

EFEITO DO CALCÁRIO E DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA NA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO E EM AREIA QUARTZOSA

Renato de Mello Prado¹
Francisco Maximino Fernandes²

INTRODUÇÃO

A reação ácida presente nos solos sob vegetação de cerrado e o baixo teor de fósforo disponível exigem grandes aplicações de fosfato para suprir a exigência das plantas devido ao alto poder de adsorção de fósforo destes solos. O alto custo da fertilização com fosfato para incrementar a produção das culturas neste solos é significativo em relação ao custo total de produção. Este fato tem sido amplamente estudado pela Ciência do Solo com vistas a utilização adequada do fósforo em solos de clima tropical. E como uma das formas de aumentar a eficiência da fertilização fosfatada segundo FASSBENDER (1987) seria na utilização de ânions competidores com fosfatos pelos sítios de adsorção. A aplicação de calcário pode reduzir o problema da adsorção, porém existem outras tecnologia que podem favorecer o aproveitamento do fósforo, como o emprego de silicatos (ânion competidor). Uma das fontes mais abundantes dos silicatos no Brasil é a escória de siderurgia, subproduto da fabricação do aço. Este produto apresenta vantagem em relação ao calcário, além da elevação do pH, como fonte de sílica, segundo SANCHES (1981) um ânion capaz de competir com os mesmos sítios de adsorção do fósforo.

1 Pós-graduando em Agronomia, UNESP. Caixa Postal 31, CEP 15385-000 Ilha Solteira-SP, Brasil. Bolsista da FAPESP.

2 Prof. Dr., Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP. Caixa Postal 31, CEP 15385-000 Ilha Solteira-SP, Brasil.

ro nos colóides. HUNTER (1965) comparou o calcário e um silicato quanto a disponibilidade de P do solo e concluiu que a maior quantidade de P total absorvido por quatro culturas nos solos testados justifica-se como reflexo de algum deslocamento dos ânions fosfato pelo ânion silicato nos solos uma vez que os valores de pH resultantes da aplicação de ambos corretivos estariam favorecendo mais o tratamento com calcário quanto a disponibilidade de P. A correção da acidez do solo com escória de siderurgia, que são principalmente aluminossilicatos de cálcio e magnésio (BARBER, 1967), é uma prática que pode aumentar a disponibilidade de P pelo efeito do aumento de pH (ROY *et al.*, 1971 e BALDEÓN, 1995) e pela competição de Si com P pelos mesmos sítios de adsorção (OBIHARA & RUSSEL, 1972 e BALDEÓN, 1998). Neste sentido o presente estudo foi realizado com a finalidade de avaliar comparativamente o calcário e a escória de siderurgia sobre o efeito na disponibilidade do fósforo em dois solos ácidos da região dos cerrados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de vaso (20 litros) na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP em ambiente protegido por uma armação de plástico transparente. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições. O esquema fatorial adotado comparou as médias das combinações dos 2 Corrigidos e 2 Níveis de aplicação para uma das duas classes de solo. Os tratamentos foram constituídos de dois corretivos (calcário calcítico e a escória de siderurgia) e por dois níveis de aplicação (NA_1 ; NA_2), considerou-se elevar a saturação por bases a 50% (NA_1) (Tabela 01); para os dois solos (Areia Quartzosa – AQ classificada por GROOT, 1996 e o Latossolo Vermelho-Escuro – LE, classificado por DEMATTÊ, 1980).

O poder de neutralização (PN) da escória e do calcário calcítico foi determinado, com valores de 609 e 795 g/kg, respectivamente, no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da FEIS/UNESP.

O calcário e a escória (39,9% SiO₂ total) foram secados em estufa até atingir peso constante e em seguida passados pela peneira (ABNT n.º 50), para uniformizar a granulometria.

Tabela 1- Quantidades de escória e calcário, em g/vaso e em t/ha, utilizados no experimento. Ilha Solteira-SP, 1998.

