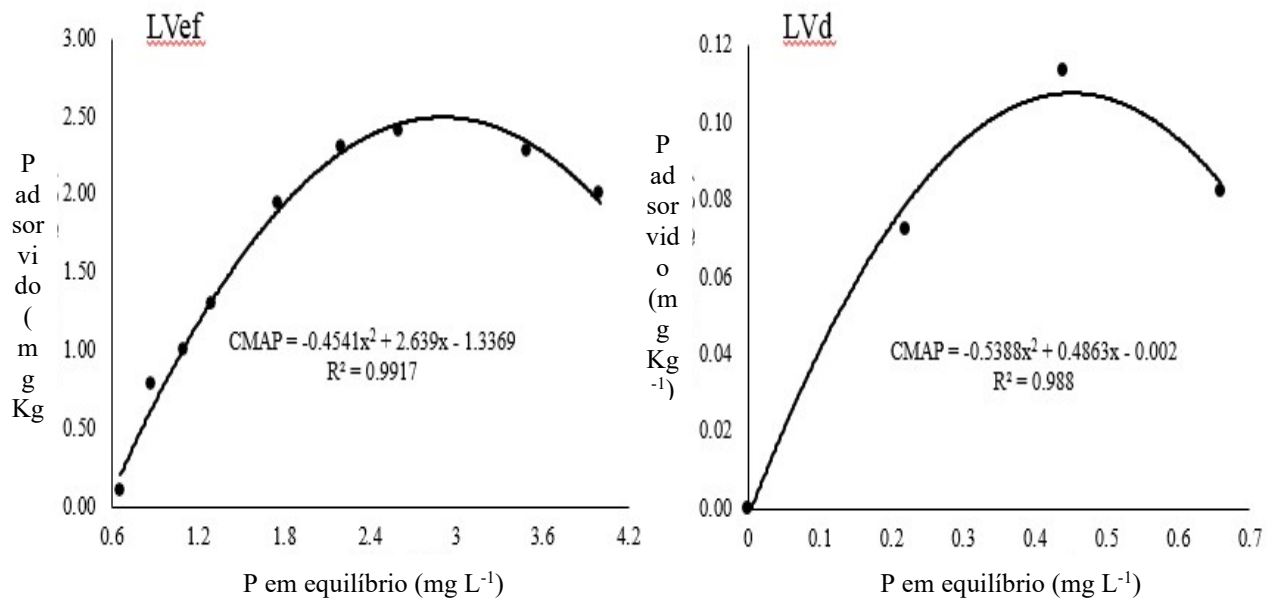
O LMA representa a largura a meia altura do mineral, na qual revela que quanto menor for o LMA, mais cristalizado é o mineral. Segundo a Tabela 2, a hematita apresentou os menores valores de LMA em relação a goethita. A hematita é um óxido de ferro seletivo ao ambiente de formação, pois ela varia menos no espaço, já a goethita, quando formada em solução do solo, varia mais no espaço, a Tabela 1 nos confirma essa informação.

Quanto maior a área de superfície específica (ASE) do mineral, maior o contato com o fósforo no solo, a ASE da goethita (Gt) apresentou valores maiores em relação a hematita (Hm). Isso permite dizer que a análise do raio-X comprovou que ela é um dos principais minerais do solo responsáveis pela adsorção de fósforo no solo.

A substituição isomórfica (SI) indica a entrada de Al ou de um outro elemento químico no mineral, segundo a literatura a goethita (Gt), principalmente em solos tropicais sempre sofre maior SI do que a hematita (Hm), os valores da Gt são sempre maiores comparados ao da Hm. Quanto maior a substituição isomórfica, menor é o tamanho do mineral. A Tabela 2, revela que o Latossolo Vermelho distrófico houve bem menos substituição isomórfica em relação ao Latossolo Vermelho Eutroférico, logo, com uma maior SI, gera mais cargas, ocorrendo maior adsorção de fósforo no solo.

Como podemos observar na Figura 2 os LVd apresentam baixos teores de óxido de ferro, promovendo uma menor capacidade de adsorver fósforo, já os LVef possuem altos teores de óxido de ferro, ocorrendo maior capacidade de adsorver fósforo no solo.

Figura 2: Comparação entre os gráficos das Isotermas da Capacidade Máxima de Adsorção do Fósforo.



De uma forma prática as Isotermas revelam que os solos apresentam capacidades diferentes de adsorver fósforo no solo, logo, necessitam de aplicações diferentes quando ocorrer a aplicação de fertilizantes fosfatos no solo de áreas agrícolas. A negligência dessa informação pode gerar problemas ambientais e encarecer a prática da adubação fosfatada, uma vez que, os Latossolos Vermelhos Eutroféricos necessitam de maiores concentrações, ou seja, maiores doses de fósforo aplicados do que Latossolos Vermelhos Distrófico, como podemos observar na Figura 2.

Com essa comparação entre as Isotermas, podemos afirmar que o LVef apresenta uma maior capacidade de adsorver fósforo em relação ao LVd

CONCLUSÃO

1. Os solos apresentam mineralogia da fração argila constituída por gibbsita, goethita, hematita e caulinita em diferentes proporções.
2. Ao compararmos os dois latossolos analisados, observou-se que que o Latossolo Vermelho eutroférico apresentou uma capacidade máxima de adsorver fósforo 22,5 vezes mais do que o Latossolo Vermelho distrófico.
3. Analisando os constituintes mineralógicos da fração argila, observou-se que LVef com elevados teores de alumínio e ferro apresentam maior capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), assumindo (2,48 mg kg⁻¹) em relação ao LVd (0,11 mg kg⁻¹).
4. Os valores de suscetibilidade magnética (SM) diferenciaram os solos estudados, assim, a SM pode ser utilizada na quantificação indireta das doses recomendadas e da capacidade de suporte do solo à aplicação de fósforo.
5. Colocando em prática os estudos realizados por este trabalho, pode-se diminuir gradativamente os impactos ambientais que o fósforo pode causar em áreas próximas a aplicação de fertilizantes fosfatados.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V.H. ET AL. Determinação e uso do fósforo remanescente. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 21-32, 2000.
- GOMES, R. P. Gênese, Mineralogia e Dinâmica do Fósforo nos Solos do Planalto Ocidental Paulista. 2017. Tese (Mestrado em Agronomia). UNESP. Jaboticabal. 2017.
- CORINGA, J. E. S. Adsorção de Fósforo em Solos do Cerrado. (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso. Cuibá. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removed from soils and clays by dithionitecitrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*, New York, v. 7, p. 1.317-1.327, 1960.

RESENDE, A. V. et al. Fontes e Modos de Aplicação de Fósforo para o Milho em Solo Cultivado da Região do Cerrado. *Solo*, UFLA – Universidade Federal de Lavras. , março 2006.

SCHULZE, D. G. The Influence of aluminum on iron oxides. VIII. Unit-cell dimensions of Al-substituted goethites and estimation of Al from them. *Clays and Clay Minerals*, Aurora, v. 32, p. 36-44, 1984.

SCHWERTMANN, U.; SCHWERTMANN, N. Properties of goethite and hematite in kaolinitic soils of Southern and Central Brazil. *Soil Science*, Philadelphia, v. 139, p. 344-350, 1984.

SILVA., B. Operation manual for MS2. Magnetic susceptibility system. Bartington. Disponível em: <<http://www.bartington.com/Literaturepdf/Operation%20Manuals/om0408%20MS2.pdf>>. Acesso em: 16 julho 2018.