



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

EMILIO RODOLFO HERMANN

**RESPOSTA DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR (*Saccharum spp*) CULTIVADAS EM SOLO ÁCIDO
SUBMETIDO A CALAGEM E GESSAGEM**

Londrina
2005

EMILIO RODOLFO HERMANN

**RESPOSTA DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR (*Saccharum spp*) CULTIVADAS EM SOLO ÁCIDO
SUBMETIDO A CALAGEM E GESSAGEM**

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em
Agronomia da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial à obtenção do título de
Doutor em Agronomia.

Orientadora: Maria de Fátima Guimarães

Londrina
2005

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

H552r Hermann, Emilio Rodolfo.

Resposta de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum Spp*) cultivadas em solo ácido submetido a calagem e gessagem / Emilio Rodolfo Hermann. - Londrina, 2005.

Orientadora: Maria de Fátima Guimarães.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, 2005.

Inclui bibliografias.

1. Cana-de-açúcar – Variedades – Teses. 2. Solos – Correção – Teses. 3. Calagem dos solos – Teses. 4. Agronomia – Teses. I. Guimarães, Maria de Fátima. II. Universidade Estadual de Londrina. III. Título.

CDU 633.61

EMILIO RODOLFO HERMANN

**RESPOSTA DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR (*Saccharum spp*) CULTIVADAS EM SOLO ÁCIDO
SUBMETIDO A CALAGEM E GESSAGEM**

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria de Fátima Guimarães (orientadora)

Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito

Profa. Dra. Cristiane de Conti Medina

Prof. Dr. Oswaldo Brinholi

Prof. Dr. Thierry Becquer

Londrina, 24 de fevereiro de 2005.

DEDICATÓRIA

A minha esposa e aos meus filhos, por compreenderem minhas ausências do convívio familiar durante a execução deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Profa Dra Maria de Fátima Guimarães, pela amizade, orientação e compreensão,

Agradeço aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da UEL, que todos, sem exceção, colaboraram em meu crescimento profissional,

Agradeço à diretoria da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista (ESAPP), pelo incentivo e apoio na realização das análises de solo,

Agradeço ao Eng^o. Agr^o. Dr. Ricardo Augusto Dias Kanthack pela cessão das instalações e condução dos experimentos na Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema (IAC),

Agradeço à diretoria da Cia. Agrícola Santa Amélia, pelo auxílio na implantação e condução dos trabalhos de campo e pelo apoio material,

Agradeço à diretoria da Usina Maracá S.A. pela realização das análises tecnológicas,

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

HERMNN, Emilio Rodolfo. **Resposta de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivadas em solo ácido submetido a calagem e gessagem**. 2005. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

RESUMO

A expansão da cultura da cana-de-açúcar em áreas de solos arenosos ácidos de baixa fertilidade limitam a expressão do potencial produtivo de variedades ricas em sacarose, mas, exigentes em ambiente edáfico. Com o objetivo de observar o comportamento produtivo e morfológico de diferentes variedades à melhoria do ambiente edáfico foi instalado um experimento em LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico, que recebeu calcário (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) e gesso (0 e 2 t ha⁻¹) e foi cultivado com 3 variedades de cana-de-açúcar com diferentes graus de sensibilidade à acidez do solo: SP70-1143 (tolerante), RB72454 (intermediário) e SP70-1284 (sensível), por 4 cortes. A calagem melhorou o ambiente radicular da camada superficial até os 53 meses, enquanto o efeito do gesso durou apenas 17 meses. As variedades tolerante e intermediária foram superiores à sensível em produção de biomassa. A intermediária produziu sempre mais sacarose que as variedades tolerante e sensível. As variedades responderam mais aos níveis de cálcio e magnésio do que a acidez do solo. A produção de biomassa seca de raízes foi dependente mais da variedade do que da melhoria do ambiente edáfico. Os insumos alteraram a distribuição das raízes no perfil do solo. O método de amostragem via trado superestimou a biomassa de raízes em relação ao método do monólito.

Palavras-chave: *Saccharum spp*. Interação genótipo x ambiente. Correção do solo. Sistema radicular. Morfologia radicular.

