

ESCÓRIA DE SIDERURGIA E CALCÁRIO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR EM VASO¹

Renato de Mello Prado^{2,4*}; Francisco Maximino Fernandes³

²*Pós-Graduando do Depto. de Solos e Adubos, FCAV/UNESP - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n°, CEP: 14870-000 - Jaboticabal, SP.*

³*Depto. de Ciência do Solo e Engenharia Rural, FEIS/UNESP - Av. Brasil 56, CEP: 15385-000 - Ilha Solteira, SP.*

⁴*Bolsista FAPESP.*

*Autor correspondente <rmprado@fcav.unesp.br>

RESUMO: A avaliação química da escória de siderurgia, como corretivo de acidez do solo, pode sofrer interferências em razão da presença da alta energia de ligação dos seus constituintes neutralizantes e a presença de diversos elementos metálicos. Tendo como objetivo avaliar se a recomendação de correção baseada no poder de neutralização adotado para o calcário é compatível para escória de siderurgia, em função das alterações do valor pH, teores de H+Al, Ca+Mg em solos ácidos da região dos cerrados cultivados com cana-de-açúcar, realizou-se o presente experimento, em condições de casa de vegetação, em vaso com 20 dm³ do Latossolo Vermelho e do Neossolo Quartzarênico em dois cultivos sucessivos da cana-de-açúcar (cana-planta e cana-soca) por 210 dias após a incorporação dos corretivos, a cada cultivo. Os tratamentos, foram constituídos de dois corretivos calcário e escória em dois níveis de aplicação, como segue: nível 1= a dose para elevar V=50% e nível 2= dobro da dose necessária para elevar V=50%. Ao término de cada cultivo, os solos foram amostrados e analisados quimicamente. A reatividade da escória de siderurgia depende da classe de solo. A eficiência da escória de siderurgia baseado no poder de neutralização adotado para o calcário não apresentou comportamento satisfatório para estimar a necessidade de produto para a correção da acidez do solo, sugerindo a necessidade de mais estudos.

Palavras-chave: calagem, silicato, resíduo siderúrgico, poder de neutralização, solo ácido

STEEL WILL RESIDUE AND LIME FOR SOIL ACIDITY CORRECTION USING SUGAR CANE GROWN IN POTS

ABSTRACT: The neutralizing components of steel will residue are linked with high energy, combined with the presence of several metallic elements; these characteristics interfere in the chemical evaluation of their neutralization power. The aim of this study was to evaluate if the neutralization power of lime would be compatible with the residue used to produce steel, as a function of pH, H+Al, and Ca+Mg contents on acid soils in the Cerrado region, for sugar cane cultivation. This study was performed in 20 dm³ pots in a greenhouse, with Acrustox and Quartzipsamment soils, in two successive cultivations of sugar cane (first cutting and second cutting), harvest was 210 days after ammendments incorporation, for each cultivation. Treatments constituted of two corrective agents: limestone and steel will residue, in two levels of application, as follows: level 1 = the rate to increase V to 50%, and level 2 = double of the rate necessary to increase V to 50%. At the end of each cultivation, soils were sampled and analysed chemicaly. The reactivity of the steel will residue depends on the soil class type. The efficiency of the steel will residue based on the power of neutralization adopted for limestone was not sufficient to allow evaluation of the quantity necessary of the product for the correction of soil acidity, suggesting the necessity of further studies.

Key words: limestone, silicate, steel will residue, neutralization power, acid soil

INTRODUÇÃO

No Brasil o aproveitamento na agricultura das escórias de siderurgia é pouco difundido, haja vista que a quantidade produzida pelas siderúrgicas é significativa atingindo aproximadamente 3 milhões de toneladas ano.

Entretanto, a maioria dos experimentos que avaliou a escória de siderurgia como corretivo utiliza, a mesma avaliação química adotado para o calcário (Pereira, 1978; Piau, 1991). Alguns experimentos mostram que os efeitos deste resíduo na reação do solo apresentam diferenciados do calcário, ou seja, de reação mais lenta em doses equivalente em

carbonato de cálcio (Fázio & Gutierrez, 1989; Fortes, 1993).

