

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**APLICAÇÃO DE CALCÁRIO, SILICATO E GESSO EM SOQUEIRA DE
CANA-DE-AÇÚCAR SEM DESPALHA A FOGO**

RODRIGO FOLTRAN

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Agricultura.

**BOTUCATU-SP
Outubro – 2008**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**APLICAÇÃO DE CALCÁRIO, SILICATO E GESSO EM SOQUEIRA DE
CANA-DE-AÇÚCAR SEM DESPALHA A FOGO**

RODRIGO FOLTRAN

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia - Área de
Concentração em Agricultura.

BOTUCATU-SP

Outubro- 2008

F671a Foltran, Rodrigo, 1969-
Aplicação de calcário, silicato e gesso em soqueira de
cana-de-açúcar despalha a fogo / Rodrigo Foltran. - Botu-
catu : [s.n.], 2008.
100 f. : tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Calagem dos solos. 3. Silicatos. I.
Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Universidade Esta-
dual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botuca-
tu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: APLICAÇÃO DE CALCÁRIO SILICATO E GESSO EM SOQUEIRA DE
CANA-DE-AÇÚCAR SEM DESPALHA A FOGO.**

ALUNO: RODRIGO FOLTRAN

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



PROF. DR. ROGÉRIO PERES SORATTO



PROF. DR. JULIANO CORULLI CORREA

Data da Realização: 29 de outubro de 2008.

A felicidade mantém você calmo
A dor mantém você humano
A queda mantém você humilde
Provações mantém você forte
Mas somente Deus mantém você prosseguindo...

À DEUS agradeço,

Ao meu pai, pelos ensinamentos na vida e na agricultura e pelo apoio em todos os
momentos que precisei,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol pela dedicação na orientação, demonstração de caráter, incentivo no aprendizado, pela paciência, e acima de tudo pela amizade. Que o manto azul da harmonia esteja sempre conosco. Obrigado.

Aos demais Professores do Departamento de Agricultura da FCA, especialmente aos Professores Dr. Ciro Rosolem e Dr. Rogério Peres Soratto, que no decorrer do curso contribuíram com seus ensinamentos, sugestões, informações e pela amizade. Agradeço da mesma forma aos Professores Dr. Roberto Lyra Villas Boas, Dr. Mauricio Dutra Zanotto, Dra. Carmem Silvia Fernandes Boaro, José F. Pedras e Dr. João Domingos Rodrigues, Dr. Juliano C. Correa e demais Professores.

Aos colaboradores do Departamento de Produção Vegetal/ Agricultura da FCA, Dorival Pires de Arruda, Arine Stefani Pires e Camila B. pelo auxílio na realização das análises laboratoriais, Vera Lucia Rossi Cereda, Ilanir Rosane R. Bocetto, Valeria Cristina R. Giandoni, Rubens R. de Souza pela ajuda e amizade.

Ao Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer, da Universidade Federal de Uberlândia e Rafaella Rossetto do IAC, pelo incentivo e sugestões. Aos amigos do curso de pós-graduação pela amizade e auxílio nos momentos que precisei. São eles: Rubia Marques, Juliano C. Correa, Glauber Leite, Rodrigo Martinez, Marta Nascimento, Elisa, Eduardo Negrisoni, Caio Carbonari, Roberto Botelho Ferraz Branco, Salvador Foloni, Munir Mauad, Neumarcio Costa, Leonardo Boava, Edmar Moro, André Trevizoli, Gustavo Mateus Pavan, Ângela, e demais colegas. Aos amigos Mônica Rosolem, Marcelo Colombini, Marina Bovo, José Aparecido dos Santos, Diego Donizete dos Santos, Joel Moscardin, José Carlos Moscardin, Denis Jr., Giuliano Gonzaga, Danila Barbosa G., Francisco Gonzaga, Merys Gonzaga, Pérsio Miranda, Renata Malvestiti, Nelson Salomé Filho, Vanessa Popp, Andressa Campagna.

A José Eduardo Bussioli pela confiança e oportunidade na condução do experimento e aos demais colaboradores da Usina São Luis. A todos os colaboradores da biblioteca 'Paulo de Carvalho Mattos' e da seção de Pós Graduação. A CNPq pelo apoio financeiro concedido por intermédio de bolsa.

Obrigado.

SUMÁRIO

Página

1 RESUMO	01
2 SUMMARY	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO DE LITERATURA	08
4.1 A cultura da cana-de-açúcar	08
4.2 Sistemas de produção da cana sem queima prévia	10
4.3 Acidez do solo e calagem na cultura da cana-de-açúcar	13
4.4 Aplicação de corretivos de solo em superfície	17
4.5 Uso do silicato como corretivo de solo	20
4.6 Uso do gesso.....	22
4.7 Silício no solo	25
4.8 O silício na cultura da cana-de-açúcar	27
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5.1 Localização e caracterização climática da área experimental	29
5.2 Caracterização do solo.....	31
5.3 Caracterização da variedade de cana-de-açúcar	31
5.4 Delineamento experimental e tratamentos	32
5.5 Instalação e condução do experimento.....	33
5.6 Avaliações realizadas	34
5.7 Análise estatística	35
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6.1 Experimento I.....	36
6.1.1 Características químicas do solo	36
6.1.2 Produção de colmos.....	46
6.2 Experimento II.....	47
6.2.1 Características químicas do solo	47
6.2.2 Produção de colmos.....	54
6.3 Experimento III.....	55

6.3.1 Características químicas do solo	55
6.3.2 Produção de colmos.....	61
6.4 Experimento IV	62
6.4.1 Características químicas do solo	62
6.4.2 Produção de colmos.....	66
7. CONCLUSÃO.....	67
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Características químicas do solo antes da instalação dos experimentos	31
2. Características físicas do solo antes da instalação do experimento.....	31
3. Composição química dos corretivos.....	33
4. Valores de pH, acidez trocável (H+AL), Al trocável (Al) e saturação por Al (m%) em função da aplicação de doses de calcário e gesso em soqueira de cana crua	37
5. Teores de cátions trocáveis (mmol _c dm ⁻³) e saturação por bases (V%) em função da aplicação de doses de calcário e gesso em soqueira de cana crua.....	42
6. Teores Si (ppm), P (mg dm ⁻³), M.O (g kg ⁻¹) e SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³) em função da . aplicação de doses de calcário e gesso em soqueira de cana crua	46
7. Produção de colmos de cana-de-açúcar em função da aplicação de calcário em superfície em soqueira de cana crua	47
8. Valores de pH, acidez trocável (H+AL), Al trocável (Al) e saturação por Al (m%) em função da aplicação de doses de silicato e gesso em soqueira de cana crua	48
9. Teores de cátions trocáveis (mmol _c dm ⁻³) e saturação por bases (V%) em função da aplicação de doses de silicato e gesso em soqueira de cana crua	50
10. Teores Si (ppm), P (mg dm ⁻³), M.O (g kg ⁻¹) e SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³) em função da aplicação de doses de silicato e gesso em soqueira de cana crua	53
11. Produtividade de colmos de cana em função da aplicação de silicato de cálcio e gesso em superfície de cana crua	54
12. Valores de pH, acidez trocável (H+AL), Al trocável (Al) e saturação por Al (m%) em função da aplicação de doses de calcário e silicato em soqueira de cana crua	56
13. Teores de cátions trocáveis (mmol _c dm ⁻³) e saturação por bases (V%) em função da aplicação de doses de calcário e silicato em soqueira de cana crua	58
14. Teores Si (ppm), P (mg dm ⁻³), M.O (g kg ⁻¹) e SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³) em função da aplicação de doses de calcário e silicato em soqueira de cana crua	60
15. Produtividade de colmos de cana em função da aplicação de silicato de cálcio e gesso em soqueira de cana crua	61

16. Valores de pH, acidez potencial (H+Al), Al trocável (Al), saturação por Al (m%), teores de Si e P em função da aplicação de calcário e silicato com e sem gesso em superfície na soqueira de cana crua	63
17. Valores de cátions trocáveis, saturação por base (V%), Matéria orgânica e S em função da aplicação de calcário e silicato com e sem gesso em superfície na soqueira de cana crua	65
18. Produtividade de colmos de cana em função da aplicação de silicato de cálcio e gesso em soqueira de cana	66

1 RESUMO

O Brasil é destaque internacional na produção de cana-de-açúcar, sendo o Estado de São Paulo responsável por 68% da produção de cana com aproximadamente 3,7 milhões de ha. (FNP, 2008).

A aplicação de calcário em superfície, sem incorporação, tem-se mostrado viável em sistema de plantio direto para diversas culturas. Porém, para a cultura da cana-de-açúcar, sem queima prévia, ainda não se tem um estudo detalhado. Como no sistema de produção de cana crua também é mantida a palha sobre o solo, é possível obter os mesmos benefícios ou até melhores em razão da grande quantidade de palha e do sistema radicular da cana. Outra alavanca tecnológica e ecologicamente correta é o uso de silicato de cálcio como corretivo de solo. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi verificar os efeitos promovidos no solo e na produção de colmos de cana pela aplicação de doses de calcário, silicato de cálcio e gesso em soqueira de cana crua. Instalou-se quatro experimentos no ano agrícola de 2002/03, num Latossolo vermelho-amarelo arenoso. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Experimento (I): Os tratamentos constituíram um fatorial 4 x 2, em esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas compostas de quatro doses de calcário (0, 900, 1800 e 3600 kg ha⁻¹) e as subparcelas por duas doses de gesso (0 e 1700 kg ha⁻¹). Experimento (II): As parcelas foram constituídas por quatro doses de silicato (0, 850, 1700 e 3400 kg ha⁻¹) e as subparcelas por duas doses de gesso (0 e 1700 kg ha⁻¹) em esquema de parcela subdividida. Experimento (III): As parcelas foram compostas por dois corretivos (calcário e silicato) e as subparcelas por quatro níveis de corretivos (0; 0,5; 1,0 e 2,0 vezes a necessidade de calagem). Experimento (IV): Composto por seis tratamentos- 1) testemunha; 2) gesso agrícola; 3) calcário; 4) silicato; 5) mistura de calcário+gesso; 6) mistura de silicato+gesso com quatro repetições.

Foram avaliados os atributos químicos do solo nas camadas de 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm de profundidade e produtividade de colmos. De acordo com os dados obtidos neste trabalho verificou-se que ambos os corretivos promoveram a redução da acidez e elevação nos teores de Ca e Mg no perfil do solo sendo que o silicato foi mais

eficiente, podendo ser usado como substituto do calcário na correção do solo, com a vantagem de possuir reação no solo de forma mais rápida. O gesso contribuiu para a melhoria dos atributos químicos no solo pela elevação nos teores de Ca e S e redução do Al trocável no solo, principalmente nas camadas do subsolo. A aplicação de corretivos e de gesso agrícola em superfície propiciaram aumento na produção de colmos.

LIMESTONE, CALCIUM SILICATE AND GIPSUM SURFACE APPLICATION IN SUGARCANE RATTON. Botucatu, 2008. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RODRIGO FOLTRAN

Adviser: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2 SUMMARY

Sugarcane production in Brazil is the biggest in the world. There are two main producing regions: Northeast and Center-South. Sao Paulo State is responsible for 68% of cane production with approximately 3.7 milion ha. Surface liming without incorporation is considered feasible in no-tillage system for several crops. However, as to sugarcane a comprehensive study has not been made so far. Another technological eco-friendly tool is the use of slag as a soil acidity corrective material. This research aimed at comparing the effects in the soil and cane production brought by the application of limestone, calcium silicate and gypsum in green sugarcane ratton. Four experiment was carried out on Latosol in 2002/2003. A randomized complete block design, in split-plot scheme, and four replications was used. Experiment (I): The plots were composed by four dolomite limestone levels (0, 900, 1800 e 3600 kg ha⁻¹) and the subplot were composed by without and with phosphogypsum application (0 e 1700 kg ha⁻¹). Experiment (II): The plots were composed by four calcium silicate levels (0, 850, 1700 e 3400 kg ha⁻¹) and the subplot were composed by without and with phosphogypsum application (0 e 1700 kg ha⁻¹). Experiment (III): The plot were composed by two soil acidity corrective (limestone and calcium silicate) and the subplot composed by four levels. Experiment (IV): Composed by six treatment: 1) check; 2) phosphogypsum; 3) limestone; 4) calcium silicate; 5) limestone + phosphogypsum; 6) calcium silicate + phosphogypsum. Evaluated cane yields and soil chemical characteristics at 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 m depth. Limestone and Calcium silicate promoted acidity reduction and increasing on Ca and Mg content of soil profile.

The silicate was more efficient. Phosphogypsum application promoted increasing on Ca and S contents and decreased on Al exchangeable in the soil.

The superficial application of lime and calcium silicate increased cane production.

Keywords: *Sacharum officinarum*, limestone, silicate, green cane.

3 INTRODUÇÃO

A grande parte da área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil localiza-se em áreas com problemas de acidez do solo (PRADO & FERNANDES, 2001a). E nessa condição de acidez que o cultivo da cana está presente com aproximadamente 7 milhões de hectares cultivados no Brasil em 2008 e com demanda projetada para ampliar esse quadro para 11 milhões de hectares e 750 milhões de toneladas de cana para a safra 2017/18 (FNP, 2008).

Somando-se ao problema da fertilidade do solo o setor canavieiro sofreu uma intervenção do Estado, em resposta a diversas reivindicações de instituições civis, e foi publicado em 6 de agosto de 1997 no Diário Oficial do Estado de São Paulo o Decreto Estadual nº 42.056 que trata da proibição das queimadas nos canaviais paulistas

Frente a este cenário, faz-se necessário uma sustentação tecnológica agrícola para esse novo sistema de cultivo da cana-de-açúcar, a chamada cana crua, que permite a manutenção da fertilidade do solo e da produtividade da cultura com viabilidade econômica.

Em alguns locais, onde a baixa produtividade obtida no sistema de colheita sem queima previa pode ser resultado da excessiva compactação do solo, comprometendo o adequado desenvolvimento radicular, infestação de pragas, como a cigarrinha, da presença do grande volume de material vegetal que dificulta a brotação da soqueira ou da diminuição da fertilidade do solo com o decorrer dos anos.

Um dos aspectos conhecidos e responsáveis pela alta produtividade da cana-de-açúcar é a adequada nutrição da cultura, tendo em vista a baixa fertilidade natural dos solos brasileiros.

Por outro lado, resultados de pesquisas sobre a aplicação de corretivos em superfície e sem incorporação no sistema de plantio direto, tem se mostrado promissoras,

porém, restringi-se a culturas graníferas, não havendo na literatura brasileira trabalhos que relatam a aplicação de corretivos na cultura da cana crua.

As soqueiras de cana-de-açúcar são responsáveis pelo maior contingente da produção, representando de 80 a 84% do total. Com isso, uma condução eficiente das socas pode contribuir, de maneira significativa, para uma boa produtividade média dos canaviais.

Sabe-se que, a partir da 1ª soca, ocorre um declínio progressivo da produção, que com o passar dos cortes culminará com a necessidade de renovação do canavial, que é uma das fases mais onerosas do sistema produtivo. Os efeitos do desgaste do “tempo de vida” poderão ser minimizados, caso haja atenção a alguns fatores de produção, entre eles a manutenção da fertilidade do solo.

Portanto, as tentativas de conter a queda da produtividade com as sucessivas colheitas se revestem de grande importância. Devido ao alto custo na reforma do canavial, o aumento na longevidade do canavial tem sido uma meta importante a ser atingida pelos canavieiros, e para isso há a necessidade de modificações em equipamentos e métodos de condução da fertilidade do solo. São freqüentes as discussões sobre o tema e as medidas a serem tomadas. A idéia geral tem sido a de conduzir o canavial até o quarto corte, e, em vez de se reformar a área, promover medidas complementares que possibilitem a manutenção ou a recuperação da fertilidade do solo permitindo conduzir a área até o sétimo ou oitavo corte.

O comportamento dos corretivos e fertilizantes nos solos e seus efeitos sobre as plantas dependem da velocidade de sua solubilização, que por sua vez é característica do próprio insumo e do tipo de solo. O uso de calcário em cana sofreu algumas controvérsias no passado. Após a década de 80 com resultados positivos de pesquisas, seu uso se tornou rotina.

Uma alternativa na substituição ao calcário para a correção da acidez dos solos seria o uso da escória de siderurgia, um subproduto da fabricação do aço e ferro-gusa, constituída quimicamente de silicato de cálcio (CaSiO_3) e com propriedades corretivas semelhante ao calcário.

Portanto, a identificação de alternativa que possibilite a correção da acidez do solo em soqueira de cana crua, aumentando o número de colheita e evitar a reforma do canavial, pode viabilizar o sucesso nesse sistema de condução da cultura da cana.

Dessa forma, o trabalho de pesquisa teve as seguintes hipóteses:

A aplicação de calcário em superfície, sem incorporação, em soqueira de cana promoveria um melhoramento nas condições químicas no perfil do solo e conseqüentemente uma maior produtividade de colmos.

A aplicação de silicato de cálcio e magnésio promoveria o mesmo efeito do calcário quando aplicado em superfície, neutralizando a acidez do solo, fornecendo Ca em profundidade, em menor tempo, em relação à aplicação apenas de carbonato.

A combinação do gesso agrícola com o corretivo de acidez de solo induziria uma maior produção de colmos pelo maior incremento de bases em subsuperfície em relação à aplicação isolada de corretivos.

Para testar as hipóteses, o presente trabalho teve o propósito de avaliar a condição química do solo e a produtividade após a aplicação de corretivos em soqueira.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cultura apresenta ampla área de plantio, sendo cultivada principalmente em regiões situadas entre os paralelos 35.^o A melhor região que apresenta microclima apto a cultura da cana é o estado de São Paulo, pois apresenta condições de déficit hídrico e baixas temperaturas, condições que permitem a melhor maturação da cultura.

Para Gonçalves & Veiga Filho (1998) e Cunha et al.(2001), a cana é uma das gramíneas mais cultivadas nas regiões tropicais e onde o Brasil é o maior produtor mundial e com maior potencial de expansão em área plantada.

Nos anos 30, o setor agroindustrial sucroalcooleiro foi fortemente controlado pelo governo. O Estado monitorava a produção e ditava os preços da tonelada de cana, do álcool e do açúcar (MORAES, 2000). Nessa mesma época, começavam os estudos sobre a cultura da cana-de-açúcar no Instituto Agronômico em São Paulo. Além do melhoramento genético, estudaram-se variedades, adubação e outras práticas culturais. A partir de 1950, os trabalhos experimentais intensificaram-se acompanhando o grande desenvolvimento verificado no Estado de São Paulo (SEGALLA & ALVAREZ, 1968; ESPIRONELO, 1987).

Com a crise do petróleo criou-se o Proálcool em 1975, que através de incentivos, pesquisas e créditos agrícolas, impulsionaram o desenvolvimento em varias regiões do Estado de São Paulo (LOPES, 1996).

A agroindústria sucroalcooleira constitui um dos setores do agronegócio mais importantes para a economia primária brasileira. Na safra 2007/2008, a área plantada foi de 7 milhões de hectares e produção de colmos de 547 milhões de toneladas. Do total processado, um valor próximo de 53% é destinado para a produção de álcool , 21,3 bilhões de litros e 46,9% para a produção de açúcar, ou seja, 30 milhões de toneladas. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2008), o país conta com 370 unidades produtoras, sendo 240 unidades mistas, 15 unidades produtoras de açúcar e 115 de álcool. Outro fator que contribui para a geração de renda para a industria é a produção de energia elétrica, através da queima do bagaço, considerada energia limpa, portanto não contribuindo para o aquecimento global.

Particularmente em 2008, pelo excesso de oferta da commodity promovido pela Índia, que ultrapassa o Brasil como maior produtor mundial de açúcar, um excesso de oferta favoreceu uma redução no patamar dos preços. Assim, há uma forte tendência para as próximas safras, com a destinação da cana para produção de etanol (FNP, 2008).

O setor movimenta anualmente R\$ 12 bilhões de reais. Considerando somente o Estado de São Paulo, a cadeia de produção de açúcar e álcool responde por 40% do emprego rural e 35% da renda agrícola (CARVALHO, 1999). Além disso, de acordo com Rodrigues (2004) o setor é responsável por 20% do seqüestro das emissões de carbono que o setor de combustíveis fósseis emite no país.

Com isso, o cultivo da cana se expandiu vertiginosamente no Brasil, principalmente, no Estado de São Paulo. Como resultado, a cana evoluiu para áreas com uma gama bem variada de fertilidade de solo. Sabe-se, contudo, que a acidez dos solos no Brasil é um fator limitante para a maioria das culturas.

A cana apresenta um sistema radicular diferenciado em relação a exploração das camadas mais profundas do solo, quando comparado com culturas anuais. Por ser uma cultura semi-pereni e com ciclos de 5-6 anos, o desenvolvimento radicular maior é fundamental para o acréscimo de produtividade, principalmente em solos de baixa fertilidade.

Dias (1997) estudando a produção de colmos de cana-de-açúcar, concluiu que nem sempre os parâmetros climáticos apresentam correlações com o rendimento

da cultura, e atribuiu as maiores produtividades às características químicas do solo onde existe condições favoráveis, inclusive na subsuperfície. Segundo dados da ANDA (2000), a cultura canavieira consome 1,6 milhão de toneladas de fertilizantes anualmente.

No trabalho de Ribeiro et al. (1984), foi observado que 27% da produtividade esta relacionada aos valores da soma de bases dos horizontes A e B.

Dessa forma, pode-se inferir que a produtividade de colmos por hectare é dependente da soma de bases no perfil do solo, o que logicamente proporcionará um sistema radicular mais profundo.

4.2. Sistema de produção da cana sem queima prévia

Tradicionalmente no Brasil, antes do momento da colheita faz-se a queima do canavial com o intuito de facilitar o corte manual e diminuir os acidentes de trabalho (DELGADO, 1985; RIPOLI, 1988; OLIVEIRA et al., 1999), tornando-se uma prática de rotina na maioria das propriedades canavieiras (SZMRECSÁNYI, 1994). Contudo, a queima vem sendo alvo de críticas de vários setores da sociedade, principalmente no que diz respeito à poluição ambiental e riscos para a saúde (GOULART, 1997).

O Estado de São Paulo, pelo decreto nº 42.056, de 06/08/97, proíbe a despalha de cana-de-açúcar por queima, fixando um prazo de transição até a proibição total, gradativamente. Em 11 de março de 2003, um novo Decreto de Lei Estadual (nº 47.700) determinou novos prazos e regras para o fim das queimas em práticas agrícolas (SOUZA et al., 2005).

Como o objetivo da queima do canavial é facilitar o corte da cana devido ao excesso de palha, a eliminação dessa prática culminará com um acúmulo de massa vegetal sobre o solo. Nesse sistema de colheita é inviável o corte manual, sendo feito normalmente com colhedoras, sendo a cana produzida nesse sistema chamada de cana crua ou cana sem queima prévia.

No sistema de colheita mecanizada sem queima, as folhas, bainhas, ponteiro, além de quantidade variável de pedaços de colmos são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal denominada palha ou palhada. Essa quantidade de palha sobre o solo pode variar de dez a trinta toneladas

por hectare (TRIVELIN et al., 1996), quando comparado com o sistema de cana queimada que pode deixar até três toneladas por hectare de material sobre o solo (SOUZA et al., 2005).

Segundo Humbert (1974), a colheita mecanizada na cultura canavieira foi introduzida, pela primeira vez no mundo, em 1906 no Hawaii.

Zanca (1980) comenta que o uso de máquinas para o corte e carregamento de cana-de-açúcar no Brasil teve seu início em 1956, com equipamentos importados.

Apesar de existir controvérsias na literatura sobre o efeito do material vegetal deixado na superfície do solo na produtividade da cana, Wood (1986) na Austrália, Ball-Coelho (1993) no Brasil e McIntyre et al. (1996) nas Ilhas Mauricio, observaram aumentos na produtividade de colmos quando os resíduos foram deixados sobre o solo.

A manutenção desse material vegetal no solo é uma prática importante para garantir a sustentabilidade da atividade agrícola na região tropical, especialmente em sistemas intensivos (PRIMAVESI et al., 2002). Segundo o Intergovernmental Painel on Climate Change – IPCC (1995) os resíduos da cana-de-açúcar representam 11% da produção mundial, cuja queima produz substancial liberação de CO₂, que não é considerada como uma emissão líquida, pois através da fotossíntese, a biomassa queimada é reposta no ciclo seguinte da cultura.

O cultivo de soqueira da cana no Brasil é feito em uma operação tríplice, que subsola a entrelinha, aplica o fertilizante e gradeia ligeiramente a superfície do solo, preparando a área para aplicação do herbicida. Contudo, no sistema de cana crua, esse processo fica comprometido pela presença da palha na superfície. Além disso, a adubação de soqueira aplicada sobre a cobertura vegetal tem-se mostrado pouco eficiente para a produção de colmos, principalmente para a aplicação de fonte amina (uréia), a qual possibilita alta volatilização, em razão das partículas do fertilizante não alcançarem o solo.

Com isso, a colheita sem queima prévia trouxe vantagens e desvantagens a serem consideradas. A melhoria das propriedades biológicas do solo, diminuição da erosão pela presença da cobertura vegetal, além do controle de matocompetição, ausência da operação de queima e menor índice de impurezas minerais (SOARES et al., 1994) são alguns dos benefícios proporcionados pela presença da palhada. Ripoli et al. (1990) cita a redução na poluição ambiental, menores riscos de incêndios e melhorias agrônômicas como: aumento da quantidade de matéria orgânica no solo (DELGADO, 1985; BLAIR et al., 1998; BLAIR, 2000; VASCONCELOS, 2002), redução da

população de nematóides nocivos e não destrói os inimigos naturais da broca (RIPOLI et al., 1992).

Em contrapartida, há relatos que a presença da palha sobre o solo pode retardar a brotação pela menor incidência de luz ocasionando falhas na rebrota (VASCONCELOS, 2002), aumento da população de cigarrinhas (MACEDO et al., 2003), imobilização de nutrientes e dificuldades na realização de tratos culturais (FURLANI NETO et al., 1997).

A velocidade de decomposição do material vegetal está diretamente relacionada às condições de umidade e de temperatura que atuam sobre a atividade dos microorganismos decompositores (Khatounian, 1999 citado por CRUSCIOL & SORATTO 2007).

Para Souza et al. (2005), o tipo de colheita da cana-de-açúcar pode influenciar a produção e longevidade da cultura, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo e o ambiente.

Para Albrecht (1992) e Hernani (1999), a presença desses resíduos na superfície proporciona uma maior proteção do solo contra o impacto direto das gotas de chuva, evitando o processo de desagregação e, conseqüentemente, entupimento dos microporos do solo que favorece a infiltração, reduz a perda de água por escoamento superficial e a perda de solo e nutrientes por erosão. Outros pesquisadores também citam a conservação da água no solo (ABRAMO FILHO et al., 1993; TOMINAGA et al., 2002), a diminuição da temperatura do solo (ABRAMO FILHO et al., 1993; OLIVEIRA et al., 2000; TIMM, 2002).