HERMNN, Emilio Rodolfo. **Resposta de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivadas em solo ácido submetido a calagem e gessagem.** 2005. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

ABSTRACT

The acid soil and with low fertility limit the expansion of sugarcane culture in potential a productive of genotypes rich in sugar but demanding in environment soil conditions. The objective of this paper is observing the behavior productive and morphologic of different genotypes in corrected soil. It was made an experience which four cuts in red latosol dystrophic psamitic, which received lime (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) and gypsum (0 e 2 t ha⁻¹) and where were cultivated three genotypes, tolerant, intermediary and sensitive to the acidity of the soil: SP70-1143, RB72454 and SP70-1284. The liming made better the root environment in the surface until the 53 months, the gypsum made better the subsurface until the 17 months. The tolerant and intermediary varieties were higher than the sensitive in cane yield. The intermediary produced more sugar than the tolerant and the sensitive during the cycle. The varieties answer more to calcium and magnesium level than to the acidity of the soil. The production of roots in dry mass was dependent more of the genotype than to the improvement of the environment soil conditions. The lime and gypsum change the distribution of the roots on the soil profile. The auger's methods overestimate the mass of roots in relation with the monolith.

Keywords: *Saccharum ssp.*. Interaction genotype x environment. Soil correction. Root system. Morphology root.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 AÇÃO DO CALCÁRIO E GESSO NO SOLO	12
2.2 NÍVEIS CRÍTICOS EM CANA-DE-AÇÚCAR.....	18
2.3 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EDÁFICO	20
2.4 EFEITO DO AMBIENTE EDÁFICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR	23
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
3 DURAÇÃO DOS EFEITOS DA CALAGEM E GESSAGEM SOBRE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO PSAMÍTICO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR	34
3.1 RESUMO	34
3.2 ABSTRACT.....	34
3.3 INTRODUÇÃO.....	35
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	38
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.6 CONCLUSÕES.....	50
3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
4 EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM SOBRE A PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E QUALITATIVAS DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADAS EM SOLO ÁCIDO	54
4.1 RESUMO	54
4.2 ABSTRACT.....	54
4.3 INTRODUÇÃO.....	55
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	57
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.6 CONCLUSÕES.....	72

4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
5 EFEITO DE ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO SOBRE O SISTEMA RADICULAR DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	77
5.1 RESUMO	77
5.2 ABSTRACT	77
5.3 INTRODUÇÃO.....	78
5.4 MATERIAL E MÉTODOS	80
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
5.6 CONCLUSÕES.....	96
5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
6 CONCLUSÕES.....	100

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar vem passando por forte expansão da área cultivada para atender a crescente demanda por açúcar e etanol, tanto do mercado interno quanto do mercado externo. A expansão está ocorrendo em torno das áreas tradicionais e em regiões antes não ocupadas por agricultura; nos dois casos, a maior parte das áreas, que estão sendo incorporadas ao sistema de produção, foram anteriormente ocupadas por pastagens, geralmente degradadas. Estas áreas estão localizadas principalmente sobre solos de baixa fertilidade, que apresentam reduzida CTC e alguma acidez.

A competitividade na produção da cana-de-açúcar, como matéria-prima para fabricação de açúcar e etanol, é fundamental para garantir a expansão do mercado consumidor, garantir o crescimento das lavouras e conseqüentemente de todo o mercado sucroalcooleiro do país. Buscar produtividade de colmos e de açúcar por área é fundamental para viabilizar a produção econômica desta matéria-prima.

As variedades de cana-de-açúcar, hoje cultivadas, são resultado de um intenso processo de melhoramento genético que busca, principalmente, a maior produção de açúcar por área. Estas variedades altamente produtivas, são plantas muito especializadas que exigem recursos do ambiente para expressarem todo seu potencial produtivo. As variedades mais rústicas apresentam grande adaptação a ambientes mais pobres em recursos de produção, mas são menos produtivas em sacarose por área. Adequar o ambiente e a planta são, então, fundamentais para a obtenção do máximo resultado econômico na exploração desta cultura.

O ambiente edáfico pode, em parte, ser melhorado, através da aplicação de insumos, de forma a proporcionar melhor condição de enraizamento e exploração do solo pelas plantas. Os objetivos desta tese são de observar como variedades de diferentes graus de especialização produtiva são capazes de explorar um ambiente edáfico, que foi corrigido com calcário e gesso, e suas expressões em produtividade de biomassa e de sacarose por área, morfologia e desenvolvimento do sistema radicular. A tese é apresentada na forma de artigos científicos, que são:

Artigo 1: Duração dos efeitos da calagem e gessagem sobre um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico cultivado com cana-de-açúcar.

Artigo 2: Efeito da calagem e gessagem sobre a produtividade e características morfológicas e qualitativas de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em solo ácido.

Artigo 3: Efeito de alterações químicas do solo sobre o sistema radicular de três variedades de cana-de-açúcar.

