
PONTO DE EFEITO SALINO NULO E CARGAS ELÉTRICAS DE SOLOS DO ESTADO DA PARAÍBA

Josely Dantas Fernandes

Doutorando, Departamento de Engenharia Agrícola, CTRN/UFPG, CEP 58109-970, Bolsista do CNPq. UFPG,
E-mail: joselysolo@yahoo.com.br

Lucia Helena Garófalo Chaves

Profª. Titular, Departamento de Engenharia Agrícola, CTRN/UFPG, CEP 58109-970, Campina Grande, PB,
E-mail: lhgarofalo@hotmail.com

Fábio Henrique Tavares de Oliveira

Prof. Adjunto, Departamento de Solos e Engenharia Rural, CCA/UFPB, CEP 58.397-000 Areia, PB,
E-mail: fabio@cca.ufpb.br

Daise Ribeiro de Farias

Química Industrial, Ms.C. em Manejo e Conservação de Solo e Água, UFPB,
E-mail: daise_cca@yahoo.com.br

Resumo- A fertilidade dos solos e a nutrição das plantas são influenciadas pelas reações eletroquímicas que ocorrem na superfície dos colóides do solo. O ponto de efeito salino nulo (PESN) é um importante parâmetro para caracterização das cargas superficiais destes colóides, pois, permite determinar a carga superficial líquida das partículas. Neste estudo objetivou-se determinar o ponto de efeito salino nulo (PESN) e a carga elétrica líquida de doze solos do Estado da Paraíba cujas amostras foram coletadas na profundidade de 0-30 cm. O PESN foi determinado utilizando o programa computacional PESN para Windows versão 1.0. O método adotado foi o da titulação potenciométrica com diferentes forças iônicas usando o eletrólito NaCl nas concentrações 0,1; 0,01 e 0,001 M. A utilização do programa possibilitou uma melhor análise e precisão dos valores obtidos para o PESN, os quais variaram de 3,06 a 5,41. Todos os solos apresentaram valores de PESN menores que o pH em água, sendo, portanto, eletronegativos. Todos os solos apresentaram o potencial e a carga elétrica negativos, possivelmente devido ao efeito da matéria orgânica uma vez que ela apresentou correlação significativa com o PESN.

Palavras-chave: carga líquida, atributo eletroquímicos, PESN.

POINT OF ZERO SALT EFFECT AND ELECTRICAL CHARGE OF SOILS FROM PARAÍBA STATE, BRAZIL

Abstract- The soil fertility and plant nutrition are influenced by electrochemical reactions occurring on the surface of soil colloids. The point of zero salt effect (PZSE) is an important parameter to study the surface charge of those colloids, since, it allows to determine the net surface charge of soil particles. This paper aimed to determine the PZSE and the net electrical charge of twelve soils from Paraíba State, which samples were collected at the depth of 0-30 cm. The point of zero salt effect was determined using program computational PZSE for Windows version 1.0. The method adopted was the potentiometric titration with different ionic strength using electrolyte NaCl in concentrations 0.1; 0.01 and 0.001 M. The use of the program has a better analysis and accuracy of the values obtained for the PZSE, which ranged from 3.06 to 5.41. All soils had values of PZSE smaller than the pH in water, being, therefore, electronegative. All soils had the potential and the electrical charge negative, possibly due to the effect of organic matter once it presented significant correlation with PZSE.

Keywords: net charge, electrochemical attributes,

INTRODUÇÃO

O ponto de carga zero (PCZ) corresponde ao valor de pH do solo no qual o balanço entre as cargas negativas e positivas é nulo (GARCIA et al., 2003). A comparação entre o pH do solo e o PCZ permite definir se a carga superficial líquida das partículas é negativa ($\text{pH} > \text{PCZ}$), positiva ($\text{pH} < \text{PCZ}$) ou nula ($\text{pH} = \text{PCZ}$) (APPEL et al., 2003). O PCZ é, portanto, um importante parâmetro para a descrição dos fenômenos eletroquímicos de solos com cargas variáveis, afetando propriedades como troca catiônica e disponibilidade de nutrientes (FONTES et al., 2001; FONTES & ALLEONI, 2006; APPEL et al., 2003).