Para esta avaliação química de calcário, Alcarde (1992) determina o poder de neutralização (PN). Este método também permite comparar a escória de siderurgia com calcário, onde é dada completa oportunidade ao corretivo de neutralizar ácido e esta capacidade é expressa em teor de neutralizante equivalente ao carbonato de cálcio (% E CaCO₃). Por outro lado é conhecido que o PN não indica a eficiência do corretivo de acidez (Galo & Catani, 1954), haja vista que depende, em grande parte, tanto das condições do solo e da granulometria, como da estrutura cristalina do material corretivo (Bellingieri, 1983).

¹Trabalho apresentado no 14^o Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Temuco, 1999.

Considera-se ainda que, do ponto de vista químico, a determinação do PN (solução de HCl 0,5 mol L⁻¹) é considerada branda, portanto surgem questionamentos com relação ao potencial de solubilização integral dos componentes neutralizantes da amostra, principalmente aqueles aprisionados em cristais como a sílica, que só seria atingido pelo ataque mais energético da amostra (Alcarde & Rodella, 1996).

Além da provável maior energia de ligação dos silicatos contidos na escória, a presença de contaminantes como micronutrientes metálicos podem interferir nos resultados da determinação do PN (Piau, 1995). De tal maneira que, estudos de aferição do método de determinação do PN comumente empregado para calcário comparado a escória de siderurgia é feito pelo monitoramento dos efeitos na reação do solo, e é de fundamental importância para auxiliar utilização adequada da escória de siderurgia na agricultura brasileira, tornando uso mais freqüente a exemplo de outros países como Japão e China.

Diante da maior complexidade química da escória comparado ao calcário, objetivou-se avaliar se o poder de neutralização adotado para recomendar calcário é compatível também para a escória de siderurgia, quanto a eficiência da correção da acidez de solos ácidos cultivados com cana-de-açúcar em vaso.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP, Ilha Solteira, SP no período de Julho de 1997 a setembro de 1998, em condições de casa de vegetação, utilizando-se vasos com capacidade de 20 dm³ de solo.

Inicialmente foram coletadas amostras da camada superficial (0 - 20 cm de profundidade) de dois solos, ambos sob vegetação natural de cerrado. Um foi classificado por Demattê (1980) como Latossolo Vermelho-Escuro álico, textura argilosa, correspondendo ao Latossolo Vermelho aluminoférrico (LV) (Embrapa, 1999) da Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP, município

de Selvíria, MS. O outro foi classificado por Groot (1996) como Areia Quartzosa álica, textura arenosa, correspondendo ao Neossolo Quartzarênico (NQ) (Embrapa, 1999) localizada na Fazenda Horto Barra da Moeda, município de Três Lagoas, MS.

Os solos coletados foram secos e peneirados, utilizando peneira com malha de 4 mm. Foi realizada a análise química dos solos conforme metodologia de Raij & Quaggio (1983), cujos resultados estão apresentados na TABELA 1.

Foi utilizada a escória de siderurgia de alto forno proveniente da siderúrgica Cossisa de Sete Lagoas, MG, produtora de ferro-gusa. Esta por sua vez foi seca em estufa a 60°C e posteriormente moída e passada numa peneira com malha de 0,297 mm de abertura (ABNT n°.50). O calcário calcítico utilizado foi passado na mesma peneira. Deste modo, ambos os corretivos apresentavam granulometrias semelhantes e reatividade (RE) igual a 100%. Em seguida foi realizada análise química, expresso em % na escória: PN=60,9 (CaO=30,2 e MgO=2,8) e PRNT=60,9 (Alcarde & Rodella, 1996); SiO₂ total=39,9 e a relação de alcalinidade Eq.CaO/SiO₂ (Eq.CaO: equivalente de Ca e Mg expresso em CaO)=0,85; (Embrapa, 1979) e no calcário expresso em %: PN=79,5 (CaO=39,5 e MgO=3,5), PRNT=79,5 o Ca=28,26; Mg=2,12 (Alcarde & Rodella, 1996).

Usou-se delineamento inteiramente casualizado, aplicado em dois solos Latossolo Vermelho e o Neossolo Quartzarênico, com quatro repetições, num esquema fatorial 2x4, sendo dois cultivos da cana-de-açúcar com as amostras de terra coletadas aos 7 e 14 meses após a incorporação dos corretivos e quatro tratamentos compreendendo a combinação de dois corretivos calcário e escória em dois níveis de aplicação, como segue: nível 1= a dose para elevar V=50% e nível 2= o dobro da dose necessária para elevar V=50% (TABELA 2).

