

# SEÇÃO VIII - FERTILIZANTES E CORRETIVOS

## RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR À APLICAÇÃO DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA COMO CORRETIVO DE ACIDEZ DO SOLO<sup>(1)</sup>

R. M. PRADO<sup>(2)</sup> & F. M. FERNANDES<sup>(3)</sup>

### RESUMO

A acidez elevada dos solos da região sudeste e centro-oeste do Brasil predomina onde se concentra a maior área cultivada com cana-de-açúcar. Grandes depósitos de escória de siderurgia, que contêm nutrientes como cálcio e magnésio e apresentam ação corretiva de acidez, localizam-se também naquelas regiões. O presente trabalho objetivou avaliar diferentes níveis de saturação por bases, utilizando como corretivo do solo a escória de siderurgia, comparando-a com calcário calcítico, nas alterações de alguns atributos químicos do solo, bem como na resposta da cana-de-açúcar, durante os dois primeiros cortes. Para isto, foi realizado um experimento com a cana-de-açúcar, variedade SP 80-1842, nos anos agrícolas 98/99 e 99/00. Os tratamentos, dispostos em blocos casualizados em esquema fatorial com quatro repetições, constaram de duas fontes de corretivos, calcário calcítico e escória de siderurgia, e quatro níveis de correção, estimados pelo método da saturação por bases (V%): testemunha sem correção e correção para V% de 50, 75 e 100. Concluiu-se que os efeitos da aplicação do calcário e da escória de siderurgia foram semelhantes na correção da acidez do solo, na elevação da concentração de cálcio e magnésio do solo e na saturação por bases. As doses de calcário proporcionaram efeito quadrático sobre a produtividade e perfilhamento da cana-de-açúcar, enquanto as de escória resultaram em resposta linear.

**Termos de indexação:** silicato, calcário calcítico, saturação por bases, *Saccharum L.*

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, com financiamento da FAPESP. Trabalho apresentado na XXIV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Santa Maria, 2000. Recebido para publicação em junho de 2000 e aprovado em outubro de 2000.

<sup>(2)</sup> Doutorando do Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade do Estado de São Paulo – UNESP. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n., CEP 14870-000 Jaboticabal (SP). Bolsista FAPESP. E-mail: rmprado@fcav.unesp.br

<sup>(3)</sup> Professor, Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Rural, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Caixa Postal 31, CEP 15385-000 Ilha Solteira (SP). E-mail: maximino@agr.feis.unesp.br

**SUMMARY:** *RESPONSE OF SUGAR CANE TO APPLICATION OF SLAG AS A CORRECTIVE AGENT FOR ACIDITY IN SOIL*

*High acidity predominates in southeastern and midwestern Brazilian soils, where the largest area of sugar cane plantations is concentrated. Large amounts of slag, a steel-industry residue containing nutrients such as calcium and magnesium and acting as acidity corrective agents, are also present in the region. This study aimed to evaluate different base saturation levels using slag as a soil corrective agent. This material was compared to calcitic limestone to analyze acidity neutralization and certain chemical soil properties, as well as sugarcane response during the first two cuts. Thus, an experiment was carried out using sugarcane variety SP 80-1842 during 1998/1999 and 1999/2000. The treatments were arranged in a randomized block design, with four replications, consisting of two sources of corrective agents - calcitic limestone and slag - and four correction levels, estimated by the base saturation method (V%): control without correction and V% correction of 50, 75 and 100. It was concluded that the limestone and slag application had a similar effect on the correction of the soil acidity as well as on the increase of calcium and magnesium concentrations of the soil and base saturation. Limestone and slag applications had a quadratic and linear effect, respectively, on culm production and number of millable stalk.*

*Index terms: silicate, calcitic limestone, base saturation, Saccharum L.*

## INTRODUÇÃO

Segundo dados da FAO (1999), a área brasileira com o cultivo da cana-de-açúcar é de 4,94 milhões de hectares, com uma produção de 338,49 mil toneladas de colmos, atingindo um rendimento médio de 69,07 t ha<sup>-1</sup>.

A maioria das áreas cultivadas com a cultura da cana-de-açúcar no Brasil encontra-se em solos com diferentes gradientes de acidez. Esse aspecto é reconhecidamente um dos principais fatores da baixa produtividade das culturas. Assim, pequeno investimento na agricultura dá retorno econômico elevado, como o uso do calcário.

Em solos ácidos com elevada saturação por alumínio, a calagem promove a neutralização do Al tóxico na camada arada, possibilitando a proliferação intensa das raízes, com reflexos positivos no crescimento das plantas. É importante para culturas semiperenes incorporar muito bem o calcário, já que aplicações superficiais atuam lentamente nas camadas mais profundas, visto que um solo mal corrigido no início comprometerá a produtividade dessas culturas por muito tempo (Raij et al., 1996).