Uma Introdução e uma Revisão de Literatura de caráter geral precedem a apresentação dos artigos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A demanda mundial por alimentos e produtos de origem agrícola cresce continuamente, atendendo tanto o crescimento da população quanto o aumento na qualidade de vida. Esta demanda crescente exerce contínua pressão sobre o ambiente, exigindo a ocupação de novas áreas e ou aumento de produtividade das culturas. Sendo a produção vegetal o resultado de um complexo de interrelações entre o genótipo da planta e as condições ambientais, entende-las permite ao homem desenvolver alternativas agrícolas que elevem a produtividade das culturas, seja através do melhoramento vegetal, seja através do manejo das condições ambientais (FAGERIA et al., 1999; FLOSS, 2004).

Dos fatores ambientais, o manejo do clima apresenta maior complexidade e é praticado em pequenas áreas. O solo, em compensação, é intensamente modificado em sua camada superficial, alterando-se as condições físicas, químicas e biológicas naturais, com objetivo de diminuir algum fator de estresse que iniba as culturas de atingirem seu máximo produtivo. Dentre os aspectos químicos do solo, as limitações por acidez e por escassez de nutrientes são superadas com a correção e fertilização, práticas corriqueiras no meio agrícola e presentes nos agroecossistemas que visam máxima produtividade (FAGERIA et al., 1999).

Essa alteração do sistema natural, através da construção de um sistema agrícola (agroecossistema) permite que determinadas plantas encontrem condições mais propícias ao seu desenvolvimento, contudo, nem todas as espécies e nem mesmo todas as cultivares de uma espécie respondem da mesma forma à correção das limitações ambientais (BASSINELLO, 1984; CÂMARA, 1993). As plantas diferem geneticamente quanto ao grau de tolerância à acidez do solo e apresentam, em função disto, diferentes magnitudes de resposta à calagem. Conhecer esta característica genética da planta é fundamental para preconizar o uso racional e econômico da calagem. Razão pela qual se busca identificar plantas da mesma espécie que apresentam maior tolerância a solos ácidos com objetivo de transferir esta herança genética para cultivares comerciais, adaptando a planta ao ambiente, ao invés de se buscar melhorar o ambiente para a planta (QUAGGIO, 1985). Mas, modificar o solo é uma alternativa mais prática do que o melhoramento da planta, pois desenvolver um novo cultivar tolerante à um problema particular de solo pode levar uma década ou mais e nem sempre se obtêm o resultado esperado (TAYLOR,

1981).

A cana-de-açúcar é uma das plantas mais tolerantes a concentração do alumínio no solo, mas esta característica é bastante variável em função da carga genética da variedade em cultivo (CASAGRANDE, 1991). Para Raij (1991), variedades da mesma espécie que apresentam diferentes graus de tolerância ao alumínio ou manganês, apresentam um comportamento variável em relação à correção do solo pela calagem. Pois variedades tolerantes a acidez podem apresentar resposta acentuada à calagem, devendo estas ser preferidas para cultivo em áreas que apresentam subsolo muito ácido.

2.1 AÇÃO DO CALCÁRIO E GESSO NO SOLO

Diversos tipos de solos cultivados com cana-de-açúcar no estado de São Paulo, foram alterados nas suas características químicas naturais, tais como: pH, cátions trocáveis, alumínio trocável, saturação por bases e capacidade de troca catiônica, até 100 cm de profundidade, em razão da utilização de insumos. Constatou-se que as maiores produtividades de cana-de-açúcar foram obtidas quando o nível de cálcio no solo era alto e o de magnésio médio, o que se consegue apenas com a correção dos níveis de cálcio e magnésio através da calagem, principalmente quando estes nutrientes encontram-se em níveis muito baixos no solo (BITTENCOURT et al., 1990; LIMA et al., 1992). O uso combinado do calcário associado ao gesso agrícola deve ser considerado no manejo dos solos ácidos cultivados com cana-de-açúcar (MORELLI et al., 1992; DEMATTÊ, 1992), sendo esta combinação ineficaz em solos de maior fertilidade, como comprovaram Medina e Brinholi (1991), em Terra Roxa Estruturada.

A calagem traz como benefício ao solo a neutralização do alumínio e manganês tóxicos, o fornecimento dos nutrientes cálcio e magnésio, além de aumentar a disponibilidade de fósforo e favorecer a nitrificação da matéria orgânica, entre outros (RAIJ, 1991). Porém, sua ação é superficial, ficando restrita a camada de solo onde foi incorporado, com o tempo, há uma perda por lixiviação das camadas mais superficiais para a camada imediatamente subjacente, mas raramente alcançando 40 cm a 50 cm de profundidade (GARGANTINI et al., 1982; QUAGGIO et al., 1982).