Após a aplicação dos corretivos os solos foram incubados por 30 dias, com umidade próxima de 70% da capacidade de retenção de água (CRA). Portanto a CRA para o LV e NQ foi de 27,38 e 16,88 %, respectivamente.

TABELA 1 - Análise química e física dos solos Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ) utilizados no experimento (camada de 0-20 cm de profundidade).

Análise química										
Solo	pH CaCl ₂ (1:2,5)	M.O g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K -----	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg -----	H+Al -----	Al -----	T -----	V %
LV	4,1	21	2	1,0	1	1	42	10	45	7
NQ	4,2	10	9	0,2	3	3	18	3	24	26
Análise física										
		Argila	Silte	Areia fina			Areia grossa			
----- g kg ¹ -----										
LV	470		50	310			170			
NQ	40		30	520			410			

Decorrido o período de incubação, decidiu-se cultivar a cana-de-açúcar (variedade RB72-454). A adubação básica em todos os vasos foi constituída de: 210 mg dm⁻³ de N (sulfato de amônio), sendo 30 mg dm⁻³ no plantio e o restante parcelado em quatro vezes: 30, 75, 120 e 150 dias após a emergência do broto; 200 mg dm⁻³ de P (superfosfato triplo) no plantio; 220 mg dm⁻³ de K (cloreto de potássio), sendo 60 mg dm⁻³ no plantio e o restante parcelado em quatro vezes: 30, 75, 120 e 150 dias após a emergência do broto. Em seguida, realizou-se o plantio deixando duas plantas uniformes em cada vaso. A irrigação realizada manteve a umidade ao redor de 70% da CRA, para os dois solos, durante os dois cultivos, através de pesagens diárias dos vasos, que apresentaram o fundo furado.

TABELA 2 - Quantidades de escória de siderurgia e calcário, aplicados no Latossolo Vermelho (LV) e no Neossolo Quartzarênico (NQ) utilizados no experimento.

Solo	Níveis de Aplicação	Escória		Calcário	
		g por vaso	t ha ⁻¹	g por vaso	t ha ⁻¹
LV	1 ⁽¹⁾	31,2	3,12	23,9	2,39
	2	62,4	6,24	47,8	4,78
NQ	1	11,1	1,11	8,5	0,85
	2	22,2	2,22	17,0	1,70

⁽¹⁾ 1= calcário ou escória aplicado na dose para elevar V = 50% e 2= calcário ou escória aplicado, correspondente ao dobro da dose necessária para elevar V=50%.

Após período do 1º e do 2º cultivo da cana-de-açúcar, determinou-se o valor de pH e os teores de H+Al e do Ca + Mg do solo.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05). Em seguida foram utilizados modelos estatísticos lineares para relacionar os dois corretivos, onde considerou-se a testemunha sem correção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas dos solos LV e NQ antes da incorporação dos corretivos mostraram tratar-se de solos com acidez alta e com baixos teores de cálcio e magnésio (TABELA 1).

Os corretivos não atingiram níveis mais elevados de correção da acidez do solo provavelmente devido à aplicação do sulfato de amônio em cobertura e pela própria acidificação da rizosfera da cana-de-açúcar cultivada em vaso (TABELA 3 e 4). Fato semelhante foi discutido por Amaral et al. (1994).

Conforme havia de se esperar, observou-se que no LV à medida que dobra o nível de aplicação, ambos os corretivos não diferiram na alteração nos atributos químicos do solo analisados. Entretanto, analisando separadamente cada nível de aplicação no solo LV, considerando a média dos dois cultivos, observa-se que os corretivos tiveram mesmo comportamento no nível de aplicação 1 para o valor de pH, sendo de 3,9 para o calcário e 3,8 para a escória. Já no nível de aplicação 2 o calcário apresentou elevação do pH (4,6) significativamente superior ao pH (4,1) da escória (TABELA 3).

TABELA 3 - Valor do pH e dos teores de H+Al e Ca+Mg do Latossolo Vermelho em função dos tratamentos calcário e escória de siderurgia aplicados em dois níveis, durante dois cultivos da cana-de-açúcar em vaso.