Assim, corrigir a acidez do solo é o modo mais eficiente de eliminar as barreiras químicas ao pleno desenvolvimento das raízes, garantindo o eficiente aproveitamento da água e de nutrientes e, em

conseqüência, maior produção da cultura. Além do efeito na reação do solo, a calagem fornece magnésio e, principalmente, o cálcio, nutriente com um papel preponderante no crescimento radicular da planta (Ritchey et al., 1982). Portanto, a melhoria da reação do solo na camada arável (Orlando Filho et al., 1990) como em subsuperfície (Prado et al., 1998) tem influenciado positivamente a produção de colmos da cana-de-açúcar.

Uma das alternativas para corrigir os solos ácidos seria através do uso da escória de siderurgia, um resíduo da indústria do aço e ferro-gusa, constituída quimicamente de um silicato de cálcio (CaSiO<sub>3</sub>) (Amaral et al., 1994) com propriedade corretiva de solo semelhante ao calcário (Ribeiro et al., 1986). Essa escória é atualmente pouco usada na agricultura brasileira, ao contrário dos Estados Unidos, Japão e China.

Na literatura nacional, poucos trabalhos testaram o uso da escória de siderurgia como corretivo de acidez e sua relação com a resposta das culturas, sobretudo anuais, como arroz, sorgo e milho (Piau, 1995), enquanto, nas semiperenes, como a cana-de-açúcar, inexistem pesquisas em condições de campo. A cana-de-açúcar pode apresentar considerável potencial de resposta à produção de açúcar e álcool a partir do uso desses resíduos, a exemplo do que ocorre na região da Flórida nos Estados Unidos (Elawad et al., 1982; Anderson et al., 1987). Assim,

acredita-se que a reciclagem de grande parte deste resíduo contribuirá para diminuir os problemas ambientais de acúmulo desse material.

O presente trabalho objetivou avaliar a resposta da cana-de-açúcar, durante os dois primeiros cortes, utilizando como corretivo do solo a escória de siderurgia, comparando-a com calcário calcítico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de campo foi realizado na área experimental da Fazenda Nossa Senhora Aparecida, no município de Ituverava (SP), sob clima mesotérmico com verão quente e úmido (Cwa), pelo sistema Köppen. O solo é um Latossolo Vermelho-Amarelo aluminoso, com as seguintes características químicas: matéria orgânica = 24 g dm<sup>-3</sup>; pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> (1:2,5) = 4,6; P-resina = 5 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,4; Ca = 8,0; Mg = 5,0; H + Al = 38,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V = 26%, avaliadas segundo o método descrito por Rajj et al. (1987).

A escória de siderurgia utilizada foi proveniente da siderúrgica Dedini, do município de Piracicaba (SP), com as seguintes características químicas: Cu = 0,4; Zn = 0,9; B = 0,3; Mn = 24,7; Fe = 261,8 g kg<sup>-1</sup>, analisadas em extrato de DTPA, exceto o B, que foi por água quente; CaO = 252 g kg<sup>-1</sup>; MgO = 25 g kg<sup>-1</sup>; PN = 51,4; RE = 79,4 e o PRNT = 41,0%. O calcário utilizado foi o calcítico, com as seguintes características: CaO = 372 g kg<sup>-1</sup>; MgO = 27 g kg<sup>-1</sup>; PN = 87,8; RE = 73,3 e o PRNT = 64,0%. Escolheu-se esse calcário por ele apresentar teor de MgO semelhante ao da escória de siderurgia, ambos com teores de MgO menores que 50 g kg<sup>-1</sup>.

Os tratamentos, com quatro repetições, foram dispostos em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4 (duas fontes de corretivos e quatro níveis de correção), totalizando 32 unidades experimentais. Além da testemunha sem correção, as doses de corretivos foram aplicadas, objetivando elevar a saturação por bases a 50, 75 e 100%, correspondendo, respectivamente, a equivalente CaCO<sub>3</sub> a: 0; 1,23; 2,52 e 3,8 t ha<sup>-1</sup>. Para o calcário, as doses foram de 1,92; 3,92 e 5,93 t ha<sup>-1</sup> e, para a escória de siderurgia, foram de 3,0; 6,12 e 9,27 t ha<sup>-1</sup>.

Nos tratamentos com calcário, aplicaram-se os micronutrientes Cu, Zn e B nas doses de 5,91; 8,63 e 3,28 kg ha<sup>-1</sup>, para o V% igual a 50, e, assim, proporcionalmente, para o V% 75 e 100. Este procedimento objetivou equilibrar o teor desses micronutrientes dos tratamentos com calcário com o da escória, que apresenta em sua composição tais nutrientes. Como fontes, usaram-se o sulfato de cobre, o sulfato de zinco e o ácido bórico. Destaca-se, ainda, que não foram aplicados o Fe e Mn, tendo em vista a reação ácida do solo em estudo, aliado à conhecida baixa resposta da cana-de-açúcar a esses nutrientes.