Efeito residual de calcário foi observado por Miranda e Miranda (2000) em um solo Glei Pouco Húmico, argiloso, que foi corrigido com doses de 0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com 64% de PRNT, incorporado a 20 cm de profundidade e cultivado por 10 anos com milho e soja. A partir do 4º ano da incorporação do calcário deu-se início as observações, sendo constatadas reduções nos teores de cálcio e magnésio trocáveis, pH e saturação por bases e aumento do Al trocável e saturação por alumínio. No tratamento testemunha houve contínua acidificação do solo decorrente da adubação nitrogenada. Quanto maior a dose de calcário aplicada maior foi a saturação por bases e por mais tempo ela permaneceu em níveis que permitiram obtenção de maiores produtividades. A dose de 2 t ha⁻¹ só foi suficiente até o 4º ano de avaliação, enquanto as doses de 6 e 8 t ha⁻¹ mantiveram a saturação por bases em níveis satisfatórios até o sétimo ano de avaliação (onze anos após a incorporação). Os autores ainda observaram uma perda média anual de Ca + Mg trocáveis de 2 mmolc dm⁻³ a partir do 4º ano da incorporação. Perdas de cálcio e magnésio pelo perfil do solo foram estudadas por Raij et al. (1982), em um ensaio de longa duração em que foram aplicadas 0, 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de calcário dolomítico incorporado na camada arável de um Podzólico Vermelho-amarelo com 44% de argila. Até três anos após a incorporação foi observado pequeno acréscimo em profundidade, mais de magnésio que de cálcio para as doses de calcário. Na superfície os teores de cálcio e magnésio decresceram progressivamente ao longo dos cinco anos. Esta movimentação das bases pelo perfil do solo também foi constatada por Moraes (1991) em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, em que foram instaladas cápsulas porosas a 20, 40, 60 e 80 cm. No tratamento com calcário o teor de cálcio aumentou até 60 cm de profundidade, mas não abaixo disso, provavelmente porque o aumento do pH aumentou as cargas dependentes e reteve mais o cálcio.

O mesmo aconteceu com o magnésio e o potássio, porém, este foi mais rápido na movimentação que o cálcio. O nitrato parece ter sido o íon acompanhante que mais carregou cátions em profundidade. Sulfato e cloreto tiveram pequena participação na lixiviação, pois estavam em baixa concentração na solução inicial. Calcário dolomítico aplicado em doses progressivas (0, 5, 10 e 20 t ha⁻¹) em um Cambissolo Húmico distrófico promoveu a máxima alteração de pH aos dois anos após a aplicação, apesar de calcário apresentar PRNT de 98%. O máximo teor de Ca + Mg foi atingido aos 10 meses após aplicação, indicando ter sido este o período necessário para máxima dissolução do calcário. Houve redução acentuada do teor de alumínio trocável com aumento da dose de calcário, que, com o passar do tempo, voltou a

aumentar. Mas, após 48 meses, manteve-se ainda bem menor que o teor inicial (ANJOS et al., 1981). Oliveira et al. (1997), ao incorporarem doses crescentes (0; 2,2; 4,4; 6,6 e 8,8 t ha⁻¹) de calcário dolomítico, com PRNT de 100%, em um Latossolo Vermelho-escuro arenoso, observaram aumento nos teores de cálcio e magnésio trocáveis e no pH e redução do alumínio trocável, com o aumento das doses aplicadas. No tempo, houve aumento inicial, de cálcio e magnésio, na camada de 0-20 cm, e posterior redução a partir dos 33 meses da incorporação, ocorrendo o inverso com o alumínio. O magnésio reduziu mais acentuadamente que o cálcio, já a partir dos 18 meses. O mesmo efeito ocorreu na camada de 20- 40 cm. A saturação por bases apresentou o mesmo comportamento das bases, porém, os valores atingidos foram inferiores aos estimados. As doses de calcário estiveram diretamente correlacionadas com as produtividades do milho, sendo a máxima produção obtida com 6,6 t ha⁻¹ do corretivo.

Um ensaio de longa duração onde o calcário foi aplicado na camada superficial de um solo oxidico, extremamente ácido, na dose de 5 t ha⁻¹, que foi repetida por mais três vezes ao longo de dezoito anos, apresentou redução progressiva da acidez trocável acompanhada de incremento de cálcio e magnésio trocáveis no subsolo. O pH aumentou significativamente até 100 cm de profundidade, em função da formação de pares iônicos com nitrato, que era adicionado na superfície, e de sua lixiviação e conseqüente absorção diferencial do nitrato nas raízes mais profundas (NOBLE; HURNEY, 2000).