Cultivo	Tratamento	pH (CaCl ₂)	H+Al e Ca+Mg	
			H+Al	Ca+Mg
			----- mmol _c dm ⁻³ -----	
1º cultivo	Calcário 1 ⁽¹⁾	4,0 BCa ⁽²⁾	40,5	12,0 BC a
	Escória 1	3,9 Ca	45,2	10,5 C a
	Calcário 2	4,9 Aa	16,0	32,5 A a
	Escória 2	4,2 Ba	33,7	17,5 B a
Média do 1º cultivo		4,2 a	33,9 b	18,1 a
2º cultivo	Calcário 1	3,8 BCa	63,0	10,0 B a
	Escória 1	3,7 Ca	68,0	10,2 B a
	Calcário 2	4,2 Ab	46,5	17,0 A b
	Escória 2	4,0 ABa	50,7	15,0 AB a
Média do 2º cultivo		3,9 b	57,1 a	13,1 b
Média dos dois cultivos	Calcário 1	3,9 C	51,7 A	11,0 C
	Escória 1	3,8 C	56,6 A	10,4 C
	Calcário 2	4,6 A	31,2 C	24,7 A
	Escória 2	4,1 B	42,2 B	16,2 B
CV (%)		3,7	14,9	19,1

⁽¹⁾ Calcário 1 e Escória 1= calcário ou escória aplicado na dose para elevar V=50%; Calcário 2 e Escória 2= calcário ou escória aplicado correspondendo o dobro da dose necessária para elevar V=50%. ⁽²⁾ Comparação de médias pelo teste de Tukey (P<0,05). Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada cultivo e média dos dois cultivos. Letras minúsculas comparam cultivos dentro de cada tratamento e média de cultivos.

Para os teores de H+Al e Ca+Mg no nível de aplicação 1 os corretivos não diferenciaram, enquanto que no nível de aplicação 2 a redução nos teores de H+Al foi maior para o calcário $20,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (51,7 – 31,2) contra $14,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para a escória. Quanto aos teores de Ca+Mg, da mesma maneira ambos os corretivos mostraram reação, onde o calcário aumentou $8,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a mais em relação a escória (TABELA 3).

Deste modo, observa-se que embora o presente método de recomendação dos corretivos no nível de aplicação 1 terem sido semelhantes nas alterações dos atributos químicos do solo, quando compara-se os corretivos no nível de aplicação 2 o método de recomendação mostra comportamento distinto, sendo o calcário superior a escória, o que não era de se esperar, pois as doses empregadas foram equivalentes em CaCO_3 . Portanto, estes resultados confirmam os obtidos por Fortes (1993) que verificou não eficiência da aplicação de escória baseado no PN para a correção do solo comparado ao calcário. No entanto, estes resultados discordam de Prado (2000) que aplicando doses quimicamente equivalentes de calcário e escória (aciaria), em condições de campo cultivado com a cana-de-açúcar (cana-planta e cana-soca) aos 12 e 24 meses após a incorporação, observou igual mudança na correção da acidez do solo.

Com relação ao solo NQ, os tratamentos apresentaram mesmo comportamento tanto no primeiro cultivo como no segundo cultivo, portanto serão analisadas as médias dos dois cultivos. À medida que aumenta para o nível de aplicação 2 o valor de pH para calcário aumenta significativamente de 3,8 para 4,2, porém quando aplica-se a escória o aumento do pH de 4,0 para 4,3 não atingiu significância. Da mesma forma ocorreu para os teores de Ca+Mg, sendo o calcário de 6,4 para 8,0 e a escória de 6,5 para 6,6 em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Para os teores de H+Al o aumento do nível de aplicação a partir do calcário refletiu em redução significativa de 20,2 para $17,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e o mesmo não ocorreu quando aplicou-se a escória permanecendo em $18,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Analisando separadamente cada nível de aplicação, para os atributos pH e H+Al, a diferença entre os corretivos não atingiu significância em ambos nível de aplicação, entretanto no nível de aplicação 2 para Ca+Mg o calcário foi novamente superior a escória (TABELA 4).

Possivelmente a diferenciação do calcário e da escória de siderurgia nas alterações dos atributos químicos do solo deveu-se ao fato que o NQ apresenta fator intensidade alto de Ca na solução, principalmente quando dobra a quantidade dos corretivos aplicados, afetando o equilíbrio químico da reação de solubilização dos corretivos, a qual a escória mostra-se mais sensível do que calcário. Esta hipótese está de acordo com Kato & Owa (1996) em função da taxa de dissolução da escória de siderurgia que é influenciada pela concentração de Ca da solução do solo, principalmente aqueles que apresentam fator intensidade maior.