Shinitzer (1991) cita que esse material em decomposição sobre o solo origina uma série de compostos orgânicos, como fenóis e ácidos.

Furlani Neto et al. (1989) estudando duas variedades de cana, determinaram que a massa vegetal de palhada proveniente de colheita mecânica, foi da ordem de 7,5 a 11,9 ton ha⁻¹. Trata-se, portanto de uma quantidade apreciável de massa vegetal em disponibilidade.

4.3. Acidez do solo e calagem na cultura da cana

A acidez é uma característica generalizada dos solos agrícolas no Brasil, que ocasiona diminuição na disponibilidade de nutrientes (Ca, Mg e K) e aumento na solubilidade de cátions ácidos (H e Al) (FRANCHINI et al, 2001).

A acidificação dos solos ocorre devido a lixiviação de cátions básicos solúveis (Ca, Mg e K) e/ou devido a remoção pelas colheitas, e posterior substituição por cátions ácidos (H +Al) no complexo de troca catiônica (ZIGLIO et al., 1999). De acordo com a série liotrópica, os íons H^+ tem preferência na adsorção aos colóides do solo em razão de sua ligação covalente, seguido pelo íon Al^{+3} em razão da presença de três cargas (trivalente) os quais são mais fortemente atraídos para as proximidades das partículas com cargas negativas, em detrimento do cálcio, magnésio e potássio. Com isso, o Al permanece no solo e os demais cátions tendem a serem lixiviados (BOHNEN, 2000). Com isso, ocorre uma diminuição no valor de pH do solo e elevação da saturação por Al (RAIJ, 1991)

A acidez do solo é considerada um dos principais stresses ambientais, pois é responsável pela limitação de produtividade de 3,9 bilhões de ha em todo o mundo (WAMBEKE, 1976; UEXKÜLL & MUTERT, 1995).

A maior parte dos solos agricultáveis no Brasil apresentam baixos valores de pH, elevados teores de alumínio e baixa saturação por bases (V%) (OLMOS e CAMARGO, 1976; LOPES, 1983; FRANCHINI et al., 2001). Esse baixo V% também é devido aos altos índices de precipitação pluvial. A principal razão destas características é a predominância da Caulinita, com altos teores de óxidos de Fe e Al, constituinte da fração mineral, que são colóides de pouca atividade, com baixa densidade de cargas superficiais devido a pouca ocorrência de substituição isomórfica (MIYAZAWA et al., 2000), sendo cargas negativas dependentes de pH.

Além disso, o problema é acentuado pelo próprio cultivo em razão da absorção de cátions pelas plantas que liberam quantidades equivalentes do íon H^+ , mecanismo utilizado pela célula para manter seu equilíbrio eletrostático. Apesar de não ser o único responsável pela acidez do solo, os íons H^+ exercem influência direta na solubilidade dos

nutrientes. A remoção dos cátions trocáveis dos colóides do solo exige que cargas negativas ou positivas sejam preenchidas por outros íons de mesmo sinal para satisfazer o equilíbrio de cargas entre a fase sólida e os íons trocáveis. A toxicidade do Al também ocorre em solos com reação ácida, interferindo nas funções biológicas das plantas (MALAVOLTA, 1984).

Um dos aspectos conhecidos para uma ótima produção de cana é a adequada nutrição da cultura. Sabe-se que, para que ocorra a máxima eficiência dos fertilizantes, torna-se necessária a correção da acidez do solo. A cana-de-açúcar desenvolve-se bem em vários tipos de solos e clima, porém, sua produtividade está relacionada à fertilidade e ao equilíbrio nutricional do solo (SOLERA, 1988). Marinho e Albuquerque (1984) estabeleceram as seguintes classes de acidez para a cana-de-açúcar: muito alta (pH até 4,5), alta (pH 4,6 a 5,2), média (pH 5,3 a 5,6) e baixa (pH acima de 5,6).

O sistema radicular é a parte da planta mais sensível ao problema da acidez do solo, pois é o elo entre a parte aérea (de interesse comercial) e o solo. Na camada superficial do solo a planta retira nutriente e na camada subsuperficial explorada, maior quantidade de água.

Portanto, no subsolo a acidez terá importância secundária, pelo fato da contribuição pequena como fonte de nutrientes, porém, é de fundamental importância no suprimento de água, principalmente em épocas de veranico. A capacidade da camada superficial do solo em fornecer água durante períodos secos é limitado (BLACK, 1993).

Para Raij & Quaggio (1984), a necessidade de calagem é condicionada pelas exigências da cultura, pelas propriedades do solo com relação à acidez e pelas características químicas do corretivo.

Solos ácidos geralmente apresentam o sistema radicular superficial, limitando a utilização da água e dos nutrientes (PAVAN & VOLKWEISS, 1986).

É fato conhecido que solos de baixa fertilidade cultivado com cana-de-açúcar após a recuperação química por ocasião do preparo de solo e plantio apresentam queda de saturação das bases e decréscimos de Ca, Mg e K ao longo dos cortes. Resultados obtidos por Morelli et al. (1987) mostram que a saturação das bases estava a 43% aos seis meses após a calagem e 24% aos 38 meses. A redução da saturação de bases é acompanhado por um abaixamento do pH e a conseqüentemente redução na disponibilidade dos nutrientes do solo (TISDALE e NELSON, 1966; MALAVOLTA, 1967 e RAIJ, 1985).

Em solos com pH inferior a 5,0 a solução do solo contém quantidades relativamente baixas de cálcio e, por outro lado, quantidades excessivas de elementos como o

alumínio, que prejudica o desenvolvimento das raízes e o crescimento da cana-de-açúcar (ESTACION EXPERIMENTAL AGRÍCOLA, 1975).

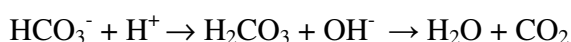
Alvarez et al. (1963), em estudos de adubação, mostraram que os índices de pH dos solos interferiram nas produções de cana. Em solos com pH 5,0 as produções foram muito inferiores as daqueles que apresentavam pH de 5,5 a 5,7, sendo as maiores produções quando o valor de pH foi entre 6,1 a 6,5.

Kofler & Donzeli (1987) afirmam que a cana-de-açúcar desenvolve-se bem em solos com pH desde 4,0 até 8,3 e consideram ótimo o valor de 6,5. O mesmo valor de pH ótimo para a cana também foi citado por BLACKBURN (1984).

Malavolta & Romero (1975), Malavolta (1981) e Silveira et al. (1985) asseguram que a melhor faixa de pH para a cana-de-açúcar é de 5,5 a 6,5. Já Ignatieff et al. (1959) citados por Fassbender (1975), consideram que a melhor faixa de pH está entre 6,0 e 8,0, podendo a cultura se desenvolver bem em solos com pH 5,0. Para Khana (1949) citado por Humbert (1974), as raízes da cana normalmente crescem dentro de uma faixa de pH de 6,1 a 7,7.

A calagem é uma prática com efeitos benéficos conhecidos na agricultura e que visam principalmente corrigir a acidez; neutralizar os efeitos tóxicos de elementos como o alumínio (ORLANDO FILHO et al., 1990; PRADO & FERNANDES, 2001A), fornecer cálcio e magnésio, e aumentar a disponibilidade de alguns nutrientes (SOTERO & SILVA, 1979; MARINHO & ALBUQUERQUE, 1983; MARINHO & ALBUQUERQUE, 1984), além de contribuir para a melhoria da estrutura do solo e da vida microbiana. É a técnica de incorporar aos solos compostos de cálcio e de magnésio na forma de carbonatos, hidróxidos, óxidos e silicatos de cálcio e/ou de magnésio (SOTERO & SILVA, 1979; ALCARDE, 1983).

A correção da acidez constitui em neutralizar o H^+ , que é feito pelo ânion OH^- e HCO_3^- . Portanto, os corretivos devem possuir componentes básicos para gerar OH^- e HCO_3^- para promover a neutralização.



Rossetto & Dias (2005) cita que o Ca é um elemento bastante exigido pela cana e que juntamente com o Mg devem ser fornecidos pela calagem.

Para Rocha (1985), a calagem visa fundamentalmente melhorar as condições químicas e físicas do solo, objetivando ganhos de produtividade.

O calcário, por ser um sal pouco solúvel, necessita ser dissolvido para que os produtos da dissolução reajam com os elementos causadores da acidez (QUAGGIO, 2000).

A velocidade de solubilização dos corretivos nos solos, com a conseqüente disponibilização de cálcio e magnésio para as plantas, bem como a neutralização dos constituintes ácidos, depende além de sua granulometria, do modo de aplicação, da localização do corretivo no solo (GONZALEZ ERICO et al., 1979 e RITCHEY et al., 1985), da dose aplicada, do teor de matéria orgânica (MARIA, 1986) e do nível de acidez do solo (poder tampão do solo).

A resposta das culturas à calagem depende de fatores ligados à planta, ao solo e ao corretivo empregado, de tal modo que, quando estes fatores são corretamente considerados, obtêm-se a máxima eficiência com essa prática agrícola (QUAGGIO, 1986). Vale ressaltar que o método da elevação de saturação por bases, preconizado pelo IAC, e utilizado no Estado de São Paulo, leva em consideração esses três fatores.

Quando ocorre deposição de material orgânico sobre a superfície, pode ocorrer reação desse material com o solo, sendo sua incorporação realizada pelos microrganismos, portanto, de forma biológica, sendo essa prática sugerida como alternativa para correção da acidez e neutralização do alumínio e manganês em níveis tóxicos (ASHAR & KANEHIRO, 1980; SANCHEZ et al., 1982; HUE & AMIEN, 1989; MIYAZAWA et al., 1993; SOUZA et al., 1996). Os mecanismos envolvidos nessa reação estariam relacionados à complexação desses íons pelos ânions orgânicos, principalmente ácidos hidrossolúveis de baixo peso molecular, produzidos pelos resíduos vegetais e liberados durante o processo de decomposição, principalmente na interface solo-resíduo orgânico, com posterior carregamento desses ânions para camada mais profundas do perfil do solo, através dos poros do solo na presença de água. Entretanto, esse processo isolado não tem se mostrado eficiente para total correção da acidez em níveis desejados devendo ser associado à aplicação de calcário. Para a palha de cana-de-açúcar não existe trabalhos quanto à neutralização da acidez do solo.

Segundo Azevedo et al. (1981), a aplicação de calcário é recomendável por trazer um aumento significativo na produção, independente do nível de Al^{+3} existente nesses solos. Afirma ainda que, a partir de teores de Ca^{+2} menores que $8 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e Mg inferiores a $6 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, são grandes as possibilidades de obtenção de bons resultados à

calagem. Segundo os resultados obtidos por Benedini (1988) no “Projeto Calagem”, definiu-se como sendo $14 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca + Mg como níveis os críticos desses elementos no solo suficientes para atingir 97% da produtividade máxima esperada. O mesmo autor trabalhando em solo arenoso verificou que a aplicação de calcário em cana soca foi benéfico para a longevidade do canavial.

Experimentos realizados por Ritchey et al. (1983) no Brasil Central tem demonstrado que o sistema radicular da culturas tende a se aprofundar no solo se houver disponibilidade de bases, principalmente cálcio.

Para Tisdale & Nelson (1985), o poder residual dos materiais corretivos aplicados ao solo é inversamente proporcional à sua reatividade.

Para Espironelo (1985) o calcário deve ser aplicado quando o valor de V% for inferior a 60%, sendo que as quantidades devem ser calculadas para elevar a saturação de bases a 70%. Segundo o mesmo autor, a dosagem a ser aplicada pode variar de $1,0 \text{ ton ha}^{-1}$ até a máxima dose de $10,0 \text{ ton ha}^{-1}$.

Verdade et al. (1959) citados por Marinho & Albuquerque (1983) obtiveram aumentos de $48,0 \text{ ton ha}^{-1}$ de cana, quando aplicaram 5000 kg ha^{-1} de calcário num solo Areia Quartzosa. A qualidade do calcário pode ser definida por duas características importantes: a granulometria (reatividade) e o poder de neutralizantes (PN), que originam o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) do calcário (ANDÁ, 1988). A granulometria determina a velocidade de reação do calcário no solo e o teor de neutralizantes determina o poder de neutralização, expresso em equivalente de CaCO_3 .

Marinho & Albuquerque (1983), afirmam que a aplicação de calcário pode aumentar a disponibilidade de outros nutrientes, melhorar a estrutura do solo e favorecer o desenvolvimento de microorganismos, a drenagem e a penetração das raízes.

4.4 Aplicação de corretivo de solo em superfície

O sistema plantio direto para produção de culturas anuais graníferas constitui-se num eficiente sistema de controle da erosão, propiciando maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhorando as condições físicas do solo com o aumento da matéria orgânica, bem como as condições químicas do mesmo. É um modelo diferente de condução da cultura, basicamente porque não há revolvimento do solo e a área permanece

coberta pelos restos da cultura anterior ou por vegetação cultivada. Entretanto, mesmo nesse sistema, há a necessidade da adição dos insumos, especialmente corretivos de solo, pois os solos cultiváveis no Brasil em sua maioria são ácidos e necessitam de corretivos de acidez. O conceito de plantio direto é visto como um sistema, envolvendo uma combinação específica de práticas culturais como o manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação de coberturas do solo, manutenção dos resíduos culturais na sua superfície, combinação de espécies com diferentes exigências nutricionais e boa produção de massa verde, movimentando o solo apenas nos sulcos de semeadura.

As características de solo advindas do sistema pelo não revolvimento do mesmo, da decomposição de material vegetal na superfície e do cultivo diversificado de provocam alterações nas características químicas, físicas e biológicas do solo diferentemente daquelas observadas quando se cultiva.

Com o intuito de amenizar o problema da acidez, alguns pesquisadores estudaram o efeito da aplicação de corretivos em superfície no sistema de plantio direto, sem revolvimento, com resultados satisfatórios (SÁ, 1993; SANTOS et al., 1996; SORATTO e CRUSCIOL, 2008a; b; c; d; e).

Há, todavia, uma variabilidade grande com relação ao tempo de reação do corretivo no solo, que pode ser influenciada pelo tipo de solo, quantidade e qualidade do material vegetal e obviamente o tipo e a dose do corretivo utilizado.

Alguns trabalhos têm demonstrado efeitos da correção do solo em sistema plantio direto, com efeitos na subsuperfície do solo, como aumento de pH, Ca e Mg trocável e reduzindo os teores de Al tóxico (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1998, 1999; SORATTO e CRUSCIOL, 2008a; b; d). Apesar disso, a eficiência da calagem em superfície é controversa, com resultados demonstrando nenhum movimento além do seu local de aplicação (CAIRES et al., 2000).

Oliveira e Pavan (1996) observaram a diminuição de Al trocável e o aumento do pH do solo, até 40 cm de profundidade, 32 meses após a aplicação de calcário na superfície, porém não obtiveram diferenças significativas na produção de soja entre aplicação superficial e incorporada de calcário. Soratto e Crusciol (2008a) obtiveram resposta de pH até a profundidade de 40 cm aos 12 meses e permanecendo até 20 cm c de reação, corroborando com os resultados de Corrêa (2008) na mesma profundidade aos 27 meses de reação.

Caires et al. (1999) observaram aumento nos valores de pH e teores de Ca e Mg até 40 cm de profundidade, 18 meses após a aplicação de corretivos em superfície.

Entretanto, há relatos indicando que as alterações nas características do solo, pela aplicação superficial de calcário, se restringem às camadas de 0-5 cm após 36 meses da aplicação (PÖTTKER e BEN, 1998). Já para Caires et al. (1998), as alterações químicas foram verificadas nos 10 cm superficiais, aos 12 meses após aplicação. Em outro estudo, Caires et al. (2000) obtiveram resultados da calagem superficial apenas aos 12 meses na camada de 0-10 cm, entretanto, observa-se que a máxima reação do solo ocorre entre 28 e 30 meses após aplicação. Na camada de 10-20 cm, o efeito da calagem foi mais lento, ocorrendo após 28 meses.

Santos et al. (1995) verificaram que, após três anos de cultivo, em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, não houve diferença de pH entre a aplicação de calcário superficialmente e incorporado a 0,20 m. Foram encontrados maiores teores de Ca + Mg e menores de Al trocável nas camadas de 0-0,05 m e 0,05-0,10 m no sistema plantio direto em relação ao sistema convencional.

Lima e Crusciol (2001) observaram na implantação do sistema plantio direto, que após cinco meses, a calagem superficial foi eficiente na correção da acidez de superfície e subsuperficial (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm), elevando o pH, os teores de Ca e Mg trocáveis e reduzindo a acidez potencial ($H+Al$).

Para Anghinoni (2007), vários mecanismos podem estar envolvidos na ação do corretivo aplicados superficialmente na correção da acidez subsuperficial no sistema de plantio direto. A formação e migração de $Ca(HCO_3)_2$ e $Mg(HCO_3)_2$, o deslocamento de partículas finas de calcário pelos canais formados por raízes mortas e a produção contínua de ácidos orgânicos hidrossolúveis que complexam os cátions divalentes (Ca e Mg). A formação de pares iônicos facilita a sua mobilidade até a camada subsuperficial (MIYAZAWA et al., 2000; SORATTO e CRUSCIOL, 2007).

Portanto, o tempo de reação do calcário aplicado na superfície do solo onde há presença de palhada superficial pode variar em função da dose, características químicas do solo, manejo da adubação e calagem e qualidade do corretivo.

A cana colhida mecanicamente, sem queima previa, deixa sobre o solo uma grande quantidade de restos vegetais. Nesse sistema de cana crua, o manejo químico do solo no decorrer dos cortes, pode ser similar ao sistema de plantio direto para culturas anuais. Com isso, a aplicação de corretivos deverá ser feita em superfície, sem incorporação, da mesma maneira como se faz no SPD. Com isso, torna-se necessário uma redefinição do manejo da acidez do solo para o sistema de cana crua.

4.5 Uso do silicato como corretivo de solo

A utilização de resíduos industriais na agricultura como fonte de nutrientes ou como corretivos da acidez do solo é uma tendência decorrente da necessidade de minimizar os efeitos do acúmulo de resíduos nos centros de produção (MARCIANO et al., 2001).

A região centro-sul do Brasil possui importante pólo siderúrgico com produção de aço, ferro-gusa e com isso produz como resíduo a escória de siderurgia. Nesta mesma região se concentra importante área agrícola com a cultura da cana-de-açúcar (PRADO & FERNANDES, 2000).

As escórias siderúrgicas são as fontes mais abundantes e baratas de silicatos. O Brasil é o sexto maior produtor mundial de ferro-gusa com produção anual de cerca de 25 milhões de toneladas, o que gera aproximadamente 6,25 milhões de toneladas de escória por ano, sendo o Estado de Minas Gerais o maior produtor nacional (KORNDÖRFER et al., 2003).

De maneira simplificada, a escória de siderurgia pode ser definida como sendo obtida através da sílica do minério de ferro que reage com o cálcio do calcário em alto forno, resultando em silicato de cálcio e impurezas (MALAVOLTA, 1981). São originadas do ferro e do aço através de um processo em altas temperaturas, geralmente acima de 1400°C da reação do calcário com a sílica (SiO_2) presente no minério de ferro. O material fundido é resfriado ao ar ou na água, sendo posteriormente seco e moído. Para cada quatro toneladas de ferro-gusa produzidas é gerada uma tonelada de escoria (COELHO, 1998).

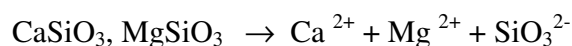
Para Korndörfer et al. (2003), os silicatos são constituídos basicamente de CaSiO_3 e MgSiO_3 , e seus efeitos benéficos estão associados ao aumento de pH, aumento na disponibilidade de Si para as plantas, aumento nos teores de Ca e Mg trocável no solo e as reduções de Al para as plantas.

A alta concentração de silicatos de Ca e Mg nas escórias sugere sua utilização como corretivo de acidez do solo e como fonte de Ca e Mg para as plantas

(ALCARDE, 1985; KORNDÖRFER et al., 2003), sendo, segundo Alcarde (1992), 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de Ca ($\text{CaCO}_3 = 0,014 \text{ g dm}^{-3}$ e $\text{CaSiO}_3 = 0,095 \text{ g dm}^{-3}$).

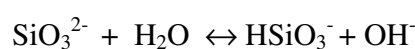
De acordo com Alcarde (1992) a escória de siderurgia apresenta ação neutralizante semelhante ao calcário, através da base SiO_3^{2-} , conforme as seguintes equações:

Dissolução:

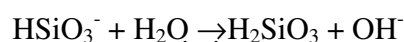


Hidrólise:

$$\text{Kb1} = 1,6 \cdot 10^{-3}$$



$$\text{Kb2} = 3,1 \cdot 10^{-5}$$



As equações mostram que a reação do silicato é semelhante a do calcário, neste caso tendo como base química o SiO_3^{2-} que é fraca ($\text{Kb} = 1,6 \times 10^{-3}$), porém, quando comparada com a base CO_3^{2-} do calcário, ela é mais forte ($\text{Kb} = 2,2 \times 10^{-4}$) (ALCARDE, 1992).

Vários pesquisadores utilizando a escória de siderurgia como corretivo obtiveram bons resultados, entre eles: Carter et al. (1951), Gomes et al. (1965), Valadares et al. (1974), Ribeiro et al. (1986); Fázio & Gutierrez (1989), Piau (1991), e de acordo com esses trabalhos, o emprego com sucesso da escória como corretivo está diretamente relacionado ao acréscimo do pH, Ca, Mg, V% e a neutralização do Al (CORRÊA et al., 2007; CARVALHO-PUPATTO, 2004).

Catani et al. (1959) estudando adubação em cana, fizeram amostragens na parte aérea da planta dos seis meses aos quinze meses de idade e observaram que a concentração de Si nos colmos e nas folhas não se modificaram com a idade da planta. No mesmo experimento obtiveram absorção máxima de 61,8g de Si por quatro touceiras de cana. Segundo o autor, a planta absorveu Si em grandes quantidades comparadas aos outros elementos apesar deste não ser considerado essencial.

Vários trabalhos mostram resultados positivos pela aplicação de corretivos em cana-de-açúcar, tanto pela aplicação de calcário (SILVA & CASAGRANDE, 1983; ORLANDO FILHO et al., 1990) quanto pelo uso de silicato (ANDERSON et al., 1987;

PRADO, 2001). Segundo Prado & Fernandes (2003), há pouca pesquisa com a cultura da cana em condições de campo com o uso de silicato, embora existam indicações favoráveis.

Segundo o autor supracitado, para o uso dos silicatos na agricultura, os mesmos devem possuir altos teores de CaSiO_3 (silicato de cálcio) e MgSiO_3 (silicato de magnésio), alta reatividade, boas propriedades físicas (granulometria fina e facilidade de aplicação), baixo teores de contaminantes e baixo custo. Apesar de estarem disponíveis no mercado brasileiro, têm sido pouco comercializadas para esse fim (QUAGGIO, 2000).

Malavolta et al. (2002) cita também os mesmo benefícios da escória básica de siderurgia como corretivo de acidez de solo, porém menciona que algumas escórias de baixa qualidade podem possuir metais pesados.

Assim sendo, os silicatos de Ca e Mg, por apresentarem comportamento e composição semelhante aos carbonatos, podem substituir o calcário, com vantagens. Dessa forma, a recomendação de uso deve ser baseada em qualquer um dos métodos de recomendação de calagem, sendo que a aplicação ou reaplicação do silicato, também segue a mesma orientação do calcário (KORNDÖRFER et al., 2002).

Veloso et al. (1992) estudando diversos materiais como corretivo, concluiu que o calcário dolomítico provocou o mesmo efeito que a escória na correção do solo, nas mesmas condições de tempo de incubação.

Prado & Fernandes (2001a) estudaram o efeito do silicato e do calcário aplicado como corretivo da acidez do solo em pré plantio da cana, incorporados na camada de 0-0,2 m. Pelos resultados, houve similaridade do silicato em relação ao calcário, na correção da acidez do solo e na elevação da saturação por bases do solo, nas camadas de 0-0,2 m e 0,2-0,4 m de profundidade. Porém não se conhece o efeito desses dois resíduos aplicados sobre a superfície do solo em cana soca no sistema sem queima prévia.

4.6 Uso do gesso

O sulfato de cálcio bi-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) também chamado de gesso agrícola é um composto de ocorrência generalizada em todo o mundo (RAIJ & QUAGGIO, 1984) ou obtido como subproduto da indústria do ácido fosfórico (SOUSA et al., 1996), fosfato de amônio e super simples (RAIJ & QUAGGIO, 1984) que possui ao redor de 18,0 – 20,0 % de S (SILVEIRA et al., 1985) e 28,0 – 30,0 % de CaO (ARAUJO & YAMAGUISHI, 1986). É um subproduto disponível em grandes quantidades, produzido na

razão de quatro a cinco toneladas por tonelada de P_2O_5 do ácido fosfórico fabricado, e de custo relativamente baixo. Possui características químicas e físicas que revelam seu grande potencial quando usado como condicionador do solo ou como fertilizante (PAOLINELLI et al., 1986). Além de servir como fonte de cálcio e de enxofre, é usado na redução da acidez trocável (Al^{+3}) subsuperficial (VITTI & MALAVOLTA, 1985). Segundo Freitas (1992), a produção industrial de gesso é de cerca de 3,3 milhões de toneladas por ano.

A decomposição de material vegetal na superfície do solo aceleram a acidificação na camada superficial, formando um gradiente de pH a partir da superfície, processo chamado de frente de acidificação (HELYAR, 1991; PAUL et al., 2001). Assim sendo, devido à maior acidificação formada na camada superficial e a baixa mobilidade do calcário, a neutralização da acidez subsuperficial se faz necessária. Meda et al. (2002) afirmaram que, para estender o efeito da calagem em profundidade, algumas práticas podem ser utilizadas: incorporação mecanizada ou uso do gesso agrícola.

Ferreira et al. (1987) comenta que em sistema plantio direto, onde não há a possibilidade de incorporação do corretivo, o sistema radicular fica limitado as camadas superficiais sujeito a períodos de estiagens.

Outro agravante para a cultura da cana-de-açúcar, que por permanecer a campo por vários anos, é a acidez em subsuperfície associada com o baixo teor de cálcio.

A prática mais recomendada para correção da acidez do solo é a calagem, uma vez que o gesso não é capaz de fazê-lo (ROSOLEM & CAMARGO, 1984). Entretanto, Demattê (1986) observou que a mistura de calcário e gesso foi eficiente para o aumento dos teores de Ca, Mg e $S-SO_4^{-2}$ na superfície e em profundidade, o mesmo acontecendo com a saturação por bases e diminuição do Al trocável na zona usualmente ocupada pelas raízes da cana.

Outra razão para o uso do gesso é que simultaneamente com o crescente aumento de produções nos trópicos, ocorre um aumento na deficiência de enxofre, que dentre os possíveis fatores, está o uso de fórmulas concentradas de fertilizantes sólidos com baixo teor do elemento (VITTI et al., 1982; PENATTI & PRADO FILHO, 1989).