Na literatura existem vários trabalhos que mencionam o termo ponto de carga zero (PCZ) (CHAVES & TRAJANO, 1992; PÉREZ et al., 1993; MAGALHÃES & PAGE, 1984; COSTA et al., 1984; SIQUEIRA et al., 1990), e outros que mencionam o termo ponto de efeito salino nulo (PESN) (GARCIA et al., 2003; ALLEONI & CAMARGO, 1994b; ALLEONI & CAMARGO, 1994c; ALVES et al., 2002; SILVA et al., 1996; ALBUQUERQUE et al., 2003; COSCIONE et al., 2005). Entretanto, verifica-se que em alguns deles, apesar dos autores terem feito menção ao PCZ, houve, na realidade, a determinação do PESN. Esse termo, proposto por Alleoni & Camargo (1993), é definido como o valor de pH onde duas ou mais curvas de titulação, obtidas a partir de soluções com diferentes forças iônicas, se cruzam.

Um método, relativamente simples, para determinar se a carga superficial líquida sobre os colóides é negativa, nula ou positiva, é através da análise do pH do solo, em água e em KCl 1N. A diferença entre os dois valores de pH é chamada de delta pH (ΔpH) e este pode ser positivo, zero ou negativo, dependendo da carga líquida superficial (TAN, 1982). No entanto, o valor do PESN é mais importante que o do ΔpH porque, com ele, é possível descrever as propriedades decorrentes da dupla camada elétrica de interfaces reversíveis, como também é possível determinar o valor do potencial elétrico na superfície (ψ_0) e a densidade de carga superficial líquida (σ) (ALLEONI & CAMARGO, 1994a).

Dentre os constituintes do solo que afetam o PESN destacam-se o aluminossilicato caulinita, a matéria orgânica, os óxidos de ferro e alumínio e os materiais amorfos (RAIJ, 1973). Os óxidos de ferro e alumínio possuem PESN mais elevados, enquanto os aluminossilicatos e a matéria orgânica apresentam PESN mais baixos. Essas informações indicam que os solos

mais intemperizados apresentam maiores valores de PESN em decorrência de sua mineralogia mais oxidada (ALVES, 2002). Trabalhos com Latossolos constataram que a matéria orgânica, constituindo a principal fonte de carga negativa no solo, teve grande influência sobre os valores do PESN fazendo com que os mesmos fossem menores que os valores de pH dos solos (COSTA et al., 1984; CHAVES & TRAJANO, 1992; ALLEONI & CAMARGO, 1994b; ALLEONI & CAMARGO, 1994c).

Embora o método da determinação do PESN já esteja bem estabelecido, Costa et al. (1984), mencionam que dificilmente observa-se, em amostras de solos menos intemperizados, um único ponto de cruzamento das curvas de titulação potenciométricas; nesses casos, considera-se o ponto central do triângulo, formado pelos três pontos de intersecção, como sendo o valor do PESN, contudo, essa consideração torna-se um quanto que arbitrária, fazendo com que a escolha do PESN seja bastante subjetiva (ALVES, 2002).

Devido a esta dificuldade, Alves et al. (2002), usando o recurso da informática, desenvolveram o programa computacional PESN para Windows versão 1.0. Este programa ajusta as curvas de titulação potenciométricas através de equações polinomiais de quarto grau para cada série eletrolítica e tem como objetivos eliminar a subjetividade do método gráfico, proporcionar rapidez às determinações e permitir o conhecimento do grau de precisão dos valores calculados.

As reações eletroquímicas estão diretamente relacionadas com a variação das cargas elétricas na superfície dos colóides do solo, influenciando assim, o conhecimento a cerca do comportamento destas cargas. Considerando o exposto e o fato que são escassas as informações a esse respeito para os solos que ocorrem na região Nordeste do Brasil, objetivou-se com este trabalho determinar o ponto de efeito salino nulo (PESN) e a carga elétrica de alguns solos do Estado da Paraíba.

MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi realizado no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande. Para os ensaios foram selecionados doze solos de diferentes municípios do Estado da Paraíba, com diferentes propriedades físico-químicas (Tabela 1). Após a coleta, as amostras da camada arável dos solos (0–30 cm) foram destorroadas, secas ao ar, passadas em peneiras de 2 mm de diâmetro de malha (TFSA) e caracterizadas física e quimicamente de acordo com Embrapa (1997).

Tabela 1. Identificação dos solos estudados, municípios onde foram coletados e propriedades químicas e física

Solo	Município	pH	C.O. ¹	CTC ²	Argila
			g kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Luvissole Crômico Órtico, vertissólico, TCo	Cuité	7,23	4,3	19,84	200
Neossolo Regolítico Eutrófico, RRe	Esperança	7,03	3,4	3,97	30
Luvissole Háptico Órtico, planossólico, TXo	São Miguel de Taipu	6,19	7,6	13,74	130
Argissolo Vermelho Eutrófico, Pve (1)	Sousa	6,30	9,0	10,38	220
Neossolo Flúvico Eutrófico, RYve	Alagoa Grande	6,79	1,8	8,75	201
Argissolo Vermelho Eutrófico, PVe (2)	Alagoa Grande	6,45	2,0	9,00	249
Argissolos Vermelho Eutrófico, Pve (3)	Alagoa Grande	4,95	8,0	7,20	430
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, LVAe	Cuité	5,93	5,9	5,18	250
Neossolo Litólico Eutrófico, RLe	Pocinhos	6,18	3,8	5,83	80
Argissolo Amarelo Distrófico, PAD	Jacumã	5,85	3,5	2,74	50
Argissolo Acinzentado Distrófico, PACd	Mamanguape	4,42	10,7	7,20	120
Argissolos Vermelho-Amarelo Distrófico, PVAd	Areia	4,6	2,0	8,34	276

¹ Carbono orgânico; ² Capacidade de troca catiônica

Visando economia de reagentes e tempo, inicialmente foram determinados os valores de pH em H₂O (1:2,5) e em KCl 1M (1:2,5) das amostras de solo. Em seguida os valores de PCZ foram calculados através da fórmula PCZ = (pH_{KCl} x 2) - pH_{H₂O} (BENITES & MENDONÇA, 1998), obtendo-se, assim, a informação preliminar se o pH equivalente ao PCZ estaria abaixo ou acima do pH_{H₂O} das referidas amostras. Como o valor do PCZ esteve abaixo do pH_{H₂O} para todas as amostras de solo, na determinação do PESN não foi necessário titular estas amostras com solução básica, ou seja, foram tituladas apenas com o ácido clorídrico.

Com os valores de pH também foram calculados os valores de ΔpH através da fórmula ΔpH = pH_{H₂O} - pH_{KCl} (Tan, 1982).

O ponto de efeito salino nulo (PESN) foi determinado em duplicata, conforme metodologia proposta por Silva et al. (2000). Para isto foram utilizadas 4g de TFSA, aos quais foram adicionados 25 mL de soluções de NaCl em diferentes concentrações (0,1; 0,01; 0,001 M), em seis frascos de polipropileno para cada concentração de NaCl. Posteriormente, nestes frascos foram adicionados diferentes volumes (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mL) de HCl 0,4 M. Após a aplicação do ácido, a mistura foi agitada por 5 minutos e em seguida deixada em repouso por 24 horas, quando foram agitadas novamente e determinado o pH do sobrenadante.

O valor do PESN para cada amostra de solo analisada foi obtido através da interseção das curvas de titulação

utilizando-se o programa computacional PESN para Windows versão 1.0 de acordo com Alves et al. (2002), plotando-se na ordenada o pH da suspensão em equilíbrio e na abscissa a quantidade de H⁺ (cmol_c kg⁻¹ de solo) adicionados à suspensão na forma de HCl.