TABELA 4 - Valor do pH e dos teores de H+Al e Ca+Mg do Neossolo Quartzarênico em função dos tratamentos calcário e escória de siderurgia aplicados em dois níveis, durante dois cultivos da cana-de-açúcar em vaso.

Cultivo	Tratamento	pH (CaCl ₂)	H+Al	Ca+Mg
1º cultivo	Calcário 1 ⁽¹⁾	3,7 ⁽²⁾	19,5	5,2
	Escória 1	4,0	18,0	5,2
	Calcário 2	4,1	16,5	7,0
	Escória 2	4,2	18,5	5,2
Média do 1º cultivo		4,0 a	18,1 a	5,7 b
2º cultivo	Calcário 1	3,9	21,0	7,5
	Escória 1	4,1	18,5	7,7
	Calcário 2	4,3	18,0	9,0
	Escória 2	4,4	18,0	8,0
Média do 2º cultivo		4,2 a	18,9 a	8,1 a
Média dos dois cultivos	Calcário 1	3,8 B	20,2 A	6,4 B
	Escória 1	4,0 AB	18,2 AB	6,5 B
	Calcário 2	4,2 A	17,2 B	8,0 A
	Escória 2	4,3 A	18,2 AB	6,6 B
CV (%)		6,2	10,2	13,3

⁽¹⁾Calcário 1 e Escória 1= calcário ou escória aplicado na dose para elevar V=50%; Calcário 2 e Escória 2= calcário ou escória aplicado correspondendo o dobro da dose necessária para elevar V=50%. ⁽²⁾ Comparação de médias pelo teste de Tukey (P<0,05). Letras maiúsculas comparam média dos dois cultivos. Letras minúsculas comparam média de cultivos.

No NQ no primeiro cultivo observou-se que a escória embora aumente linearmente o pH do solo em função dos níveis de aplicação, não apresentou ajuste significativo nos teores de Ca+Mg e H+Al. Já neste mesmo solo, o calcário apresentou efeitos lineares em tais atributos (TABELA 5).

É possível que o comportamento entre os corretivos não explicado pelos modelos lineares revela que a recomendação de correção não estimou a dose da escória adequada para provocar os efeitos desejados, provavelmente devido ao método de determinação baseado no PN utilizado. Este fato da maior dificuldade de solubilização de corretivos a base de silicato e a conseqüente interferência no PN foi levantado por Alcarde & Rodella (1996).

Segundo este mesmo autor, considera que a metodologia de determinação do PN ($\text{HCl } 0,5 \text{ mol L}^{-1}$) seja pelo método simplificado, a qual foi adotado no presente trabalho, ou mesmo a metodologia oficial preconizada pela legislação brasileira, é considerada branda do ponto de vista energético de extração para os silicatos. Nestas circunstâncias a saída infere-se na discussão de novas ou adaptações das metodologias existente, por exemplo da concentração do extrator HCl, a qual recomenda Defelipo

TABELA 5 - Equações de regressão em função dos níveis de aplicação (X) e os resultados dos atributos químicos do solo (Y) no Latossolo Vermelho (LV) e no Neossolo Quartzarênico (NQ), obtidos após 1º cultivo e o 2º cultivo da cana-de-açúcar em vaso.