A ação corretiva do calcário pode estar restrita apenas a camada superficial do solo como observado por Ayres (1962), Rodrigues e Palhares (1986).

Uma das limitações dos solos na região tropical úmida se refere a baixa fertilidade em profundidade e isto se reflete no menor volume explorado pelo sistema radicular e em consequência na menor produtividade (DEMATTE, 2005).

O baixo teor de cálcio e a presença de alumínio são os principais impedimentos químicos para o crescimento radicular, principalmente no subsolo (RITCHEY et al., 1980; PAVAN et al. 1982; RAIJ et al., 1998; QUAGGIO, 2000). Com isso, a aplicação de gesso tem por finalidade proporcionar uma melhor condição química nas camadas mais profundas, contribuindo para um sistema radicular mais desenvolvido e conseqüentemente aumento da produtividade, principalmente em áreas onde há ocorrência de deficiência hídrica. O sistema radicular bem desenvolvido também poderia evitar o arranquio da touceira na colheita mecânica.

Para Morelli et al. (1987), a baixa saturação das bases em profundidade bloqueia o desenvolvimento do sistema radicular. No mesmo trabalho, o autor observou que o uso do gesso propiciou um aumento no nível de cálcio em profundidade.

Ritchey et al. (1981) observaram que o gesso foi eficiente no deslocamento de Ca e Mg até a profundidade de 75 cm do solo. Por essa razão, alguns pesquisadores encontraram um sistema radicular melhor distribuído no perfil do solo em função da adição de gesso (RITCHEY et al., 1983).

Como a incorporação de corretivos em soqueira de cana crua é dificultada, a aplicação em superfície é uma das alternativas para a correção do solo sem revolvimento ou destruição da camada de palha. No entanto, essa técnica precisa ser melhor estudada e desenvolvida.

A deficiência de enxofre em cana-de-açúcar tem sido observada em inúmeros países produtores como a Índia, Porto Rico, Austrália, e Quênia. O enxofre é um dos mais importantes nutrientes para a obtenção de altos níveis de produtividade agrícola, e sua exigência esta intimamente relacionada com a quantidade de nitrogênio aplicada, pois ambos são necessários para a formação de proteínas (ARMBRUSTER, 1986).

Fernandes (1985) estudou o gesso como fornecedor de Ca e S aplicado ao sulco ($50,0 \text{ kg ha}^{-1}$) em duas variedades de cana e concluiu que o gesso promoveu o crescimento das plantas em altura. Quando aplicado em cobertura (500 Kg ha^{-1}), houve significativo aumento na produtividade.

Golden (1982) testando o efeito do gesso na produção de cana, observou que não houve diferença significativa na produção da cana planta. Contudo, na soca que recebeu $2,0 \text{ ton ha}^{-1}$ de gesso houve aumento significativo na produção: 12,6% na primeira soca; 17,9% na segunda soca e 20,9% na terceira soca.

Há o interesse em estudar maneiras para reduzir a acidez trocável (Al^{+3}) do solo e facilitar a penetração das raízes no subsolo. O cálcio do calcário é lixiviado muito lentamente, pois o anion carbonato (CO_3^{-2}) reage com os H^+ dos solos que apresentam pH baixo e é transformado em CO_2 que pode ser perdido para a atmosfera. O íon sulfato presente no gesso pode servir como meio eficaz para promover o movimento de íons do solo devido às reações de associação com metais, principalmente Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Al^{+3} (PAVAN & VOLKWEISS, 1986).

A dissociação do gesso na solução do solo produz os íons Ca^{+2} e SO_4^{-2} . Aproximadamente 40% do total de Ca solúvel está presente como CaSO_4 e, portanto, potencialmente móvel no solo, proporcionando a eliminação do alumínio tóxico do solo por reações de complexações (AlSO_4^+) ou polimerizações (PAVAN et al., 1984).

Morelli et al. (1987) observou um decréscimo na saturação por alumínio em profundidade pela ação do gesso, assim como o aumento na saturação por bases até 75 cm de profundidade.

Demattê (1986) constatou que o emprego de doses crescentes de gesso aumentou a saturação por bases em profundidade, o que refletiu na elevação da produção de cana-de-açúcar em um solo arenoso distrófico.

Morelli et al. (1987) estudando o efeito do gesso num solo arenoso álico cultivado com cana, encontrou correlação positiva entre teor de Ca e desenvolvimento radicular, indicando distribuição do Ca e das raízes até 150 cm de profundidade.

É consenso geral, portanto, que o gesso não substitui o calcário e o silicato na elevação do pH do solo. Sua maior solubilidade e mobilidade torna-o vantajoso em solos deficientes de Ca e na neutralização do Al tóxico em profundidade.

4.7 Silício no solo

O Si é o segundo elemento em abundância na crosta terrestre, estando logo após o oxigênio (KORNDÖRFER et al., 2003), compreendendo 27,6% da crosta terrestre (BARBOSA FILHO et al., 2000) e o seu teor total, devidamente relacionado com outros fatores, permite o estudo de vários fenômenos relativos à formação dos solos (VERDADE et al., 1961; RAIJ & CAMARGO, 1973). Tem propriedades elétricas e físicas de um semimetal, desempenhando no reino mineral um papel com importância semelhante ao carbono nos reinos

vegetal e animal. É encontrado na natureza na forma de óxidos (SiO_2), fazendo parte de rochas, areias e argila. Pode combinar-se com o Al, Mg, Ca, Na, K ou Fe, formando silicatos. Na solução do solo, o Si encontra-se na forma de ácido monossilícico, H_4SiO_4 , em cuja forma é absorvido (DECHEN e NACHTIGALL, 2007). As concentrações no solo podem variar de 0,1 a 0,6 mM (EPSTEIN, 2006), comportando-se como um ácido fraco desprovido de cargas (McKEAGUE & CLINE, 1963; RAIJ & CAMARGO, 1973).

Apesar de não ser considerado essencial ou funcional para o crescimento das plantas, tem-se observado um aumento no crescimento e na produtividade de muitas plantas com o aumento de sua disponibilidade (ELAWAD & GREEN, 1979; SILVA, 1973; KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995). A comprovação de sua essencialidade para as plantas é dificultada devido a sua presença em quantidades significativas na água e sais nutrientes (WENER & ROTH, 1983).

As principais fontes de silício presentes na solução do solo são resultados da decomposição de resíduos vegetais, dissociação do ácido silícico polimérico, da liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, dissociação de minerais cristalinos e não cristalinos, da adição de fertilizantes silicatados e da água de irrigação. Os principais drenos constituem a precipitação do silício em solução formando minerais, a polimerização do ácido silícico, lixiviação, adsorção pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Al e a absorção pelas plantas (LIMA FILHO et al., 1999).

Solos tropicais e subtropicais submetidos a intemperização e lixiviação, com cultivos sucessivos, tendem a apresentar baixos níveis de silício trocável, devido a dessilicificação (JONES & HANDRECK, 1963). Esses solos normalmente apresentam baixo pH, alto teor de Al, baixa saturação por bases, alta capacidade de fixação de P e quando utilizados intensivamente, principalmente com culturas acumuladoras de silício, podem tornar-se, paulatinamente deficientes no elemento, pois a exportação não é compensada pela adubação silicatada (LIMA FILHO et al., 1999).

Devido a essa intensa intemperização, o silício é encontrado na forma de quartzo e opala ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) sendo esta última não disponível às plantas (BARBOSA FILHO et al., 2001).

Dessa forma, Korndörfer et al. (1999) ressaltam que em solos com baixos teores de “silício disponível”, a adubação com silicato de cálcio além de fornecer silício, pode melhorar as características químicas do solo tais como pH, saturação por bases, saturação por alumínio e Ca trocável.

Raij & Camargo (1973) estudaram os teores de sílica solúvel nos solos do Estado de São Paulo e encontraram valores variando de 1 a 43 mg.dm⁻³, sendo os maiores valores presentes no Podzólico argiloso e os menores no Latossolo fase arenosa.

Os valores de silício no solo, utilizando como extrator o ácido acético, são considerados baixo quando menor que 6 mg dm⁻³, médio entre 6 e 24 mg dm⁻³, e alto, acima de 24 mg dm⁻³, sendo esses valores estimados para os solos orgânicos e arenosos da Flórida cultivados com arroz (KORNDÖRFER et al., 2001). Solos com teores de silício, extraídos em ácido acético, inferiores a 10 mg dm⁻³, deveriam receber adubação silicatada para obtenção de rendimentos máximos, enquanto que, solos com teores superiores a 15 mg dm⁻³, não necessitariam do elemento (SNYDER, 1991; KORNDÖRFER et al., 2003).

Camargo et al. (2002) avaliaram a disponibilidade de silício em relação às características físicas de 19 solos sob vegetação de cerrado. Os autores observaram que os valores de silício diminuíram à medida que o teor de areia dos solos aumentou, apresentando correlação significativa. Portanto, solos com altas porcentagens de areia apresentaram tendência a baixos teores de Si, pois o quartzo com alto teor de SiO₂, presente em grande quantidade nesses solos é praticamente inerte. Além disso, solos muito arenosos possuem drenagem excessiva, carreando o Si disponível para horizontes mais profundos. Foi observado também, que os teores de silício aumentaram com a quantidade crescente de argila dos solos, esse comportamento pode ser explicado pela capacidade de adsorção de Si pelas argilas, evitando sua lixiviação

4.8 O silício na cultura da cana-de-açúcar

O silício é considerado, desde janeiro de 2004, pela legislação brasileira de fertilizantes como micronutriente (BRASIL, 2004). O silício acumulado nas plantas tem sido eficiente na redução da perda de água por evapotranspiração, minimiza o ataque de pragas e patógenos e melhora a arquitetura da planta (KORNDÖRFER et al. 2003). O silício polimeriza na superfície das folhas exatamente como o silicone utilizado em prótese, formando uma camada mais dura e mais difícil de transposição pelos os insetos pragas e fungos causadores de doenças. A diferença em relação ao silicone é que esta polimerização é reversível, regulada pela quantidade de água disponível nas raízes da planta (quanto menos água, mais polimerizado fica o silício e vice-versa).

O desenvolvimento e aumento de produtividade tem sido detectado em gramíneas pela adição de Si (ELAWAD & GREEN, 1979; SILVA, 1973). De modo geral, o Si é transportado das raízes pela corrente transpiratória e acumulado posteriormente como SiO_2 em órgãos da parte aérea, tornando-se imóvel, não sendo redistribuído portanto (JONES & HANDRECK, 1967). Segundo Korndörfer et al. (2003), a cana-de-açúcar responde favoravelmente, a adubação com Si, particularmente em solos pobres nesse elemento. Mesmo não sabendo exatamente o papel do Si na cana-de-açúcar, sabe-se que o elemento desempenha papel importante para o crescimento e metabolismo da planta como a produção de lignina e formação de folhas (PREEZ, 1970; EMADIAN & NEWTON, 1989; KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995; BELANGER et al., 1995).

Na cana, o Si aparece em altas concentrações, podendo chegar a 6,7% nos colmos e folhas velhas. No Havaí, as folhas com menos de 0,5% de silício são afetadas por um sintoma chamado de “freeckling”. Apesar da causa ser controvertida, a maioria dos pesquisadores atribui à falta de Si (KORNDÖRFER et al., 2000). Anderson (1991) sugere que o nível crítico de Si nas folhas de cana seja maior que 1%. Orlando Filho et al. (1994) descrevem sintoma de deficiência de Si em cana como pequenas manchas brancas circulares nas folhas mais velhas, perfilhamento escasso e senescência prematura das folhas. Segundo Gascho et al. (1993), a deficiência de Si promove senescência prematura e falhas na brotação.

Trabalhando com a aplicação de fontes não convencionais de silicatos de Ca e Mg, observou aumento médio de 14 t ha^{-1} de cana com a aplicação de 4 t ha^{-1} de cimento no plantio da cana, porém apresentando alguns inconvenientes.

Para Kidder & Gasho (1977), o aumento na produtividade de colmos pela aplicação de Si varia de 10 e 35%.

Experimentos de campo conduzidos no Brasil, principalmente em solos arenosos, tem demonstrado resultados bastante consistentes com relação ao efeito do Si em cana-de-açúcar, principalmente no caso dos solos arenosos. Os aumentos de produção de cana-de-açúcar variaram de 11 a 16% na cana planta e de 11 a 20% na cana soca (DATNOFF et al., 2001).

Fox et al. (1967) observaram aumentos de produção de cana pela aplicação de silício. Bittencourt et al. (2003) aplicando silicato de cálcio em Latossolo Vermelho Escuro, observaram aumento de 7% na produção de colmos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização climática da área experimental

Foram instalados e conduzidos quatro experimentos numa área pertencente à AFA (Academia da Força Aérea), no município de Pirassununga/SP no ano agrícola de 2002/03. A área está localizada a uma latitude 21°59'46" Sul e longitude 47°25'33" Oeste, estando a uma altitude de 627 metros.

O clima predominante na região é do tipo Cwa, caracterizado como sendo tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI BETO & DRUGOWICH, 1994). A precipitação média anual é de aproximadamente 1.303 mm, umidade relativa média de 73% e a temperatura média anual é de 23°C.

Os dados de precipitação pluvial e temperatura média diária ocorridos durante o período de condução do experimento foram coletados pelo DTCEA-YS - Destacamento de Controle do Espaço Aéreo do Centro Meteorológico Militar de Pirassununga (Comando da Aeronáutica) e são apresentados nas Figura 1 e 2, respectivamente.

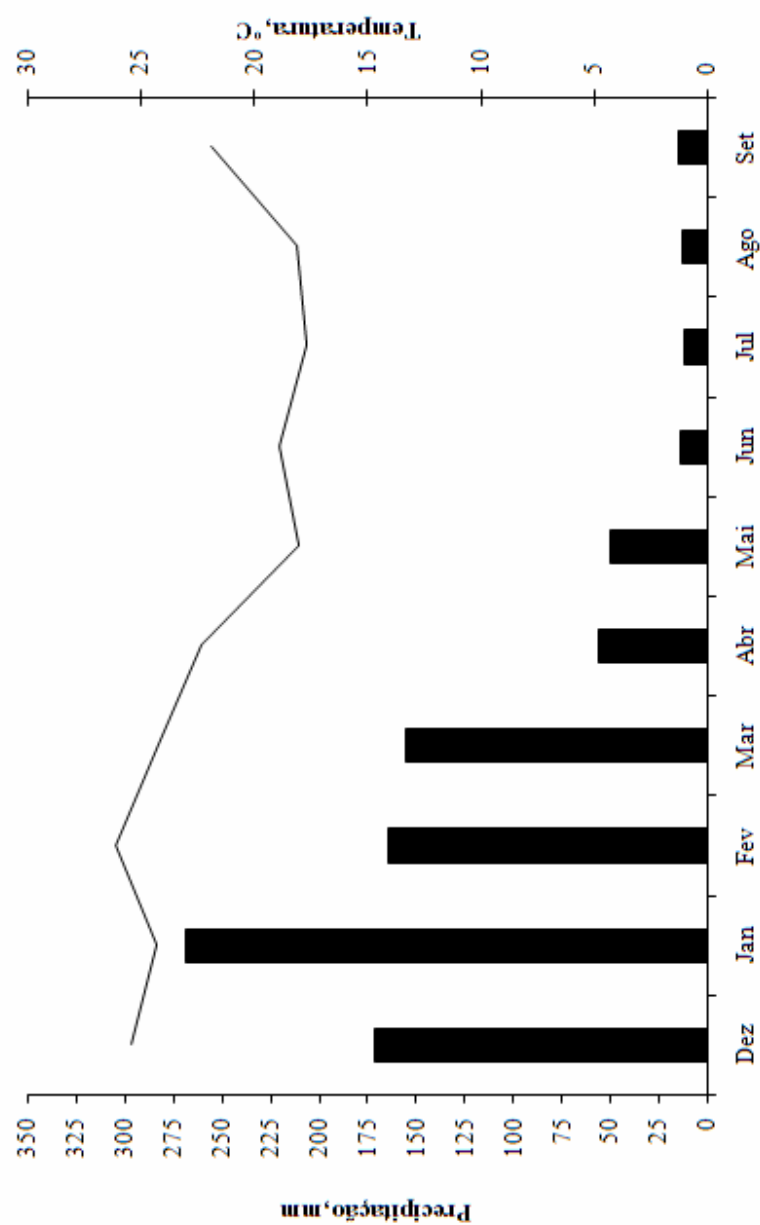


Figura 1. Precipitação (■) e temperatura média (—) registrada no período de condução do experimento

5.2 Caracterização do solo

O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 1999), e o ambiente de produção é de D para E. Na Tabela 1 encontram-se os resultados da análise química do solo para as profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade. Os resultados da análise física do solo são mostrados na Tabela 2.

Tabela 1. Características químicas do solo antes da instalação do experimento

Profundidade (m)	pH	M.O. (g kg ⁻¹)	P (mg dm ⁻³)	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				mmolc dm ⁻³						(%)
0-0,20	4,8	26,6	3,6	31,6	0,2	9,2	0,1	9,5	41	23
0,20-0,40	4,8	26,8	1,3	34,8	0,1	9,0	0,1	9,2	44	21

Tabela 2. Características físicas do solo antes da instalação do experimento.

Prof. (m)	AG	AF	Areia/T	Argila	Silte
	g kg ⁻¹				
0 - 0,20	305	387	693	264	43
0,20 - 0,40	313	365	677	289	34

5.3 Caracterização da variedade de cana-de-açúcar

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a mesma para todos os experimentos, SP-813250, classificada como sendo de maturação média, boa produtividade, bom perfilhamento, baixa exigência em fertilidade, boa brotação de soqueira, alto teor de sacarose, médio teor de fibra, médio florescimento e pouca isoporização. Tem resistência ao carvão, ferrugem e broca e é intermediária a escaldadura (Cooperativa de Produtores de cana, açúcar e álcool do Estado de São Paulo, 1995).

5.4. Delineamento experimental e tratamentos

5.4.1 Experimento I

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

Os tratamentos constituíram um fatorial 4 x 2, em esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas compostas por quatro doses de calcário (0, 900, 1800 e 3600 kg ha⁻¹) e as subparcelas pela aplicação de gesso (0 e 1700 kg ha⁻¹). As doses foram obtidas obtendo-se a necessidade de calagem pelo método da saturação por bases, a metade da necessidade, e o dobro da necessidade.

5.4.2 Experimento II

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

Os tratamentos constituíram um fatorial 4 x 2, em esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas compostas por quatro doses de silicato (0, 850, 1700 e 3400 kg ha⁻¹) e as subparcelas pela aplicação de gesso (0 e 1700 kg ha⁻¹). As doses foram obtidas seguindo a metodologia do experimento I.

5.4.3. Experimento III

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

Os tratamentos constituíram um fatorial 2 x 4, em esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas compostas por dois corretivos (calcário e silicato) e as subparcelas por quatro níveis de corretivos (0; 0,5; 1,0 e 2,0 vezes a necessidade de calagem na camada de solo de 0-0,20 m).

5.4.4 Experimento IV

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram: 1- Testemunha (sem corretivos e sem gesso), 2- Gesso agrícola (aplicação apenas de gesso agrícola), 3- Calcário (aplicação exclusiva de calcário), 4- Silicato (aplicação exclusiva de silicato), 5- Mistura composta de Calcário+gesso (aplicação da mistura de calcário e gesso), 6- Mistura composta de

silicato+gesso (aplicação de silicato+gesso). As doses de calcário e silicato foram obtidas pelo método da saturação por base.

5.5 Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido em cana soca de terceiro corte. Foi selecionada uma área extensa de produção comercial que nunca havia sido utilizada para experimentação. Pelo histórico, a área vinha sendo cultivada com cana a 11 anos. Em março de 1999 fez-se o plantio manual da cana. O controle de plantas daninhas foi feito utilizando-se Imazapic 700g kg⁻¹. Após o terceiro corte e tendo recebido os manejos convencionais de plantio e soqueira de forma uniforme, montou-se os experimentos.

As características do calcário e do silicato utilizados com os valores de CaO, MgO, SiO₂ e PRNT estão contidos na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química dos corretivos

Produtos	CaO	MgO	SiO ₂	PRNT
	%			
Silicato	39,8	12,0	23	88
Calcário	40,0	12,0	-	85

Antes da aplicação dos corretivos no campo, realizou-se a misturas em betoneira para homogeneização e, posteriormente, os produtos foram acondicionados em sacos plásticos.

As doses dos corretivos foram calculadas para elevar a saturação por bases a 60% na camada de 0-0,20 m seguindo método da saturação por bases. A quantidade de gesso utilizada (1700 kg ha⁻¹) foi determinada em função do teor de argila do solo conforme recomendação de Raij et al. (1996). Para aplicação de silicato seguiu-se a recomendação para calagem, ou seja, de acordo com o PRNT do produto. O gesso utilizado apresentava as seguintes características: S (16%) e Ca (18%).

Após a colheita da terceira soca realizada em 20/10/02, implantou os experimentos em 05/12/02, aplicando-se os corretivos manualmente a lanço em superfície, sem incorporação.

Todas as parcelas foram constituídas de cinco linhas de cana, sendo o espaçamento de 1,4 m, totalizando sete metros de largura e com dez metros de comprimento, perfazendo uma área de 70 m².

5.6 Avaliações realizadas

5.6.1. Amostragem do solo

Fez-se a amostragem de solo cinco meses após a aplicação dos corretivos, nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade. Retirou-se dez amostras simples em cada parcela, aleatoriamente em cada profundidade na entrelinha da linha de cana para constituir a amostra composta, utilizando-se para isso um trado tipo sonda. As amostras foram secas ao ar e peneiradas (malha 2 mm) para determinação de pH (CaCl_2 0,01 mol L⁻¹), matéria orgânica, acidez potencial (H+Al), Al, Ca, Mg e K trocáveis e calculada a saturação por bases (V%), conforme descrito por Raij et al. (2001). O Si foi determinado usando como extrator o ácido acético segundo método descrito por Korndörfer (1999). O S-SO₄⁻² foi determinado por meio de extração de fosfato de cálcio, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,01 mol L⁻¹. A quantificação foi feita por turbidimetria, provocada pela presença de BaSO₄, formando pela reação do $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ com o SO₄⁻², extraído das amostras de terra (VITTI, 1988).

5.6.2. Produção de colmos

Por ocasião da colheita (15/09/03) foi realizada a pesagem dos colmos dos 3 fileiras centrais de cada parcela, com célula de carga. O peso determinado em 30 metros de linha foi extrapolado para obtenção da produtividade em ton ha⁻¹.

5.7 Análise estatística

Os dados dos quatro experimentos foram submetidos a análise de variância. Para os experimentos I, II e III realizou-se análise de regressão polinomial para doses e comparação de medias para o fator gesso, tanto no efeito isolado quanto no desdobramento das interações. Para o experimento IV adotou-se a comparação de médias pelo teste Tukey.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento I

6.1.1 Características químicas do solo

As características químicas do perfil do solo, amostradas aos cinco meses após aplicação, estão contidas nas tabelas 4, 5 e 6. Observou-se que houve aumento linear no valor de pH do solo até a profundidade de 0,40-0,60 m em função de doses crescentes de calcário, independente da presença do gesso. Na última camada analisada houve um acréscimo no valor de pH em função da aplicação do gesso (Tabela 4). Zambrosi et al. (2007) também observou o efeito do calcário até a profundidade de 0,40 m. Soratto & Crusciol (2008a) observaram efeito da calagem sobre palhada na implantação de sistema plantio direto (SPD), na camada superficial (0-0,05 m) aos 3 meses após aplicação e somente após 12 meses verificou-se efeito em profundidade. Um dos motivos para o efeito do calcário em subsuperfície neste trabalho pode ser devido ao longo período (3 anos) que o solo permaneceu sem revolvimento antes da aplicação do corretivo, o que provocou a formação de canais deixados pelas raízes mortas e ao volume de precipitação ocorrido nos meses seguintes a instalação (Figura 1). Para Oliveira & Pavan (1996) e Soratto (2005), a movimentação física do calcário em profundidade é atribuída a diversos fatores, destacando-se a hipótese do deslocamento físico das partículas do corretivo através de canais formados pelas raízes mortas. O efeito em profundidade também foi observado por Caires et al. (1999) e Pavan (1994).

Tabela 4. Valores de pH, acidez trocável (H+Al), Al trocável (Al) e saturação por Al (m%) em função da aplicação de doses de calcário e gesso em soqueira de cana crua.

Doses de calcário e gesso em suqueira de cana-de-açúcar									
Profundidade	Tratamento	pH (CaCl ₂)		H+AL		Alu		m%	
		CG	SG	CG	SG	CG	SG	CG	SG
cm		mmol _c dm ⁻³							
0-5	0	4,9	4,9	29,5	30,0	1,0	1,5	3,5a	3,5a
	900	5,4	5,3	24,0	24,3	0,9	1,2	2,6a	3,0a
	1800	5,4	5,4	22,7	23,9	0,90	1,20	2,3a	2,8a
	3600	6,1	5,9	17,7	18,4	0,8	1,1	1,5a	2,2b
	Média	5,4a	5,4a	23,5a	24,3a	0,88a	1,23b	2,4a	3,3b
	Regressão	L**		L**		n.s		L**	
	R ²	0,97		0,93		-		0,80	
	Interação (C*G)	n.s		n.s		n.s		*	
	CV 1 (%)	5,11		9,49		14,2		23,9	
	CV 2 (%)	3,05		7,84		11,4		12,5	
5-10	0	4,9	4,9	28,3	29,8	1,2	1,6	4,9	6,8
	900	5,1	5,0	25,4	26,4	1	1,4	3,8	5,1
	1800	5,2	5,1	24,8	25,3	1,0	1,3	3,2	4,5
	3600	5,6	5,4	17,3	22,8	0,9	1,2	2,1	3,2
	Média	5,2a	5,1a	23,9a	26,1a	1,0a	1,4b	3,5a	4,9b
	Regressão	L**		L**		L**		L**	
	R ²	0,95		0,98		0,80		0,95	
	Interação (C*G)	n.s		n.s		*		*	
	CV 1 (%)	4,27		13,7		6,80		11,5	
	CV 2 (%)	3,76		16,3		6,70		6,4	
10-20	0	4,9	4,9	26,7	27,3	0,97	1,7	4	7,4
	900	5,0	5,0	26,1	26,5	1,0	1,4	3,9	5,6
	1800	5,1	5,0	25,4	26,0	0,9	1,3	3,2	5,1
	3600	5,4	5,2	23,2	24,5	0,8	1,3	2,8	4,7
	Média	5,1a	5,0a	25,4a	26,1a	0,9a	1,4b	3,4a	5,7b
	Regressão	L**		L**		L**		Q**	
	R ²	0,97		0,98		0,86		0,93	
	Interação (C*G)	n.s		n.s		*		*	
	CV 1 (%)	4,5		4,5		6,5		5,8	
	CV 2 (%)	2,5		9,3		9,2		10,7	
20-40	0	4,8	4,6	30,2	30,3	2,0 a	2,9 b	11,0 a	16,6 b
	900	4,8	4,8	29,0	29,0	1,8 a	2,6 b	8,7 b	13,3 b
	1800	4,8	4,8	28,5	28,6	1,5 a	2,5 b	6,8 a	12,0 b
	3600	4,9	4,9	26,7	28,2	1,4 a	2,3 b	5,9 a	10,6 b
	Média	4,8a	4,8a	28,6a	29,0a	1,7a	2,6b	8,1a	13,1b
	Regressão	L**		L**		L**		Q**	
	R ²	0,98		0,95		0,91		0,99	
	Interação (C*G)	n.s		n.s		*		*	
	CV 1 (%)	5,3		7,2		5,1		4,9	
	CV 2 (%)	4,9		5,3		8,9		7,3	
40-60	0	4,4	4,2	33,3	36,6	3,5	4,5	20,9	42,2
	900	4,5	4,4	29,8	31,9	3,3	4,1	19,7	33,6
	1800	4,5	4,4	30,2	34,0	3,0	4,0	16,9	29,4
	3600	4,7	4,5	30,8	31,2	2,5	3,7	13,9	24,1
	Média	4,5a	4,4a	31,0a	33,4a	3,1a	4,1b	17,8a	32,3b
	Regressão	L*		n.s		L**		L**	
	R ²	0,88		-		0,99		0,98	
	Interação (C*G)	n.s		n.s		n.s		**	
	CV 1 (%)	5,5		16,7		5,5		8,1	
	CV 2 (%)	2,3		10,8		7,1		6,3	

ns. * e ** não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra (horizontal) não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Uma segunda explicação para o deslocamento dos produtos da reação do calcário para o aumento do pH em subsuperfície está relacionada com as propriedades químicas do solo. Com o aumento de pH na camada superficial do solo, os cátions ácidos são consumidos, até atingir os valores de 5,2 a 5,6, (RHEINHEIMER et al., 2000) aumentando a quantidade dos íons HCO_3^- e SO_4^{2-} . Esses íons podem estar acompanhados de Ca e Mg e possuem a capacidade de movimentar-se para camadas mais profundas e ácidas do solo e reagir novamente com os cátions ácidos, como o Al^{+3} , que se aloca no lugar do Ca e Mg em razão de sua maior força eletrostática, iniciando a neutralização da acidez em profundidades maiores (COSTA, 2000; MIYAZAWA et al., 2002; FRANCINI et al., 2003; LIMA, 2004; FIDALSKI & TORMENA, 2005; SORATTO, 2005).