O valor do potencial elétrico de superfície (ψ_o) expresso em mV, foi calculado utilizando-se a equação de Nernst simplificada por Raij & Peech (1972) da seguinte forma:

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

Os valores da carga elétrica líquida, em cmol_c H⁺ kg⁻¹ para cada amostra de solo, foram determinadas graficamente na curva de titulação potenciométrica da concentração 0,01M de NaCl conforme Silva et al. (1996) e Coringa et al. (2007), no qual se fez coincidir o PESN com a carga zero na ordenada, colocando-se acima do zero as cargas positivas e abaixo as cargas negativas.

Os resultados de PESN foram submetidos a testes de correlação de Pearson com os resultados das análises químicas, físicas e eletroquímicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de PESN, em geral, variaram entre 3,06 (PVAd) a 5,41 (RYve) (Tabela 2), tendo sido superiores aos encontrados por outros autores, tais como, Alves et al. (2002), Pérez et al. (1993) e Chaves & Trajano (1992).

Tabela 2. Atributos eletroquímicos dos solos estudados.

Solo	ΔpH	PESN	PCZ	Ψ_o mV
TCo	-2,02	3,97	3,19	-192,67
RRe	-0,82	5,03	5,39	-118,20
TXo	-1,52	3,57	3,15	-154,84
PVe(1)	-0,99	4,29	4,32	-118,79
RYve	-1,00	5,41	4,79	-81,56
PVe(2)	-0,65	5,01	5,15	-85,10
PVe(3)	-0,93	3,51	3,09	-85,10
LVAe	-1,08	3,36	3,77	-151,89
RLe	-1,81	4,70	2,56	-87,47
PAd	-1,35	4,09	3,15	-104,02
PACd	-0,95	3,48	2,52	-55,55
PVAd	-0,71	3,06	3,18	-91,01

Em todos os solos analisados, os valores de PESN encontrados foram inferiores aos do $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, resultando em valores negativos de potencial elétrico (Ψ_o). O sinal negativo e a magnitude do ΔpH também já indicavam que haveria predominância de cargas negativas. Neste caso a capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos supera a capacidade de troca aniônica (CTA) em condições de pH natural. Resultados semelhantes a estes foram observados por Chaves & Trajano (1992), Pérez et al. (1993) e Oliveira et al. (2003).

O comportamento eletroquímico dos solos estudados, por apresentarem suas cargas elétricas da superfície variando com o pH, pode ser analisado pelo modelo de carga variável. Apesar de não ter sido calculada a densidade de carga superficial para tais solos, todos eles, por terem o PESN menor que o seu $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (Tabela 2), devem apresentar densidade de carga superficial com sinal negativo. Dessa maneira, a elevação do pH dos solos aumentará a densidade de carga negativa e, conseqüentemente, a CTC dos mesmos.

As correlações entre os valores de PESN e alguns atributos dos solos estudados mostraram que estes valores variam inversamente com o teor de carbono orgânico (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com a literatura (COSTA et al., 1984; BENITES & MENDONÇA, 1998; APPEL et al., 2003; CASAGRANDE, et al., 2004; IGLESIAS et al., 2007), que salienta que a matéria orgânica e, conseqüentemente, o carbono orgânico, tende a diminuir o valor do PESN. Desta forma, o carbono orgânico, proveniente da matéria orgânica, foi, provavelmente, um dos principais responsáveis para que todos os valores de PESN fossem inferiores aos valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, corroborando com Alleoni & Camargo (1994a). Segundo Siqueira et al. (1990), a matéria orgânica provoca o abaixamento do PESN, entretanto, os autores não constataram uma correlação significativa entre o PESN, dos solos por eles estudados, e o conteúdo de matéria orgânica. Isto sugere que o tipo e grau de decomposição da matéria orgânica tem mais efeito, em interações no solo, do que o próprio teor dela (SILVA et al., 1996).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre PESN e atributos dos solos estudados.

Variáveis	PESN
$\text{pH H}_2\text{O}$	0,705*
ΔpH	0,039 ^{ns}
PCZ	0,684*
CO	-0,492**
CTC	-0,120 ^{ns}
Argila	-0,360 ^{ns}

(^{ns}) não significativo; (*) significativo a 1%; (**) significativo a 5%.

