



## Atributos eletroquímicos de um Latossolo influenciados pelo fósforo e silício<sup>(1)</sup>

**Bruno Teixeira Ribeiro<sup>(2)</sup>; Elisabeth Candioto Garcia<sup>(3)</sup>; Enio Tarso de Souza Costa<sup>(4)</sup>; Camila Silva Borges<sup>(3)</sup>; Isabelle Marian Lacorte<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da FAPEMIG (Processo APQ 04520-2010) e apoio da Universidade Federal de Uberlândia para participação no evento.

<sup>(2)</sup> Professor; Universidade Federal de Uberlândia; Uberlândia, MG; btribeiro@iciag.ufu.br; <sup>(3)</sup> Estudante-bolsista (PIBIC/CNPq); Universidade Federal de Uberlândia; <sup>(4)</sup> Professor, Universidade Federal de Uberlândia.

**RESUMO:** Considerando a importância dos atributos eletroquímicos do solo em aspectos agrônômicos e ambientais, conduziu-se este trabalho objetivando avaliar o efeito do P, Si e P+Si no ponto de efeito salino nulo (PESN) e potencial elétrico de superfície de um Latossolo Vermelho Distrófico. Amostras da camada 0-20 cm, passadas em peneira de 2 mm, foram tratadas, em condições laboratoriais, com as seguintes doses de P e Si (individual e competitiva): 0 (controle); 1,04; 2,08; 4,16 e 8,32 mmol kg<sup>-1</sup>. As fontes de P e Si foram KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e CaSiO<sub>3</sub>, respectivamente. Após um período de 30 dias de incubação com umidade constante (0,25 g g<sup>-1</sup>), as amostras foram secas ao ar e, posteriormente, determinado o PESN pelo método da titulação potenciométrica e estimado o potencial elétrico de superfície. A adição de P tornou o solo mais eletronegativo e reduziu o PESN. A adição de Si, na forma de CaSiO<sub>3</sub>, tornou o solo menos eletronegativo e aumentou o PESN.

**Termos de indexação:** cargas superficiais, fosfatagem, CTC

### INTRODUÇÃO

A eletroquímica das partículas que compõe o solo exerce grande influência em aspectos de importância agrônômica e ambiental, como: efeito na capacidade de troca de cátions e ânions (Gillman, 1985); na dispersão/floculação da argila (Chorom & Rengasamy, 1995); na capacidade sortiva de elementos e substâncias poluentes (Clausen et al., 2001; Appel & Ma, 2002).

O ponto de efeito salino nulo (PESN) representa o valor de pH do solo no qual a carga líquida do próton (diferença entre o número de H<sup>+</sup> e de OH<sup>-</sup> adsorvidos) não varia com a concentração salina. Valores de pH próximos do PESN podem indicar um potencial elétrico de superfície (mV) próximo de zero. Quando o pH do solo está acima de seu PESN, ocorre dissociação das hidroxilas presentes na matéria orgânica e nas arestas dos argilominerais. Nessa situação, tem-se predomínio de cargas negativas, causando aumento da repulsão entre os coloides, diminuição da retenção

de ânions ou moléculas aniônicas e contribuindo para a capacidade de troca de cátions. Porém, quando o pH do solo for inferior ao seu PESN, ocorre a protonação das hidroxilas, tendo-se um predomínio de cargas positivas, contribuindo para a capacidade de troca aniônica (Alleoni et al., 2009).

A prática da adubação fosfatada e uso do silício são comuns na agricultura brasileira. Estudos envolvendo o P são especialmente importantes em razão da sua elevada adsorção em solos tropicais altamente intemperizados (Motta et al., 2002). O Si, comumente aplicado na forma de silicatos de cálcio e escórias, apresenta reação no solo semelhante ao calcário (Matichenkov & Bocharnikova, 2001). Além disso, o ânion silicato pode competir com o fosfato pelos mesmos sítios de adsorção, podendo aumentar a disponibilidade de P na solução do solo (Pozza et al., 2007).

Diante disso, pretende-se com este trabalho contribuir com o entendimento da influência da interação entre P e Si na eletroquímica do solo. Objetivou-se, então, determinar o PESN e potencial elétrico de superfície de um Latossolo Vermelho Distrófico tratados com diferentes doses de P, Si e P+Si.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras da camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho Distrófico. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de abertura de 2 mm. Em 200 g desse material de solo, acondicionados em potes plásticos, estabeleceram-se os seguintes tratamentos (em triplicata):

