



Capacidade máxima de adsorção de fósforo em solos do nordeste do estado de São Paulo⁽¹⁾

**Laércio Santos Silva⁽²⁾; José Marques Júnior⁽³⁾
Angélica Santos Rabelo de Souza Bahia⁽⁴⁾; Livia Arantes Camargo⁽⁵⁾; Gener Tadeu Pereira⁽⁶⁾**

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da FAPESP.

⁽²⁾Estudante de Mestrado; Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP; Jaboticabal, SP; laerciosantos18@gmail.com; ⁽³⁾Professor Dr; FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; marques@fcav.unesp.br; ⁽⁴⁾Estudante de Doutorado; FCAV/UNESP; Jaboticabal, SP; angelicasantosrabelo@yahoo.com.br; ⁽⁵⁾Estudante de Pós-doutorado; FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; li_arantes@yahoo.com.br; ⁽⁶⁾Professor Dr; FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; genertp@fcav.unesp.br.

RESUMO: A capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) é um parâmetro bastante útil para caracterizar a força de retenção de fósforo (P) aos compartimentos do solo, os quais tornam o fósforo parcial ou totalmente indisponível as plantas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a CMAP em cinco tipos de solo do nordeste do estado de São Paulo. Uma malha de amostragem regular com 371 pontos foi instalada na área experimental de 870 ha. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0,00-0,20 m. Foram realizadas as análises para obtenção dos teores de argila, areia, silte, matéria orgânica, ferro ditionito e oxalato, bem como a determinação do teor de P e da CMAP. A classe dos Latossolos apresentaram os maiores valores de CMAP associados à mineralogia, textura e à presença de matéria orgânica. Para o Neossolo, a CMAP é condicionada pela presença de matéria orgânica.

Termos de indexação: Langmuir, capacidade de adsorção de fósforo, óxidos de Fe e Al.

INTRODUÇÃO

Os Latossolos são a classe de solo de maior ocorrência no território brasileiro, caracterizados por avançado processo pedogenético, quantidade reduzida de espécies minerais, cargas de superfície variáveis, alta CTA (Volkswiss & Rajj, 1977) e, também pela acentuada retenção de grupos aniônicos, principalmente fosfato. O fósforo, muitas vezes, pode ocorrer em quantidade significativa no solo para obtenções de alta produtividade agrícola. Contudo, em condições de pH elevado, a carga líquida dos óxidos de ferro, alumínio e a caulinita é preferencialmente positiva, com alta afinidade pelo ânion fosfato, os quais retêm por ligação covalente P em superfície. Estudos têm reportado sobre a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) aos óxidos de ferro e alumínio, concluindo que a adsorção de P está intimamente relacionada à área superficial do óxido (Fontes & Weed, 1996) e com o

seu grau de cristalinidade. As reações de adsorção de P são dinâmicas, sendo assim, uma pequena parcela do fósforo adsorvido torna-se reversível, fenômeno conhecido com histerese, ou seja, a quantidade de fósforo desorvida é inferior à quantidade adsorvida (Souza et al. 2006), conseqüentemente, menos P na solução do solo para suprir as necessidades nutricionais da planta. Desta forma, o solo perde a função de fonte de P para as plantas e, desempenha papel de dreno, fixando o P na fase sólida, configurando um fator limitante para a produtividade agrícola do Brasil (Novais et al., 2007).

O conhecimento dos atributos do solo que influenciam na adsorção de P é de extrema importância para o aprimoramento do diagnóstico da sua dinâmica no solo e de sua disponibilidade para os vegetais. Os principais atributos que coordenam esse fenômeno de adsorção são: mineralogia da fração argila, textura e matéria orgânica (Camargo et al., 2013).