Embora a literatura relate correlação significativa e positiva entre PESN e ΔpH para solos com elevado grau de intemperismo (SIQUEIRA et al., 1990; SILVA et al.,

1996; FONTES & ALLEONI, 2006), mostrando que, à medida que o ΔpH se aproxima de zero ou se torna mais positivo, há um correspondente aumento do PESN, neste

trabalho a correlação entre tais parâmetros foi positiva, porém não significativa. De acordo com Pérez et al. (1993) e Fontes et al. (2001), estes resultados podem ser atribuídos à diversidade mineralógica dos solos estudados, uma vez que os mesmos, apresentam diferentes materiais de origem (BRASIL, 1972) e ocorrem sob diferentes condições climáticas (BORTOLUZZI et al., 2006) apresentando diferentes graus de intemperismo e valores de K_i e K_r (SILVA et al., 1996). Os valores de PESN também não se correlacionaram de forma significativa com a CTC e com os teores de argila dos solos. Entretanto, houve uma tendência dos solos com valores de CTC e teores de argila mais altos apresentarem valores de PESN mais baixos.

O PESN correlacionou-se significativamente com o PCZ. Segundo Benites & Mendonça (1998), valores de

PCZ próximos aos do PESN são observados apenas em solos altamente intemperizados, cujas cargas elétricas são quase todas dependentes do pH.

Para testar a eficácia do programa computacional PESN para Windows versão 1.0, os valores de pH, medidos em todos os solos e em cada concentração eletrolítica (0,1; 0,01 e 0,001 M do NaCl), foram correlacionados com os valores de pH estimados pelo programa computacional (Figura 1). A excelente correlação obtida entre esses valores foi observada para todas as séries eletrolíticas utilizadas, mesmo considerando a variabilidade apresentada pelo conjunto de solos, no que se refere aos atributos relacionados direta ou inversamente ao PESN.

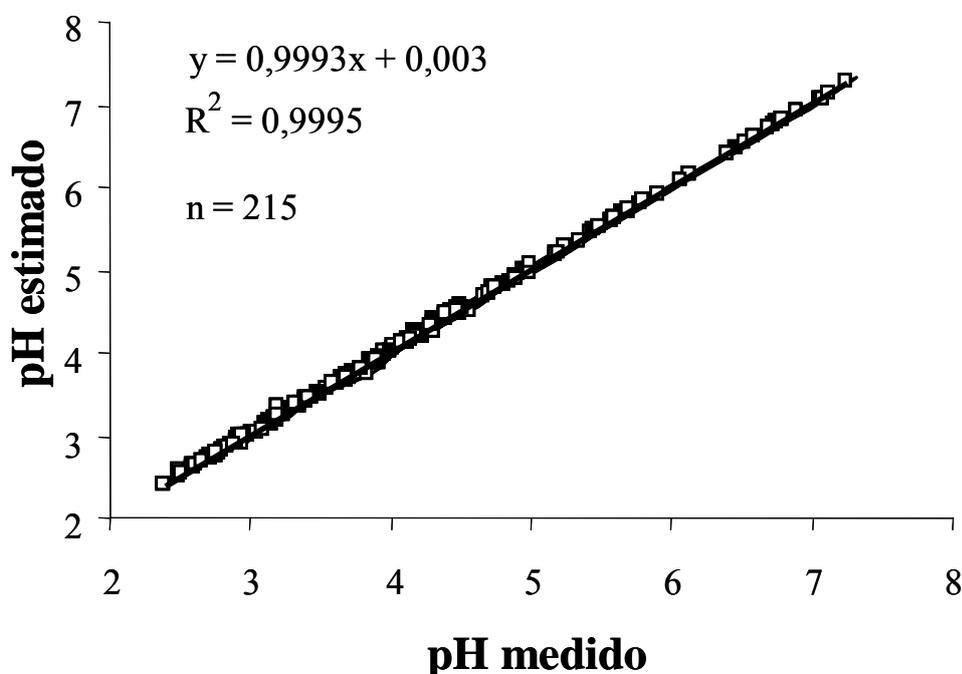


Figura 1. Relação entre os valores medidos de pH e os estimados pelo o programa computacional PESN para Windows versão 1.0 nas três concentrações eletrolíticas.