A grande precipitação pluvial ocorrida nos meses seguintes da instalação do experimento é outro fator importante a ser considerado e que pode ter contribuído para que ocorresse uma reação mais rápida e a descida do corretivo para as camadas mais profundas do solo. Amaral et al. (2004) corroboram essa afirmação, ao atribuírem a influência da precipitação e conseqüente dissolução do calcário distribuído na superfície do solo confronta-se com o possível transporte de calcário através da chuva que poderia ser um mecanismo importante na correção da acidez do solo em profundidade no sistema plantio direto. Segundo o autor supracitado, este mecanismo de mobilidade do calcário pela água da chuva deve ser considerado, por não detectar nenhum tipo de ácido orgânico de baixo peso molecular tanto na solução percolada como na solução do solo, não tendo os resíduos orgânicos apresentado efeitos na correção da acidez do solo em profundidade.

A reação do corretivo é função das características intrínsecas do produto, tempo de aplicação, das condições de umidade do solo, condições químicas solo e manejo da adubação (COSTA, 2000; MIYAZAWA et al., 2002) e do volume de precipitação para disponibilização de umidade do solo para ocorrer a reação (SORATTO, 2005). Segundo os resultados demonstrados por Zaneti et al. (2003), a solubilização do calcário ocorre em período curto, aproximadamente um mês, desde que as condições de umidade sejam favoráveis e o PRNT do calcário seja alto.

Os trabalhos publicados até o momento se baseavam no uso de calcário em cana queimada, o que constitui um sistema de manejo da fertilidade do solo diferente da soqueira de cana crua pela presença da palhada residual que permanece na superfície do solo. No sistema de cana crua há um menor revolvimento do solo quando

comparado com o sistema de cana queimada, pois não há a tríplice operação nas soqueiras, preservando a microporosidade do solo.

Nota-se, contudo, que mesmo no sistema de colheita da cana queimada ainda não existia um consenso sobre o melhor critério a ser seguido na definição de doses adequadas. Registra-se estudos, como o de Benedini (1988), que permitem concluir que a soca é beneficiada com a aplicação de calcário para aumentar a longevidade do canavial, ratificando a importância do insumo para a cultura. Na cana crua, permanece sobre o solo, após a colheita, uma grande quantidade de palha. Com isso, o manejo nesse sistema de colheita se torna semelhante ao sistema plantio direto (SPD) para as culturas anuais. E, como são praticamente inexistentes trabalhos publicados a respeito de calagem em sistema de cana crua até o momento, compara-se os resultados aqui apresentados com pesquisas já realizadas sobre correção de solo em superfície em sistema plantio direto, as quais, já mostraram benefícios nos atributos químicos do solo e aumento na produtividade agrícola.

O gesso, por ser um sal neutro, não altera o pH e por isso não pode ser considerado corretivo e substituto do calcário (ERNANI, 1986). Porém, em alguns casos, dependendo da quantidade de Al, o gesso pode promover um pequeno incremento no pH devido à substituição de OH^- pelo sulfato. Neste trabalho, não houve interação entre o calcário e o gesso e do gesso isoladamente na correção do pH nas camadas superficiais. A diferença entre os tratamentos com e sem gesso na profundidade de 0,40-0,60 m, está relacionada ao gesso (CaSO_4) que permite a neutralização do Al tóxico, o qual é responsável pela acidez trocável no solo, pois o gesso caminhando para profundidades maiores no solo, pode permitir a formação de sulfato de alumínio - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, o qual é lixiviado do perfil. Outro aspecto importante da contribuição do gesso é o aumento no suprimento de Ca.

O gesso contribuiu com pequena elevação do pH na camada de 0,40-0,60 m (Tabela 4). O aumento do pH no subsolo, por meio da aplicação de gesso, também foi verificado em outros trabalhos (CARVALHO & RAIJ, 1997; CAIRES et al., 1999) e tem sido atribuído a uma reação de troca de ligantes na superfície das partículas de solo, envolvendo óxidos hidratados de ferro e alumínio, com o SO_4^{2-} deslocando OH^- e, assim, promovendo neutralização parcial da acidez (REEVE & SUMNER, 1972).

As modificações no comportamento da acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), nas profundidades do perfil do solo, podem ser observadas na Tabela 4. Constata-se que houve uma redução linear da acidez potencial com o aumento das doses de calcário, independentemente da presença ou ausência de gesso, até a camada de 0,20-0,40 m. Verifica-

se que os valores de (H+Al) apresentados são condizentes com os resultados de pH obtidos nas referidas profundidades.

Os resultados quanto à eficiência da calagem na neutralização da acidez de subsolos em sistema de plantio direto são contraditórios na literatura. Enquanto trabalhos revelam que o calcário não se movimenta para camadas mais profundas do solo (RITCHEY et al., 1980; PAVAN et al., 1984), outros mostraram consideráveis aumentos no pH em subsuperfície, em áreas de cultivos anuais, preparadas convencionalmente (QUAGGIO et al., 1993; OLIVEIRA et al., 1997) ou manejadas no sistema plantio direto (OLIVEIRA & PAVAN, 1996; CAIRES et al., 2000), e de cultivos perenes estabelecidos (CHAVES et al., 1984; PAVAN, 1994).

Com relação à acidez trocável (Al^{+3}), na presença de gesso houve redução linear, a partir da camada de 0,05-0,10 m, e esse resultado foi repetido em todas as camadas subseqüentes até a profundidade de 0,60 m do solo. Já na ausência do gesso houve comportamento quadrático decrescente na camada de 0,10-0,20 m, sendo que para as demais camadas o comportamento foi linear, desde a superfície até a profundidade de 0,60 m. O gesso contribuiu para a redução do Al tóxico a partir da camada superficial. (Tabela 4).

Soratto (2005) cita que a redução dos teores de Al trocável em profundidade pela calagem pode estar relacionado com o mecanismo de lixiviação de cálcio e magnésio proposto por Miyazawa et al. (1996).

Marinho & Albuquerque (1981) utilizando 21 experimentos de campo obtiveram boa correlação da produção de colmos ao eliminarem o alumínio trocável superior a $13 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Para os autores, a resposta à calagem deveu-se ao adequado suprimento de Ca e não, especificamente, à correção dos teores de Al no solo. Esta mesma conclusão foi obtida por Marinho et al. (1980) ao demonstrarem que a produção de cana não foi afetada quando suprida adequadamente por sulfato de cálcio mesmo com teores de até $6,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de alumínio no solo e pH 4,1.

As explicações para mostrar os efeitos envolvidos na diminuição do Al trocável pela aplicação de gesso seria a liberação de OH^- pelo SO_4^{-2} , mediante a troca de ligantes, com formação de estruturas hidroxiladas de Al (REEVE & SUMMER, 1972) ou a precipitação de Al com a formação de minerais (ADAMS & RAWAYFIH, 1977) ou ainda a lixiviação do Al pela formação, principalmente, de pares iônicos ou complexos AlSO_4^+ (PAVAN et al., 1984).

A saturação por alumínio (m%) teve um comportamento quadrático negativo, quando o calcário foi aplicado isoladamente até a profundidade de 0,40-0,60 m. Já nos tratamentos onde se aplicou calcário e gesso, houve efeito quadrático na camada de 0,20-0,40 m e linear para as demais camadas analisadas. Esse resultado é consequência dos resultados obtidos para os teores de Al.

A cultura da cana é freqüentemente citada na literatura como tolerante à acidez e aos teores elevados de Al trocável no solo (Marinho et al., 1980). Por outro lado, Martin & Evans (1964) constataram redução no crescimento da cana quando submetidas a concentrações maiores que 50 ppm de Al. Resultados semelhantes foram obtidos por Azevedo & Sarruge (1984), porém com concentrações de 10 ppm.

A aplicação de gesso aumentou os teores de Ca trocável do solo nas cinco profundidades estudadas, independentemente dos tratamentos de calagem. Os teores de Ca aumentaram de forma linear nas camadas de 0-0,05, 0,10-0,20 e 0,40-0,60 m. Nas demais camadas o efeito foi quadrático. No entanto, houve interação dos fatores nas camadas de 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,40-0,60 m. Nessas profundidades a associação de gesso as doses de calcário proporcionou valores de Ca significativamente maiores que nos tratamentos sem a aplicação do condicionador (Tabela 5).

Resultados semelhantes foram obtidos por Caires et al. (2004), Ciotta et al. (2004), Fidalski & Tormena (2005), Lima (2004), Soratto (2005) e Soratto & Crusciol (2008a).

As propriedades físicas do solo em áreas de plantio direto, onde não há revolvimento, trabalhos de pesquisa tem questionado a hipótese de um possível caminhamento dos produtos da reação dos corretivos da acidez do solo, através dos canais de raízes mortas e poros provocados por microorganismos, ocorrendo assim passagem por esses dutos, havendo influência da precipitação na lixiviação dos produtos da reação dos corretivos de acidez ao longo do perfil do solo (OLIVEIRA & PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1998; SANTOS (1999); COSTA, 2000; PETRERE & ANGHINONI, 2001; LIMA, 2004; AMARAL et al., 2004; SORATTO, 2005).

Benedini & Korndörfer (1992) citam que em vários países como África do Sul, Havaí e Austrália utilizam, em geral, o nível de Ca + Mg no solo, como critério de recomendação de calcário para cana, e que seus teores iniciais no solo e o Ca isoladamente são parâmetros mais adequados para avaliar a necessidade de calcário para a cultura, definindo os níveis de 14 e 10 mmol_c dm⁻³ respectivamente para Ca + Mg e Ca.

Tabela 5. Teores de cátions trocáveis e saturação por bases em função da aplicação de doses de calcário e gesso em soqueira de cana crua

Profundidade	Tratamento	Ca ⁺²		Mg ⁺²		K ⁺		V%	
		CG	SG	CG	SG	CG	SG	CG	SG
cm		mmol _c dm ⁻³						%	
0-5	0	20,9	18,1	5,9	9,6	0,5	0,8	48,2	48,2
	900	27,5	24,8	7,3	12,5	0,5	0,7	59,5	61,2
	1800	31,3	29,8	8,1	12,6	0,3	0,7	63,8	64,4
	3600	44,5	36,6	8,8	13,2	0,3	0,6	75,3	73,3
	Média	31,1a	27,3a	7,5b	12,0a	0,39b	0,68a	61,7a	61,8a
	Regressão	L**		Q*	Q**	L**	L**		Q**
	R ²	0,99		0,99	0,91	0,90	0,95		0,97
	Interação (C*G)	n.s		**		*		n.s	
	CV 1 (%)	10,19		6,09		5,14		4,97	
	CV 2 (%)	9,25		3,85		7,90		4,73	
5-10	0	18,2	16,2	5,2	6,7	0,4	0,7	45,7	44,3
	900	19,3	19,2	6,7	8,3	0,4	0,7	51,0	51,7
	1800	23,3	19,7	7,3	9,8	0,3	0,5	55,9	54,3
	3600	35,9	26,7	7,4	9,9	0,3	0,4	72,2	62,1
	Média	24,2a	20,4b	6,7a	8,7b	0,33b	0,58a	56,2a	53,1a
	Regressão	Q**	Q*		Q**	L**	Q*		L**
	R ²	0,99	0,97		0,99	0,89	0,91		0,99
	Interação (C*G)	**		n.s		**		n.s	
	CV 1 (%)	4,31		11,9		11,96		8,71	
	CV 2 (%)	3,48		15,0		8,9		8,73	
10-20	0	17,9	17,2	6,0	5,3	0,2	0,4	47,7	45,6
	900	18,8	18,1	6,4	6,2	0,18	0,24	49,3	48,3
	1800	20,1	18,8	6,8	6,8	0,15	0,22	51,5	49,9
	3600	20,8	20,2	7,7	7,5	0,12	0,22	55,4	53,4
	Média	19,4a	18,6b	6,7a	6,4b	0,16b	0,26a	51,0a	49,3a
	Regressão	L**	L**		L**	L**	Q**		L**
	R ²	0,98			0,99	0,97	0,94		0,99
	Interação (C*G)	*		n.s		**		n.s	
	CV 1 (%)	5,3		3,4		10,4		3,1	
	CV 2 (%)	3,8		4,6		6,4		5,3	
20-40	0	12,5	12,2	5,8a	5,0b	0,11	0,19	37,8a	36,4a
	900	14,2	14,0	5,8a	5,4a	0,11	0,15	41,1a	40,5a
	1800	15,9	15,2	6,1a	5,6a	0,1	0,2	43,7a	42,4a
	3600	16,0	15,9	7,0a	5,6b	0,08	0,13	46,4a	43,4b
	Média	14,7a	14,3a	6,2a	5,4b	0,09b	0,16a	42,2a	40,7b
	Regressão	Q**		L**	Q*	L**	Q*	L**	Q*
	R ²	0,99		0,93	0,99	0,71	0,93	0,95	0,99
	Interação (C*G)	n.s		*		*		*	
	CV 1 (%)	5,5		5,2		9,2		5,6	
	CV 2 (%)	6,2		6,0		9,0		3,4	
40-60	0	11,6	7,3	4,3	3,3	0,64	0,13	32,4	28,5
	900	12	8,2	4,4	3,8	0,32	0,1	30,8	26,0
	1800	12,8	9,6	4,7	4	0,18	0,1	35,3	31,5
	3600	13	11,2	4,9	4,1	0,13	0,1	36,5	36,5
	Média	12,3a	9,1b	4,6a	3,8b	0,3a	0,1b	33,7a	30,6b
	Regressão	L**	L**	L*	Q*	Q**	Q**	n.s	n.s
	R ²	0,87	0,98	0,93	0,98	0,99	0,98	-	-
	Interação (C*G)	**		*		**		n.s	
	CV 1 (%)	5,0		7,5		7,1		30,8	
	CV 2 (%)	4,0		7,8		7,0		11,7	

ns. * e ** não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra (horizontal) não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O gesso causou intensa movimentação de Mg trocável, principalmente nas camadas superficiais (Tabela 5). Nos tratamentos onde houve apenas a aplicação de calcário verificou-se aumentou o teor de Mg trocável no solo nas profundidades analisadas, acompanhando o aumento das doses utilizadas, que pode ser explicado pela presença do elemento no corretivo. Contudo, nos tratamentos onde se fez a aplicação do gesso, nota-se um decréscimo para o teor de Mg nas camadas superficiais (0-0,05 cm e 0,05-0,10 m) e um aumento nas camadas subseqüentes (0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m). O caminhamento do Mg ocorrido no perfil do solo poderia ser explicado pela formação de compostos iônicos pela presença de SO_4^{-2} , dados que corroboram com Raij et al. (1998). O mesmo resultado foi obtido por Oliveira & Pavan (1996) e Caires et al. (1999).

Por essa razão, o uso de gesso não tem sido recomendado de forma isolada, mas, sim, em combinação com o calcário dolomítico (CAIRES et al., 2004;)

A movimentação descendente de Mg^{2+} no solo é explicada, segundo Raij (1991), pela energia de ligação existente entre as bases trocáveis e os colóides do solo, que segue a seguinte ordem: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Ou seja, conforme o número de valência e o tamanho dos íons hidratados, as bases do solo são adsorvidas com maior ou menor energia de ligação, o que se denomina série liotrópica. Sendo assim, de acordo com o autor supracitado, em solos bem drenados, a lixiviação de Mg^{2+} é naturalmente maior do que a de Ca^{+2} , considerando a maior energia de adsorção deste último cátion nos colóides do solo.

Pelos resultados constata-se que houve uma diminuição no teor de potássio com ao aumento das doses de calcário (Tabela 5), ocorrendo esse efeito até a profundidade de 20-40 cm, corroborando com os dados observados por Ernani (2003). A aplicação de calcário, independentemente da aplicação de gesso, reduziu os teores de K em todas as camadas analisadas. Nos tratamentos onde houve aplicação de gesso, constatou-se lixiviação de K^+ para as camadas mais profundas. O mesmo resultado foi obtido por Ritchey et al. (1980) e Ernani et al. (1993). O fenômeno que pode ter ocorrido é o deslocamento do K das cargas negativas por outros cátions, neste caso pelo Ca. Isto é, uma vez na solução do solo, o Ca pode interagir com o complexo de troca do solo, deslocando o K^+ e o Mg^{+2} para a solução do solo, que podem, por sua vez, reagir com o SO_4^{-2} e formar pares iônicos com grande mobilidade ao longo do perfil. A grande precipitação após a aplicação dos corretivos pode ter influenciado na lixiviação do K.

Na camada de 0-0,05 m, os maiores valores de saturação por bases foram obtidos nos tratamentos com calcário com a presença do gesso. A partir da camada de

0,05-0,10 nos tratamentos em que houve a presença de gesso, observa-se um maior valor de V%. Isso pode ser decorrente do gesso ser fonte de Ca. O aumento nos valores da saturação por bases (V%) em função da aplicação de calcário foi significativo até a camada de 0,20-0,40 m (Tabela 5). A presença do gesso contribuiu no valor de V% a partir da camada de 0,20-0,40 m, refletindo as respostas obtidas nos valores de Ca^{+2} e Mg^{+2} trocável já discutido anteriormente.

Verifica-se que o Si teve seu teor aumentado em função da aplicação de calcário em todo perfil analisado. Esse acréscimo foi quadrático nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Na camada de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m o aumento foi linear. Verifica-se que o gesso contribuiu de certa forma para o aumento nos teores de Si no solo. Em todas as camadas analisadas, a presença do gesso proporcionou um acréscimo de Si quando comparado com os tratamentos onde se aplicou apenas o calcário (Tabela 6). Cardoso et al. (2003) obteve aumento nos teores de Si no solo pela aplicação de carbonato de cálcio.

Houve resposta para o teor de fósforo, extraído por resina, pela aplicação de calcário nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,40-0,60 m. A camada superficial (0-0,05 cm) foi a que apresentou maior teor de fósforo no perfil. Esse resultado é justificado pelo aumento do pH do solo, pela aplicação da adubação de soqueira, além da presença da matéria orgânica na camada superficial o que pode estar disponibilizando fósforo orgânico para posterior mineralização. Os maiores teores de fósforo sempre foram obtidos com a maior dose de calcário. Constata-se que a aplicação de gesso proporcionou teores maiores de P em relação a ausência do produto (Tabela 6). Isso se deve ao fato do SO_4^{-2} concorrer com os sítios de troca com PO_4^{-3} nos óxidos de Fe e Al.

Os teores de matéria orgânica não foram afetados pelos tratamentos em nenhuma profundidade estudada. Segundo Rosolem et al. (2003), a calagem por aumentar o pH, pode acelerar a mineralização da matéria orgânica podendo reduzir seu teor no solo. Neste trabalho, contudo, não houve alteração no teor de matéria orgânica no perfil do solo pela aplicação de calcário e gesso, corroborando com os dados de Soratto (2005) e Zambrosi et al. (2007). Um dos efeitos da calagem e da presença de resíduos vegetais é a elevação da atividade biológica no solo, atribuída ao aumento do pH e à disponibilidade de nutrientes e de substratos orgânicos, com conseqüente aumento da taxa de decomposição da M.O nativa ou adicionada (MENDONÇA e ROWELL, 1994). Esses efeitos não foram constatados no presente estudo devido ao tempo transcorrido desde a instalação do experimento até a coleta das amostras.

Tabela 6. Teores de silício, fósforo, Matéria orgânica e SO_4^{2-} em função da aplicação de doses de calcário e gesso em soqueira de cana crua.

Profundidade	Tratamento	Si		P		M.O		S-SO_4^{2-}	
		CG	SG	CG	SG	CG	SG	CG	SG
cm		mg dm^{-3}				g kg^{-1}		$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$	
0-5	0	11,7	6,2	5,9	3,6	28,7	28,2	8,3	5,7
	900	14,4	9,3	7,6	6,8	26,4	26,5	10	5,9
	1800	14,7	9,9	10,1	9,3	27,9	27,1	11,9	7,2
	3600	15,7	11,7	16,2	14,1	27,4	26,8	15,0	9,4
	Média	14,1a	9,3b	9,9a	8,4b	27,6a	27,1a	11,3a	7,0b
	Regressão	Q**	Q**	L**	L**	n.s		L**	L**
	R ²	0,94	0,97	0,99	0,99	-		0,99	0,96
	Interação (C*G)	*		*		n.s		**	
	CV 1 (%)	6,13		11,2		8,8		8,41	
	CV 2 (%)	4,73		9,6		8,5		6,89	
5-10	0	5,9a	5,5a	4,0a	2,4b	25,7	24,5	7,3	4,4
	900	7,6a	7,2a	5,0a	4,9a	24,0	23,5	8,0	4,7
	1800	10,6a	7,8b	5,9a	5,6a	25,2	25,0	9,2	5,2
	3600	13,1a	12,9b	7,0a	6,4a	23,8	25,4	38,3	5,4
	Média	9,3a	8,4b	5,4a	4,8b	27,4a	26,8a	15,7a	4,9b
	Regressão	Q**	Q*	L**	Q**	n.s		Q**	L*
	R ²	0,98	0,98	0,97	0,98	-		0,99	0,85
	Interação (C*G)	**		**		n.s		**	
	CV 1 (%)	7,0		8,8		10,0		5,76	
	CV 2 (%)	4,5		7,2		5,8		5,86	
10-20	0	6,3 a	5,7 a	3,0 a	2,4 b	19,4	21,8	10,0 a	4,1 b
	900	6,9 a	6,6 a	4,6 a	3,1 b	22,7	22,7	10,9 a	4,2 b
	1800	7,7 a	7,4 a	4,9 a	4,6 a	22,6	23,1	12,1 a	5,3 b
	3600	10,1 a	7,8 b	6,3 a	5,1 b	22,6	23,4	40,7 a	6,4 b
	Média	7,7 a	6,9 b	4,7 a	3,8 b	21,8 a	22,8 a	18,4 a	5,0 b
	Regressão	L**	Q*	Q**	Q**	n.s		Q**	L*
	R ²	0,98	0,99	0,96	0,95	-		0,99	0,94
	Interação (C*G)	**		**		n.s		**	
	CV 1 (%)	6,0		4,7		14,1		12,1	
	CV 2 (%)	5,1		6,0		16,2		10,7	
20-40	0	7,0	5,7	3,2	1,3	21,2	22,5	27,4	6,2
	900	7,10	6,0	3,30	1,9	22,0	21,8	29,40	6,50
	1800	7,5	6,6	3,3	2,0	23,1	22,9	39,7	7,5
	3600	9,1	7	3,4	2,3	21,7	21,8	46,6	8,6
	Média	7,7a	6,3b	3,3a	1,9b	22,0a	22,2a	35,8a	7,2b
	Regressão	Q**	L**	n.s	n.s	n.s		L**	n.s
	R ²	0,92	0,95	-	0,93	-		0,94	-
	Interação (C*G)	*		**		n.s		**	
	CV 1 (%)	2,9		10,4		6,5		11,7	
	CV 2 (%)	4,7		7,1		6,5		9,2	
40-60	0	6,0	5,6	2,3	1,1	21,6 a	20,7 a	40,8	12,9
	900	6,1	5,7	2,6	1,3	23,0 a	21,0 b	45,4	14,3
	1800	7,0	6,1	2,7	1,7	22,0 a	19,8 b	49,7	23,2
	3600	7,2	6,5	3,7	1,9	21,1 a	20,6 a	52,2	26,3
	Média	6,5a	5,9b	2,8a	1,5b	21,9 a	20,5 b	47,1a	19,2b
	Regressão	L*		Q*		n.s		L*	
	R ²	0,98		0,99		-		-	
	Interação (C*G)	n.s		**		n.s		*	
	CV 1 (%)	10,6		10,6		10,9		64,8	
	CV 2 (%)	11,8		9,3		4,8		72,6	

ns. * e ** não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra (horizontal) não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação de gesso aumentou os teores de SO_4^{-2} no solo, nas cinco profundidades estudadas. Nota-se que houve movimentação de sulfato para as camadas mais profundas do solo pela aplicação de gesso, sendo que o maior acúmulo de sulfato ocorreu na camada de 0,40-0,60 m (Tabela 6), justificando também a maior concentração de Mg e K. Com relação à calagem, constatou-se em todas as camadas, ou seja, a aplicação de corretivo aumentou os teores de S- SO_4^{-2} . Caires et al. (1998) observaram que após aplicação 12 t ha^{-1} de gesso em superfície, mais da metade do S- SO_4^{-2} havia sido lixiviado para camada de 0,80 m de profundidade aos 24 meses.