Como os efeitos do calcário, no médio prazo, são restritos a camada superficial, a ação do alumínio no subsolo restringindo o desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, a absorção de água e íons necessários à planta, continua a ocorrer. A adição de gesso ao solo junto com o calcário tem por objetivo fornecer cálcio e enxofre, sem alterar o pH do solo, de forma que estes elementos, presentes na solução do solo, são lixiviados da camada superficial para o subsolo com mais facilidade que os constituintes do calcário. O íon sulfato, por não ser neutralizado pelo hidrogênio ou alumínio do solo, mantêm-se em solução e forma pares iônicos com o próprio cálcio, mas também com magnésio e potássio, que são então mais facilmente arrastados pela água de percolação (BISSANI; ANGHINONI, 2004).

O gesso agrícola atua no subsolo reduzindo a acidez, pois a atividade do alumínio em solução é reduzida e a concentração de íons cálcio, magnésio, potássio em solução é aumentada, o que favorece o desenvolvimento radicular em profundidade no solo. Razão pelo qual se faz uso de calcário e gesso combinados, de forma a garantir a correção da acidez na

superfície e a favorecer o desenvolvimento radicular no subsolo (MALAVOLTA, 1992; RAIJ, 1992; ORLANDO FILHO, 1993; OLIVEIRA et al., 2002).

Efeitos do gesso foram observados até 120 cm de profundidade. A incorporação superficial (15 cm) de 10 e 35 t ha⁻¹ de gesso em um solo ácido, promoveu, após 16 anos da incorporação, aumento significativo do teor de cálcio trocável até 120 cm de profundidade, que ficou retido no subsolo, enquanto parte do sulfato foi perdido por lixiviação para profundidades superiores a 120 cm. O alumínio trocável foi reduzido até 70 cm de profundidade. O gesso reduziu o pH em água de 0,1-0,2 unidades, em relação a testemunha, de 30-120 cm de profundidade; já o pH em cloreto de cálcio apresentou diferenças menores naquela profundidade, não diferindo estatisticamente da testemunha. O teor de magnésio trocável também foi reduzido de 30-50 cm de profundidade. Entretanto, foi observada elevada condutividade elétrica na camada de 0-20 cm, indicando que, mesmo após 16 anos, parte do gesso ainda se encontrava na camada superficial do solo (TOMA et al., 1999).

Um Latossolo Roxo distrófico de Ribeirão Preto-SP, foi corrigido com calcário dolomítico, nas doses de: 0,9; 2,5; 4,9; 8,1; e 12,1 t ha⁻¹ e gesso, nas doses de: 0,4; 1,6; 3,6; 6,4 e 10,0 t ha⁻¹, que foram aplicados a lanço e incorporados a 20 cm de profundidade, foi cultivado com soja por três anos seguidos. Não houve interação entre calcário e gesso em nenhum dos anos avaliados, razão pela qual os autores consideraram os efeitos de calcário e gesso de forma isolada. Na camada superficial (0-20 cm) o calcário aumentou o pH, cálcio, magnésio e diminuiu alumínio trocável e acidez total; o gesso aumentou o cálcio e sulfato, na primeira avaliação, dois meses após a incorporação. Com 38 meses após a aplicação o efeito do calcário sobre alumínio trocável, acidez total e pH se manteve, mas cálcio e magnésio trocáveis, embora acima da situação original decresceram muito em função da lixiviação com o sulfato. Também houve redução do teor de potássio nesta avaliação, embora não exista efeito dos corretivos sobre este elemento. O gesso diminuiu alumínio trocável e acidez total e aumentou o pH e cálcio trocável em todas as camadas, já o magnésio trocável diminuiu nas camadas superiores e aumentou nas inferiores. O calcário afetou, ligeiramente, o magnésio trocável, apenas na camada de 60-80 cm. Concluíram os autores que o calcário atuou mais na camada superficial e o gesso na subsuperficial, e que as alterações promovidas por eles favoreceram a produção da soja. Houve resposta similar da soja aos tratamentos de calcário e gesso com maior ênfase para o calcário, nos três anos de avaliação. O calcário não eliminou a acidez de subsuperfície (RAIJ et al., 1994).

Resposta da soja à calagem e gessagem cultivada por dois anos em sistema de plantio direto foi estudada por Caíres et al. (1998) em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico de textura média, onde foram aplicados superficialmente 0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT de 84%) e 0, 4, 8 e 12 t ha⁻¹ de gesso. Não foi verificada interação entre calcário e gesso e, portanto, os autores discutiram os resultados separadamente. Também não foi verificada resposta da soja aos tratamentos, tanto de gesso quanto de calcário. Contudo, calcário corrigiu a acidez do solo, reduzindo o alumínio trocável e aumentando o pH, tanto em superfície quanto em profundidade, com efeito mais acentuado aos 28 meses da aplicação. O gesso favoreceu a lixiviação das bases, principalmente do magnésio trocável e diminuiu o alumínio trocável. O gesso aumentou o teor de cálcio trocável no solo.