A matéria orgânica, em razão do caráter ambivalente pode adsorver ou bloquear o sítio de adsorção do P dos compartimentos do solo. Durante a decomposição da matéria orgânica, ácidos carbônicos podem solubilizar os minerais que contêm P na sua estrutura; à formação de complexo com húmus favorece a disponibilidade de P as plantas; aumento de ânions orgânicos que competem com o fosfato pelo sítio de adsorção também reduz a adsorção de P, e ainda, os húmus podem formar camadas ao redor dos óxidos de Fe e Al diminuindo a força de adsorção (Aquino, 2004). Por outro lado, o caráter aniônico da matéria orgânica possibilita a adsorção de cátions como Fe, Al e Ca que por reações de eletrostáticas o P pode ser adsorvido (Sanyal & De Datta, 1991).

Outro atributo de natureza física que influencia na CMAP é a granulometria, quanto menor o tamanho das partículas minerais, maior a superfície específica de contato, conseqüentemente, maior adsorção de P, sendo assim, a preferência de adsorção de P pelas frações granulométricas segue a seguinte ordem: argila > silte > areia fina > areia



grossa. Por esta razão, considerando apenas o tamanho das partículas, os solos argilosos, como os Latossolos, apresentam maior adsorção de P, enquanto que nos Neossolos a adsorção é baixa, devido à predominância de minerais na fração areia e silte (Novais & Smyth, 1999).

O mecanismo de adsorção pode ser descrito matematicamente por meio de isotermas que quantificam a adsorção de solutos à superfície de sólidos (Bohn et al, 1985). O modelo de Langmuir tem sido o mais eficiente para comparar a CMAP com as propriedades químicas, físicas e mineralógicas do solo. A equação de Langmuir fornece a CMAP e possibilita calcular a constante de energia de adsorção e correlacionar com atributos do solo (Novais & Smyth, 1999). Sendo assim, permite compreender a natureza dos processos de retenção de P no solo.

A partir do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) de cinco solos (Latossoilo Vermelho eutroférico, Latossoilo Vermelho distroférico, Latossoilo Vermelho distrófico, Latossoilo Vermelho-Amarelo distrófico e Neossoilo Quartzarênico órtico distrófico) em uma área do nordeste do estado de São Paulo e buscar atributos do solo que melhor se correlacionam com a CMAP.

MATERIAL E MÉTODOS

A área selecionada localiza-se no nordeste do Estado de São Paulo, no Município de Guataporã, em uma unidade experimental da Usina São Martinho. As coordenadas geográficas são 21°24'17"S e 48°09'46"W, com altitude média de 640 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico com inverno seco (Cwa), precipitação média de 1400 mm e chuvas concentradas de novembro a fevereiro. A vegetação natural era constituída por floresta tropical subcaducifólia, sendo o uso atual cultivo de cana-de-açúcar com sistema de colheita mecanizada. Os solos da área foram classificados como Latossoilo Vermelho eutroférico (LVef), Latossoilo Vermelho distroférico (LVdf), Latossoilo Vermelho distrófico (LVd), Latossoilo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) e Neossoilo Quartzarênico órtico distrófico (RQod).

Uma malha de amostragem regular com 371 pontos foi instalada na área experimental de 870 ha. Foram coletadas amostras na camada superficial de 0,00-0,20 m, sendo logo após secas ao ar, moídas e peneiradas a 2 mm. Em seguida, foi realizada a análise granulométrica (Embrapa, 1997) e químicas de teor de matéria orgânica (Tedesco et al., 1995), teores de ferro ditionito (Mehra & Jackson, 1960) e oxalato (Schwertmann, 1964), bem como a determinação da CMAP. Na determinação da CMAP foram utilizados 2,0 g de solo transferidos para

tubos de centrífuga de 50 mL de capacidade. Foram adicionados 20 mL de solução de CaCl_2 0,005 mol L^{-1} contendo concentrações crescentes de P na forma de KH_2PO_4 (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 mg L^{-1} de P no solo), na relação solo: solução 1:10. Estes foram mantidos por 16 h em agitador. O fósforo foi analisado no sobrenadante para determinação da quantidade adsorvida. Os valores da CMAP foram avaliados e ajustados à isoterma de adsorção, estimada pela equação de Langmuir.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A isoterma de adsorção de fósforo demonstra que CMAP aumenta com a concentração da solução de equilíbrio. Embora os solos não tenham sido comparados estatisticamente, os valores de CMAP obedecem à seguinte ordem decrescente do valor absoluto de CMAP: LVef > LVdf > LVd > LVAd > RQod, de acordo com a isoterma de Langmuir (Figura 1). As variações de adsorção de P para os solos estudados são atribuídas à composição mineralógica, características físicas e à influência de alguns componentes que participam da retenção de fósforo no solo, como a matéria orgânica.