A velocidade com que o sulfato se movimenta é variável para diferentes solos (Quaggio et al., 1993; Caires et al., 1998), devendo ser mais lenta em solos com maior teor de argila. Nota-se, contudo que houve um pequeno acréscimo de sulfato apenas pela aplicação de calcário. Soratto e Crusciol (2008a) estudando calagem e gessagem na implantação do SPD também registraram um pequeno acréscimo de SO_4^{-2} pela aplicação da calagem.

6.1.2 Produção de colmos

Verifica-se pela Tabela 7 que a aplicação de calcário proporcionou aumento quadrático na produtividade de colmos. Nos tratamentos onde houve presença do gesso o aumento na produtividade foi linear, diferindo estatisticamente dos tratamentos onde não houve a aplicação de gesso. Na maior dose de calcário associado ao gesso a diferença em relação ao tratamento onde não houve aplicação de produtos foi de 32%.

Viana (1983) citado por Solera (1988), estudando a resposta de cem variedades de cana à aplicação de calcário constatou efeitos significativos desta prática sobre a produção de colmos. Os efeitos da calagem na produtividade da cana também são relatados por Marinho et al. (1984); Santos et al. (1980) e Orlando Filho et al. (1990). MARINHO et al. (1980 b) verificaram efeitos significativos da calagem em nove experimentos analisados, com aumento de produtividade de 10 a 20 t.ha^{-1} de cana. Os autores comentaram que houve acréscimos de mais de 5 t.ha^{-1} de cana, mesmo não obtendo diferenças estatísticas significativas.

O aumento na produção de colmos pode ser explicado pelo aumento no pH do solo (Tabela 4) e dos teores de Ca e Mg no perfil do solo como mostra a Tabela 5.

Tabela 7. Produção de colmos (Mg ha^{-1}) de cana-de-açúcar em função da aplicação de calcário em superfície em soqueira de cana crua

Calcário	Tonelada.ha ⁻¹	
	CG	SG
0	71,4 a	62,0 b
900	79,9 a	72,3 a
1800	80,6 a	80,5 a
3600	82,0 a	80,7 a
Média	78,4 a	73,9 b
Regressão	L*	Q**
R ²	0,99	
Calcário (C)	**	
Gesso (G)	*	
Interação (C*G)	*	
CV 1 (%)	13,1	
CV 2 (%)	9,0	

* e **, significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.2. Experimento II

6.2.1 Características químicas do solo

Nas tabelas 8, 9 e 10 estão contidos os resultados dos atributos químicos do solo. O silicato melhorou significativamente o pH do solo nas camadas estudadas, sendo que o aumento foi de forma quadrática na camada superficial (0-0,05 m) e linearmente nas camadas subseqüentes. A aplicação de gesso em associação com o silicato não alterou o pH até a camada de 0,40-0,60 m (Tabela 8). Correa et al. (2007) observaram aumento no valor de pH até a profundidade de 0,40 m pela aplicação de escoria.

A eficiência do silicato na correção da acidez do solo é devido ao produto apresentar o íon silicato em sua composição e por apresentar solubilidade seis a sete vezes superior à do calcário (Alcarde, 1992), facilitando sua mobilidade no perfil do solo (Quaggio, 2000).

Tabela 8. Valores de pH, acidez trocável (H+Al), Al trocável (Al) e saturação por Al (m%) em função da aplicação de doses de silicato e gesso em soqueira de cana crua.

Profundidade	Tratamento	pH (CaCl ₂)		H+Al		Alu		m%	
		CG	SG	CG	SG	CG	SG	CG	SG
cm		mmol _c dm ⁻³				%			
0-5	0	4,8	4,8	30,1	30,9	1,2	1,5	4,2a	5,6b
	840	5,4	5,3	24,3	25,0	1,1	1,4	2,8a	3,3b
	1700	5,9	5,9	17,6	19,5	1,10	1,20	1,4a	1,7a
	3400	6,0	6,0	15,7	17,1	0,9	1,2	0,9a	1,1a
	Média	5,5a	5,4a	21,9a	23,1a	1,1a	1,3b	2,3a	2,9b
	Regressão	Q**		Q**		L**		Q**	
	R ²	0,98		0,99		0,97		0,99	
	Interação (S*G)	n.s		n.s		*		**	
	CV 1 (%)	5,41		11,03		6,8		9,7	
	CV 2 (%)	7,6		12,6		5,2		9,1	
5-10	0	4,9	4,8	28,4	29,3	1,2	1,6	4,5a	7,0b
	840	5,0	5,0	26,1	28,1	1,2	1,5	3,6a	4,9b
	1700	5,5	5,4	22,1	22,9	1,0	1,3	2,3a	2,7a
	3400	5,7	5,6	20,6	21,5	1	1,3	2,0a	2,4a
	Média	5,3a	5,2a	24,3a	25,4 a	1,1a	1,4 b	3,1a	4,2b
	Regressão	L**		L**		L**		Q**	
	R ²	0,93		0,89		0,84		0,97	
	Interação (S*G)	n.s		n.s		n.s		**	
	CV 1 (%)	3,2		9,9		13,0		11,7	
	CV 2 (%)	3,7		7,3		12,2		13,6	
10-20	0	4,9	4,9	26,5	26,9	0,97	1,3	3,9	5,5
	840	5,1	5,0	25,4	25,9	1,0	1,3	3,3	5,0
	1700	5,4	5,3	24,1	24,1	0,9	1,2	2,8	3,8
	3400	5,5	5,4	21,9	22,6	0,8	1,0	1,8	3,1
	Média	5,3a	5,2a	24,5a	24,9a	0,9a	1,2b	2,9a	4,3b
	Regressão	L*		L**		L*		L**	
	R ²	0,93		0,98		0,97		0,99	
	Interação (S*G)	n.s		n.s		*		n.s	
	CV 1 (%)	4,3		10,5		11,45		13,8	
	CV 2 (%)	3,7		5,8		10,0		10,0	
20-40	0	4,7	4,7	29,0	30,3	1,8	2,9	8	16,5
	840	4,9	4,8	27,7	29,0	1,7	2,3	6,4	11,3
	1700	4,9	4,9	27,1	27,3	1,6	1,9	5,5	8,0
	3400	5,0	5,0	25,0	26,9	1,2	1,8	3,8	7,1
	Média	4,9a	4,9a	27,2a	28,4a	1,6a	2,2b	6,0a	10,7b
	Regressão	L**		L**		L**		Q**	
	R ²	0,98		0,97		0,94		0,97	
	Interação (S*G)	n.s		n.s		**		**	
	CV 1 (%)	4,02		7,33		15,06		20,7	
	CV 2 (%)	5,59		11,51		10,47		16,4	
40-60	0	4,3	4,3	34,0	35,3	3,3	4,5	20,4	34,4
	840	4,4	4,4	33,4	33,4	2,8	3,7	14,8	24,6
	1700	4,6	4,6	30,6	30,9	2,6	3,6	11,6	22,2
	3400	4,7	4,7	29,3	30,2	2,4	3,5	10,4	18,0
	Média	4,5a	4,5a	31,8a	32,5a	2,8a	3,8b	14,3a	24,8b
	Regressão	L**		L**		L**		Q*	
	R ²	0,91		0,91		0,78		0,99	
	Interação (S*G)	n.s		n.s		*		*	
	CV 1 (%)	3,6		9,20		10,2		14,2	
	CV 2 (%)	4,2		6,72		10,9		11,3	

ns, * e **, não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra (horizontal) não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Da mesma forma como aconteceu com os valores de pH, o silicato corrigiu a acidez potencial de forma quadrática na camada de 0-0,05 m e proporcionou um decréscimo na acidez (H+Al) de forma linear nas camadas mais profundas. Isso é devido a elevação de pH gerado pela reação da base SiO_3^{-2} no solo, formando $\text{HSiO}_3 + \text{OH}^-$, que reduz o H^+ na solução do solo. Os resultados corroboram com Prado e Fernandes (2000).

Outros trabalhos mostram resultados semelhantes (PRADO et al. 2002 e PRADO & FERNANDES, 2003). Apesar de o gesso ter contribuído para uma diminuição nos valores da acidez em todo o perfil do solo, este não diferiu estatisticamente dos tratamentos onde não se aplicou o gesso.

A redução da acidez é proporcionada pela geração de SiO_3^{-2} no solo proveniente da dissociação do silicato, formando $\text{HSiO}_3 + \text{OH}^-$ (ALCARDE, 1992) que reduz o H^+ presente na solução do solo. Outro resultado é a formação de Al(OH)_3 (PAVAN & OLIVEIRA, 1997). Os mesmos resultados foram obtidos por Prado & Fernandes (2000b, 2003). O silicato na presença ou não do gesso foi eficiente na correção da acidez trocável do solo (Al^{+3}) em todo o perfil do solo. O silicato isoladamente promoveu uma redução linear, inversamente a dose aplicada até 0,20 m de profundidade, sendo que, nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, o efeito foi quadrático. A continua remoção de H^+ da solução do solo leva também a precipitação do íon Al^{+3} na forma de Al(OH)_3 (PAVAN & OLIVEIRA, 1997).

Nos tratamentos onde se aplicou o gesso e o silicato em conjunto, verifica-se que a redução do Al^{+3} tóxico foi linear em todo o perfil. Pode-se relacionar esse efeito pela presença do íon sulfato (SO_4^{-2}) resultante da dissociação do gesso e formando complexos com o alumínio, favorecendo sua precipitação no perfil do solo e limitando sua disponibilidade as plantas. Vê-se que o efeito do gesso interagiu com o silicato apenas na camada superficial (0-0,05 m) e em profundidade (0,20-0,40 e 0,40-0,60 m).

Os dados de saturação por Al (m%) refletem o efeito do silicato e gesso na neutralização do Al tóxico no perfil do solo.

Os teores de Ca trocável foram incrementados em todo o perfil do solo. Na camada de 0-0,05 m, houve interação entre o silicato e o gesso, onde se registra o maior valor obtido para Ca ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na maior dose de silicato (Tabela 9).

O efeito isolado do corretivo se mostrou quadrático até 0,10 m de profundidade, não havendo, porem, interação nesta camada. Apesar de não ser significativo, houve acréscimo no teor de Ca até a profundidade de 0,40-0,60 m.

Tabela 9. Teores de cátions trocáveis e saturação por bases em função da aplicação de doses de calcário e gesso em soqueira de cana crua.

Profundidade	Tratamento	Ca ⁺²		Mg ⁺²		K ⁺		V%	
		CG	SG	CG	SG	CG	SG	CG	SG
cm		mmol _c dm ⁻³						%	
0-5	0	20,9a	18,1a	5,9a	7,2a	0,55b	0,76a	47,6	45,8
	840	30,4a	26,7a	10,0b	15,9a	0,50b	0,63a	62,7	63,4
	1700	52,5a	38,9b	24,8b	31,9a	0,46b	0,54a	81,5	78,7
	3400	64,8a	64,7a	34,2a	35,1a	0,40b	0,51a	86,3	85,5
	Média	42,1a	37,1b	18,7a	22,5b	0,48b	0,61a	69,5a	68,3a
	Regressão	Q**	Q*	L**	Q**	L**	Q**	Q**	
	R ²	0,99	0,99	0,95	0,96	0,89	0,99	0,99	
	Interação (S*G)	**		*		*		n.s	
	CV 1 (%)	5,5		11,2		11,1		3,30	
	CV 2 (%)	7,40		10,1		6,9		4,20	
5-10	0	19,7	16,2	5,6a	6,2a	0,3	0,5	47,4a	43,8b
	840	23,7	20,3	7,5b	9,6a	0,3	0,5	54,7a	52,0b
	1700	31,0	29,4	11,7b	18,3a	0,3	0,4	66,1a	67,8a
	3400	34,8	31,9	14,6b	20,5a	0,2	0,3	70,7a	70,9a
	Média	27,3a	24,5a	9,86b	13,6a	0,26b	0,40a	59,7a	58,6a
	Regressão	Q**		L**		L**		Q**	
	R ²	0,96		0,96		0,89		0,97	
	Interação (S*G)	n.s		**		n.s		*	
	CV 1 (%)	4,9		8,88		16,0		3,46	
	CV 2 (%)	13,5		9,78		14,1		3,64	
10-20	0	18,8a	17,9a	6,0a	5,3b	0,2	0,4	48,4a	46,7a
	840	21,5a	19,0b	7,4a	7,0a	0,17	0,28	53,6a	50,4b
	1700	22,5a	22,3a	9,1a	8,0b	0,14	0,26	57,1a	56,1a
	3400	31,0a	24,1b	13,3a	9,4b	0,1	0,22	67,0a	60,0b
	Média	23,5a	20,8b	8,9a	7,5b	0,15b	0,28a	56,5a	53,3b
	Regressão	Q**		L**		L**		L**	
	R ²	0,98		0,98		0,99		0,99	
	Interação (S*G)	**		**		n.s		*	
	CV 1 (%)	4,51		4,11		10,40		5,7	
	CV 2 (%)	4,19		5,07		12,6		3,3	
20-40	0	15,9	12,5	5,8	4,9	0,13	0,19	43,3	36,8
	840	18,7	14,7	7,7	5,5	0,11	0,16	49,2	41,5
	1700	20,3	15,7	8,5	7,2	0,1	0,2	51,8	46,3
	3400	20,3	17,6	10,7	7,5	0,1	0,14	55,5	48,8
	Média	18,8a	15,1b	8,1a	6,3 b	0,1b	0,2a	50,0a	43,3b
	Regressão	Q**		L**		L**		L**	
	R ²	0,99		0,97		0,95		0,98	
	Interação (S*G)	*		**		n.s		**	
	CV 1 (%)	5,03		4,95		11,71		3,8	
	CV 2 (%)	7,28		6,45		9,91		8,0	
40-60	0	11,6	9,6	4	3,2	0,64	0,32	32,4	28,5
	840	12	10	6,6	4,7	0,18	0,15	36,0	29,6
	1700	15,1	11,3	7	5,1	0,08	0,06	43,1	35,2
	3400	15,2	13	8	6,3	0,09	0,06	43,2	39,2
	Média	13,4a	11,0b	6,4a	4,8b	0,25a	0,15b	38,6a	33,1b
	Regressão	Q*		Q**		Q**		Q**	
	R ²	0,84		0,93		0,96		0,94	
	Interação (S*G)	**		**		**		*	
	CV 1 (%)	8,9		7,6		9,62		8,0	
	CV 2 (%)	4,2		5,3		4,80		3,4	

ns. * e ** não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra (horizontal) não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Correa et al. (2007) também verificou acréscimo no teor de Ca trocável até 0,40 m de profundidade pela aplicação de escoria em superfície.

Segundo o mesmo autor, o deslocamento de Ca^{2+} no perfil do solo pode ser atribuído à alta concentração do nutriente nas camadas superficiais e por não haver cátions ácidos nas camadas subsuperficiais devido à correção do pH até a profundidade de 0,40 m bem como a formação de compostos iônicos, sendo que o deslocamento do Ca-ligante e do Mg-ligante para camadas subsuperficiais só ocorre quando a constante de estabilidade do complexo é maior que a constante de estabilidade do cálcio-solo e do magnésio-solo (Amaral et al., 2004b).

Diante da Tabela 9, o gesso promoveu expressivo aumento no teor de Ca. Como os dois fatores são fontes de Ca, foi possível verificar o aumento nos teores tanto no fator isolado como na interação. Fica claro que o silicato e o gesso em conjunto podem elevar o teor de cálcio em profundidade quando aplicados em soqueira.

Verifica-se efeito quadrático no aumento do teor de Mg trocável em razão da aplicação de silicato desde a camada superficial (0-0,05 m) até a subsuperfície (0,40-0,60 m). Observa-se que houve lixiviação do Mg nos tratamentos onde se aplicou o gesso em conjunto. Nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 m, nos tratamentos com apenas doses de silicato apresentou maiores valores quando comparado com os tratamentos onde se aplicou o gesso (Tabela 9). Por outro lado, a partir da camada de 0,10-0,20 m, vê-se que nos tratamentos onde só se aplicou o corretivo apresentam os menores valores de Mg.

A lixiviação de Mg trocável tem sido uma resposta freqüente nos estudos com aplicação de gesso em solos (SYED-OMAR & SUMNER, 1991; OLIVEIRA & PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1999). Até a profundidade de 0,20-0,40 m, o teor de Mg^{2+} ficou acima de $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerado baixo para o desenvolvimento das culturas (RAIJ et al., 1996).

Com relação ao potássio, houve influencia do gesso associado ao silicato na dinâmica do K no perfil do solo (Tabela 9). Quando se aplicou o silicato de forma isolada, este propiciou uma diminuição do teor de K no solo com o aumento da dose de corretivo. Esta variação ocorreu de forma quadrática em todo o perfil do solo. Nas áreas onde houve aplicação conjunta do corretivo com o gesso, o comportamento do potássio foi linear e decrescente da camada de superficial até a camada de 0,20-0,40 m conforme o aumento das doses. Nota-se que na camada de 0,40-0,60 m o efeito com quadrático e ocorreu lixiviação, pois os maiores valores encontrados estão na camada do subsolo.

Quanto a saturação por bases (V%), constata-se que houve um comportamento que refletiu o ocorrido para os teores de Ca e Mg. Na camada superficial (0-0,05 m) o aumento das doses de silicato incrementou de forma quadrática os valores de V%. O gesso contribuiu de forma isolada propiciando um pequeno acréscimo na camada de 0-0,05 m. Na camada subsequente, tanto o silicato quanto a aplicação com o gesso apresentaram aumentos de forma quadrática. Nesta profundidade, vê-se que houve aumento da saturação (V%) mesmo na dose zero de silicato e com a presença do gesso. Nas camadas intermediárias, ou seja, de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, tanto o silicato quanto o silicato e gesso promoveram acréscimos lineares na saturação. Essa tendência continuou para o tratamento silicato até a profundidade de 0,60 m do solo, refletindo o observado nos resultados dos teores de Ca e Mg. O gesso atuando nas camadas mais profundas do solo modificou de forma quadrática o valor de V% na última camada analisada.

Prado e Fernandes (2000b; 2003) também observaram melhorias químicas do solo pela aplicação de escória, com elevação de pH, nos teores de Ca e Mg e V%. Correa et al. (2007) observaram acréscimos na saturação por bases até 0,40 m pela aplicação de escória em superfície. O teor de Si no solo teve aumento crescente de forma quadrática em resposta a aplicação de silicato nas camadas mais superficiais, ou seja, até a camada de 10-20. Na sequência, o aumento foi linear (0,20-0,40 e 0,40-0,60 m). Já nos tratamentos onde se aplicou o gesso, a resposta foi quadrática nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10 e 0,20-0,40 m e um aumento crescente linear nas camadas 0,10-0,20 e 0,40-0,60 m.

O aumento nas doses de silicato promoveu um acréscimo no teor de P no solo de forma quadrática em todo o perfil do solo. Os maiores valores de P encontrados estão na camada de 0-0,05 m (Tabela 10). Nos locais onde se utilizou o gesso, o efeito no incremento do P foi quadrático até 0,10 m de profundidade. Nas camadas mais profundas o efeito foi de forma linear, sendo que houve interação entre os fatores em todo o perfil do solo. A maior disponibilidade do P na camada superficial do solo pode estar relacionada com o melhor efeito no pH. Estudando a aplicação de escória na cultura da cana como corretivo Prado e Fernandes (2000) observaram aumento no teor de P disponível.

A silicatagem com ou sem a presença do gesso alterou de forma linear os teores de matéria orgânica do solo apenas na camada superficial acompanhando o aumento das doses. Nas camadas subsequentes até 60 cm não houve influência da aplicação de silicato nos teores de matéria orgânica, independentemente da presença do gesso.

Tabela 10. Teores de Si (ppm), P (mg dm⁻³), M. O (g kg⁻¹) e SO₄⁻² (mg dm⁻³) em função da aplicação de doses de silicato e gesso em soqueira de cana crua.

Profundidade	Tratamento	Si		P		M.O		S-SO ₄ ⁻²	
		CG	SG	CG	SG	CG	SG	CG	SG
cm		ppm		mg dm ⁻³		g kg ⁻¹		mg dm ⁻³	
0-5	0	11,7	6,2	6,8a	3,6b	26,3	23,4	8,3	5,9
	840	14,4	9,3	7,5a	7,3a	28,0	27,3	12,6	6,1
	1700	14,7	9,9	9,6a	9,4a	26,6	28,2	14,3	6,5
	3400	15,7	11,7	12,7a	11,7b	28,7	27,5	14,9	6,7
	Média	14,1a	9,3b	9,2a	7,99b	27,4 a	26,6a	12,5a	6,3b
	Regressão	Q**	Q*	Q*	Q**	n.s		Q**	n.s
	R ²	0,94	0,95	0,99	0,99	0,61		0,99	
	Interação (S*G)	*		**		n.s		**	
	CV 1 (%)	5,82		4,76		7,9		8,0	
	CV 2 (%)	5,85		4,66		5,9		11,56	
5-10	0	5,9a	5,5a	5,0a	2,38b	24,4	23,4	8,0	4,7
	840	7,6a	7,2a	5,7a	5,4a	25,0	23,9	10,6	6,0
	1700	10,6a	7,8b	6,3a	6,2a	26,0	25,3	14,2	6,1
	3400	13,2 a	12,9a	9,1a	7,0b	25,3	25,5	15,1	7,4
	Média	9,3a	8,34b	6,5a	5,2b	25,2a	24,5a	12,0a	6,0b
	Regressão	Q**	Q**	Q*	Q**	n.s		Q**	L**
	R ²	0,97	0,97	0,99	0,97	-		0,98	0,91
	Interação (S*G)	**		**		n.s		**	
	CV 1 (%)	7,43		7,96		9,6		11,50	
	CV 2 (%)	6,29		8,34		6,7		13,3	
10-20	0	6,3 a	5,7a	4,6a	2,4b	22,5	21,8	12,1	4,1
	840	6,9a	6,6a	5,0a	4,6b	23,8	22,3	13,1	6,0
	1700	7,7a	7,4a	5,6a	5,6a	24,4	23,2	13,2	7,2
	3400	10,1a	7,7b	5,9a	5,8a	23,4	23,2	19,6	11,8
	Média	7,7a	6,9b	5,3a	4,6b	23,5a	22,6a	14,5a	7,2b
	Regressão	L**	Q*	L**	Q**	n.s		Q**	L**
	R ²	0,98	0,99	0,92	0,99	-		0,98	0,98
	Interação (S*G)	**		**		n.s		*	
	CV 1 (%)	6,4		9,6		10,3		7,0	
	CV 2 (%)	6,7		3,5		5,4		4,9	
20-40	0	7,0	5,7	3,2	2,0	21,1	19,7	29,4	6,2
	840	7,10	5,80	3,40	2,60	22,6	21,0	30,80	7,40
	1700	7,5	6,1	3,4	2,8	22,3	21,7	42,4	9,6
	3400	9,1	6,6	3,9	2,8	23,0	23,0	47	10,8
	Média	7,7a	6,0b	3,5a	2,5b	22,2a	21,3a	37,4a	8,5b
	Regressão	Q*	L**	L*	Q*	n.s		Q**	L**
	R ²	0,99	0,97	0,93	0,95	-		0,90	0,94
	Interação (S*G)	*		*		n.s		**	
	CV 1 (%)	7,0		12,8		10,4		6,2	
	CV 2 (%)	5,9		12,0		6,6		5,9	
40-60	0	7,0	5,6	2,3	1,1	20,9	19,8	40,8	12,9
	840	7,1	5,6	2,4	2,0	21,8	19,7	45,4	14,0
	1700	7,2	6,1	2,6	2,1	21,4	20,8	49,7	23,2
	3400	7,7	6,5	3,0	2,1	22,2	22,8	52,4	26,3
	Média	7,2 a	6,0b	2,6a	1,8b	21,6a	20,8a	47,1a	19,1b
	Regressão	L**	L**	L**	Q**	n.s		L**	L**
	R ²	0,96	0,95	0,97	0,91	-		0,92	0,88
	Interação (S*G)	*		**		n.s		*	
	CV 1 (%)	3,4		9,8		10,7		10,0	
	CV 2 (%)	5,5		7,8		7,1		9,4	

ns. * e ** não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra (horizontal) não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que o silicato provocou um pequeno aumento no teor de sulfato (SO_4^{-2}) no solo, em todo o perfil, sendo significativo a partir da camada de 0,05-0,10 m e mantendo esse aumento linearmente até a camada de 0,40-0,60 m (Tabela 10). Pelo fato do enxofre fazer parte da constituição do gesso, a contribuição nos índices de sulfato no solo foi expressiva nos tratamentos que se aplicou o gesso, sendo de forma quadrática da camada superficial até a camada de 0,20-0,40 m e linear na camada 0,40-0,60 m.

6.2.2 Produção de colmos

Verifica-se que o silicato aumentou a produção de colmos conforme se aumentava a dose de corretivo. Apesar do pequeno acréscimo na produtividade pela adição do gesso, este não foi estatisticamente diferente dos tratamentos onde se aplicou apenas o silicato. O melhor resultado foi obtido pela aplicação da maior dose de silicato associado ao gesso, sendo esta diferença em relação à dose zero de 23 t ha^{-1} . Anderson (1991) e Raid et al. (1992) também observaram aumento da produtividade da cana devido a aplicação de silicato de cálcio na forma de escoria, sendo que as maiores respostas foram obtidas no primeiro ano após aplicação, quando aumenta a absorção de Si pela planta.

Tabela 11. Produção de colmos (t ha^{-1}) de cana-de-açúcar em função da aplicação de silicato e gesso em soqueira de cana crua.

Silicato	Tonelada.ha ⁻¹	
	CG	SG
0	72,4a	63,0b
900	76,6a	73,8a
1800	83,0a	81,7a
3600	86,4a	85,6a
Média	79,6a	76,0b
Regressão	L**	Q**
R ²	0,93	0,99
Interação (S*G)	*	
CV 1 (%)	4,6	
CV 2 (%)	4,3	

* e **, significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.3. Experimento III

6.3.1 Características químicas do solo

Nas tabelas 12,13 e 14 estão contidos os resultados das características químicas do solo. Comparando-se os corretivos de acidez de solo nos valores de pH, observa-se que ambos foram semelhantes na correção da acidez do solo na camada superficial (0-0,05 e 0,05-0,10 m). Apesar de não haver diferença estatística entre os corretivos, ambos elevaram o pH do solo de conforme se aumentava a dose aplicada. Esse comportamento se estendeu até a camada de 0,05-0,10 m.

Na camada intermediária (0,10-0,20 m) verifica-se que o silicato foi mais eficiente na elevação do pH quando comparado com o calcário (Tabela 12).

Em subsuperfície (0,20-0,40 e 0,40-0,60 m), nota-se que houve um acréscimo linear nos valores de pH para ambos os tratamentos, porém, os mesmos não diferenciaram significativamente.

A ação dos corretivos na correção da acidez potencial (H+Al) em superfície (0-0,05 m) ocorreu de forma quadrática. A partir da camada de 0,05-0,10 m tanto o silicato quanto o calcário declinaram linearmente a acidez do solo com o aumento das doses aplicadas, não havendo diferença entre os mesmos. Resultados semelhantes foram obtidos com interação entre doses e corretivos em trabalhos usando wollastonita e silicato em condições de vaso. Os autores observaram diminuição de H+Al e aumento na concentração de bases (Ca e Mg) (ARANTES, 1997; FARIA, 2000; MELO, 2005). Outros trabalhos usando a escoria de siderurgia também obtiveram os mesmos resultados (PRADO, 2000; FORTES, 2006).