Solo	Nível de Aplicação (NA)	Escória		Calcário	
		g/vaso	t/ha	g/vaso	t/ha
LE	NA ₁	31,2	3,12	23,9	2,39
	NA ₂	62,4	6,24	47,8	4,78
AQ	NA ₁	11,1	1,11	8,5	0,85
	NA ₂	22,2	2,22	17,0	1,70

A análise química dos solos apresentou as seguintes características para LE e AQ respectivamente: P (resina) : 2 e 9 mg/dm³; pH (CaCl₂) : 4,1 e 4,2 ; MO : 21 e 10 g/kg ; SB : 4 e 5 mmol_c/dm³ ; H+Al : 42 e 18 mmol_c/dm³ ; CTC : 46 e 23 mmol_c/dm³ ; V % : 8 e 23. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato triplo na forma de pó (44% P₂O₅), na dose de 200 mg/dm³ de P em todas as parcelas . Utilizou-se como planta teste a cana-de-açúcar. A adubação foi constituída de 235 mg/dm³ de K (cloreto de potássio); 241 mg/dm³ de N (sulfato de amônio) ambos parcelados em 5 aplicações e 20 mg/dm³ de Mg. Incorporaram-se 81 dias antes do plantio da cana os corretivos, o fósforo, o magnésio e parte do potássio (25,5% do total) e do nitrogênio (12,4% do total). A análise do solo ocorreu na época da colheita da cana-de-açúcar, em 07/04/98, 225 dias após a incorporação do fosfato.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o solo Areia Quartzosa (AQ) os tratamentos apresentaram

diferenças significativas pelo teste de F ($P < 0,01$) para o fator corretivo ($P < 0,01$) e para o fator níveis de aplicação ($P < 0,05$) enquanto que para a interação não houve diferença estatística ($P > 0,05$) (**Tabela 2**).

Tabela 2 - Análise de variância dos fatores Corretivo e Níveis de Aplicação para o teor de P-disponível em resina, no solo AQ. Ilha Solteira-SP, 1998.

Causa de Variação	GL	QM	F
Corretivo (C)	1	676,000	9,899 **
Nível de aplicação (NA)	1	380,250	5,568 *
C X NA	1	0,250	0,004 NS
(Tratamentos)	(3)	(352,167)	(5,157 *)
Resíduo	12	68,292	
Média geral (mg/dm ³): 41,0		CV	20,16%

* ; **: Significativo ao nível de probabilidade de 1% e 5% respectivamente.

NS - Não significativo.

A escória promoveu maiores incrementos no P disponível do solo AQ, comparado ao calcário pelo teste de Tukey ($P < 0,01$) (**Tabela 3**). Quanto ao nível de aplicação (NA), trouxe aumento significativo no P disponível, independentemente do tipo de corretivo utilizado. LEITE (1997) obteve resultados semelhantes com a aplicação de silicato que acarretou amenização da adsorção do P, tornando-o mais disponível no solo.

Para o Latossolo Vermelho-Escuro (LE) os corretivos (calcário ou escória) e os níveis de aplicação NA1 e NA2, em médias gerais separadas, não afetaram significativamente o teor de P disponível no solo (**Tabela 4**). A interação C x NA significativa mostra, porém, que os efeitos dos fatores não são independentes. Isto nos leva a comparar os quatro

tratamentos do fatorial conjuntamente, sem levar em conta que se trata de um ensaio fatorial. Isto foi feito na **Tabela 5**, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (letras minúsculas) e ao nível de 10% (letras maiúsculas). Ao nível de 5% só há diferença significativa entre Calcário NA2 e a Escória NA2. Ao nível de 10% de probabilidade, menos rigoroso, os tratamentos Calcário NA2 e Escória NA1 ambos superam significativamente a Escória NA2.

É importante salientar que, ao contrário do que ocorre com os dois níveis de calcário, o nível NA2 da Escória reduz o nível de P disponível no solo, em relação ao nível NA1. Este efeito contrário é que se manifesta na significância da Interação C x NA da análise da variância (**Tabela 4**). No entanto, o nível recomendado da escória (NA1) foi equivalente e talvez até superior ao calcário ao nível NA1.

Tabela 3 - Efeito dos Corretivos e dos Níveis de Aplicação de calagem sobre o P disponível em resina (mg/dm^3) no solo AQ. Ilha Solteira-SP, 1998.

	P (mg/dm^3)
Corretivo	
Calcário	34,5 a
Escória	47,5 b
Δ (5%)	9,00
Níveis de aplicação	
NA1	36,13 a
NA2	45,88 b
Δ (5%)	9,00

Letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5%.

Tabela 4 - Análise de variância dos fatores corretivo e níveis de aplicação para o teor de P-disponível em resina, no solo LE .Ilha Solteira-SP, 1998.