Durante o preparo do solo, aplicou-se a escória de siderurgia e calcário, manualmente, obedecendo à seguinte seqüência: metade aplicada a lanço, em área total, antes da aração (aivecas), e metade aplicada a lanço, em área total, depois da aração e antes da gradagem com grade aradora (14 x 32"), objetivando incorporar na camada de 0-20 cm de profundidade. Posteriormente, realizou-se o plantio da cana-de-açúcar, variedade SP 80-1842 (cana de ano), procurando deixar 15 gemas por metro linear de sulco, de modo que cada parcela ficou constituída por seis linhas espaçadas de 1,30 m e com 7,5 m de comprimento, totalizando 58,5 m<sup>2</sup> de área total. A bordadura entre parcelas e blocos foi de 2,0 e 2,6 m, respectivamente. A área útil da parcela ficou constituída pelas quatro linhas centrais, perfazendo 39,0 m<sup>2</sup>.

Como adubação básica, aplicaram-se, em todos tratamentos, 1.300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-14-08. Na mesma ocasião, foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de heptacloro, para o controle de pragas, distribuídos em todas as parcelas, via sulco de plantio. Em cobertura, foram utilizados 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio, incorporados a 5 cm de profundidade, 42 dias após o plantio. Na cana-soca, foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, aos 30 dias da emergência dos brotos, incorporados em sulco raso a 40 cm da linha plantada e a 5 cm de profundidade. No controle de plantas daninhas, utilizou-se o método químico na cana-planta e o mecânico na cana-soca.

Na cana-planta e cana-soca, foi avaliado o perfilhamento aos 90 dias da emergência do broto, em 1,5 m, para cada linha da parcela útil. O estado nutricional das plantas foi avaliado por meio de amostragens de folhas (+3) e posteriores determinações das concentrações de macronutrientes, segundo o método de Sarruge & Haag (1974). A colheita de colmos industrializáveis da cana-de-açúcar foi feita, considerando a parcela útil, 345 dias após a emergência dos brotos da cana-planta e da cana-soca, pelo método de colheita via cana crua.

Aos 12 e 24 meses da aplicação dos corretivos, foram retiradas 15 amostras simples de solo por parcela para compor a amostra composta, utilizando um trado holandês. A amostragem foi efetuada nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. As análises químicas dessas amostras (pH em CaCl<sub>2</sub>, H + Al, Ca, Mg e V%) foram efetuadas conforme método descrito por Rajj et al. (1987).

De acordo com Pimentel-Gomes (1985), foram realizadas as análises de variância conjunta. Para isto, foram selecionadas e consideradas as variáveis cujos quadrados médios residuais não diferiram em mais de sete vezes de uma safra para outra. Os resultados foram também submetidos à análise de regressão, realizada pelo programa estatístico SAS (1985).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Efeitos dos tratamentos no solo

A análise conjunta dos valores de pH, dos teores de Ca, Mg, H + Al, e do V% não mostrou interação significativa da época de amostragem do solo e os níveis de correção dos tratamentos escória de siderurgia e calcário nas duas profundidades avaliadas, com exceção dos teores de Ca, quando se aplicou calcário na profundidade de 0-20 cm. Isto ocorreu por que, na primeira amostragem, as doses de 1,23 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> apresentaram teor de Ca significativamente maior que 2,52 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, enquanto, na segunda amostragem, estas doses foram semelhantes estatisticamente. A ausência de interação mostra que as variações nas características químicas do solo, considerando os níveis dos corretivos utilizados, foram proporcionalmente semelhantes, nas diferentes épocas de amostragens.

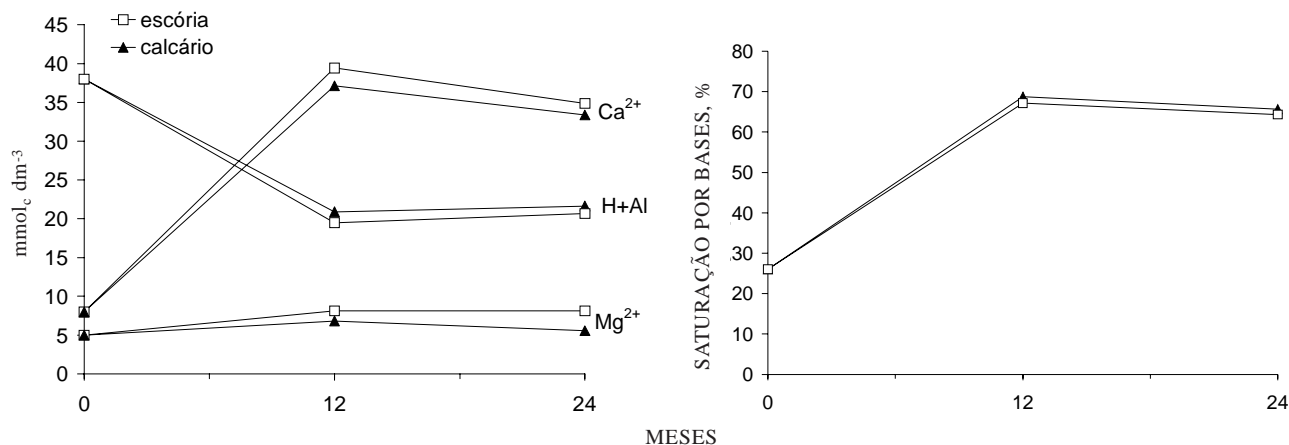
Acompanhando a evolução dos efeitos da aplicação da escória de siderurgia e do calcário no solo, os resultados indicaram que os teores iniciais de Ca, Mg e da saturação por bases sofreram aumento acentuado, enquanto o H + Al reduziu também na mesma magnitude, na amostragem efetuada aos 12 meses (Figura 1). Na amostragem realizada aos 24 meses, percebeu-se pequena redução não-expressiva nos valores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> (exceto quando o corretivo utilizado foi a escória silicatada) e saturação por bases, bem como pequeno aumento no valor do H + Al. A perda anual de Ca + Mg do solo, neste trabalho, atingiu, em média, para as duas fontes de corretivos, 4,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Essas perdas têm sido freqüentemente relatadas na literatura (Raij et al., 1982).