Solo	Corretivo	Atributo químico	F	R ²	Equação
1º cultivo (7 meses após aplicação)					
NQ	Calcário	pH	13,83 ^{**} (1)	0,69	Y = 3,71 + 0,1625 x
		Ca+Mg	15,16 ^{**}	0,82	Y = 4,75 + 1,000 x
		H+Al	18,00 ^{**}	0,75	Y = 2,20 - 1,5000 x
	Escória	pH	11,88 ^{**}	1,00	Y = 3,78 + 0,2000 x
		Ca+Mg	0,75 ns	-----	-----
		H+Al	0,82 ns	-----	-----
LV	Calcário	pH	115,98 ^{**}	0,92	Y = 3,57 + 0,6250 x
		Ca+Mg	115,75 ^{**}	0,93	Y = 2,54 + 13,8750 x
		H+Al	76,32 ^{**}	0,99	Y = 71,58 - 21,2500 x
	Escória	pH	33,64 ^{**}	0,99	Y = 3,66 + 0,2625 x
		Ca+Mg	68,45 ^{**}	1,00	Y = 4,54 + 6,3750 x
		H+Al	16,45 ^{**}	1,00	Y = 70,21 - 12,3750 x
2º cultivo (14 meses após aplicação)					
NQ	Calcário	pH	6,92 [*]	0,64	Y = 3,70 + 0,2875 x
		Ca+Mg	4,69 ns	-----	-----
		H+Al	7,16 [*]	0,65	Y = 2,23 - 0,2000 x
	Escória	pH	27,51 ^{**}	0,86	Y = 3,74 + 0,3375 x
		Ca+Mg	2,90 ns	-----	-----
		H+Al	12,80 ^{**}	0,75	Y = 2,15 - 0,2000 x
LV	Calcário	pH	29,43 ^{**}	0,86	Y = 3,55 + 0,3125 x
		Ca+Mg	21,47 ^{**}	0,96	Y = 7,63 + 3,1250 x
		H+Al	33,16 ^{**}	0,88	Y = 7,83 - 1,5750 x
	Escória	pH	9,31 [*]	0,69	Y = 3,74 + 0,1125 x
		Ca+Mg	59,80 ^{**}	0,96	Y = 7,58 + 3,5000 x
		H+Al	50,55 ^{**}	0,91	Y = 7,92 - 1,3625 x

(1) *, ** significativo (P<0,05) e (P<0,01) respectivamente pelo teste F.

& Ribeiro (1981) concentração maior do HCl (1 mol L⁻¹) ou mesmo podendo aumentar o tempo de aquecimento além dos cinco minutos da reação ácido-base para que atinja ponto de equivalência, dentre outras técnicas de laboratório que podem ser testadas. Outra questão que pode provocar variações na determinação do PN da escória foi levantado por Piau (1995), que seria a interferência de impurezas como micronutrientes basicamente Fe e Mn, quando o hidróxido de sódio é titulado com a escória dissolvida em HCl.

Estas diferenças entre os corretivos repetem-se no segundo cultivo onde os teores de H+Al do NQ passaram a apresentar decréscimo linear com aplicação da escória, e no primeiro cultivo tais alterações não apresentaram ajuste significativo (TABELA 5). Isto significa que no primeiro momento (7 meses após a incorporação) a escória não apresentou ajuste satisfatório na redução da acidez potencial do solo (H+Al) e só mostrou tal efeito tardiamente (14 meses após a incorporação). Este efeito diferenciado da reatividade da escória na correção da acidez do solo em função do tempo de reação foi observado por Camargo (1972). Nesta mesma linha, Fázio & Gutierrez (1989) observaram também lenta solubilidade da escória de alto forno da Companhia Siderúrgica de Tubarão no solo (Latosolo Vermelho Amarelo), muito embora apresentava PRNT próximo de 100%.

Uma das causas não discutidas que pode indicar este ajuste linear significativo dos teores de H+Al do solo no segundo cultivo seria a influência da maior pressão de CO₂, uma vez que o volume e atividade radicular da cana-de-açúcar no vaso foram aumentados pelo espaço restrito e o tempo de cultivo. Esta hipótese está de acordo com Kato & Owa (1997) que observaram em experimento de vaso que a maior pressão de CO₂ no solo promoveu maior solubilização da escória de siderurgia.

Analisando o efeito residual de ambos corretivos em função de cada tipo de solo, observa-se de maneira geral que os corretivos apresentaram maior efeito residual na correção da acidez do NQ do que do LV, uma vez que do primeiro para o segundo cultivo nota-se no solo LV uma redução significativa do valor pH 4,2 para 3,9, e aos teores de Ca+Mg de 18,1 para 13,1 e aumento no H+Al em mmol_c dm⁻³ de 33,9 para 57,1 (TABELA 3). No NQ ocorreu a manutenção do valor pH 4,0 para 4,2 e no teor de H+Al em mmol_c dm⁻³ de 18,1 para 18,9 e até aumento dos teores de Ca+Mg em mmol_c dm⁻³ de 5,7 para 8,1 (TABELA 4). Isto provavelmente deveu-se pelo fato que no NQ o teor de argila (40 g kg⁻¹) é bem menor comparado ao LV (470 g kg⁻¹) (TABELA 1) e conseqüentemente menor poder de solubilização dos corretivos influenciado pela menor capacidade de retenção de água e um reduzido contato das partículas de silicato e a fase sólida do solo.