Causa de Variação	GL	QM	F
Corretivo (C)	1	169,000	3,057 ns
Nível de aplicação (NA)	1	20,250	0,366 ns
C x NA	1	552,250	9,990 **
(Tratamentos)	(3)	247,167	4,470 *
Resíduo	12	55,292	
Média geral (mg/dm ³)	64,75	C V	11,48 %

* ; **: Significativo pelo teste de F ao nível de probabilidade de 1% e 5% respectivamente; e NS Não significativo pelo teste de F .

Tabela 5- Efeito do calcário e da escória no nível de aplicação calculado para atingir o V% de 50% e 100% , NA1 e NA2 respectivamente sobre o P disponível em resina, no solo LE. Ilha Solteira-SP, 1998.

Tratamentos	P (mg/dm ³)
Calcário NA2	A 72,75 a
Escória NA1	A 68,5 ab
Calcário NA1	AB 63,25 ab
Escória NA2	B54,50 b
Δ (5%) = 15,62	Δ (10%) = 13,46
CV	11,48%

Letras distintas indicam diferença significativa ao nível de 5% (letras minúsculas) e ao de 10% (letras maiúsculas) de probabilidade.

Observa-se ainda pela **Tabela 5** que para manter maior P disponível, o calcário necessitou da aplicação de NA2 enquanto que a escória apenas NA1. Este resultado se assemelha àqueles obtidos por SMYTH & SANCHEZ (1980) em oxisol, em que a aplicação de CaSiO_3 (silicato) em dose correspondente a uma vez o Al^{+3} trocável foi tão eficiente em reduzir a adsorção de P, em todos os tratamentos com P, quanto a aplicação de CaCO_3 , à taxa de duas vezes o Al^{+3} trocável.

De maneira geral o efeito da escória no P-disponível foi maior no solo AQ do que no LE. A possível explicação para este fato seria nas diferenças do poder-tampão de cada solo, uma vez que a aplicação dos corretivos e do fosfato foram juntas, ocasionando inicialmente maior adsorção de P no solo LE do que no solo AQ. No segundo momento houve reações dos corretivos no solo e, como a solubilização da escória é mais lenta, não houve tempo de a sílica da escória bloquear ou reduzir a alta energia de adsorção como é a do solo estudado ao natural (LE), e com aplicação de P, conteúdos significativos foram adsorvidos. Ao contrário, no solo AQ, como não houve significativa adsorção de P com a aplicação do P adubo, pelo menor número de sítios de adsorção conferidos a este solo, a escória aplicada foi suficiente para manter o pH do solo e bloquear os sítios de adsorção do P pela sílica nela presente. De acordo com LOPES (1977) a eficiência do silicato em aumentar o P-disponível do solo não está na capacidade de troca dos ânions silicato pelo fosfato no solo e sim na saturação ou bloqueio destes sítios de adsorção de P pelo ânion silicato.

Deste modo para maior eficiência da fertilização fosfatada, a aplicação prévia da escória, antes da aplicação do P-adubo, principalmente em solos com maior poder tampão como o solo LE, torna-se importante, enquanto que para solos *leves* como o solo AQ, não há restrição, a escória pode ser aplicada até mesmo junto com o fosfato.

CONCLUSÕES

1. No solo AQ a escória foi superior ao calcário no aumento do P-disponível do solo e o nível de aplicação NA2 foi superior em ambos os casos;
2. No solo LE, o nível de aplicação preferível é NA2 para o calcário e NA1 para a escória.

RESUMO

O presente estudo foi realizado com a finalidade de avaliar comparativamente o efeito do calcário e da escória sobre a disponibilidade do fósforo em dois solos ácidos da região dos cerrados. Assim, foi conduzido um experimento em vasos localizado na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP. O delineamento foi inteiramente casualizado com 4 repetições. Usou-se esquema fatorial de 2 Níveis de Aplicação (NA1, NA2), 2 corretivos (calcário calcítico e a escória de siderurgia) dois solos (Areia Quartzosa-AQ e Latossolo Vermelho-Escuro-LE). Aplicaram-se em todos os tratamentos 200 mg/dm³ de P na forma de superfosfato-triplo juntamente com os corretivos na época do plantio da cana-de-açúcar. Após 225 dias da incorporação destes produtos fez-se a análise do solo para avaliar o P-disponível em resina. No solo AQ (Areia Quartzosa) os maiores teores de P ocorreram para os tratamentos Calcário NA2 e Escória NA2. No solo LE (Latosolo Vermelho-Escuro) os maiores teores de P couberam aos tratamentos Calcário NA2 e Escória NA1.