- 1: Controle
- 2: 1,04 mmol kg<sup>-1</sup> de P
- 3: 2,08 mmol kg<sup>-1</sup> de P
- 4: 4,16 mmol kg<sup>-1</sup> de P
- 5: 8,32 mmol kg<sup>-1</sup> de P
- 6: 1,04 mmol kg<sup>-1</sup> de Si
- 7: 2,08 mmol kg<sup>-1</sup> de Si
- 8: 4,16 mmol kg<sup>-1</sup> de Si
- 9: 8,32 mmol kg<sup>-1</sup> de Si
- 10: 1,04 mmol kg<sup>-1</sup> de P e Si
- 11: 2,08 mmol kg<sup>-1</sup> de P e Si



12: 4,16 mmol kg<sup>-1</sup> de P e Si  
13: 8,32 mmol kg<sup>-1</sup> de P e Si

As fontes de P e Si foram KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e CaSiO<sub>3</sub>, respectivamente. Após a mistura desses sais com o material de solo, as amostras permaneceram incubadas por 30 dias com umidade equivalente a 0,25 g g<sup>-1</sup>. Após o período de incubação, as amostras foram secas e armazenadas para determinação do ponto de efeito salino nulo (PESN).

O PESN foi determinado por titulação potenciométrica, tendo como base as metodologias de Rajj (1973) e Zelazny et al. (1996), com modificações descritas na sequência. Em tubos de centrífuga com capacidade para 50 mL, contendo 2 g de solo, foram adicionados 20 mL de solução com duas forças iônicas (5 mM e 50 mM) e com sete valores de pH (2,0 até 11,0). Utilizaram-se para o preparo das soluções os seguintes reagentes: HCl, NaOH e NaCl. As amostras foram agitadas em agitador horizontal por 4 horas e, logo após, deixadas em descanso por 24 horas. Após esse período, as amostras foram centrifugadas e determinado o pH do sobrenadante. Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

Os valores do pH do sobrenadante foram plotados em função da densidade de cargas superficiais de prótons (mmol kg<sup>-1</sup>), para cada força iônica e pH, de acordo com Sparks (2003).

O PESN foi determinado graficamente a partir do ponto de intersecção das duas curvas de titulação potenciométrica. Com base no PESN, foram determinados os valores de potencial elétrico utilizando-se a equação simplificada de Nernst (Rajj & Peech, 1972), como apresentada abaixo:

$$\psi_o = 59,1(\text{PESN} - \text{pH}) \quad (1)$$

Em que:

$\psi_o$  = potencial elétrico (mV);

PESN = ponto de efeito salino nulo;

pH = valor de pH da suspensão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PESN do Latossolo decresceu com as doses de P adicionadas (Figura 1a). No tratamento controle (sem adição de P) o PESN foi 4,2. Esse valor encontra-se próximo a média dos valores encontrados para Latossolos brasileiros (Silva et al., 1996). Quando foi aplicada a maior dose de P (8,32 mmol kg<sup>-1</sup> ou 258 mg kg<sup>-1</sup>) o PESN foi reduzido para 3,6. Do tratamento controle (P = 0 mmol kg<sup>-1</sup>) para a maior dose de P (8,32 mmol kg<sup>-1</sup>) a redução do PESN foi bem ajustada ao modelo  $y=(a+x)/(b+cx)$ . Em amostras da fração argila de um Latossolo Vermelho Distroférico e de um Gleissolo Melânico, o ponto de carga zero (PCZ) reduziu

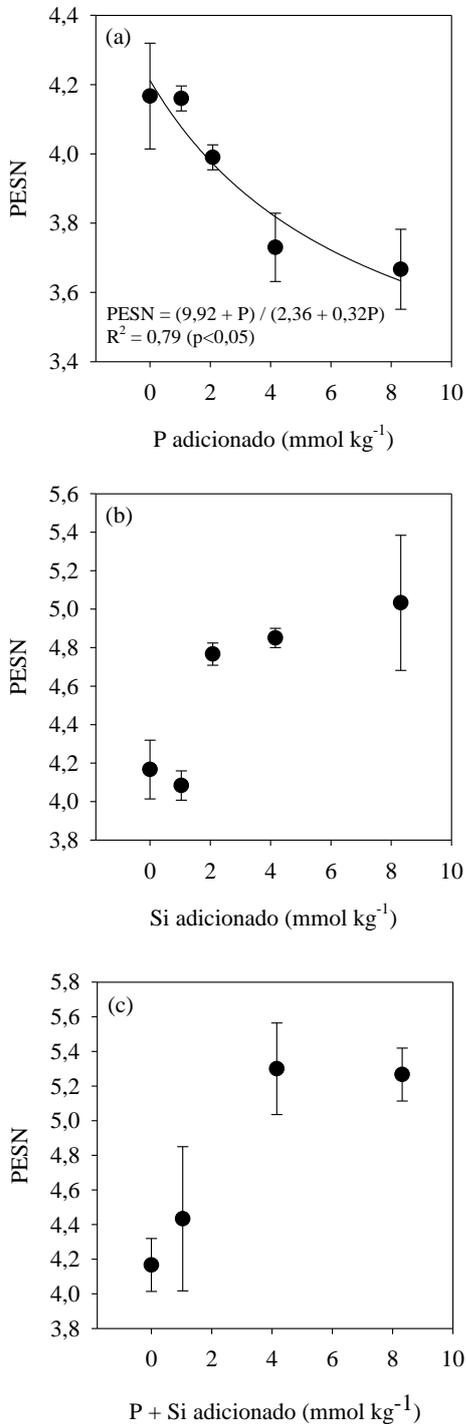
exponencialmente com a quantidade de P adsorvida (Ribeiro et al., 2011).