Seis meses após a incorporação, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, de 1,3 t ha⁻¹ de gesso e 2,0 t ha⁻¹ de calcário, a 20 cm de profundidade, na reforma de um canavial, foi observado aumento no teor de cálcio trocável e na saturação por bases, tanto em superfície quanto a 45 cm de profundidade, levando, nesta profundidade, a uma diminuição da saturação por alumínio de 70% para 20%, evidenciando os efeitos do gesso sobre o solo (FERREIRA et al., 1987). Vitti et al. (1995) observaram que o uso combinado de calcário e gesso, incorporados com arado em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico argiloso, antes do plantio da cana-de-açúcar, aumentou a saturação por bases e o pH e diminuiu a saturação por alumínio, desde a superfície até aos 60 cm de profundidade. Este efeito se estendeu até aos 42 meses após a aplicação, e resultou em aumentos significativos na produtividade da cana-de-açúcar em três cortes .

A aplicação de 2,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico em área total não permitiu a Sobral et al. (1993) observarem, após quinze meses, nenhuma diminuição do teor de alumínio trocável no perfil do solo, ficando esta restrita a camada dos 20 cm superficiais; porém, com a associação de gesso, em 75% da quantidade utilizada de calcário, foi observada redução de alumínio trocável, aos quinze meses, até 40 cm de profundidade. Observaram ainda que o gesso sozinho não alterou o alumínio em qualquer das profundidades analisadas. Com relação ao teor de cálcio, nos primeiros 6 meses, em todos os tratamentos, houve aumento nos primeiros 20 cm do solo. Abaixo desta camada os teores foram semelhantes ao da testemunha. Somente aos 15 meses ocorreu diminuição do teor de cálcio da camada superficial nos tratamentos com gesso, demonstrando a sua movimentação no perfil do solo. A intensidade da movimentação esteve ligada a quantidade de gesso aplicada.

A combinação de calcário nas doses de 0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹ e gesso nas doses de 0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹, aplicados num Latossolo Vermelho-Escuro álico de textura média, cultivado com cana-de-açúcar, variedade SP70-1143, foi estudada por Morelli et al. (1992). Estes autores encontraram aumento de produção de cana, seja para calcário ou para gesso isoladamente ou em combinação. Contudo, o melhor resultado foi obtido com a combinação de 4 t ha⁻¹ de calcário e 2 t ha⁻¹ de gesso, embora qualquer combinação onde o gesso esteve presente sempre foi melhor que qualquer tratamento isolado. Entretanto, todos os tratamentos foram significativamente superiores no nível de 5% em relação a testemunha, nos quatro cortes analisados. O uso conjunto de calcário com gesso alterou a saturação por bases original do solo, que era de 15% na superfície, para 30%, 41% e 47 %, respectivamente, nas doses de 2, 4 e 6 t ha⁻¹ de calcário, após 18 meses. No subsolo, de 20 até 100 cm, a saturação por bases na testemunha, que era de 5%, aumentou para 11%, 13% e 17%, respectivamente, para 2, 4 e 6 t ha⁻¹ de calcário quando combinado com 2 t ha⁻¹ de gesso. Nessa mesma situação, também o teor de alumínio trocável, depois de 18 meses, caiu ligeiramente com as doses crescentes de calcário, na camada de 25 a 50 cm, não se alterando abaixo desta profundidade.

A relação entre os efeitos benéficos ao solo desta combinação de calcário e gesso, com aumento na produtividade da cana-de-açúcar, foi também encontrada em treze experimentos conduzidos em diversos solos por Penatti e Forti (1995). Entretanto, nem sempre a produtividade da cana-de-açúcar respondeu ao uso do calcário e gesso. Em um Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico de textura média/argilosa, Mazza et al. (1995) encontraram efeitos benéficos do calcário sobre três cortes da cultura; porém, o gesso levou a uma queda de produtividade da cana-planta, mostrou-se sem efeito no segundo corte e só no terceiro corte apresentou algum efeito benéfico na produtividade.

A combinação de calcário e gesso também proporcionou melhora significativa nos solos, com reflexos na produtividade e longevidade das soqueiras, quando aplicada em cana-soca, como mostram os trabalhos de Salata et al. (1995) e Lorenzetti et al. (1992), em solos com teores de cálcio e magnésio inferiores aos níveis críticos estabelecidos e teor elevado de alumínio trocável.