As curvas de titulação potenciométrica dos solos estudados, em três concentrações do eletrólito NaCl (0,1; 0,01 e 0,001 mol L⁻¹), são apresentadas na Figura 2, onde se observa o ponto de cruzamento das curvas (PESN) e a variação das cargas elétricas obtidas na concentração 0,01M deste eletrólito.

A magnitude das cargas elétricas foi influenciada tanto pela concentração de NaCl utilizada como pelo pH (Figura 2). Em um dado valor qualquer de pH abaixo do

PESN, o aumento na concentração de NaCl esteve associado ao aumento na adsorção de H⁺ (carga positiva), enquanto para valores acima do PESN, a desprotonação (carga negativa) aumentou com a concentração do eletrólito corroborando como Alleoni & Camargo (1994a). O efeito do pH sobre as cargas líquidas dos solos é devido às cargas dependentes do pH encontradas na superfície das caulinitas, óxidos de ferro e alumínio e matéria orgânica (CHAVES & TRAJANO, 1992).

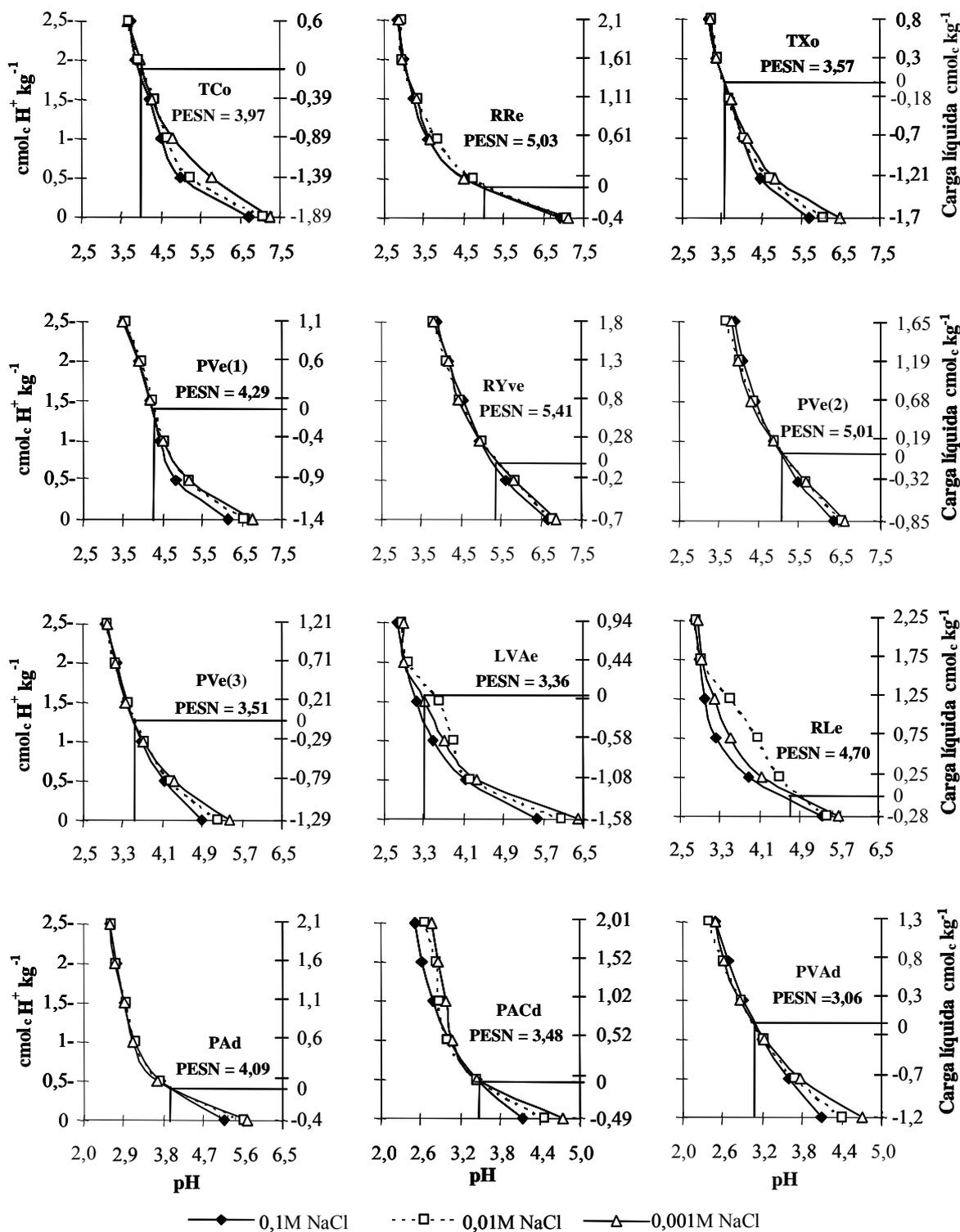


Figura 2. Curvas de titulação potenciométrica em três concentrações eletrolíticas, utilizadas para determinação do ponto de efeito salino nulo (PESN) e da carga líquida.

Ainda analisando a Figura 2, observa-se que em todos os solos a carga líquida ficou cada vez mais negativa à medida que o pH foi aumentando. Isto pode ser confirmado pela maior diferença que ele passou a ter em relação ao PESN, na proporção em que seus valores foram ficando mais altos.

Os solos TCo, TXo e LVaE apresentaram os maiores valores de carga líquida negativa e, conseqüentemente, maior capacidade de retenção catiônica. Ao contrário disto, os solos RLe, PAd, RRe, PACd, RYve e PVAd foram os que apresentaram os menores valores de carga elétrica em $\text{cmol}_e \text{kg}^{-1}$.

Os valores cada vez maiores de potencial elétrico foram constatados à medida que o pH foi aumentando (Tabela 2). Isto significa que quanto maior for o pH, maior a diferença entre seu valor e aquele do PESN, acarretando, assim, um potencial elétrico maior. Na medida em que o valor do pH do solo vai se aproximando do pH correspondente ao PESN, essa relação vai se invertendo a tal ponto de se ter o valor do PESN maior do que o pH do solo. Neste caso irão prevalecer o potencial elétrico e a carga líquida positiva.