Segundo os resultados, a máxima reação do calcário e da escória de siderurgia ocorreu aos 12 meses de sua aplicação. Após esse período, iniciou-se a redução do efeito residual dos corretivos, resultado também relatado por Malavolta (1981). Os trabalhos de Oliveira et al. (1997) e Quaggio et al. (1982) em condições de campo mostraram que a reação máxima do calcário no solo ocorreu mais tarde, entre 18 e 33 meses após aplicação do calcário.

Esse retardamento para reação máxima do calcário no solo pode estar relacionado com diversas causas, tais como: o poder tampão do solo, o grau de homogeneização da incorporação do corretivo, além do fato de os índices de reatividade, adotados atualmente (corretivo retido nas peneiras entre 2 e 0,84 mm; 0,84 e 0,3 mm e inferior a 0,3 mm apresentam RE igual a 20; 60 e 100%), para o cálculo do RE, apresentarem-se superestimados, dentro do prazo estimado na legislação de 0-90 dias, tendo em vista que Natale & Coutinho (1994) observaram que as reatividades das frações granulométricas atribuídas ao calcário só foram obtidas aproximadamente 18 meses após aplicação.

Assim, esse efeito residual do calcário em solo cultivado com cana-de-açúcar pode prolongar-se até 56 meses, especialmente em solos arenosos (Orlando Filho et al., 1996).

As variações no pH e nos valores de H + Al, Ca e Mg trocáveis, considerando a aplicação da escória de siderurgia e do calcário, estão representadas na figura 2. Verificaram-se aumentos significativos, semelhantes para os dois corretivos, quanto ao pH, Ca e Mg, bem como redução no H + Al, nas duas profundidades: 0-20 e 20-40 cm, com exceção do Mg, na profundidade de 20-40 cm, que não obteve ajuste significativo. Resultados semelhantes foram obtidos



**Figura 1. Efeito do tempo de aplicação do calcário e da escória de siderurgia em alguns atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. (Dados médios de quatro doses e quatro repetições).**



por Ribeiro et al. (1986). Observou-se, ainda, que, nas doses para elevar o V (%) a 75 e 100, a escória foi superior ao calcário calcítico quanto aos incrementos nos teores de Mg do solo a 0-20 cm.