No entanto, ressalta-se que no LV, ambos corretivos apresentaram um ajuste linear em tais atributos químicos do solo analisados nos dois cultivos, reforçando assim a maior reatividade dos corretivos neste solo (TABELA 5). Conforme havia de se esperar, esta maior reatividade de ambos corretivos no solo LV implicou em menor efeito residual. Portanto, estes resultados estão de acordo com Tisdale & Nelson (1975) que afirmam que a reatividade e o efeito residual dos corretivos são características antagônicas.

De modo geral, em solos com baixo poder tampão (NQ) e mesmo com maior (LV), porém submetido a doses elevadas de escória, o critério de recomendação de correção baseado no PN apresentou maior variação nos atributos químicos dos solos. Além do efeito do solo, o tipo de escória também pode provocar diferenças na sua solubilidade e conseqüentemente influenciará a determinação do PN. Neste sentido, Ando et al. (1983) observaram que as escórias de siderurgias com menor relação de alcalinidade (Eq. CaO/SiO₂) numa escala de 0,5 a 4,5 apresentavam menor solubilidade e conseqüentemente maior interferência na determinação do PN, o que coincide com presente trabalho, já que a relação de alcalinidade da escória encontrada foi considerada baixa (0,85).

CONCLUSÕES

- A reatividade da escória de siderurgia depende da classe de solo.
- A eficiência da escória de siderurgia baseada no poder de neutralização adotado para o calcário não apresentou comportamento satisfatório para estimar a necessidade de produto para a correção da acidez do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Técnico Agrícola Cassiano Silva pelo auxílio na condução do experimento, ao Prof. Dr. Walter Veriano Valério Filho da FEIS/UNESP pelas sugestões nas análises estatísticas e à Siderúrgica Cossisa de Sete Lagoas, MG por ceder a escória de siderurgia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C. **Corretivo de acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6).
- ALCARDE, J.C.; RODELLA, A.A. Avaliação química de corretivos de acidez para fins agrícolas: uma nova proposição. **Scientia Agricola**, v.53, p.211-216, 1996.
- ANDO, J.; MATUSHIMA, F.; NAKAJIMA, J. The chemical composition and solubility of various amorphous slags. Japonese, **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.54, p.417-423, 1983.
- AMARAL, A.S.; DEFELIPO, B.V.; COSTA, L.M.; FONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alfaca em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1351-1358, 1994.

- BELLINGIERI, P.A. Avaliação em laboratório da eficiência de diferentes frações granulométricas de calcários agrícolas. Piracicaba, 1983. 99p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CAMARGO, A.P. Influência da granulometria de três materiais corretivos na neutralização da acidez do solo. Piracicaba, 1972. 54p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- DEFELIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1981. 17p. (Boletim Extensão, 29).
- DEMATTÊ, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ, USP, 1980. 114p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1979. 250p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.
- FÁZIO, P.I.; GUTIERREZ, A.S.D. **Uso de corretivos de acidez do solo comercializados no Estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, 1989. 27p. (Boletim Técnico, 12).
- FORTES, J.L.O. Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo. Viçosa, 1993. 66p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- GALO, J.R.; CATANI, R.A. Solubilidade de alguns tipos de calcário. **Bragantia**, v.13, p.63-74, 1954.
- GROOT, E. Levantamento semidetalhado dos solos reflorestados de três lagoas agroflorestal Ltda. Ilha Solteira, 1996. 57p. Monografia (Graduação) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.
- KATO, N.; OWA, N. Dissolution of slag in water and calcium choride solution: effects of solution pH and calcium concentration on solubilities of slag. Japonese. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.67, p.626-632, 1996.
- KATO, N.; OWA, N. Dissolution of slag fertilizers in a paddy soil and Si uptake by rice plant. Japonese, **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.43, p.329-341, 1997.
- PEREIRA, J.E. Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno. Viçosa. 1978. 84p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- PIAU, W.C. Variabilidade do uso das escórias como corretivo e fertilizante. Piracicaba, 1991. 99p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- PIAU, W.C. Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1995. 124p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- PRADO, R.M. Resposta da cana-de-açúcar à aplicação da escória silicatada como corretivo de acidez do solo. Ilha Solteira, 2000. 97p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 52p. (Boletim Técnico, 81).
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 3.ed. New York: Micmillan, 1975. 694p.

Recebido em 13.10.99