CONCLUSÕES

1. Todos os solos apresentaram valores de PESN menores que o pH em água, sendo, portanto, eletronegativos.
2. Em todos os solos analisados o potencial e a carga elétrica foram negativos, possivelmente devido ao efeito da matéria orgânica uma vez que ela apresentou correlação significativa com o PESN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L. FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n.5, p. 799-806, 2003.

ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. Ponto de efeito salino nulo: proposição de nomenclatura. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, v.18, n.1, p. 5-11, 1993.

ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. Modelos de dupla camada difusa de Gouy-Chapman e Stern aplicados a latossolos ácidos paulistas. **Scientia Agrícola**, v. 51, n. 2, p. 315-320, 1994a.

ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. Pontos de efeito salino nulo de latossolos ácidos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.18, n.2, p.175-180, 1994b.

ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. Potencial elétrico superficial e carga elétrica líquida de latossolos ácidos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.18, n.2, p.181-185, 1994c.

ALVES, M. E. **Atributos mineralógicos e eletroquímicos, adsorção e dessorção de sulfato em solos paulistas**. 2002. 132p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. 2002.

ALVES, M. E.; MACEDÔNIO, C. R. LAVORENTI, A. Ponto de efeito salino nulo: determinação analítico-computacional a partir de dados de titulação potenciométrica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.26, n.2, p.553-559, 2002.

APPEL, C.; MA, L. Q.; RHUE, R. D.; KENNELLEY, E. Point of zero charge determination in soils and minerals via traditional methods and detection of electroacoustic mobility. **Geoderma**, v. 113, n. 1/2, p. 77-93, 2003.

BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 22, n.2, p. 215-221, 1998.