Tabela 12. Valores de pH, acidez trocável (H+Al), Al trocável (Al) e saturação por Al (m%) em função da aplicação de doses de calcário e silicato em soqueira de cana crua.

Profundidade	Tratamento	pH (CaCl ₂)		H+Al		Alu		m%	
		silicato	calcário	silicato	calcário	silicato	calcário	silicato	calcário
cm		mmol _c dm ⁻³				%			
0-5	0	4,8	4,9	30,9	30,7	1,5	1,5	5,3a	5,1a
	0,5	5,3	5,3	25,0	24,3	1,4	1,2	3,2a	3,0a
	1	5,9	5,4	19,5	23,9	1,20	1,20	1,7a	2,8b
	2	6,0	5,9	17,1	18,4	1,1	1,1	1,1a	2,2b
	Média	5,5a	5,4a	23,1a	24,3a	1,3a	1,2a	2,0a	3,3b
	Regressão	L**		Q*		L**	Q**	Q**	Q**
	R ²	0,94		0,99		0,88	0,80	0,99	0,94
	Interação (NC*C)	n.s		n.s		**		**	
	CV 1 (%)	3,9		22,0		7,0		3,5	
	CV 2 (%)	6,4		12,6		6,1		10,0	
5-10	0	4,8	4,9	29,3	29,8	1,6	1,6	6,6a	6,8a
	0,5	5,0	5,0	28,1	26,4	1,5	1,4	4,7a	5,1a
	1	5,4	5,1	22,9	25,3	1,3	1,3	2,6a	4,5b
	2	5,6	5,4	21,5	22,8	1,3	1,2	2,3a	3,2b
	Média	5,2a	5,1a	25,4a	26,1a	1,4a	1,4a	4,0a	4,9b
	Regressão	L**		L**		Q*		Q**	Q**
	R ²	0,98		0,94		0,99		0,98	0,98
	Interação (NC*C)	n.s		n.s		n.s		**	
	CV 1 (%)	4,3		16,0		6,7		3,8	
	CV 2 (%)	3,8		9,6		6,8		7,4	
10-20	0	4,9	4,9	27,0	27,3	1,3a	1,7b	5,3	7,3
	0,5	5,0	5,0	26,0	26,5	1,3a	1,4a	4,7	5,6
	1	5,3	5,0	24,1	26,0	1,2a	1,3a	3,7	5,1
	2	5,4	5,1	22,6	24,5	1,0a	1,3b	3,0	4,7
	Média	5,2a	5,0b	24,9a	26,1a	1,2a	1,4b	4,2a	5,7b
	Regressão	L**		L**		L**	Q**	L**	Q**
	R ²	0,96		0,99		0,94	0,97	0,96	0,98
	Interação (NC*C)	n.s		n.s		**		*	
	CV 1 (%)	2,2		13,7		7,2		8,2	
	CV 2 (%)	4,0		9,2		6,3		7,1	
20-40	0	4,7	4,6	30,3	30,3	2,9a	2,9a	14,1	16,6
	0,5	4,8	4,8	29,0	29,0	2,3a	2,6a	10,1	13,3
	1	4,9	4,8	27,3	28,6	1,9a	2,5b	7,4	12,0
	2	5,1	5,0	26,9	28,2	1,8a	2,3b	6,7	10,6
	Média	4,9a	4,8a	28,4a	29,0a	2,2a	2,6b	9,6a	13,1b
	Regressão	L**		L*		Q**	L**	Q**	Q*
	R ²	0,97		0,86		0,99	0,95	0,99	0,99
	Interação (NC*C)	n.s		n.s		*		*	
	CV 1 (%)	5,9		10,7		13,4		13,0	
	CV 2 (%)	5,2		8,7		10,5		11,8	
40-60	0	4,3	4,3	35,3	36,6	4,5	4,5	25,6	42,2
	0,5	4,4	4,4	33,5	31,9	3,7	4,0	19,7	33,6
	1	4,6	4,5	31,0	34,1	3,6	4,0	18,1	29,4
	2	4,7	4,5	30,2	31,2	3,5	3,7	15,2	24,1
	Média	4,5a	4,4a	32,5a	33,4a	3,8a	4,0a	19,7a	32,3b
	Regressão	L**		L**		Q**		Q*	Q**
	R ²	0,93		0,83		0,93		0,98	0,99
	Interação (NC*C)	n.s		n.s		n.s		**	
	CV 1 (%)	5,1		14,3		8,7		5,4	
	CV 2 (%)	3,5		10,0		7,0		8,0	

ns, * e **, não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra (horizontal) não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O silicato apresentou resposta linear na correção da acidez trocável (Al^{+3}) na camada superficial e na camada de 10-20. Todavia, nas camadas 0,05-0,10; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m o efeito positivo foi quadrático. Vê-se também que houve diferença entre os tratamentos na correção do Al tóxico na camada superficial (0-0,05 m) e nas camadas intermediárias (0,10-0,20 e 0,20-0,40 m). O calcário corrigiu a acidez trocável de forma quadrática nas profundidades de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,40-0,60 m e de forma linear na camada de 0,20-0,040 m.

A saturação por alumínio (M%) mostrou os efeitos dos corretivos no perfil do solo. O silicato mostrou melhor eficiência que o calcário em todo o perfil analisado.

Pelo motivo de fazer parte de suas constituições, o Ca teve seu teor elevado no solo para ambos os corretivos aplicados, porém, de forma diferenciada. O silicato por ser mais solúvel apresentou maiores valores no solo na camada superficial ajustando as respostas de forma quadrática enquanto que o calcário teve um ajuste linear na camada superficial (Tabela 13). Esse desempenho continuou também na camada subsequente (0,05-0,10 m). Novamente, nas camadas abaixo, o silicato continuou apresentando melhores teores de Ca que o calcário, sendo que o silicato ocasionou elevação linear até a última camada analisada. O calcário gerou um efeito quadrático na camada de 0,20-0,40 m e linear na camada 0,40-0,60m. Porém, observa-se que ambos os corretivos elevaram o teor de Ca no perfil, decorrente do aumento das doses utilizadas.

De modo geral, o silicato elevou o teor de Mg em todo perfil do solo de maneira quadrática. Com relação ao calcário, o aumento de Mg foi linear na camada de 0-0,05; 0,05-0,10 e 0,20-0,40 m e quadrático nas camadas de 0,10-0,20 e 0,40-0,60 m (Tabela 13).

Na primeira camada estudada verifica-se que o silicato foi superior ao calcário na elevação de Mg^{+2} no solo nas doses estudadas.

Prado & Fernandes (2001a) também obtiveram resultado positivo na aplicação da escória como corretivo, tanto na correção do solo quanto na elevação da concentração de Ca e Mg.

Verifica-se que, o teor de potássio apresentou resposta decrescente com o aumento das doses utilizadas. O calcário apresentou maiores teores de K nas camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m. Entretanto, na camada intermediária (0,10-0,20 e 0,20-0,470 m), o silicato apresentou maiores valores de K que o calcário. Já na camada de 0,20-0,40 m ambos os corretivos foram semelhantes, não havendo diferença significativa entre eles.

Tabela 13. Teores de cátions trocáveis e saturação por bases em função da aplicação de doses de calcário e silicato em soqueira de cana crua.

Profundidade	Tratamento	Ca ⁺²		Mg ⁺²		K ⁺		V%	
		silicato	calcário	silicato	calcário	silicato	calcário	silicato	calcário
cm		mmol _c dm ⁻³						%	
0-5	0	18,1a	18,1a	7,2b	9,6a	0,8	0,8	45,8a	48,2a
	0,5	26,7a	24,8a	15,9 a	12,5b	0,6	0,8	63,4a	61,2a
	1	39,0a	29,8b	31,9a	12,6b	0,5	0,7	78,7a	64,4b
	2	64,7a	36,6b	35,1a	13,2b	0,5	0,6	85,5a	73,3b
	Média	37,1a	27,3b	22,6a	11,9b	0,61b	0,68a	68,4a	61,8a
	Regressão	Q*	L**	Q**	L**	Q**	L**	Q**	Q**
	R ²	0,99	0,97	0,95	0,66	0,99	0,95	0,99	0,97
	Interação (NC*C)	**		**		*		**	
	CV 1 (%)	7,3		5,6		6,1		9,2	
	CV 2 (%)	6,8		8,8		6,7		4,5	
5-10	0	16,2a	16,2a	6,2 a	6,7 a	0,47b	0,74a	43,8a	44,3a
	0,5	20,3a	19,2 a	9,6a	8,3a	0,45b	0,69a	52,0a	51,7a
	1	29,4a	19,7b	18,3a	9,8b	0,38a	0,46a	67,9a	54,3b
	2	31,9a	26,7 b	20,5a	9,9b	0,32a	0,40a	71,0a	62,1b
	Média	24,4a	20,4b	13,6a	8,7b	0,40b	0,58a	58,6a	53,1b
	Regressão	Q**	L**	Q**	L**	L**	Q*	Q**	L**
	R ²	0,95	0,95	0,94	0,77	0,95	0,91	0,95	0,97
	Interação (NC*C)	**		**		**		**	
	CV 1 (%)	6,1		10,3		12,5		8,2	
	CV 2 (%)	7,3		12,8		12,3		5,3	
10-20	0	17,9a	17,2a	5,3a	5,3a	0,35	0,35	46,7a	45,6a
	0,5	19,0a	18,1a	7,1a	6,2b	0,28	0,24	50,4a	48,2a
	1	22,3a	18,8b	8,1a	6,8b	0,26	0,22	56,1a	49,9b
	2	24,1a	20,2b	9,4a	7,5b	0,22	0,22	60,0a	53,4b
	Média	20,8a	18,6b	7,5a	6,4b	0,28a	0,25b	53,3a	49,3b
	Regressão	L**	L**	Q**	Q*	Q**		L**	L**
	R ²	0,93	0,99	0,99	0,99	0,95		0,95	0,99
	Interação (NC*C)	**		**		n.s		*	
	CV 1 (%)	2,2		3,3		5,0		6,8	
	CV 2 (%)	5,3		4,1		9,3		5,5	
20-40	0	12,5a	12,2a	5,0a	5,0a	0,20	0,20	36,8	36,4
	0,5	14,7a	14,0a	5,5a	5,4a	0,16	0,15	41,5	40,5
	1	15,7a	15,3a	7,3a	5,6b	0,15	0,15	46,2	42,4
	2	17,6a	15,9b	7,5a	5,6b	0,14	0,13	48,8	43,4
	Média	15,1a	14,3a	6,3a	5,4b	0,16a	0,16a	43,3a	40,7a
	Regressão	L**	Q*	Q**	L*	Q*		Q*	
	R ²	0,95	0,99	0,91	0,67	0,97		0,99	
	Interação (NC*C)	n.s		**		n.s		n.s	
	CV 1 (%)	5,3		5,5		7,4		9,0	
	CV 2 (%)	7,0		6,6		9,3		6,6	
40-60	0	9,6	7,3	3,3a	3,3a	0,32a	0,13b	28,5a	22,7b
	0,5	10	8,2	4,7a	3,8b	0,15a	0,10b	29,6a	27,7a
	1	11,2	9,6	5,1a	4,0b	0,06b	0,08a	35,2a	28,8b
	2	13	11,2	6,3a	4,1b	0,06b	0,09a	39,2a	33,3b
	Média	11,0a	9,1b	4,8a	3,8b	0,15a	0,10b	31,1a	28,1b
	Regressão	L**	L**	Q**	Q*	Q**	Q**	L**	L**
	R ²	0,98	0,99	0,97	0,98	0,99	0,98	0,94	0,94
	Interação (NC*C)	*		**		**		*	
	CV 1 (%)	3,1		7,4		8,4		13,1	
	CV 2 (%)	7,7		6,7		9,5		7,9	

n.s, * e **, não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Médias de mesma letra (horizontal) não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O efeito quadrático da aplicação de silicato na saturação por bases (V%) nas camadas superficiais (0-0,05 e 0,05-0,10 m) denota maior eficiência quando comparado com o calcário. Essa diferença foi significativamente nas doses da necessidade de correção e o dobro da necessidade. Na camada intermediária (0,10-0,20 m) tanto o calcário quanto o silicato mostraram resposta linear na saturação por bases, sendo que na dose 0,5 NC ambos foram similares. Em subsolo (0,20-0,40 m), o efeito da correção foi igual para os produtos acontecendo de forma quadrática. Na camada de 0,40-0,60 m o silicato mostrou melhor eficiência nas doses NC e 2NC sendo que ambos apresentaram efeito linear (Tabela 13).

Prado & Fernandes (2001a) estudaram os efeitos da escória e o calcário no sistema solo-planta. Pelos resultados, houve a similaridade da escória de siderurgia em relação ao calcário, incorporados na camada de 0-0,2 m em pré-plantio da cana-de-açúcar, na correção da acidez do solo e na elevação da saturação por bases do solo, nas camadas de 0-0,20 m e 0,2-0,40 m de profundidade. Como era de se esperar, o silicato elevou os teores de Si no solo de forma linear na camada superficial de acordo com o aumento da dose empregada. Apesar da diferença significativa, o calcário também propiciou elevação do Si no solo, porém, de maneira quadrática até a profundidade de 0,10-0,20 m e linear nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m (Tabela 14). Embora se tenha resposta positiva na camada de 0,10-0,20 m, os dados mostram semelhança entre os tratamentos. A análise de solo não mostrou diferença para o teor de Si na camada de 0,40-0,60 m para os corretivos estudados.

A aplicação dos corretivos influenciou o teor de fósforo no solo de forma quadrática para o silicato e de forma linear para o calcário na camada de 0-0,05 m. Nas camadas inferiores, o silicato proporcionou efeito quadrático até a camada de 0,40-0,60 m. A aplicação de calcário mostrou efeito quadrático para o fósforo até a camada de 0,10-0,20m e linear nas camadas subsequentes. A partir da camada de 0,10-0,20 m, o silicato promoveu melhor disponibilidade de P, sendo estatisticamente melhor que o calcário. Prado & Fernandes (2001b) observaram que além dos efeitos positivos na neutralização do solo, houve aumento na disponibilidade de P, com a aplicação da escória de siderurgia, fato esse que não ocorreu com uso do calcário. A aplicação dos corretivos não alterou o teor de matéria orgânica em todo o perfil do solo analisado. Tanto o calcário como o silicato elevaram o teor de sulfato no solo nos primeiros 0,20 m de solo de forma linear de maneira que o silicato foi mais eficiente. Na camada de 0,20-0,40 m o efeito do silicato foi quadrático e linear para o calcário. Ambos os corretivos aumentaram o teor de sulfato na camada de 0,40-0,60 m de forma linear, não diferindo estatisticamente.

Tabela 14. Teores de Si (ppm), P (mg dm⁻³), M.O (g kg⁻¹) e SO₄⁻² (mg dm⁻³) em função da aplicação de doses de calcário e silicato em soqueira de cana crua.

Profundidade	Tratamento	Si		P		M.O		S-SO ₄ ⁻²	
		silicato	calcário	silicato	calcário	silicato	calcário	silicato	calcário
cm		ppm		mg dm ⁻³		g dm ⁻³		mg dm ⁻³	
0-5	0	6,2a	6,2a	3,6a	3,6a	23,4	23,4	5,9 b	5,7b
	0,5	9,3a	7,1b	7,3a	6,8a	27,3	26,5	6,1b	5,9b
	1	9,9a	9,3a	9,4a	9,3a	28,2	27,1	6,5b	7,2b
	2	11,7a	9,9b	11,7b	14,1a	27,5	26,8	6,7b	9,4a
	Média	9,2a	8,1b	8,0a	8,4a	26,6a	25,9a	6,3 b	7,0a
	Regressão	L**	Q*	Q**	L**	n.s		L*	L**
	R ²	0,97	0,94	0,99	0,99	-		0,95	0,96
	Interação (NC*C)	**		**		n.s		**	
	CV 1 (%)	1,2		10,2		13,9		8,3	
	CV 2 (%)	6,3		6,7		12,0		8,9	
5-10	0	5,9a	5,5a	2,4	2,4	23,4	23,4	4,7a	4,5a
	0,5	7,6a	7,2a	5,4	5,0	23,9	23,5	6,0a	4,7b
	1	10,6a	7,8b	6,2	5,6	25,3	25,0	6,1a	5,2b
	2	13,2a	12,9a	7,0	6,4	25,5	25,4	7,4 a	5,4b
	Média	9,3a	8,3b	5,2a	4,8a	24,5a	24,3a	6,0a	5,0b
	Regressão	Q**	Q*	Q**		n.s		L**	L**
	R ²	0,98	0,98	0,97		0,85		0,91	0,85
	Interação (NC*C)	**		n.s		n.s		**	
	CV 1 (%)	5,9		8,1		12,2		13,7	
	CV 2 (%)	6,0		7,1		6,6		7,9	
10-20	0	5,7	5,7	2,4a	2,4a	21,8	21,8	4,1a	4,1a
	0,5	7,6	6,6	4,7a	3,1b	22,3	22,7	6,0a	4,2b
	1	8,2	7,4	5,6a	4,6b	23,2	23,1	7,2a	5,3b
	2	10,2	7,8	5,8a	5,1b	23,2	23,4	11,8a	6,4b
	Média	7,9a	6,9a	4,6a	3,8b	22,6a	22,8a	7,2a	5,0b
	Regressão	Q**		Q**	Q**	n.s		L**	L**
	R ²	0,99		0,99	0,95	-		0,98	0,94
	Interação (NC*C)	n.s		**		n.s		**	
	CV 1 (%)	5,9		4,4		16,5		7,0	
	CV 2 (%)	6,5		6,3		8,5		9,3	
20-40	0	5,7a	5,7a	2,0	1,3	19,7	19,7	6,2a	6,2a
	0,5	6,1a	5,8a	2,60	1,90	21,0	21,7	7,4a	6,5a
	1	6,6a	6,1b	2,8	2,0	21,7	22,8	9,6a	7,5b
	2	7,0a	6,6a	2,8	2,3	23,0	21,8	10,8a	8,6b
	Média	6,3a	6,0b	2,5a	1,9b	21,3a	21,5a	8,5a	7,2b
	Regressão	L**	L**	Q*	L**	L*		Q*	L**
	R ²	0,95	0,98	0,96	0,84	0,73		0,97	0,97
	Interação (NC*C)	n.s		*		n.s		**	
	CV 1 (%)	2,2		12,0		17,6		8,6	
	CV 2 (%)	6,0		13,4		11,4		8,2	
40-60	0	5,6	5,6	1,1a	1,1a	19,8	19,8	12,9	17,0
	0,5	5,6	5,7	2,0a	1,3b	19,7	21,0	14,0	17,3
	1	6,1	6,1	2,1a	1,7b	20,8	19,8	23,2	15,3
	2	6,5	6,5	2,1a	1,9b	22,8	20,6	26,3	19,4
	Média	5,9a	5,9a	1,8a	1,5b	20,7a	20,3a	19,1a	17,2a
	Regressão	L*		Q**	L**	n.s		L*	
	R ²	0,95		0,92	0,93	-		0,96	
	Interação (NC*C)	n.s		**		n.s		n.s	
	CV 1 (%)	18,0		2,1		11,6		66,4	
	CV 2 (%)	12,0		7,9		9,0		34,4	

n.s, * e **, não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra (horizontal) não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.3.2 Produção de colmos

A aplicação de silicato foi mais eficiente que o calcário na produtividade de colmos por hectare apenas na maior dose estudada. Apesar da não diferença entre os corretivos, observa-se que o silicato proporcionou melhor produção de colmos que o calcário nas doses estudadas. Este acréscimo proporcionado pelo silicato pode ser devido a presença do Si em sua composição.

Estudando a produção de colmos (média de dois cortes), Prado & Fernandes (2001a) obtiveram resposta quadrática e linear, em função da aplicação do calcário e da escória de siderurgia respectivamente.

Tabela 15. Produção de colmos (t ha⁻¹) de cana-de-açúcar em função da aplicação de calcário e silicato em soqueira de cana crua.

Necessidade	Tonelada.ha ⁻¹	
	Calcário	Silicato
0	60,4 a	63,0 a
0,5	69,3 a	70,8 a
1	77,5 a	78,7 a
2	77,7 b	82,6 a
Média	71,2 b	73,0 a
Regressão	Q**	Q**
R ²	0,99	0,99
Interação (NC*C)	*	
CV 1 (%)	2,8	
CV 2 (%)	2,8	

* e **, significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.4. Experimento IV

6.4.1 Características químicas do solo

Nas tabelas 16 e 17 estão contidos os resultados das características químicas do solo. Observa-se que o gesso isoladamente não afetou o pH do solo na superfície (0-0,05 m). Tanto o calcário quanto o silicato diferiram da dose zero, sendo que estes foram semelhantes aos tratamentos onde houve acréscimo de gesso. Esse padrão de comportamento se estendeu até a camada seguinte (0,05-0,10 m). Na camada intermediária (0,10-0,20 m) observa-se que o silicato+gesso foi o tratamento que apresentou o maior valor de pH, seguido do calcário+gesso e o silicato. Em profundidade (0,20-0,40 e 0,40-0,60 m), nota-se que apesar de ocorrido uma alteração nos valores de pH entre os tratamentos, não apresentaram diferenças significativas.

Com referência a acidez potencial ($H+Al$), apesar dos tratamentos com a presença do gesso apresentar menores valores de acidez, não houve diferença entre eles. O gesso isoladamente não apresentou efeito corretivo na camada inicial do solo. Nota-se que o calcário e o silicato na presença do gesso foram mais eficientes na correção da acidez quando comparado com o corretivo isoladamente na camada de 0,05-0,10 m. No subsolo (0,40-0,60 m) não houve alteração na correção da acidez para todos os tratamentos (Tabela 16). Tanto na presença quanto na ausência de gesso, o calcário e o silicato anularam o efeito do Al na camada de 0-0,05 m. O gesso contribuiu para a neutralização do Al na camada de 0-0,05 m. Observa-se que na profundidade de 0,20 m o gesso aplicado isoladamente foi efetivo na neutralização do Al tóxico, sendo mais eficiente que o calcário e o silicato, confirmando o efeito do gesso em profundidade. Nas camadas subsuperficiais vê-se que os melhores tratamentos para a diminuição do Al foram os que haviam gesso em associação com o corretivo.

Os valores de M% refletem os dados obtidos de Al^{+3} . Nas camadas superficiais, confirma-se o efeito do gesso na neutralização do Al tóxico já comentado anteriormente. Verifica-se que a partir da camada de 0,10-0,20 m a presença do gesso chega a contribuir de maneira mais eficiente que o calcário na neutralização de Al.

Tabela 16. Valores de pH, acidez potencial (H+Al), Al trocável (Al), saturação por Al (m%), teores de Si e P em função da aplicação de calcário e silicato com e sem gesso em soqueira de cana crua.

Profundidade		pH (CaCl ₂)	H+Al	Al	m%	Si	P
(cm)			mmol _c dm ⁻³		%	ppm	mg dm ⁻³
0-5	Testemunha	4,9 a	30,8 b	1,5 c	5,2 d	6,2 a	3,6 a
	Gesso	4,9 a	21,8 b	1,1 b	3,7 c	11,7 c	6,4 b
	Silicato	5,9 b	18,4 a	1,1 b	2,2 b	11,7 c	14,1 d
	Calcário	6,0 b	15,1 a	1,2 b	1,1 a	9,9 b	11,7 c
	Calcário + Gesso	6,0 b	15,7 a	1,0 ab	1,0 a	15,6 d	12,7 cd
	Silicato + Gesso	6,1 b	17,7 a	0,8 a	1,5 ab	15,6 d	16,2 e
	Média	5,6	21,6	1,1	2,5	11,8	10,8
	Tratamento	**	**	**	**	**	**
	CV (%)	6,3	8,9	10,5	14,8	3,7	9,5
5-10	Testemunha	4,9 a	29,5 c	1,6 d	6,7 d	5,7 a	2,4 a
	Gesso	4,9 a	28,4 bc	1,15 bc	4,6 c	5,7 a	4,5 b
	Silicato	5,4 b	22,8 abc	1,2 c	3,2 b	13,2 b	6,4 c
	Calcário	5,6 b	21,5 ab	1,3 c	2,3 a	12,9 b	7,0 c
	Calcário + Gesso	5,7 b	20,6 a	0,95 ab	1,9 a	13,2 b	9,1 d
	Silicato + Gesso	5,6 b	17,3 a	0,93 a	2,1 a	12,9 b	7,0 c
	Média	5,4	23,3	1,2	3,5	10,6	6,1
	Tratamento	**	**	**	**	**	**
	CV (%)	4,1	15,4	8,9	8,4	6,7	6,8
10-20	Testemunha	4,9 a	27,1 b	1,49 a	6,30 e	5,7 a	2,4 a
	Gesso	4,9 a	26,7 b	0,98 cd	3,9 c	6,3 a	3,8 b
	Silicato	5,2 ab	24,5 ab	1,3 b	4,66 d	7,8 b	5,1 c
	Calcário	5,4 bc	22,6 a	1,02 c	2,95 b	7,8 b	5,8 d
	Calcário + Gesso	5,5 c	22,1 a	0,80 d	1,78 a	10,1 c	5,9 d
	Silicato + Gesso	5,4 bc	23,2 a	0,80 d	2,80 b	10,1 c	6,3 e
	Média	5,2	24,3	1,06	3,7	7,9	4,9
	Tratamento	**	**	**	**	**	**
	CV (%)	3,2	6,7	8,2	8,0	4,3	3,2
20-40	Testemunha	4,6 a	30,3 b	2,9 d	15,3 d	5,7 a	1,6 a
	Gesso	4,7 a	29,6 b	1,9 bc	9,3 c	7,0 b	3,2 cd
	Silicato	4,9 a	28,2 ab	2,3 c	10,6 c	7,0 b	2,3 b
	Calcário	5,1 a	26,9 ab	1,8 b	6,6 b	6,6 b	2,8 bc
	Calcário + Gesso	5,1 a	25,0	1,2 a	3,7 a	9,1 c	3,9 e
	Silicato + Gesso	5,0 a	26,7 ab	1,4 a	5,9 ab	9,1 c	3,4 de
	Média	4,9	27,8	1,9	8,5	7,4	2,9
	Tratamento	n.s	*	**	**	**	**
	CV (%)	6,0	7,7	10,8	13,1	5,0	9,6
40-60	Testemunha	4,3 a	35,9 a	4,5 c	33,8 e	5,6 a	1,1 a
	Gesso	4,4 a	33,7 a	3,4 b	18,9 c	6,9 bc	2,3 b
	Silicato	4,5 a	31,1 a	3,7 b	24,1 d	6,5 b	1,9 b
	Calcário	4,7 a	30,2 a	3,5 b	15,2 b	6,5 b	2,1 b
	Calcário + Gesso	4,7 a	29,3 a	2,4 a	9,4 a	7,7 c	3,0 c
	Silicato + Gesso	4,7 a	30,8 a	2,5 a	13,9 b	7,7 c	3,7 d
	Média	4,5	31,8	3,3	19,2	6,8	2,3
	Tratamento	*	n.s	**	**	**	**
	CV (%)	4,6	10,7	7,9	8,4	6,3	9,2

n.s, * e **, não significativo e significativo a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Nas camadas do subsolo, a saturação por Al mostra o melhor efeito do silicato+gesso quando comparado com calcário+gesso.