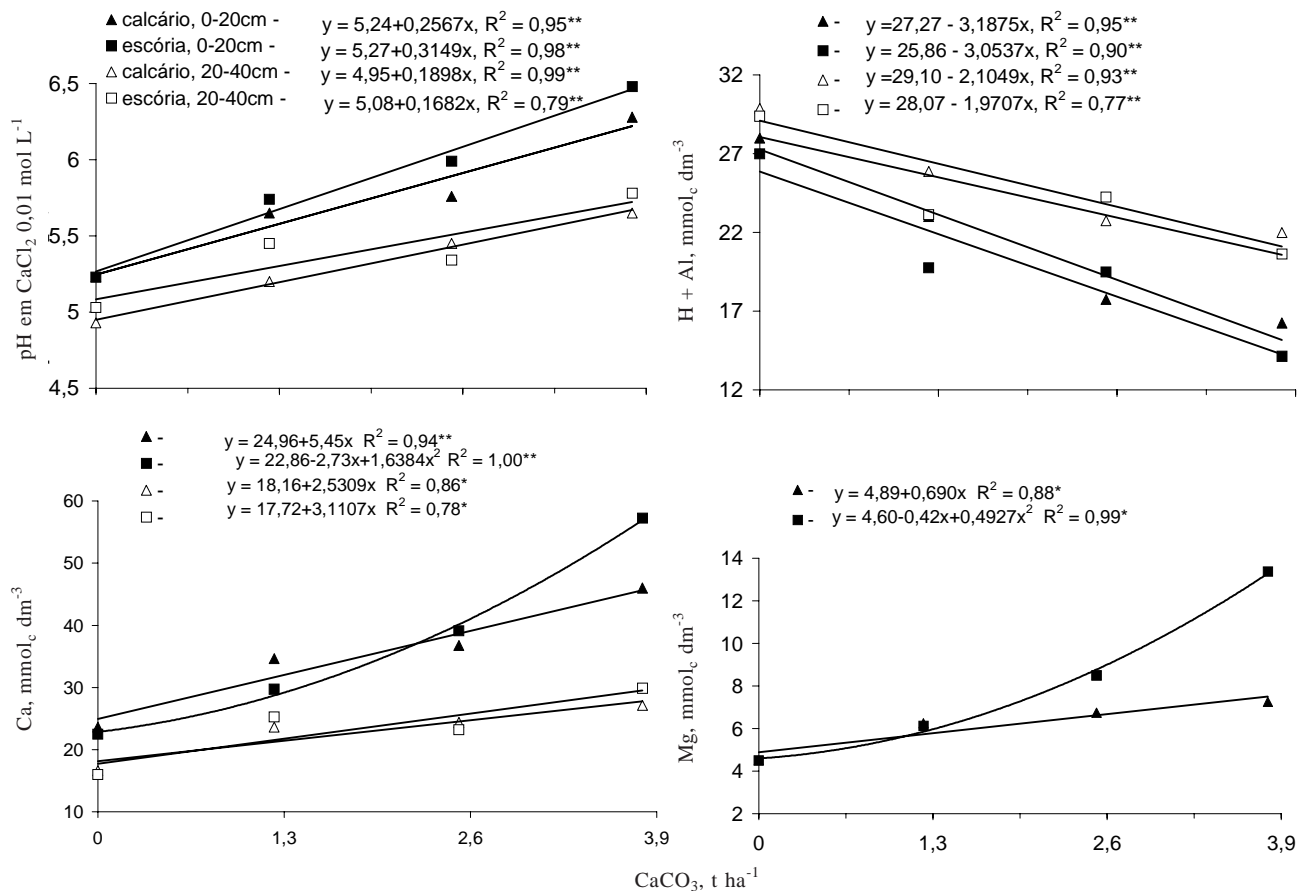
Os aumentos do pH e Ca e redução de H + Al na camada de 20-40 cm de profundidade evidenciam os efeitos positivos da aplicação da escória de siderurgia e do calcário na subsuperfície, abaixo da camada mobilizada na qual foram incorporados. Na literatura, têm sido frequentemente relatados estudos que tratam do movimento de corretivos no solo. Há estudos que confirmam a baixa mobilidade no perfil do solo (Koch & Estes, 1986), enquanto outros evidenciam movimento (Oliveira & Pavan, 1996). Morelli et al. (1992) também observaram o movimento do corretivo corrigindo a acidez do solo em subsuperfície, abaixo da camada mobilizada, em área cultivada com cana-de-açúcar.

O que pode ter contribuído para o efeito positivo dos corretivos em subsuperfície seriam os tratamentos que utilizaram as doses maiores. O deslocamento de partículas de calcário no perfil do solo pode receber contribuição de natureza física,

como os canais deixados pela decomposição de raízes, de acordo com a atividade da micro e macrofauna, situação essa pouco provável, pois não existia cobertura morta nas entrelinhas da cana-de-açúcar ou de natureza química, pela formação de pares entre bases (Ca e Mg), e ácidos orgânicos de alta solubilidade estariam permitindo o carreamento desses pares às camadas subsuperficiais do perfil (Santos, 1999).

Essa reação é explicada por Miyazawa et al. (1996) pela formação de ligantes orgânicos que complexam o cálcio do solo, formando complexos  $CaL^0$  ou  $CaL^-$ . Além desses compostos pode haver formação de outros, como  $Ca(HCO_3)_2$  e  $Mg(HCO_3)_2$  (Oliveira & Pavan, 1996). Além disso, a adubação nitrogenada pode levar a formações de sais solúveis de nitrato de cálcio, os quais podem ser percolados pelo movimento descendente da água no perfil do solo (Blevins et al., 1977).

Observou-se, ainda, um acréscimo na saturação por bases do solo nas duas profundidades analisadas, conforme a aplicação dos corretivos (Figura 3), como era esperado. Entretanto, pelas equações, nota-se que o incremento médio na saturação por bases para os



**Figura 2. Efeito do calcário e da escória de siderurgia no valor de pH, nos teores de Ca, Mg e (H + Al) de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. (Dados médios de duas épocas de amostragem e quatro repetições).**

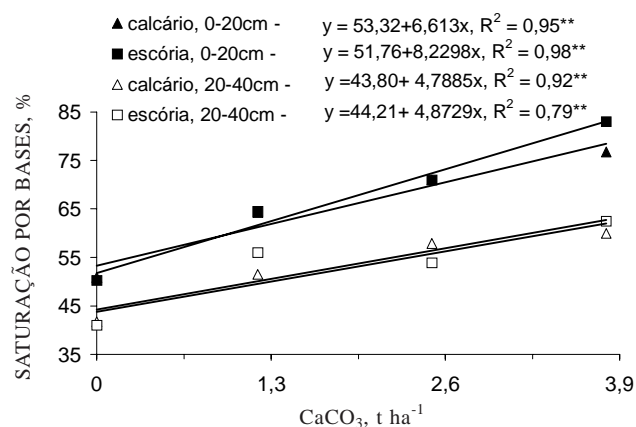
dois corretivos foi maior na camada de 0-20 cm em relação à de 20-40 cm, atingindo 7,4 e 4,8%, respectivamente, para cada tonelada de  $\text{CaCO}_3$  aplicada, o que confirma a questão do movimento do calcário no perfil do solo, discutido anteriormente.