A ação do calcário sobre solos ácidos, ocorre por um período de poucos anos, e é restrita a camada onde foi incorporado ou um pouco abaixo desta, alterando a concentração dos elementos trocáveis, com aumento do teor de cálcio e magnésio e diminuição do teor de alumínio

e neutralização da acidez ativa, com aumento do pH. Estes efeitos são benéficos às plantas, pois favorecem a disponibilidade de fósforo e outros nutrientes e a melhor utilização do nitrogênio, além de estimular a atividade microbiana. Embora possa ocorrer redução na disponibilidade de alguns micronutrientes e decomposição da matéria orgânica. Geralmente há aumento de produção das culturas. Mas, efeitos do calcário em maior profundidade no solo são mais difíceis de serem observados, mesmo após longo tempo de uso. Visando aumentar a ação corretiva no solo em profundidade, passou-se a utilizar o gesso agrícola como fonte de cálcio e enxofre. Entretanto, como o íon sulfato não reage na superfície do solo neutralizando a acidez, como ocorre com o ânion do calcário, ele permanece em solução, formando par iônico com cálcio, magnésio e potássio. Assim, com a passagem da água pelo perfil do solo ocorre a lixiviação destes pares iônicos, que são arrastados para o subsolo, onde encontram diferentes condições químicas, com pH mais ácido, ocorrendo a dissociação parcial dos pares iônicos, liberando os cátions para participar do complexo de troca e neutralizando parte do alumínio com a formação de sulfato de alumínio, alterando as condições ambientais em profundidade no solo. Permitindo maior enraizamento das culturas e, portanto, maior possibilidade de uso da água e dos nutrientes do subsolo, possibilitando maiores produtividades.

2.2 NÍVEIS CRÍTICOS EM CANA-DE-AÇÚCAR

Níveis relativamente elevados de cálcio, acima de 7 mmolc dm^{-3} , são necessários para propiciar o pleno desenvolvimento radicular nos solos ácidos (RAIJ, 1991; MALAVOLTA, 1992). Zambello Júnior e Orlando Filho (1983) consideram como níveis críticos para a cultura da cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo, teores de $7,5 \text{ mmolc dm}^{-3}$ para cálcio, $6,7 \text{ mmolc dm}^{-3}$ para magnésio e 10 mmolc dm^{-3} para alumínio trocável.

No Estado de Alagoas, Marinho et al. (1983) utilizando resultados de 23 experimentos, desenvolveram um estudo de calibração para alumínio trocável, onde propuseram quatro níveis de alumínio trocável no solo, abaixo de 3, de 4 a 10, de 11 a 25 e acima de 25 mmolc dm^{-3} , considerados respectivamente como pouco nocivo, nocivo, muito nocivo e extremamente nocivo à cultura da cana-de-açúcar e, portanto, com elevada resposta a correção do

solo com calcário. Sobral e Guimarães (1992) propõem valores bastante próximos a estes para o Estado de Pernambuco, estabelecendo que o nível crítico de alumínio trocável é de $6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e que acima de 25% de saturação por alumínio a cana-de-açúcar passa a sofrer limitações em seu desenvolvimento.

Um amplo estudo de calibração de cálcio e magnésio para a camada superficial dos solos cultivados com cana-de-açúcar foi desenvolvido por Benedini (1988), que concluiu que esta cultura foi pouco sensível a acidez do solo, sendo pouco influenciada pelo pH, saturação por bases, saturação por alumínio e teores de alumínio trocável no solo. Porém, a cana-de-açúcar respondeu ao calcário devido ao aumento nos teores de cálcio e magnésio do solo. Este autor estabeleceu como níveis críticos de cálcio mais magnésio e cálcio isolado, respectivamente $14 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Afirma ainda, que solos de baixa capacidade de troca catiônica não foram capazes de reter teores necessários de cálcio e magnésio por um ciclo de quatro cortes da lavoura.

Efeito residual de diferentes tipos de calcário foi encontrado por Orlando Filho et al. (1996) de forma que, para uma dose de 4 t ha^{-1} de calcário calcinado e de 6 t ha^{-1} para o calcário dolomítico comum, a camada superficial do solo manteve-se acima do nível crítico de $10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para cálcio, aos 56 meses. O nível crítico de $4,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para magnésio, considerado por esses autores, só foi atingido pelo calcário dolomítico comum. Entretanto, abaixo dos 30 cm de profundidade os teores de cálcio e magnésio mantiveram-se aquém dos níveis críticos considerados.