Palavras-chave: Escória de siderurgia, calcário, disponibilidade de fósforo, Latossolo Vermelho-Escuro, Areia Quartzosa.

THE EFFECT OF LIMESTONE AND SIDERURGY SLAG ON THE AVAILABILITY OF PHOSPHORUS IN DARK-RED LATOSOL, AND IN QUARTZOSE SAND.

SUMMARY

This study was carried out with the purpose to compare limestone with siderurgy slag on the availability of phosphorus in two acidic soils in the cerrado tropical region. A 2 X 2 factorial experiment with 2 levels of application (NA1 and NA2) X 2 corrective agents (Calcitic Limestone and Siderurgy Slag), completely randomized, with 4 replications, was performed in pots, with two soils: quartzose sand (AQ) and Dark-Red Latosol (LE). All pots received 200 mg/dm³ of P as triple superphosphate. After 225 days of incorporation of these products, the soil was analysed to evaluate P content in resin. In the AQ soil NA2 level gave better result than NA1, for both correctives. However, for LE soil level NA2 was better than NA1 for limestone, with NA1 being better than NA2 for siderurgy slag.

Key words: Siderurgy slag, limestone, availability, phosphorus, Dark-Red Latosol, Quartzose Sand.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDEÓN, J.R.M., 1998. Efeito do Silício Sobre o Aproveitamento do Fósforo em Solos Ácidos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23. Caxambu. **Resumos.** Lavras : UFLA/SBCS. p.748.
- BALDEÓN, J.R.M. ,1995. Efeito da Ação Alcalinizante e da Competição Entre Silicato e Fosfato na Eficiência do Termofosfato Magnésiano em Solos Ácidos. Piracicaba. 88p.(Doutoramento em solos e nutrição de plantas pela Escola Superior de Agricultura "Luiz

de Queiroz"-USP).

- BARBER, S., 1967. Liming Materials and Practices. In : DINAUER, R.C.ed. **Soil Acidity and Liming** . Madison, p. 151-60.
- DEMATTÊ, J.L.I., 1980. Levantamento Detalhado dos Solos do Câmpus Experimental de Ilha Solteira. Piracicaba : Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-USP. 114p. (mimeografado.).
- FASSBENDER, H.W. 1987. **Química de Suelos com Ênfasis en Suelos de América Latina**. 2. San José, IICA, 420p.
- GROOT, E., 1996. **Levantamento Semidetalhado dos Solos Reflorestados da Três Lagoas Agroflorestal Ltda. Horto Barra da Moeda**. Ilha Solteira. 57p.(Trabalho de Graduação - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP).
- HUNTER, A. S., 1965. Effects of Silicate on Uptake of Phosphorus from Soils by Four Crops. **Soil Science.**, Baltimore, **100** (6) : 391-396.
- LEITE, P.C., 1997. Interação Silício-Fósforo em Latossolo Roxo Cultivado com Sorgo em Casa de Vegetação. Viçosa, 87p. (Doutoramento em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa).
- LOPES, M. S. Relações Entre o pH e a Adsorção de Fósforo e Silício em Solos. Porto Alegre, 45p. (Mestrado em Solos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- OBIHARA, C.H.; E. W. RUSSEL., 1972. Specific Adsorption of Silicate and Phosphate by Soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, **23** (1) : 105-17.
- ROY, A C.; M.Y. ALI.; R.L. FOX. & J.A. SILVA., 1971. Influence of Calcium Silicate on Phosphate Solubility and Availability in Hawaiiin Latosols. In: SYMPOSIUM ON SOIL FERTILITY EVALUATION, Honolulu, **Proceedings ...**, New Delhi, p.756-65.
- SANCHES, P.A ., 1981. **Suelos del Trópico** : Características y Manejo. San José : II CA., 634p.
- SMYTH, T.J.; SANCHEZ, P.A ., 1980. Effects of Lime, Silicate, and Phosphorus Applications to an Oxisol on Phosphorus Sorption and Ion Retention. **Soil Science Society of American Journal.**, Madison, **44** (3) : 500-505.