A redução do PESN com as doses de P pode ser explicada pela adsorção específica do ânion fosfato nas partículas minerais do solo, tornando-as mais eletronegativas e, conseqüentemente, necessitando de um pH mais baixo para atingir um balanço de cargas igual a zero (Lima et al., 2000; Ribeiro et al., 2011). Na figura 2 é apresentada a variação do potencial elétrico de superfície (mV) em função do pH. Observa-se que na faixa de pH empregada a adição de P desloca a curva de potencial elétrico a valores mais negativos.

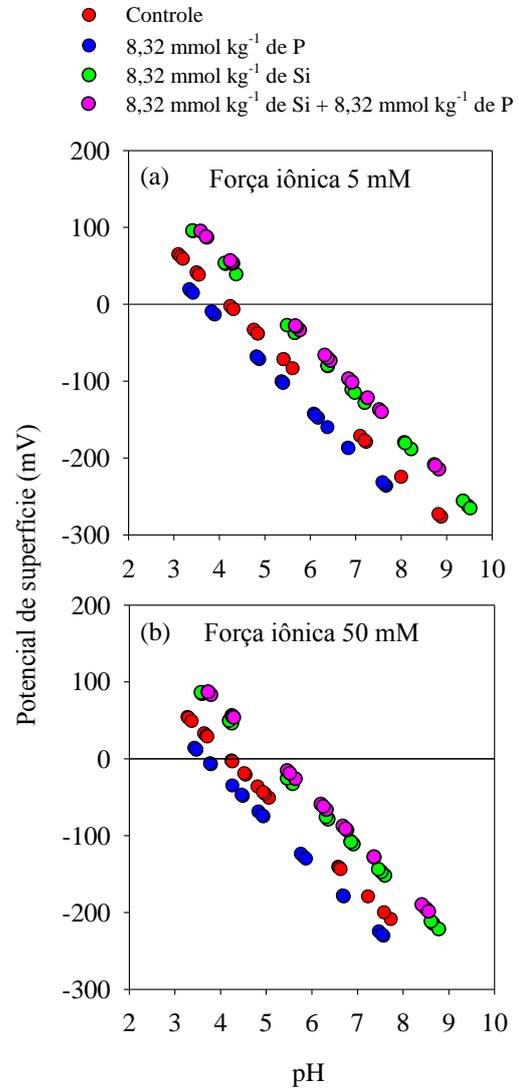
A adição de Si, tendo como fonte CaSiO<sub>3</sub>, promoveu um aumento do PESN (Figura 1b). Esse aumento pode estar relacionado com a sorção do cátion Ca<sup>2+</sup> tornando a superfície das partículas minerais do solo menos eletronegativas e, conseqüentemente, necessitando de um pH mais elevado para atingir um balanço de cargas igual a zero. Ao contrário de quando se adicionou P, observa-se na figura 2, um deslocamento da curva de variação do potencial elétrico de superfície para cima, ou seja, a valores menos negativos. A eletroquímica das partículas coloidais é afetada pela sorção e interação entre ânions e cátions no complexo de troca (Stoop, 1980).

O provável efeito da sorção do Ca<sup>2+</sup>, em tornar a superfície das partículas menos eletronegativas (↑ PESN), parece ter sido mais relevante que o efeito do ânion silicato, devido à sua adsorção, em tornar a superfície mais eletronegativa (↓ PESN). Vane & Zang (1997), avaliando o potencial zeta de amostras de caulinita, encontraram pouco efeito da força iônica da solução, entretanto, a presença de cátions divalentes, como o Ca, tornou a superfície das partículas significativamente mais eletropositiva. Outro trabalho também com caulinita (Atesok, 1988), parece dar suporte, pelo menos em parte, aos resultados aqui encontrados. Em um sistema aberto (com presença de CO<sub>2</sub>), com o aumento do pH, a presença de Ca pode levar a formação de CaCO<sub>3</sub>; um precipitado que apresenta alto ponto de carga zero.