Capacidade Máxima de Adsorção de Fósforo

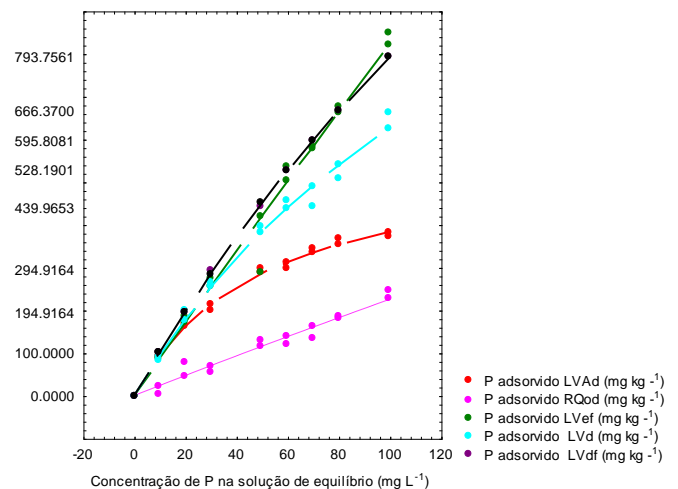


Figura 1- Capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) obtida pela isoterma de Langmuir para os solos estudados.

Observou-se, de maneira geral, que as classes de solo LVef e LVdf apresentaram maior adsorção de P em razão da própria constituição mineralógica (Figura 2). Para as classes de solo com maior teor de ferro na forma cristalina (ferro ditionito, Fed), a qual expressa o teor total de Fe pedogenético, foram as que apresentaram maior adsorção de P. Entretanto, Hernández e Meurer (1998) verificaram em solos do Uruguai que a maior capacidade de adsorção de P ocorreu em solos com



predominância das formas de ferro de baixa cristalinidade.

Segundo Bahia Filho et al. (1983), a goethita tem sido considerada como o principal componente da fração argila responsável pela adsorção de P em solos em estado avançado de intemperismo, como, por exemplo, do Brasil Central. A gibbsita também desempenha importante papel na adsorção de P, no obstante, menos afetiva quando comparada à goethita. Porém, devido sua maior ocorrência nos Latossolos brasileiros, torna-se importante o estudo de adsorção de P, podendo superar os óxidos de ferro (Curi et al., 1988).

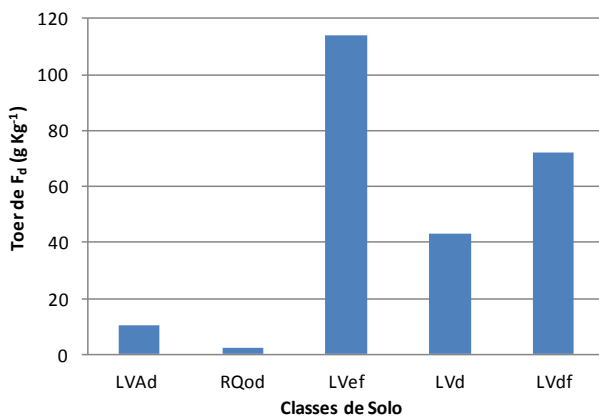


Figura 2 - Teores de ferro ditionito (Fed) em cinco classes de solos.