Quanto ao teor de Si, verifica-se que os tratamentos silicato e silicato+gesso apresentaram maiores valores do elemento (Tabela 16). Nos tratamentos onde houve a aplicação de calcário também elevou os teores de Si quando comparado com a testemunha. Houve alternância entre o silicato+gesso e calcário+gesso no aumento do teor de P no perfil do solo a partir da camada de 0,10-0,20 m. esse resultado mostra que a maior disponibilidade do P foi devido a elevação de pH promovido pela associação entre o corretivo e o gesso. A calagem com e sem gesso apresentaram o maior efeito na disponibilidade de P na camada de 0-0,05 m.

Vê-se que houve incremento no teor de Ca trocável no solo pela aplicação dos corretivos com ou sem a presença do gesso, pois ambos são fontes de cálcio. A aplicação combinada de silicato+gesso promoveu maior elevação nos teores de Ca trocável na camada de 0-0,05 m. Nas camadas de 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, os tratamentos silicato+gesso e calcário+gesso foram semelhantes, sendo que o silicato combinado com o gesso foi superior na ultima camada analisada. O silicato foi semelhante ao calcário+gesso na elevação do teor de Ca nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Na primeira camada (0-0,05 m) verificou-se um melhor efeito da silicatagem, na presença e na ausência de gesso nos teores de Mg trocável no solo. A calagem também proporcionou aumento de Mg^{+2} quando comparado com a testemunha até a camada de 0,10-0,20 m. A partir da profundidade de 0,10-0,20 m, notou-se que o silicato+gesso foi o tratamento que apresentou os melhores resultados (Tabela 17). Os maiores valores de K^+ trocável são observados nos tratamentos onde não houve aplicação de corretivos e gesso. Note-se que, onde houve o uso do gesso, houve um decréscimo no teor de K^+ trocável em todo o perfil do solo.

Verifica-se que ambos os corretivos, com ou sem a presença do gesso, elevaram a saturação por bases (V%) na camada superficial, e que o silicato, com ou sem gesso, mostrou melhor eficiência. De forma geral, os resultados apresentados da saturação por bases é um reflexo dos resultados dos cátions básicos já discutidos anteriormente. Em profundidade (0,20-0,40 m), nota-se uma maior elevação de V% pelo uso do silicato+gesso, seguido pelo calcário+gesso e silicato. Esse mesmo resultado se repete na ultima camada analisada, mostrando um melhor efeito do silicato+gesso.

Pelo fato de fazer parte do gesso, era esperado obter os melhores resultados de Sulfato (SO_4^{-2}) nos tratamentos que receberam gesso.

Tabela 17. Valores de cátions trocáveis, saturação por base (V%), M.O e S-SO₄⁻² em função da aplicação de calcário e silicato com e sem gesso em soqueira de cana crua.

Profundidade		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	V%	M.O	S-SO ₄ ⁻²
		mmol _c dm ⁻³			%	g kg ⁻¹	gm dm ⁻³
0-5	Testemunha	18,1 a	8,4 a	0,78 d	47,0 a	23,4 a	5,8 a
	Gesso	21,0 a	5,9 a	0,53 c	47,9 a	26,3 ab	8,3 bc
	Silicato	36,6 b	13,2 b	0,55 c	73,3 b	27,0 ab	9,4 c
	Calcário	64,7 d	35,1 c	0,51 c	85,5 c	28,2 b	6,7 ab
	Calcário + Gesso	64,9 d	34,2 c	0,40 b	86,3 c	26,6 ab	14,9 d
	Silicato + Gesso	44,5 c	8,8 a	0,26 a	75,3 b	27,9 b	15,0 d
	Média	41,6	17,6	0,5	69,2	26,6	10,0
	Tratamento	**	**	**	**	n.s	**
	CV (%)	6,7	11,2	7,4	3,9	11,0	10,5
5-10	Testemunha	16,2 a	6,4 ab	0,61 d	44,0 a	23,4 a	4,6 a
	Gesso	18,9 a	5,4 a	0,34 b	46,5 a	24,4 a	7,8 b
	Silicato	26,7 b	9,9 c	0,41 c	62,1 b	25,0 a	5,4 a
	Calcário	31,9 bc	20,5 e	0,32 b	70,9 bc	25,3 a	7,4 b
	Calcário + Gesso	34,8 c	14,6 d	0,16 a	70,7 bc	26,0 a	15,1 c
	Silicato + Gesso	35,9 c	7,5 b	0,28 b	72,2 c	25,2 a	38,3 d
	Média	27,4	10,7	0,35	61,1	24,9	13,1
	Tratamento	**	**	**	**	n.s	**
	CV (%)	11,7	8,4	9,4	7,5	8,5	4,7
10-20	Testemunha	17,5 a	5,3 a	0,35 d	46,1 a	21,8 a	4,1 a
	Gesso	18,3 a	6,0 a	0,21 c	48,0 a	22,5 a	11,0 b
	Silicato	20,2 b	7,5 b	0,22 c	53,4 b	23,1 a	6,4 a
	Calcário	24,1 c	9,4 c	0,22 c	60,0 d	23,2 a	11,7 b
	Calcário + Gesso	31,0 d	13,3 d	0,08 a	66,9 e	24,4 a	19,6 c
	Silicato + Gesso	20,8 b	7,7 b	0,12 b	55,3 b	22,6 a	40,7 d
	Média	22,0	8,2	0,20	55,0	22,9	15,6
	Tratamento	**	**	**	**	n.s	**
	CV (%)	4,0	4,6	7,4	3,9	9,0	9,7
20-40	Testemunha	12,4 a	4,9 a	0,19 c	36,6 a	19,7 a	6,2 a
	Gesso	14,2 ab	5,7 a	0,12 b	40,5 ab	21,1 ab	28,4 c
	Silicato	15,9 bc	5,6 a	0,13 b	43,4 bc	22,9 b	8,6 ab
	Calcário	17,6 c	7,5 b	0,14 b	48,7 c	21,7 ab	10,8 b
	Calcário + Gesso	20,3 d	10,7 c	0,06 a	55,3 d	22,3 ab	46,9 d
	Silicato + Gesso	16,0 bc	7,0 b	0,08 a	46,4 c	23,1 b	46,6 d
	Média	16,1	6,9	0,12	45,1	21,8	24,6
	Tratamento	**	**	**	**	n.s	**
	CV (%)	6,8	6,2	9,9	5,9	10,8	8,8
40-60	Testemunha	8,4 a	3,2 a	0,23 d	28,5 a	19,8 a	14,9
	Gesso	11,6 bc	4,2 b	0,64 e	32,3 ab	21,1 a	51,7 b
	Silicato	11,2 b	4,1 b	0,09 b	36,5 abc	19,8 a	19,4 ab
	Calcário	13,0 c	6,3 d	0,06 a	39,2 bc	20,8 a	26,3 ab
	Calcário + Gesso	15,2 d	8,0 e	0,09 b	43,2 c	20,8 a	52,4 b
	Silicato + Gesso	13,0 c	4,9 c	0,13 c	36,5 abc	22,0 a	47,2 ab
	Média	12,0	5,11	0,21	36,0	20,7	35,3
	Tratamento	**	**	**	**	n.s	*
	CV (%)	6,1	5,0	6,0	12,5	9,8	46,6

n.s, * e **, não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

6.4.2 Produção de colmos

Observa-se que o tratamento silicato+gesso proporcionou maior aumento na produção de colmos, não sendo estatisticamente diferente do calcário+gesso e este foi semelhante ao tratamento calcário e silicato aplicados isoladamente. O melhor efeito do silicato pode ser devido a presença do Si. Anderson (1991) e Raid et al. (1992) também observaram aumento da produtividade da cana pela aplicação de silicato. O aumento na produção é devido ao fornecimento de Ca e Mg fornecidos pelos corretivos. O gesso contribuiu de forma significativa quando comparado com testemunha.

Tabela 18. Produção de colmos ($t\ ha^{-1}$) de cana-de-açúcar em função da aplicação de calcário e silicato na presença ou não de gesso em superfície em soqueira de cana

Tratamento	Tonelada ha^{-1}
Testemunha	66,0 c
Gesso	76,0 b
Silicato	80,0 ab
Calcário	79,0 ab
Calcário + Gesso	81,0 ab
Silicato + Gesso	87,0 a
Média	78,1
Tratamento	**
CV (%)	5,5

7 CONCLUSÕES

A ação do silicato foi semelhante ao calcário na neutralização da acidez e melhoria das características químicas do solo quando aplicados em superfície em soqueira de cana crua;

A aplicação do gesso contribuiu nos atributos químicos do solo, principalmente em subsuperfície.

O silicato de cálcio foi mais eficiente na produção de colmos por hectare quando comparado com o calcário.

A aplicação de corretivos em superfície de cana crua melhorou as características químicas do solo com reflexos na produtividade de colmos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

ABRAMO FILHO, J.; MATSUOKA, S.; SPERANDIO, M.L.; RODRIGUES, C.D.; MARCHETTI, L.L. Resíduos da colheita mecanizada de cana crua. **Álcool & Açúcar**, n. 67, p. 23-25, 1993.

ADAMS, F. & RAWAYFIH, Z. Basalumite and alumite: A possible cause of sulfate retention by acid soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 41:686-692, 1977.

ALBRECHT, A.; RANGON, L.; BARRET, P.; Effet de la matière organique sur la stabilité structurale et la détachabilité d'un Vertisol et d'un Ferrisol (Martinique). **Cahiers Orstom, Série Pédologie**, v. 27, p. 121-133, 1992.

ALCARDE, J.C. Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo. In. RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C.; SILVA, N.M. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, Soc. Bras. Ci. Solo, 1983. P. 11-22.

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características de quantidade, In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Fundação Cargill, Piracicaba, 1985, p. 97-119.

¹ Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT – NBR-6023 – Informação e Documentação – Referências - Elaboração atualizada. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA. 1992. (Boletim Técnico, 6).

ALCARDE, J.C. A calagem e a eficiência dos fertilizantes. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, (26):3-6, 1984.

ALMEIDA, R. S. **Identificação e caracterização de genes de transportadores de fosfato em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)** 2002. 90f. Tese (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de plantas) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ALVAREZ, R.; SEGALLA, A.L.; WUTE, A.C.P. & FREIRE, E.S. Adubação da cana-de-açúcar. VIII. Adubação mineral em solo massapé-salmourão. **Bragantia**, Campinas, 22: 657-675, 1963.

ALY, M.Y. **Effect of phosphorus, silicon and zinc applications on the yield and mineral compositions of sugarcane**. Honolulu, 1966. 133p. Dissertação (M.S.) - University of Hawaii.

AMARAL, A.S.; ANGHIONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduo de plantas de cobertura e do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, 28:115-123, 2004.

AMARAL, A.S.; ANGHIONI, I.; HINRICHIS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.359-367, 2004b.

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 alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 29:1351-1358, 1994.

ANDERSON, D.L.; JONES, D.B. e SNYDER, G.H. Response of a rice sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades Histosols. **Agronomy Journal**, 79:513-535, 1987.

ANDERSON, D.L. Soil and leaf nutrient interactions following application of calcium silicate slag to sugarcane. **Fertilizer Research**, v.30, n.1, p. 9-18, 1991.

ARANTES, V.A. **Aplicação de silício para arroz de sequeiro em material de quatro solos fase cerrado**. 1997. Monografia (trabalho de Graduação em Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia, 1997.

ARAUJO, P.F.C. & YAMAGUISHI, C.T. Viabilidade econômica do uso agrícola do fosfogesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, Brasília, 1985. *Anais...*, Brasília, EMBRAPA, 1986. P. 209-215.

ARMBRUSTER, D.G. Benefícios do uso de enxofre na cultura de cana-de-açúcar. **Álcool & açúcar**, Piracicaba, n.27, p. 54-55, mar./abr., 1986.

ASGHAR, M. & KANEHIRO, Y. Effects of sugarcane trash and pine apple residue on soil pH, redox potencial, extractable Al, Fe and Mn. Trop. **Agric. Trindad**, v.57, n° 3, p. 245-258, 1980.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes - 1999**. São Paulo: ANDA, 1987-2000.156p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS. **Acidez do solo e calagem**. São Paulo, 1988. 16 p. (Boletim Técnico, 1)

AYRES, A.J. The utility of soil analysis in determining the need for applying calcium to sugar cane. In: ISSCT Congress, Mauritius 11:162-196. 1962.

AYRES, A.S. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low-silicon soils. **Soil Science**, v.101, n.3, p.216-227, 1966.

AZEVEDO, D.F.; RORAIMA, A.A.; MANHAES, M.S.; VIEIRA, J.F. Adubação da cana-de-açúcar nos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais (Zona da Mata e Região Norte). Boletim Técnico Planalsucar, Piracicaba, v.3, n.10, p.15, 1981.

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.

BAIR, R.A. Leaf Silicon in Sugarcane, Field Corn and St. Augustine grass grow on some Florida Soil. Soil and Crop Sci. **Soc. Florida Proc.**, 26:63-70, 1966.

BALL-COELHO, B.; TIESSEN, H.; STEWART, S.W.B.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. **Agronomy Journal**, v.85, p. 1004-1008, 1993.

BARBIERI, V; BACCHI, O.O.S., VILLA NOVA, N.A. **Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar** (*Saccharum* spp). In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1979, Mossoró-RN.

BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; FAGERIA, N.K.; DATNOFF, L.E.; SILVA, O.F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 325-30, 2001.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz. *Informações Agronômicas*, n. 89, p. 1-8, 2000 (Encarte técnico).

BELLANGER, R.R.; BOWEN, P.A.; EHRET, D.L.; MENZIES, J.G. Soluble silicon, its role in the crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**, Quebec, v. 47, n.4, p. 329-336, 1995.

BENEDINI, M.S. Novo conceito no uso de calcário em cana de açúcar. *Cadernos Coopersucar, Série Agronômica*, 16. Centro de Tecnologia Coopersucar, 1988.

BENEDINI, M.S.; KORNDÖRFER, G.H. Avaliação de critérios para recomendação de calcário em cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Alcool e Subprodutos**. Piracicaba, v.__, n.__, pg. 21-25, 1992.

BITENCOURT, M.F.; NOKAGHI, R.M.; KORNDORFER, G.H.; VOSS, L.R.; JARUSSI, J.R.; CAMARGO, M.S.; PEREIRA, H.S. Efeito do silicato de cálcio sobre a produção e qualidade da cana-de-açúcar – Usina Equipav, Cd Rom **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, p.66, 2003.

BLACK, C.A. Soil fertility evaluation and control. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers, 1993. 746 p.

BLACKBURN, F. **Sugarcane**. New York, Long man, 1984. 414 p.

BLAIR, N. Impact of cultivation and sugarcane green trash management on carbon fraction and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. **Soil & Tillage Research**, v. 55, p. 183-191, 2000.

BLAIR, G.J.; CHAPMAN, L.; WHITBREAD, A.M.; BALL-COELHO, B.; LARSEN, P.; TIESSEN, H. Soil carbon changes resulting from sugarcane trash management at two locations in Queensland, Australia and in North-east Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 36, p. 873-882, 1998.

BOHNEN, H. Acidez do solo: origem e evolução. In: KAMINSKI, J. (Coord.) **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Tegalional Suyl da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p 9-19 (Boletim, 4).

BRASIL Decreto nº 2954. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização e do comercio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e da outras providências. Normas jurídicas (texto integral)_DEC004954, 14 de janeiro, 2004, 27p.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; GARBUIU, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo** , Viçosa , v. 27, n. 2, 2003 .

CAIRES, E.F.; CHUERI, W.A; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 22, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A & MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 23, p. 315-27, 1999.

CAIRES, E.F.; BANZATO, D.A. & FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.24, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. & PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira Ciência Solo**, 28:125-136, 2004.

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; CORRÊA, G. F. Características físicas e disponibilidade de silício em solo sob vegetação de cerrado. In: FERTBIO 2002. Rio de Janeiro, 2002. **Anais...** Rio de Janeiro: CPGA-CS/UFRJ, 2002. 1 CD-ROM.

CARDOSO, K. Aplicação de silicato de cálcio na recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 2003. 48p. (monografia).

CARDOSO, K. **Aplicação de silicato de cálcio na recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens***. Uberlândia, 2003. 49p. Monografia (Graduação)- Universidade Federal de Uberlândia.

CARTER, O.R., COLLIER, B.L., DAVIS, F.L. Blast Furnace slags as agricultural liming material. **Agronomy Journal**, 43:430-33, 1951.

CARVALHO, L.C.C. Cenário sucroalcooleiro. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.17, p.12-13, 1999.

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com aplicação de escoria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.1213-1218, 2004.

CARVALHO, R. **Interações silício-fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro e Cambissolo cultivados com mudas de eucalipto**. Lavras, 1999. 89p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras.

CARVALHO, M.C.S. & RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, 192:37-48, 1997.

CASAGRANDE, J.C.; ZAMBELLO, E.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação de silício em cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. **Brasil Açucareiro**, v.1, p. 54-60, 1981.

CATANI, R.A.; ARRUDA, H.C.; PELEGRINO, D. & BERGAMIN FILHO, H. A absorção de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e silício pela cana-de-açúcar, Co 419, e o seu crescimento em função da idade. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 16: 167-190, 1959.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A. & IGUE, K. Resposta do cafeeiro à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 19:573-582, 1984.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. & ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolos Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:317-326, 2004.

COELHO, P.E. Da escoria ao vidro. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v.49, p. 36-45, dez., 1998.

COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO LTDA. Sexta geração de variedades de cana-de-açúcar Copersucar. **Bol. Téc. COPERSUCAR**- Edição Especial. Piracicaba, SP. 1995.

COPERSUCAR. **Amostragem e análise de cana-de-açúcar**. Piracicaba, CTC, Divisão Agronômica, 1980.

CORREA, J.C. **Aplicação de escória, Lama Cal e Lodo de Esgoto na superfície do solo sob sistema de plantio direto**. Botucatu, 2005, 167p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) FCA/UNESP.

CORREA, J. C.; BÜLL, L.T; CRUSCIOL, C.A.C.; MARCELINO, R.; MAUAD, M. Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, 2007 .

COSTA, A. **Doses e métodos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja/trigo em sistema de plantio direto**. Botucatu, 2000, 146 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) FCA/UNESP.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, 2007.

CUNHA, C.A.H.; MACHADO, R.E.; COELHO, R.D. Irrigação da cana-de-açúcar : **Análise Econômica**. STAB, v.19, nº 4, 2001.

DALTO, G. **Manejo de silicato e calcário em soja cultivada sobre palhada de cana-de-açúcar**. Uberlândia, 1997. 60 p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia.

DATNOFF, L.E.; SYNDER, G.H.& KORNDORFER, G.H. **Silicon in Agriculture**, Amsterdam: Elsevier Science, v.8, p. 424, 2001.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: __. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. cap III, p.127.

DELGADO, A.A. Os efeitos da queimada dos canaviais. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.3, n.6, p. 42-45, 1985.

DEMATTÊ, J.L.I. Solos arenosos de baixa fertilidade; estratégia de manejo. In: SEMINÁRIO AGROINDUSTRIAL “LUIZ DE QUEIROZ”- **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, 5., Piracicaba, 1986.

DIAS, F.L.F. **Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na região Noroeste do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1997. 64p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ELAWAD, S.H. & GREEN Jr., V.E. Silicon and the Rice plant environment: a review of recent research. **Revista IL RISO**, Milano, 28:235-253., 1979.

EMADIAN, S.F.; NEWTON, R.J. Growth enhancement of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings by silicon. **Jornal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.134, p.98-103, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 412 p.

ENGEL, W. **Contribution to the function of silica in plant tissues**. Naturwissenschaften, v.45, p.316-317, 1958.

ERNANI, P.R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 10:241-245, 1986.

ERNANI, P.R.; CASSOL, P.C.; MORGUTTI, H.; GARCIA, M.M. & VACARO, M. Aplicação de gesso agrícola e lixiviação de potássio em solos catarinenses. **Univers. Desenvolv.**, 1:7-16, 1993.

ERNANI, P.R.; MANTOVANI, A.; SCHEIDT, F.R. & NESI, C. Mobilidade de nutrientes em solos ácidos decorrentes da aplicação de cloreto de potássio e calcário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto, 2003.

ESPIRONELO, A. Cana-de-açúcar. **Boletim Técnico do IAC**. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, 100: 10, 1985. Coordenador: Raij, B. van.

ESPIRONELO, A. Centenário do Instituto Agrônômico (IAC). **STAB**: Açúcar, Álcool e subprodutos, Piracicaba, 5(5/6): 21-28, 1987.

ESTACION EXPERIMENTAL AGRÍCOLA. El cultivo de la cana de azucar em Puerto Rico, (237), 1975. 110 p.

FARIA, R.J. **Influencia do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FASSBENDER, H.W. **Química de suelos**: com ênfasis em suelos de América Latina. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de La OEA, 1975. 398 p.

FASSBENDER, H.W.; MOLINA, R. Influência de enmiendas calcáreas y silicatadas sobre el efecto de fertilizantes fosfatados en suelos derivados de cenizas volcánicas em Costa Rica. In: Panel sobre Suelos derivados de cenizas volcánicas de America Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. p.C-2-C.2.12.

FAUCONIER, R. & BASSEREAU, D. **La caña de azúcar**. Barcelona, Blume, 1975, 433p.

FÁZIO, P.I., GUTIERREZ, A.S.D. **Uso de corretivos de acidez do solo comercializados no Estado do Espírito Santo**. Vitória: Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária, 1989. 27p. (Boletim Técnico, 12).

FERNANDES, F.A. **Efeito do gesso como fonte de cálcio e de enxofre na cultura da cana-de-açúcar** (*Saccharum officinarum* L.) Piracicaba, 1985. 92 p. (Dissertação – Mestrado – ESALQ/USP).

FERREIRA, E.S.; KORNDÖRFER, G.H.; MARTINS, J.; MATTHIESEN, L.A. Efeitos da aplicação de gesso+calcário sobre algumas características químicas em latossolo vermelho amarelo. São Paulo: 1987. (Boletim Técnico, 38).

FIDALSKI, J. & TORMENA, C.A. Dinâmica na calagem superficial em um latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:235-247, 2005.

FNP CONSULTORIA. CANA-DE-AÇÚCAR . **AGRIANUAL 2008**: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2008. p. 235-265.

FORTES, C.A. **Correção do solo com silicato de cálcio e magnésio para produção de gramíneas forrageiras**. 2006. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

FOX, R.L.; SILVA, J.A.; YOUNGE, O.R.; PLUNKNETT, D.L. & SHERMAN, G.D. Soil and plant silicon and silicate response by sugarcane. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v.31, p. 775-779, 1967.

FRANCHINI, J.C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Avaliação do potencial de utilização do material vegetal para mobilização de cátions no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Minicurso...**Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. 11 p. (apostila).

FRANCINI, J.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Organic composition of Green manures during growth and its effect on cation mobilization in acid oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, 34:2045-5058, 2003.

FREITAS, B.J. A disposição do fosfogesso e seus impactos ambientais. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. Anais...Uberaba: IBRAFOS, 1992. P.325-339.

FURLANI NETO, V.L.; RIPOLI, T.C.; VILA NOVA, N.A. Biomassa de cana-de-açúcar: Energia contida no palhiço remanescente de colheita mecânica. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 15, p. 24-27, 1997.

FURLANI NETO, V.L.; MONTEIRO, H.; RIPOLI, T.C. & NOGUEIRA, R.R. “ Comparative analysis between green cane and burned cane: raw matter quality, cane losses, crop residue and chopper harvest performance”. In: INT. CONG. OF ISSCI, 20 São Paulo, 1989, 14p.

GASCHO, G.J.; ANDERSON, D.L. & BOWEN, L.E. Sugarcane. In: BENNETT, W.F., ed. Nutrient deficiencies and toxicities in crops plants. Saint Paul, ASP Press/The American Phytopathological Society, p. 37-42, 1993.

GOLDEN, L.E. By-product gypsum improves sugarcane stubble crop yield. **Better crops with plant food**, 1982. P. 18-19.

GOMES, A.G., GARGANTINI, H., BLANCO, H.G. Comportamento de tipos de escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo. **Bragantia**, 24:173-9, 1965.

GONÇALVES, J.S.; VEIGA FILHO, A.A. **Açúcar e Álcool**. Prognóstico Agríc., v.2, p.141-150, 1998.

GONZALES-ERICO, E., KAMPRATH, E.J., NADERMAN, G.C.; SOARES, W.V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn na Oxisol of Central Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 43: 1115-1158, 1979.

GOULART, M.P. Legislação Ambiental e queimada de cana. In: Semana da cana-de-açúcar de PIRACICABA, 2, 1997, Piracicaba. **Resumos**. ... Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 61-6.

HELYAR, K.R. The management of acid soils. In: WRIGHT, R.T.; BALILGAR, V.C.; MURRNAN, R.P. (Eds). Plant-soil interactions at low pH. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. P. 365-382.

HELYAR, K. R. **Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazo**. Piracicaba: Potafós, 2003. 12p. (Encarte Técnico, 104).

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p. 145-154, 1999.

HUE, N.V.; AMIEN, I. Aluminium detoxication with green manures. *Commun.* In: **Soil Sci. Plant Anal.**, v.20, n. 15 & 16, p. 1499-1511, 1989.

HUMBERT, R.P. **El cultivo de la caña de azúcar**. México, Ed Continental, 1974. 719 p.

ILER, R.K. **The chemistry of silica**. New York: Wiley, 1979. 400 p.

INTERGOVERNMENT PAINEL CLIMATE CHANGE. Climate change in 1994: Radioactive forcing of climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 339p.

JONES, L.H.P.; HANDRECK, K.A. Effect of iron and aluminum oxides on silica in solution in soils. **Nature**, 18:852-853, 1963.

JONES, L.P.; HANDRECK, K.A. Silica in Soil, plantas and animals. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 19, p. 107-147, 1967.

KIDDER, G. & GASHO, G.J. Silicate slag recommended for specified conditions in Florida sugarcane. **Agronomy Facts**, Florida Coop. Ext. Service, University of Florida, n.65, 1977.

KOFLER, N.F.; DONZELI, P.L. Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana-de-açúcar. Cultivo e utilização. [S.I]: Fundação Cargill, 1987. V.1. p. 19-41.

KORNDÖRFER, G.H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Alcool e Subprodutos**, vol. 10, n. 3, pg. 26- 31. 1992.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: Uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p. 1-5, 1995.