### Efeitos dos tratamentos na produção de colmos e no perfilhamento da cana-de-açúcar

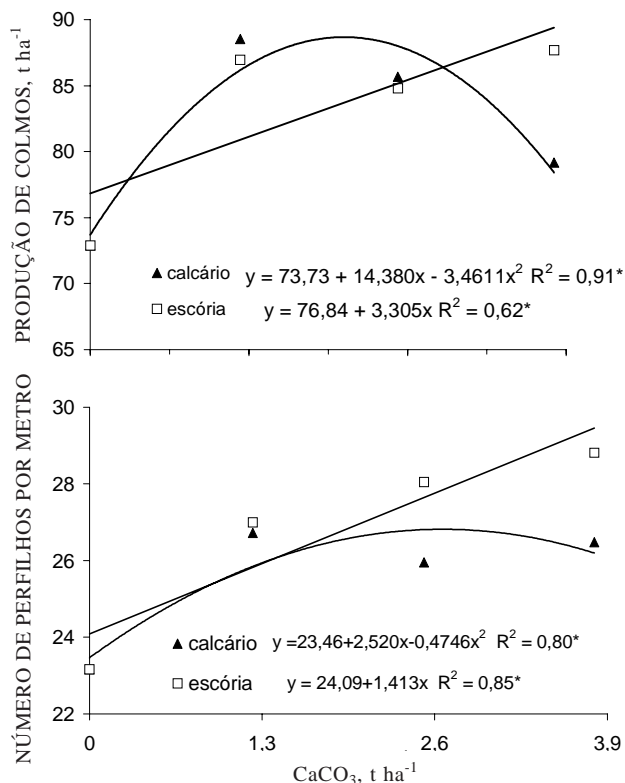
Pela análise conjunta dos resultados, observou-se ausência de significância para a interação dos diferentes cortes da cana-de-açúcar e os níveis de correção na aplicação da escória de siderurgia e do calcário na produção de colmos e no perfilhamento da cana-de-açúcar.

A figura 4 mostra efeito quadrático e outro linear pela aplicação do calcário e da escória de siderurgia, respectivamente, na produção de colmos. Resultado semelhante foi obtido por Orlando Filho et al. (1990), quando aplicaram o calcário, e por Anderson et al. (1987), quando utilizaram a escória de siderurgia. Resposta semelhante foi observada quanto ao perfilhamento da cana-de-açúcar. Esta estreita relação do número de colmos ou perfilhamento e da produção de colmos da cana-de-açúcar, bem como a aplicação da escória de siderurgia, também foi reportada por Elawad et al. (1982), na Flórida, em experimento de campo, e por Prado & Fernandes (2000), em condições de vaso.

Respostas positivas à aplicação do calcário ou da escória de siderurgia mostram a sensibilidade da cana-de-açúcar (variedade SP 80-1842) à acidez do solo, indicando, assim, a necessidade dessa prática para o incremento na produção. Por outro lado, existem relatos na literatura que indicam que a cultura apresenta alta resistência à reação ácida do solo (Azevedo & Sarruge, 1984).



**Figura 3.** Efeito da aplicação do calcário e da escória de siderurgia na saturação por bases de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. (Dados médios de duas épocas de amostragens e quatro repetições).



**Figura 4.** Efeito da aplicação do calcário e da escória de siderurgia na produção de colmos e no perfilhamento da cana-de-açúcar. (Dados médios da cana-planta e cana-soca e quatro repetições).

As concentrações foliares para os macronutrientes, aos quatro meses da emergência do broto (dados não apresentados), não foram afetadas pela aplicação dos corretivos.

A aplicação do calcário para a dose equivalente em  $3,8 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 4) resultou em decréscimo na produção de colmos, enquanto a mesma dose equivalente para a escória de siderurgia, ao contrário, aumentou essa produção. Resultados semelhantes foram descritos por Tamimi & Matsuyama (1972), que observaram efeito depressivo na produção da cultura pelo excesso de calcário, entretanto, não observaram o mesmo efeito quando utilizaram como corretivo a escória de siderurgia.

Existem algumas inferências que podem ser comentadas a respeito do efeito linear da escória na produção de colmos. Sabe-se que a escória de siderurgia apresenta silício na sua composição e a cana-de-açúcar, sabidamente, é uma das gramíneas que mais extrai silício do solo. O silício, embora não seja um elemento essencial, é considerado um elemento benéfico à cana-de-açúcar e sua aplicação leva a incrementos na produção (Raid et al., 1992), ao passo que a aplicação do calcário não tem esse efeito, por não apresentar silício na sua composição.