A textura do solo também influencia na adsorção de P, e isolando os demais fatores de adsorção desse mineral, a maior adsorção de fosfato segue a seguinte ordem textural: argila > silte > areia fina > areia grossa. Nota-se que, LVef e LVdf são solos mais argilosos (Figura 3) consequentemente, maior área específica de adsorção de íons fosfato. Enquanto os LVd e LVAAd são mais arenosos dentro das classes de Latossolos estudados. Sá Jr. et al. (1968) avaliando a retenção de fósforo em 17 solos de Pernambuco, também verificaram que os valores da CMAP foram maiores para os solos com textura argilosa, enquanto que os com textura arenosa apresentaram valores menores.

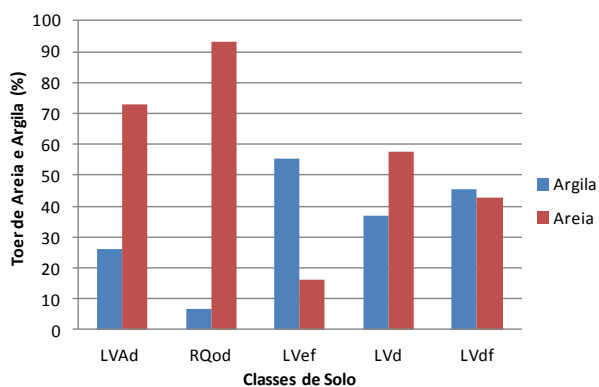


Figura 3 – Teores de areia e argila em cinco classes de solos do estado de São Paulo.

O aporte de matéria orgânica (MO) também afetou as reações de adsorção de ânions fosfatos, possivelmente devido aos compostos húmicos que compartilham as valências dos cátions Al³⁺ e Fe²⁺, promovendo pontes com os íons fosfatos (MOREIRA et al., 2006). Para as classes LVef e LVdf, o teor de matéria orgânica provavelmente teve maior contribuição para LVdf, haja vista que o teor de Fed e de argila são menores se comparados com LVef. Este incremento favoreceu a CMAP ser semelhante à LVef.

Para as classes de Latossolos, LVAAd e LVd com textura arenosa, apresentaram menor valor de CMAP provavelmente devido ao menor teor de argila e Fed. Neste caso, o incremento da matéria orgânica não foi expressivo no mecanismo de adsorção. Entretanto, comparando as duas classes, LVd apresenta 4 vezes mais Fed do que LVAAd refletindo na maior CMAP. Analisando todas as classes de Latossolos estudadas, observa-se que a magnitude de adsorção de P pode variar dentro de uma mesma mineralogia, sendo afetada positivamente pela qualidade e teor da argila (Falcão & Silva, 2004).

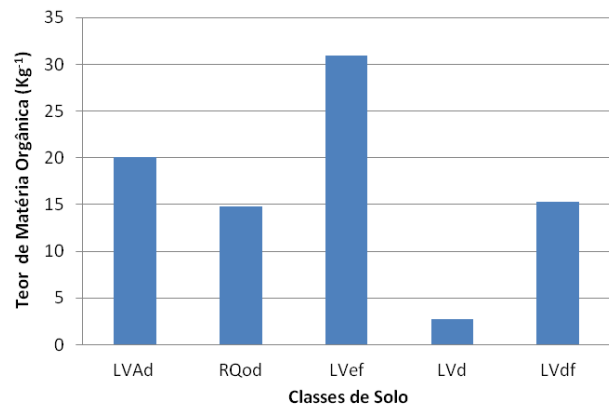


Figura 4 – Teores de matéria orgânica (MO) em cinco classes de solos.

Analisando-se os valores de CMAP para RQod (Figura 1), observa-se uma baixa capacidade de retenção de fósforo, haja vista que, os processos pedogenéticos não foram intensos ou suficientes para promover o seu desenvolvimento. Os Neossolos quartzarênicos são arenosos com predomínio de minerais nas frações areia e silte, presença de minerais resistentes ao intemperismo como quartzo, quimicamente são ácidos e baixa CTC, com soma de base raramente ultrapassando 1 cmol_c Kg⁻¹, e consequentemente, baixos teores de ferro cristalino (Figura 2). O baixo teor de argila justifica a baixa CMAP quando comparado com a classe de Latossolos, contudo, percebe-se que a



presença de matéria orgânica (Figura 4), colaborou para uma pequena adsorção de fósforo que pode ser explicado pelo caráter aniônico da matéria orgânica formando pontes de cátions com Fe e Al e, por meio dessas pontes, o fósforo seria adsorvido. Este resultado é semelhante ao obtido por Souza et al. 2006.