Aplicando-se Si juntamente ao P, observa-se que não houve uma redução do PESN (Figura 1c) da mesma forma quando o P foi aplicado isoladamente (Figura 1a). Nesse caso, podem ter ocorrido dois efeitos: i) da sorção de Ca<sup>2+</sup> (tornando as partículas menos eletronegativas); ii) e o efeito competitivo do ânion silicato sobre o ânion fosfato (Pozza et al., 2007). O silicato pode competir pelos mesmos sítios de adsorção do fosfato, contribuindo, neste caso, para diminuir o efeito da adsorção específica do ânion fosfato no aumento da eletronegatividade das partículas e na redução do PESN.



**Figura 1** – Ponto de efeito salino nulo (PESN) do Latossolo Vermelho Distrófico influenciado pela quantidade de P adicionada (a), quantidade de Si adicionada (b) e quantidade de P + Si adicionada (c). Barras de erro indicam o desvio padrão da média ( $n=3$ ).



**Figura 2** – Potencial elétrico de superfície em função do pH e força iônica da suspensão influenciado pela adição de P, Si e P + Si.

## CONCLUSÕES

A adição de P tornou o solo mais eletronegativo e reduziu o PESN. A adição de Si, na forma de  $\text{CaSiO}_3$ , tornou o solo menos eletronegativo e aumentou o PESN.



## REFERÊNCIAS

ALLEONI, L.R.F.; MELLO, J.W.V.; ROCHA, W.S.D. Eletroquímica, adsorção e troca iônica no solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (eds.). Química e Mineralogia do Solo – Parte II: Aplicações. Viçosa: SBCS, 2009. 684p.

APPEL, C.; MA, L. Concentration, pH, and surface charge effects on cadmium and lead sorption in three tropical soils. *Journal of Environmental Quality*, 31: 581-589, 2002.

ATESOK, G.; SOMASUNDARUN, P.; MORGAN, L.J. Adsorption properties of  $\text{Ca}^{2+}$  on Na-Kaolinite and its effect on flocculation using polyacrylamides. *Colloids and Surfaces*, 32:127-138, 1988.

CHOROM, M.; RENGASAMY, P. Dispersion and zeta potential of pure clays as related to net particle charge under varying pH, electrolyte concentration and cation type. *European Journal of Soil Science*, 46: 657-665, 1995.

CLAUSEN, L.; FABRICIUS, I.; MADSEN, L. Adsorption of pesticides onto quartz, calcite, kaolinite, and  $\alpha$ -alumina. *Journal of Environmental Quality*, 30: 846-857, 2001.

GILLMAN, G. P. Influence of organic matter and phosphate content on the point of zero charge of variable charge components in oxidic soils. *Australian Journal of Soil Research*, 23: 643-646, 1985.

LIMA, J. M.; ANDERSON, S. J.; CURTI, N. Phosphate-induced clay dispersion as related to aggregate size and composition in Hapludoxs. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 892-897, 2000.

MATICHENKOV, V.V.; BOCHARNIKOVA, E.A. The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. (eds.). Silicon use in agriculture. Amsterdam: Elsevier, 2001. 403p.

MOTTA, P.E.F.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.O.; VAN RAIJ, B.; FURTINI NETO, A.E.; LIMA, J.M. Adsorção e formas de fósforo em Latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:349-359, 2002.

POZZA, A. A. A.; CURTI, N.; COSTA, E. T. S.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. G. S. M. & MOTTA, P. E. F. Retenção e dessorção competitiva de ânions inorgânicos em gibbsita natural de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:1627-1633, 2007.

RAIJ, B. van & PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. *Soil Science Society American Proceedings*, 36: 587-593, 1972.

RAIJ, B. van. Determinação do ponto de carga zero em solos. *Bragantia*, 32: 337-347, 1973.

RIBEIRO, B.T.; LIMA, J.M.; CURTI, N.; OLIVEIRA, G.C.; LIMA, P.L.T. Cargas superficiais da fração argila influenciadas pela vinhaça e fósforo. *Química Nova*, 34:5-10, 2011.

SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; MARQUES, J.J.G.S.M.; GUILHERME, L.R.; LIMA, J.M. Ponto de efeito salino nulo e suas relações com propriedades mineralógicas e químicas de Latossolos brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31:663-671, 1996.

SPARKS, D. L. Environmental soil chemistry. California: Academic, 2003. 352 p.

STOOP, W. A. Ion adsorption mechanisms in oxidic soils: implications for point of zero charge determinations. *Geoderma*, 23: 303-314, 1980.

VANE, L.M.; ZANG, G.M. Effect of aqueous phase properties on clay particle zeta potential and electro-osmotic permeability: implications for electro-kinetic soil remediation process. *Journal of Hazardous Materials*, 55:1-22, 1997.

ZELAZNY, L.W.; LIMING, H.; VANWORMHOUDT, A. Charge analysis of soils and anion exchange. In: SPARKS, D.L. (ed.). Methods of soil analysis. Part 3 – Chemical methods. Agronomy, v.5, p.1231-1253, 1996.