Outro ponto que deve ter contribuído seria a reação mais lenta da escória nos primeiros meses de reação em relação ao calcário, especialmente nas maiores doses, que não foram suficientes para mudanças bruscas na reação do solo capazes de ocasionar algum dano nutricional na planta.

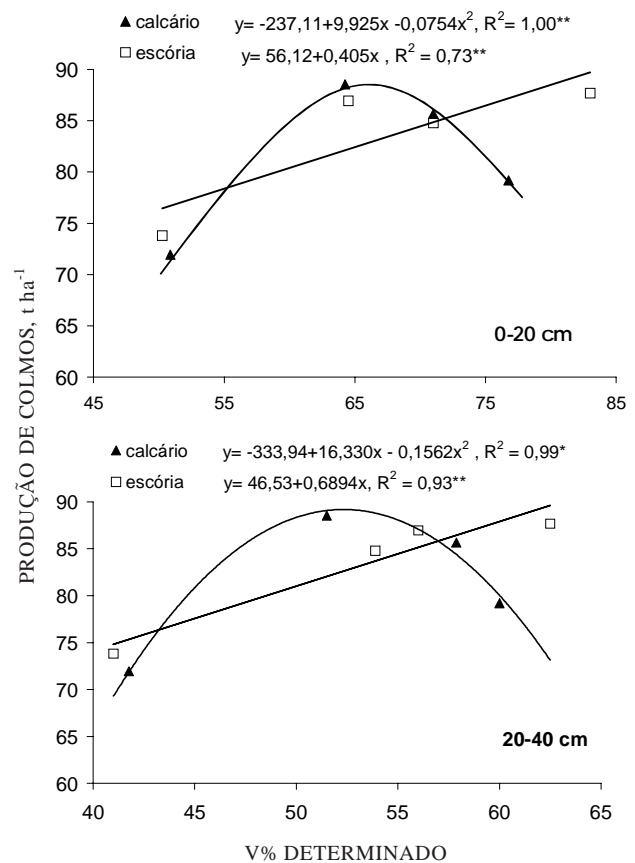
No entanto, no final de 12 e 24 meses da aplicação de ambos os corretivos, não foi possível verificar diferenças na reação do solo (Figura 2). A reação mais lenta nos primeiros meses da reação da escória no solo tem sido atribuída à presença de complexos de alumínio-silicatos na sua composição (Ando et al., 1988). Para aplicação da escória de siderurgia na ordem de 9,27 t ha<sup>-1</sup> (maior dose), Anderson et al. (1987) e Elawad et al. (1982) também obtiveram um efeito positivo na produção da cana-de-açúcar, porém, para doses bem acima dessas, o efeito passou a ser quadrático, indicando um efeito depressivo na cana-de-açúcar, o que ocorreu somente em doses acima de 15 t ha<sup>-1</sup>.

Os resultados mostraram estreita relação entre a produção de colmos e a média da saturação por bases do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm (Figura 5). Observou-se relação linear da produção de colmos com a saturação por bases do solo determinada pela aplicação da escória de siderurgia, indicando a tolerância da cana-de-açúcar a doses maiores deste corretivo.

Quanto ao tratamento de calcário, houve uma relação quadrática e, nessa relação, estimou-se que o máximo rendimento de colmos seria obtido com 66% da saturação por bases, na profundidade de 0-20 cm. Este valor é próximo ao sugerido por Raji et al. (1996) para essa cultura, no estado de São Paulo. Da mesma forma, na profundidade de 20-40 cm, observou-se uma relação direta entre a saturação por bases e a produção de colmos, para os dois corretivos, embora para o calcário a relação positiva tenha ocorrido até que a saturação por bases atingisse 52,3%.

A resposta positiva da correção do solo em subsuperfície na produção de colmos da cana-de-açúcar também foi reportada por Prado et al. (1998). Uma das causas deste efeito, provavelmente, seria pelo papel do cálcio no crescimento radicular (Ritchey et al., 1982), tendo em vista que a aplicação dos corretivos aumentou linearmente os teores de Ca em subsuperfície. Além disso, é importante salientar que a variedade de cana-de-açúcar utilizada, SP 80-1842, pela interferência do melhoramento genético, apresentou um sistema radicular mais bem distribuído e mais abundante na camada de 20-40 cm, sendo 20 e 28% superior aos das variedades IAC 87 3396 e RB 855336 (Vasconcelos, 2000).

Outro ponto que merece ser destacado seria discutir a melhor opção dentre os corretivos para uso na correção da acidez do solo. Para isto deve-se considerar inicialmente os efeitos benéficos dos



**Figura 5. Relação entre a produção de colmos da cana-de-açúcar e a saturação por bases corrigida pela aplicação do calcário e da escória de siderurgia nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. (Dados médios de duas épocas de amostragens e quatro repetições).**

produtos no solo e na planta e o seu custo de aquisição. Como os dois corretivos tiveram praticamente efeitos semelhantes no solo e na planta, aliado ao fato de ser esse produto doado pelas siderúrgicas, o uso da escória de siderurgia pode ser mais interessante que o calcário.