Portanto, pode-se inferir que a adsorção de P é um processo complexo e ainda demanda mais estudos, com objetivo de elucidar este fenômeno, uma vez que diversos componentes intrínsecos e extrínsecos do solo controlam a dinâmica de adsorção de fósforo.

CONCLUSÕES

Os maiores valores de CMAP foram associados à mineralogia, textura e à presença de matéria orgânica, sendo que a maior adsorção de P deve-se ao maior teor de óxidos de ferro presentes nos solos. Em solos menos intemperizados, a CMAP é resultante da presença de matéria orgânica.

REFERÊNCIAS

AQUINO, B. F. Conceitos fundamentais em fertilidade do solo. Fortaleza: UFC, 2004.182p. Apostilas Didáticas.

BOHN, H.; MCNEAL, B.; O'CONNOR, G. Soil Chemistry. Toronto: John Wiley, 1985.

BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.; RESENDE, M. & RIBEIRO, A.C. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de Latossolos do Planalto Central. R. Bras. Ci. Solo, 7:221-226, 1983.

CAMARGO, L. A.; MARQUES JR, J.; PEREIRA, G. T.; ALLEONI, L. R. F. Spatial correlation between the composition of the clay fraction and contents of available phosphorus of an Oxisol at hillslope scale, Catena, Amsterdam, v. 100, n. 1, p. 100- 106, 2013.

CURI, N.; CAMARGO, O.A.; GUEDES, A. & SILVEIRA, J.V. Sorção de fósforo em materiais de Latossolos do Brasil sudeste. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., Rio de Janeiro, 1988. Anais. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS/SBCS, 1988. p.267-282.

FALCÃO, N.P.S.; SILVA, J.R.A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. Acta Amazônica, Manaus, v.34, n.3, p. 337-342, 2004.

FONTES, M.P.F.; WEED, S.B. Phosphate adsorption by clays from Brazilian Oxisols: relationships with specific surface area and mineralogy. Geoderma, Amsterdam, v.72, p.37-51. 1996.

HERNÁNDEZ, J.; MEURER, E.J. Adsorção de fósforo e sua relação com fomas de ferro em dez solos do Uruquai. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.22, p.223-230, 1998.

MOREIRA, F.L.M.; MOTA, F.O.B.; CLEMENTE, C.A.; AZEVEDO, B.M.; E BOMFIM, G.V. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.37, n.1, p.7-12, 2006.

NOVAIS, R.F. & MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.276-374.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

Sá Jr., J.P.N. Gomes, I.F., Vasconcelos, A.L. de. 1968. Retenção de fósforo em solos da Zona da Mata de Pernambuco. Pesq. agropec. bras., 3:183:188.

SOUZA, R.F.; FAQUIN, V.; TORRES, P.R.F. & BALIZA, D.P. Calagem e adubação orgânica: Influência na adsorção de fósforo em solos. R. Bras. Ci. Solo, 30:975-983, 2006.

SANYAL, S.K.; De DATTA, S.K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. Advances in Soil Science, New York, v.16, p.1-120, 1991.

VOLKSWEISS, S.; RAIJ, B. van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: FERRI, M. G., (Coord.) SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: BASES PARA UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., 1977, Belo Horizonte. Anais... São Paulo: Universidade de São Paulo, 1977. p. 317-332.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5.)

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soil and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Minerals, Washington, D.C., V.5, p.317-327, 1960.

SCHWERTMANN, U. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammonium-Oxalat Lösung. Z. Pflanzenernahr. Bodenkd. 105:194-202, 1964.