KORNDÖRFER, G. H, COELHO, N. M., SNYDER, G. H., MYZUTANI, C. T. Avaliação de métodos de extração de silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, v. 1, p. 101-106. 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; BENEDITI, M.; PAULA, F.B.; CHAGAS, R.C.S. Cimento como fonte de silício para cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Alcool e Subprodutos**, v.19, n.2, p. 30-32, 2000.

KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. H.; ULLOA, M.; POWELL, G.; DATNOFF, L. E. Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 7, p. 1071-1084, 2001.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2002. 23 p. (Boletim Técnico, 1).

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S.de. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. **BOLETIM TÉCNICO N.01**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 22p. 2003

LANE, J.H.& EYNON, L. Determination of reducing sugar by fehling's solution with methylene blue indicator. London, Norman Rodgerm, 1934, 8p.

LEITE,P.C. **Interação silício-fósforo em Latossolo Roxo cultivado em casa-de-vegetação**. Viçosa, 1997. 87 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

LIMA, E. V. ; CRUSCIOL, C. A. C. Fertilidade do solo no sistema de semeadura direta recém implantada em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. In: Congresso Brasileiro de Ciencia do Solo, 2001, Londrina. **Anais**, 2001. v. 28. p. 130.

LIMA FILHO, O.F.de; LIMA, M.T.G.de; TSAI, S.M. O silício na agricultura. *Inf. Agron.*, n.87, p.1-7, 1999. (Encarte Técnico).

LIMA, E.V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. Botucatu, 2004, 125p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) FCA/UNESP.

LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, 449p. 1979.

LOPES, M.S. **Relações entre pH e adsorção de P e Si em solos**. Porto Alegre, 1977. 117 p. Tese (Doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, v.2, 1994. 168p.

LOPES, A. **Solos sob “cerrado”: características propriedades e manejo**. Piracicaba: POTAFOS, 1983. 162p.

LOPES, L.A. Vinte anos de Proálcool. Avaliações e perspectivas. **Economia & Empresas**, São Paulo, v.3, n.2, p. 56-57, 1996.

LORENZETTI, J. M.; RODRIGUES, J. C.; MORALES, S. H., DEMATTÊ, J. L. I. Uso de calcário e gesso em soqueira de cana-de-açúcar. **Revista STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 10, n. 3, p. 14-18, 1992.

MACEDO, N.M.; BOTELHO, P.S.M.; CAMPOS, M.B.S. Controle químico de cigarrinha-da-raiz em cana-de-açúcar e impacto sobre a população de artrópodes. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.21, p. 30-33, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola**. Biblioteca Agronômica “Ceres”. São Paulo. 1967.

MALAVOLTA, E. & ROMERO, J.P. **Manual de adubação**. 2. Ed., São Paulo, ANDA, 1975. 346 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola**. Agronômica Ceres: 1976, 528p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubações**. 3 ed. São Paulo, Ceres, 1981. 596p.

MALAVOLTA, E. Corretivos cálcicos, magnesianos e cálcico-magnesianos. In: **MANUAL de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.cap.5, p.232-45.

MALAVOLTA, E. 1984. Potassium status of tropical and subtropical region soils. In MUNSON, R. D. **Potassium in Agriculture**. , p. 164-200.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F.P.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubações**. Ed. São Paulo. NOBEL. 2002. 199 p.

MARCIANO, C.R.; MORAES, S.O.; OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. Efeito de esgoto e do composto de lixo urbano sobre a condutividade hidráulica de um latossolo amarelo saturado e não saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG. V.25, n.1, p.1-9, 2001.

MARIA, I.C. **Influência da matéria orgânica sobre o calcário aplicado ao solo**. Dissertação apresentada a ESALQ, Piracicaba, SP. 90 p. 1986.

MARINHO, M.L.; ARAUJO FILHO, J.T. e MENEZES, C.R.L. Comportamento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) sobre diferentes teores de alumínio no solo em casa de vegetação. In: Reunião Brasileira de fertilidade do Solo, 14, Cuiabá, Resumos. Rio Largo, IAA/Planalsucar. COONE, 1980. 5p.

MARINHO, M.L.; ALBUQUERQUE, G.A.C.; ARAUJO, J.T. Efeito da calagem sobre a cana-de-açúcar em solo argiloso fortemente ácido em Alagoas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, Cuiabá. **Anais**. Campinas, 1980 b. p.14-19.

MARINHO, M.L. & ALBUQUERQUE, G.A.C. Calibração de Ca+Mg no solo para a cultura de cana-de-açúcar em Alagoas. In: Congresso Nacional da Sociedade de Técnicos Açucareiros do Brasil, 2., Rio de Janeiro, 1981. **Anais**. V.3, Rio de Janeiro, STAB. 1981, p. 111-128.

MARINHO, M.L. & ALBUQUERQUE, G.A.C. Calagem. In ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba, PLANALSUCAR, 1983. P. 181-208.

MARINHO, M.L. & ALBUQUERQUE, G.A.C. Efeito do calcário dolomítico sobre a produção de cana-de-açúcar em Alagoas, medidos pelo pH do solo. Cadernos Planalsucar, Piracicaba, 1: 19-23. 1984.

MARTIN, J.P. & EVANS, H. Nutritional deficiencies and toxicity. In: Hugler, C.G.; Abbott, E.U.; Wismer, C.A. eds. **Sugar Cane Diseases of World**. Amsterdam, Elsevier, 1964. V.2, p.199-236.

MATICHENKOV, V.V.; AMMOSOVA, Y.A.M.; BOCHARNIKOVA, E.A. The method for determining of plant available silica in soil. **Agrochemistry**, n.1, p.76-84, 1997.

MENDONÇA, E.S.; ROWELL, D.L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.295-303, 1994.

MC KEAGUE, J.A.; CLINE, M.G. **Silica in soils**. Advances in Agronomy, v. 15, 339-397, 1963.

McKEAGUE, J.A.; CLINE, M.G. Silica in soil solution. II The adsorption of monossilic acid by soil other substances. **Can. J. Soil Sci.**, v.43, n.1, p. 83-95, 1963.

McINTYRE, G.; SEERUTTUN, S.; BARBE, C. Trash management in Mauritian sugarcane plantations In: COCK, J.H.; BREKELBAUM, T. INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 22., Cartagena, 1995. **Proceedings**. Cali: Tecnicaña, 1996. P. 213-216.

MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M.; CASSIOLATO, M.E. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez subsuperficial do solo. . **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.26, p. 647-654, 2002.

MELO, S.P. **Silício e fósforo para o estabelecimento do campim-marandu num Latossolo Vermelho-Amarelo**. 2005. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e agroenergia. Usinas de álcool e açúcar. www.agricultura.gov.br. Acesso em 14/3/2008.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 17: 411-416, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agrônômicas**, n.92, p.1-8, 2000. (Encarte Técnico)

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCINI, J.C. Evolution of plant residues on the mobility of surface applied lime. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 45:251-256, 2002.

MONIZ, A.C. Composição química e estrutura dos minerais de argila. MONIZ, A.C. (Coord.). In: Elementos de Pedologia. Editora da Universidade de São Paulo, 1972. 459p.

MORAES, M.A.F.D. de **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. Americana, Americana: Caminho Editorial, 2000. 238p.

MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; DEMATTE, J.L.I.; DALBEN, A.E. Efeito do gesso e do calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção de cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, vol. 6 n. 2, pg. 24-31. 1987.

NOGUEIRA, A.R. de A. & MOZETO, A.A. Caracterização físico-química dos efeitos de tratamentos com calcário e gesso em alguns solos de cerrado do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17., Londrina, 1986. **Resumos**. Campinas, SBCS, 1986, p.15.

OKUDA, A.; TAKAHASHI, E. The role of silicon. IN: THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT. Baltimore, 1964. Proceedings of a Symposium of the International Rice Research Institute, 1964. p.123-146.

OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil Til. Res.**, v.38, p. 47-57, 1996.

OLIVEIRA, M.G.A. **Determinação, adsorção e deslocamento recíproco de silício e fósforo em latossolos do Triângulo Mineiro** Viçosa, 1984. 88p. Dissertação (M.S.) – Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. & COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. **Revista Brasileira Ciência Solo**, 21:65-70, 1997.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C.; PENATTI, C.P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Sci. Agric.** (Piracicaba), v.56, n.4, p. 803-9, 1999.

OLIVEIRA, J.C.M.; TIMM, L.C.; TOMINAGA, T.T.; CÁSSARO, F.A.M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S.; DOURADO-NETO, D.; CÂMARA, G.M. de S. Soil temperature in a sugarcane crop as function of the management system. **Plant and Soil**, v. 230, p. 61-66, 2000.

OLMOS, I.L.J.; CAMARGO, F.S. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 38, p. 47-57, 1976.

ORLANDO FILHO, J.; SILVA, L.C.F. & MANOEL, L.A. Fontes de calcário aplicadas em área total e sulco de plantio em cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar e Álcool Subp.**, 9:11-16, 1990.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. **Seja o doutor do seu canavial**, Encarte de Informações Agronômicas, n. 76 – setembro, 1994, 6p.

PAOLINELLI, M.T.; OLIVEIRA, P.M.; SANTOS, P.R.S.; LEANDRO, V.P.; MORAES, W.V. Aplicação direta do fosfogesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, Brasília, 1985. **Anais...**, Brasília, EMBRAPA, 1986. P. 197-207.

PARAZZI, C. **Influência do desponte do colmo na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. Piracicaba, 1988, 131p. (mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz / USP).

PAUL, K.I.; BLACK, A.S.; CONYERS, M.K. Effect of plant residue return on the development of surface soil pH gradients. **Biology & Fertility of Soils**, v.33, p. 75-82, 2001.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Toxicity of aluminum to coffee (*Coffea arabica*) in Ultisols amended with CaCO_3 , MgCO_3 and $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p.1201-1207, 1982.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime and gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 48:33-38, 1984.

PAVAN, M.A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira Fruticultura**, 16:86-91, 1994.

PAVAN, M.A. & VOLKWEISS, S.J. Efeito do gesso nas relações solo-planta; princípios. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1985. **Anais**. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986.p.107-18.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisoil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 48(1):33-8, 1984.

PAVAN, M.A. & VOLKWEISS, S.J. Efeitos do gesso nas relações solo-planta: Princípios. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1985. *Anais*. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. P. 107-118.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. DE. **Manejo da acidez do solo**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1997. 87 p. (Circular, 95).

PENATTI, C.P. & PRADO FILHO, O. Efeito do enxofre na cultura da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico da COPERSUCAR**, São Paulo, 47: 37-40, 1989.

PEREIRA, H.S.; BARBOSA, N.C.; CAARNEIRO, M.A.C. KORNDORFER, G.H. Avaliação de fontes e de extratores de silício no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p. 239-247, 2007.

PETRERE, C. e ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:885-895, 2001.

PIAU, W.C. **Viabilidade do uso das escórias como corretivo e fertilizante**. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP.1991,99p. Dissertação (Mestrado).

PLANALSUCAR. **Análises tecnológicas da cana-de-açúcar**. Araras: Planalsucar, 1980. 34 p.

PLUNCKNETT, D.L. The use soluble silicate in Hawaiian agriculture. University of Queensland Papers, v.1,n.6, p. 203-233,1972.

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. V.22, p.675-84, 1998.

PRADO, R.M. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escoria silicatada como corretivo de acidez do solo**. 2000. 97p. Dissertação (Mestrado)- FEIS/UNESP.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; ROQUE, C.G. Amostragem do solo em área com cana-de-açúcar após aplicação de corretivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.36, n.9, p. 1185-1190, 2001.

PRADO, R.M. & FERNANDES, F.M. Resposta da cana-de-açúcar à aplicação da escoria de siderurgia como corretivo de acidez do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 25:199-207, 2001 a.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com cana de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,36:1199-1204, 2001b.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na taxa de folhas senescentes da cultura da cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.75.n.3, 2000.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Eficiência da escoria de siderurgia em Areia Quartzosa na nutrição e na Produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB – Açúcar, Álcool e subprodutos**, v.18, p. 36-39, 2000b.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)** , Piracicaba, v. 59, n. 1, 2002 .

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; COUTINHO, E.L.; ROQUE, C.G.; VILLAR, M.L. Avaliação da escoria de siderurgia e do calcário como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37, n.4, p. 539-546, 2002.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas v. 27, n. 2, p. 287-296, 2003.

PREEZ, P. The effect of silica on cane growth. **The South African Sugar Technologists Association Proc.** p. 183-188, jun, 1970.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; ARMELIN, M.J.A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolo, na região tropical de São Carlos/SP. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.77, n.1. p.89-102, 2002.

QUAGGIO, J.A. Reação do solo e seu controle. In: SIMPOSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, Piracicaba, 1986. Piracicaba. **Anais...**Campinas, Fundação Cargill, 1986. P.53-89.

QUAGGIO, J.A. **A acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B. & MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 28:375-383, 1993.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

QUEIROZ, A.A. **Reação de fontes de silício em quatro solos de cerrado**. Uberlândia, 2003. 40 p. Monografia(Graduação) -Universidade Federal de Uberlândia.

RAID, R.N.; ANDERSON, D.L. & ULLOA, M.F. Influence of cultivar and amendment of soil with silicate slag on foliar disease development and yield of sugar cane. **Crop Protec.**, 11:>84-88, 1992.

RAIJ, B. van; CAMARGO, O.A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, v.32, p. 223-31, 1973.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991. 343p

RAIJ, B. van; & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. *Anais...*, Brasília, EMBRAPA, 1984. P. 323-246.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 284p.

RAIJ, B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim Técnico nº 100. Instituto Agrônômico de Campinas, pg. 10-11, 1996.

RAIJ, B. van Uso eficiente de corretivos da acidez. In: SEMINÁRIO FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES. Situação atual e perspectiva na agricultura, São Paulo, 1984. *Anais...*, São Paulo, MANAH, 1986. P. 60-67.

RAIJ, B. van; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; PETTINELLI JUNIOR, A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.101-108, 1998.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 39. (Boletim Técnico, 100).

RAVEN, J.A. **The transport and function of silicon in plants**. Biological Reviews of Cambridge Philosophical Society, v.58, p.179-207, 1983.

REEVE, N.G. & SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface-applied amendments. *Agrochimophysics*, 4:1-6, 1972.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.797-805, 2000.

RIBEIRO, M.R.; HALSTEAD, E.H.; DE JONG, E. Rendimento da cana-de-açúcar e características das terras da microrregião da mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p. 209-213, 1984.

RIBEIRO, A.C., FIRME, D.J., MATOS, A.C.M. Avaliação da eficiência de uma escória de aciária como corretivo da acidez. **Revista Ceres**, 33:242-8, 1986.

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.

RIPOLI, T.C. “Fogo na palha?” In: NOTESALQ, ESALQ-USP, (5): 2-3, Piracicaba, Nov., 1988.

RIPOLI, T.C.; MIALHE, L.G.; BRITO, J.O. Queima de canavial- o desperdício não mais admissível. **Álcool & Açúcar**, n.54, p. 18-23, jul/ago, 1990.

RIPOLI, T.C.; VILLANOVA, N.A. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar: Novos desafios. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 11, n. 1, p. 28-31, 1992.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, 72:40-4, 1980.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; SOUZA, D.M.G. Lixiviação de cálcio e crescimento de raízes em solo de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18, Salvador, 1981. Resumos. Salvador, Soc. Bras. Ci. Solo, 1981. p. 96.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; SOUZA, D.M.G. Relação entre o teor de cálcio no solo e desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, 7 (3): 269-275, 1983.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; SILVA, J.E. Strategies for increasing calcium in low – CEC Subsoil. In: Annual Meetings. 75th Washington D.C. Agronomy abstracts Washington American Society of Agronomy, pg.20, 1983.

RITCHEY, K.D., SILVA, J.E., SOUZA, D.M.G. Relação entre teor de cálcio no solo e desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 7:269-275, 1985.

ROCHA, M. Diretrizes de uma política para corretivos. In: SEMINÁRIOS SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, Piracicaba, 1984. **Trabalhos apresentados...**, Campinas, Fundação Cargill, 1985. P. 301-309.

RODRIGUES, J.C. & PALHARES, A.C. Efeito da aplicação de calcário nas propriedades químicas do solo e na produtividade de cana-de-açúcar. In: Seminário de Tecnologia Agrônômica, pg. 303-320. Coopercucar, Piracicaba. 1986.

RODRIGUES, R. Século XXI, o novo tempo da agroenergia renovável. **Visão Agrícola**, v.1, n.1, p. 4-7, jan - jun, 2004.

ROSS, L.; NABABSING, P.; WONG YOU CHEONG, Y. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. In: International Cong. the Soc. Sugar Cane Technol. 15, Durban, Proc., v. 15, n. 2, p. 539-542, 1974.

ROSSETTO, R. & DIAS, F.L.F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: Indagações e reflexões. **Encarte de Informações Agrônômicas**, n.110, p. 10, 2005.

ROSOLEM, C.A. & CAMARGO, J.R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 8:103-9, 1984.

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.301-309, 2003.

ROTHBUHR, L.; SCOTT, F. A study of the uptake of silicon and phosphorus by wheat plants with radio chemical methods. **Biochemie Journal**, v.65, p.641-645, 1957

ROY, A.C.; ALI, M.Y.; FOX, R.L.; SILVA, J.A. Influence of calcium on phosphate solubility and availability in Hawaiian latossols. Proc. International Symposium Soil Fertility, New Delhi, India, v.1, p.757, 765, 1971.

SÁ, J.C.M. **Manejo de fertilidade do solo no plantio direto**. Ponta Grossa, Fundação ABC, 1993. 96p.

SANCHES, P.A.; BANOV, D.E.; FILLACHICA, J.H.; NICHOLAIDES, J.J. Amazon basin soil: Management for continuous crop production. **Science**, Washington, v. 216, p. 821-824, 1982.

SANCHEZ, P.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. IN: KHASAWNECH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J. The role of phosphorus in agriculture. Madison, 1980. p.471-514.

SANTOS, M.A.C., SOBRAL, A. F., MEDEIROS, A.P., PEREIRA, J.M.A. Effect of liming on the production of sugarcane and the fertility of the soil in the state of Pernambuco. In: CONGRESS OF THE ISSCT- INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, 1980. **Proceedings**. Manila: ISSCT, 1980. p.58-62.

SANTOS, E.J.S.; XAVIER, F.M.; RHEINHEIMER, D.S. Aplicação de calcário em superfície e incorporado em campo nativo. In: Congresso Latino Americano de Ciência do solo, 13, Águas de Lindóia, 1996. Resumos expandidos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1996 (CD-ROM).

SANTOS, H.P.; TOMM, G. O.; LHAMBY, J.C.B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v.19, n.3, p.449-454, 1995.

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. 72 p. (tese de doutorado).

SAVANT,N.K.; SNYDER,G.H.; DATNOFF,L.E. 1997. Silicon Science Society of America Journal, v. 51, n.4, p.975-982, 1999.

SEGALLA, A.L. &ALVAREZ, R. Realizações do Instituto Agrônômico. Contribuição ao desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar em São Paulo. **O agrônômico**, Campinas, 20 (5 e 6): 1-35, 1968.

SHINITZER, M. Soil organic matter: the next 75 years. **Soil Science**, v. 151, p. 41-58, 1991.

SILVA, J.A. Plant mineral nutrition. **Yearbook of science and technology**. McGraw-Hill Book Co., Inc. 1973.

SILVA, L.C.F. & CASAGRANDE, J.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar (macronutrientes). In: ORLANDO FILHO, J. ed. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba, Instituto do Açúcar e do Alcool, 1983. p.77-97.

SILVEIRA, R.I.; BRASIL S., M.O.C.; MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S. **Adubos e adubação das principais culturas brasileiras**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1985. 239p.

SILVEIRA, J.E.G.; PENATTI, C.; KORNDORFER, G.H.; CAMARGO. M.S. Silicato de cálcio e calcário na produção e qualidade da cana-de-açúcar – Usina Catanduva, Cd Rom. **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2003, Ribeirão Preto.

SNYDER, G.H. Development of silicon soil test for Histosol-grown Rice. *Belle Glade*: Univ. Florida, 1991.

SOARES, G.C.; BALBO, L.; PINTO, A.R. Colheita mecânica de cana picada. **STAB**: Açúcar, Alcool e Subprodutos, v. 12, n.13, p.18-29, 1994.

SOLERA, M.A.C. **Efeito de ralação Ca:Mg, utilizando carbonatos e sulfatos, sobre o crescimento e a nutrição mineral da cana-de-açúcar**. Viçosa, 1988. 186p. (Dissertação – mestrado – UFV).

SORATTO, R.P. **Aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema de plantio direto**. Botucatu, 2005, 173p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) FCA/UNESP.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.81-90, 2007.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.675-688, 2008a.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Dolomite and phosphogypsum surface application effects on annual crops nutrition and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.100, p.261-270, 2008b.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Métodos de determinação de cálcio e magnésio trocáveis e estimativa do calcário residual em um latossolo submetido à aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.663-673, 2008c.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Nutrição e produtividade de grãos da aveia preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.715-725, 2008d.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.928- 935, 2008e.

SOTERO, A.G. & SILVA, F.P.F. Avaliação das análises químicas e granulométricas de calcários utilizados na cultura da cana-de-açúcar de Pernambuco. **Brasil açucareiro**, 94 (5): 59-65, 1979.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso do gesso agrícola nos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 20p. (Circular Técnica, 32).

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J.; LEITE, S.A.S. & CHELLI, R.A. Influência dos manejos convencional, plantio direto e uso do adubo verde no inverno, sobre a acidez ativa e potencial do solo. In: Congresso Latino Americano de Ciência do solo, 13, Águas de Lindóia, 1996. Resumos expandidos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1996. (CD-ROM).

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistema de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.40, n.3, p. 271-278, 2005.

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n. 3, p.271-278, 2005.

SYED-OMAR, S.R. & SUMNER, M.E. Effect of gypsum on soil potassium and magnesium status and growth of alfafa. Comm. **Soil Sci. Plant Anal.**, 22:2017-2028, 1991.

SZMRECSÁNYI, T. Tecnologia de degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.24, n.10, p.73-78, 1994.

TIMM, L.C. **Efeito do manejo da palhada da cana-de-açúcar nas propriedades físico-húmicas de um solo**. Piracicaba, 2002. 115p. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

TISDALE, S.L. e NELSON, W.C. **Soil Fertility and Fertilizers**. 2nd Ed. The Macmillan Company, N.Y., 1966.

TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. **Soil Fertility and Fertilizers**. 3 ed., New York: Macmillan, 1985, 694p.

TISSI, J.A.; CAIRES, E.F.; PAULETTI, V. Efeitos da calagem em semeadura direta de milho. **Bragantia**, v.63, n.3, 405-413, 2004.

TOMINAGA, T.T.; CÁSSARO, F.A.M.; BACCHI, O.O.S.; REICHARDT, K.; OLIVEIRA, J.C.M.; TIMM, L.C. Variability of soil water content and bulk density in a sugarcane field. **Australian Journal of Soil Research**, v.40, p. 605-614, 2002.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUES, J.C.S.; VICTORIA, R.L.; REICHARDT, K. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-¹⁵N e uréia-¹⁵N aplicado ao solo em complemento a vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.89-99, 1996.

TSUNECHIRO, A. et al. Valor da Produção Agropecuária do Estado de São Paulo em 2007: Estimativa preliminar. In: Informações Econômicas. São Paulo, v. 37, n. 10, 2007. p. 61-70.

UEXKÜLL, H.R.Von, MUTERT, E. Global extent, development and economic impact of acid soil. **Plant and Soil**, 17(1), p. 5-19, 1995.

VALADARES, J.M.A.S., BATAGLIA, O.C., FURLANI, P.R. Estudos de materiais calcários usados como corretivo do solo no estado de São Paulo. Determinação de Mo, Co, Cu, Zn e Fe. **Bragantia**,33:147-52,1974.

VASCONCELOS, A.C.M. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: uma mecanizada e queimada manual**. 2002. 140 p. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

VELOSO, C.A.C. et al . Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v. 49, n. spe, 1992 .

VERDADE, F.C.; HUNGRIA, L.S.; RUSSO, R.; NASCIMENTO, A. C.; GROHMANN, F.; MEDINA, H. P. Solos da bacia de Taubaté (Vale do Paraíba). Levantamento de reconhecimento. Séries monotípicas, suas propriedades genético-morfológicas, físicas e químicas. **Bragantia**, v.20, p.43-322, 1961.

VERDADE, F.C. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.41, p.885-905, 1991. Viçosa, 1997. 87 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

VISSOCKII, Z.Z.; POLIAKOV, V.M. The change of pore structure of silica-gel under the form created substances in steam forms. **Doklady Academic Science**, USSR, v.129, p.831-834, 1959.

VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; FERREIRA, M.E.; RAGAZZI, D.; HING, L.T. Efeito de doses de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Revista de Agricultura**, 57 (3): 119-132. 1982.

VITTI, G.C. & MALAVOLTA, E. Fosfogesso: uso agrícola. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, Piracicaba, 1984. **Trabalhos apresentados...**, Campinas, Fundação Cargill, 1985. P. 161-194.

VITTI, G.C. Enxofre no solo. In: SIMPOSIO SOBRE INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO E PLANTA PARA FINS DE ADUBAÇÃO, 1., 1988, Botucatu, **Anais...** Botucatu: FCA-UNESP/FEPAF/ANDA/POTAFOS, 1988. 39p.

WAMBEKE, A.Van. Formation, distribution and consequence of acid soil in agricultural development. In: WRIGHT, M.I., FERRARI, S.A. **Plant adaptation to mineral stress in problem soil** Cornell Univ. Agri. Exp. Stn., Ithaca, NY., 1976. P.15-20.

WERNER, D., ROTH, R. Silica metabolism. In: LÄUCHLI, A., BIELESKI, R.L. (ed). **Encyclopedia of plant physiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1983, v. 15B, p. 682-694. (New Series).

WERNER, D.; ROTH, R. Silica metabolism. In: PIRSON, A. & ZIMMERMANN, M.H. (Ed.). In: Inorganic plant nutrition. **Encyclopedia of Plant Physiology** (15B) Springer-Verlag, 1983. 870p.

WOOD, A.W. Green cane trash management in the Herbert Valley. Preliminary results and research priorities. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 8, Brisbane, 1986. **Proceedings**. Brisbane: Watson Ferguson, 1986. p. 85-94.

ZANCA, O. The evolution of mechanized sugar cane harvesting in Brazil. **International sugar Journal**. 82(973):7-10. 1980.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F.. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob plantio direto. **Bragantia** , Campinas, v. 66, n. 3, 2007 .

ZANETI, L.Z.; CATENI, A.; LIMA, P.A. ; MARINATO, L.P.; MAURI, A.L.; REIS, E.F.; AMARAL, J.F.T. Reação de solubilização de calcário em solos do Espírito Santo. Cd Rom. **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2003, Ribeirão Preto.

ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brasilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.42, p.257-262, 1999.