Além disso, o consumo desses resíduos na agricultura minimiza os impactos ambientais em torno das siderúrgicas, com benefícios econômicos de difícil estimativa. No entanto, em casos específicos, a decisão final deve considerar outros fatores conhecidos, como o valor do PRNT do corretivo, além do local de disponibilidade da jazida de calcário e da siderúrgica que deverão influir no custo de transporte e, conseqüentemente, no custo total do corretivo.

## CONCLUSÕES

1. O calcário calcítico e a escória de siderurgia promoveram efeito benéfico semelhante, tanto na

correção da acidez do solo como na elevação da concentração de Ca e Mg e no valor da saturação por bases.

2. A maior dose de calcário causou efeito depressivo na produção da cana-de-açúcar e no perfilhamento, fenômeno não observado com a escória de siderurgia.

3. A cana-de-açúcar respondeu positivamente à aplicação da escória de siderurgia.

### LITERATURA CITADA

- 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. *Pesq. Agropec. Bras.*, 29:1351-1358, 1994.
- ANDERSON, D.L.; JONES, D.B. & SNYDER, G.H. Response of a rice sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades Histosols. *Agron. J.*, 79:531-535, 1987.
- ANDO, J.; OWA, N. & ASANO, M. Studies on structures, solubility, and agronomic response of industrial slag. Effects of alumina on solubility, and agronomic response of slags. *Japan J. Soil Sci. Plant Nut.*, 59:27-32, 1988.
- AZEVEDO, D.F. & SARRUGE, J.R. Alumínio na produção de matéria seca em diferentes cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). *Saccharum*, 34:17-23, 1984.
- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W. & CORNELUIS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agron. J.*, 69:383-386, 1977.
- ELAWAD, S.H.; GASCHO, G.J. & STREET, J.J. Response of sugarcane to silicate source and rate. I. Growth and yield. *Agron. J.*, 74:481-483, 1982.
- FAO. Production. Roma. (Internet: <http://apps.fao.org>, capturado em 28 dez.1999).
- KOCH, D.W. & ESTES, G.O. Liming rate and method in relation to forage establishment – crop and soil chemical responses. *Agron. J.*, 78:567-571, 1986.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. 3.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 594p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & SANTOS, J.C.F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., Belo Horizonte, 1996. Abstracts. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.8.
- MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C. & DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. *R. Bras. Ci. Solo*, 16:187-194, 1992.
- NATALE, W. & COUTINHO, E.L.M. Avaliação da eficiência agrônômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. *R. Bras. Ci. Solo*, 18:55-62, 1994.
- OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil Till. Res.*, 38:47-57, 1996.
- OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. & COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, à calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:65-70, 1997.
- ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, R. & MURAOKA, T. Efeito residual da calagem (56 meses) sobre os valores de pH, cálcio e magnésio do solo. *STAB*, 14:19-21, 1996.
- ORLANDO FILHO, J.; SILVA, L.C.F. & MANOEL, L.A. Fontes de calcário aplicados em área total e sulco de plantio em cana-de-açúcar. *STAB*, 9:11-16, 1990.
- PIAU, W.C. Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1995. 124p. (Tese de Doutorado)
- PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. São Paulo, Nobel, 1985. 466p.
- PRADO, H.; ROSSETO, R. & LANDELL, M.G.A. Instituto Agrônômico de Campinas propõe classificação de solos adaptada para a cultura da cana-de-açúcar. *STAB*, 16:13, 1998.
- PRADO, R.M. & FERNANDES, F.M. Eficiência da escória de siderurgia em Areia Quartzosa na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. *STAB*, 18:36-39, 2000.
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico do cerrado. II. Efeito residual. *R. Bras. Ci. Solo*, 6:113-118, 1982.
- RAID, R.N.; ANDERSON, D.L. & ULLOA, M.F. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar cane. *Crop Protec.*, 11:84-88, 1992.
- RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A. & CANTARELLA, H. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 107p.
- RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P. & SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 6:33-37, 1982.
- RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 255p. (Boletim Técnico, 100)
- RIBEIRO, A.C.; FIRME, D.J. & MATOS, A.C.M. Avaliação da eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez. *R. Ceres*, 33:242-248, 1986.
- RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savanna oxisols. *Soil Sci.*, 133:378-382, 1982.
- SANTOS, J.C.F. Mobilização de cálcio e alumínio em solos ácidos por compostos orgânicos hidrossolúveis de resíduos vegetais. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1999. 72p. (Tese de Doutorado)



SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análise química em plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1974. 56p.

SAS INSTITUTE. SAS User's guide: statistics. 5.ed. Cary, N.C., 1985. 956p.

TAMINI, Y.N. & MATSUYAMA, D.T. The effect of calcium silicate and calcium carbonate on growth of sorghum. Agric. Dig, 25:37-44, 1972.

VASCONCELOS, A.C.M. As raízes da cana-de-açúcar. STAB, 18:26, 2000.