BORTOLUZZI, E. C.; TESSIER, D.; RHEINHEIMER, D. S.; JULIEN, J. L. The cation exchange capacity of a sandy soil in southern Brazil: an estimation of permanent and pH-dependent charges. **European Journal of Soil Science**, v. 57, p.356-364, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MA/SUDENE, 1972. 683p. (Boletim Técnico 15, Série Pedologia, 8).

CASAGRANDE, J.C.; JORDÃO, C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAMARGO, O.A. Copper desorption in a soil with variable charge. **Scientia Agrícola**, v.61, n.2, p.196-202, 2004.

CHAVES, L. H. G.; TRAJANO, M. D. M. Determinação do ponto de carga zero e das cargas elétricas do horizonte Ap de solos do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 16, n. 3, p. 415-418, 1992.

CORINGA, E. de A. O.; WEBER, O. L. S.; ALLEONI, L. R. F.; CORINGA, J. E. S. Cargas elétricas superficiais de Latossolos do cerrado mato-grossense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 31, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007.

COSCIONE, A. R.; MINIZ, A.C.; PÉREZ, D. V.; FERREIRA, M. M. C.; CAMARGO, O. A. Chemical and electrochemical properties of an Oxisol-Ultisol transition in the state of São Paulo, Brazil. **Geoderma**, v. 126, n. 3-4, p. 375-388, 2005.

COSTA, L. M. da.; MORAIS, E. J. de.; RIBEIRO, A. C.; FONSECA, S. da. Cargas elétricas de um latossolo vermelho-amarelo com diferentes coberturas florestais. **Revista Ceres**, v. 31, n. 177, p. 351-359, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 1).

FONTES, M. P. F.; ALLEONI, L. R. F. Electrochemical attributes and availability of nutrients, toxic elements, and heavy metals in tropical soils. **Scientia Agrícola**, v.63, n.6, p.589-608, 2006.

FONTES, M. P. F.; CAMARGO, O. A.; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 3, p.627-646, 2001.

GARCIA, R. V.; OLIVEIRA, M. L. de; MELLO, L. W. V. de; PRIMAVESI, O. Alteração do caráter eletroquímico de um latossolo vermelho-amarelo do Estado de São Paulo sob diferentes sistemas de manejo. **Unimontes Científica**, v. 5, n. 1, p. 1-15, 2003.

IGLESIAS, C.S.M.; CASAGRANDE, J.C.; ALLEONI, L.R.F. Efeito da natureza do eletrólito e da força iônica na energia livre da reação de adsorção de níquel em solos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, n.5, p.897-903, 2007.

MAGALHÃES, A. F.; PAGE, A. L. Características das cargas elétricas dos solos da zona da mata de Pernambuco. I. Determinação das cargas de superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, n. 2, p. 173-177, 1984.

OLIVEIRA, L.B.; RIBEIRO, M.R.; FERRAZ, F.B.; JACOMINE, P.K.T. Classificação de solo planossólicos do sertão do Araripe (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.1, p.157-164, 2003.

PÉREZ, D. V.; RAMOS, D. P.; NASCIMENTO, R. A. M.; BARRETO, W. O. Propriedades eletroquímicas de horizontes B texturais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 17, n.2, p. 157-164, 1993.

RAIJ, B. V. Determinação do ponto de carga zero em solos. **Bragantia**, v. 31, n. 18, p. 337-347, 1973.

RAIJ, B. V.; PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, p. 587-593, 1972.

SILVA, A.P. da; SANTOS, R.F. dos; SOUZA, A. P. de. Determinação do PCZ em solos paraibanos submetidos a diferentes manejos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, 2000, Santa Maria-RS. **Anais...** Santa Maria, 2000.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MARQUES, J. J. G. S. M.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M. de. Ponto de efeito salino nulo e suas relações com propriedades mineralógicas e químicas de latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 663-671, 1996.

SIQUEIRA, C.; LEAL, J. R.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. A. Eletroquímica de solos tropicais de carga variável: I. Influência da matéria orgânica no tempo de equilíbrio para determinação das curvas de titulação potenciométrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n.1, p. 7-11, 1990.

TAN, K.H. **Principles of soil chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1982. 267p.