Teores mínimos de cálcio e magnésio são necessários para a cana-de-açúcar atingir seu pleno desenvolvimento. O cultivo em solos ácidos e pobres em nutrientes exige a adoção, por parte dos agricultores, de técnicas que corrijam o solo, tanto na camada superficial quanto em profundidade, pois o sistema radicular da planta tem capacidade de se aprofundar no solo, e se não encontrar teor mínimo de cálcio não há possibilidade de ocorrer o desenvolvimento radicular, além do que, se o solo apresentar alumínio tóxico este irá danificar as raízes, restringindo sua capacidade de absorção de água e nutrientes.

2.3 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EDÁFICO

A interação de genótipos de cana-de-açúcar com o ambiente foi estudada por Barbosa (1993), em Alagoas, que encontrou grupos de variedades que apresentavam melhor resposta de produção para ambientes distintos, considerados como favoráveis, médios e desfavoráveis à cultura. Concluiu que a variedade RB72454 expressa ótima estabilidade nos diversos ambientes, inclusive em ambientes desfavoráveis, onde apresenta boa capacidade de responder à melhoria ambiental, e que a variedade SP70-1143 possui estabilidade em ambiente desfavorável e alta resposta em ambiente favorável, sendo então mais recomendada para ambiente com solos menos férteis.

O plantio de duas variedades de cana-de-açúcar, uma tolerante a toxicidade de alumínio (NA56-79) e outra sensível à acidez (CP51-22), em colunas com Latossolo Vermelho-Escuro álico argiloso, que recebeu tratamentos com CaCO_3 , CaSO_4 e CaCl_2 em diferentes doses, permitiu observar que apesar do elevado teor de alumínio no solo as duas variedades apresentaram desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, semelhantes entre si, não diferindo estatisticamente. As fontes de cálcio promoveram lixiviação diferenciada das bases, sendo que CaCl_2 lixiviou tão intensamente o solo que este apresentou teores de bases semelhantes aos originais. Já o CaCO_3 não lixiviou da camada superficial para as subsuperficiais, não alterando as bases em profundidade. Entretanto, os sistemas radiculares das duas variedades apresentaram desenvolvimento semelhante, indicando, a grande tolerância ao alumínio pela cana-de-açúcar. O CaCO_3 proporcionou a maior produção de matéria seca entre os tratamentos. No tratamento com CaSO_4 , apesar de ocorrer movimentação das bases, que foram redistribuídas em profundidade alterando a condição original, e da formação de AlSO_4^+ , reduzindo a saturação por alumínio, não houve maior produção de matéria seca radicular e aérea para as duas variedades em relação aos demais tratamentos, em decorrência do desequilíbrio nutricional entre as bases do solo (DAL BÓ et al., 1986).

Outras culturas foram estudadas em relação à interação do genótipo com ambientes de solo ácido. Magalhães et al. (1980) estudaram o comportamento de duas cultivares de trigo (uma sensível e outra tolerante à acidez do solo), em relação à calagem (calcário dolomítico PRNT=100), nas doses de 0,5; 2,75 e 5,0 t ha⁻¹ e doses de fósforo de 60, 230, 400, 740

e 1080 kg ha⁻¹ de P₂O₅, por dois cultivos consecutivos. As cultivares diferiram na resposta à calagem: o cultivar tolerante apresentou maior produção em todas as doses de calcário e fósforo que o cultivar sensível à acidez. A produção dos dois cultivares aumentou com o aumento nas doses de calcário, o mesmo acontecendo com as doses de fósforo dentro de cada dose de calcário. O alto teor de alumínio no solo prejudicou a produção da cultivar mais sensível e favoreceu a produção da tolerante.

Gomes et al. (1997) avaliaram por dois anos consecutivos cinco cultivares de sorgo granífero, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, que receberam calcário dolomítico (PRNT = 75%) e gesso, nas seguintes doses combinadas: 0/0; 2,5/0; 2/0,5; 1,5/1; 5/0; 4/1; 3/2, em t ha⁻¹. Os tratamentos aumentaram a saturação por bases e reduziram a saturação por alumínio nas duas camadas analisadas, 0-30 e 30-60 cm. Na segunda colheita o solo apresentava uma redução de saturação por alumínio de 50%, em média na camada de 0-30 cm e de 15%, em média, na camada de 30-60 cm, tendo sido obtido o melhor resultado com a combinação de 3/2 t ha⁻¹ respectivamente de calcário e gesso. Embora houvesse pequeno efeito dos tratamentos nos parâmetros do solo, no primeiro ano não foi possível observar diferença em produção para qualquer um dos cultivares, segundo os autores isto ocorreu em função da baixa precipitação daquele ano agrícola. Mas, os cultivares de sorgo responderam significativamente aos tratamentos, tanto em produção de grãos quanto em altura das plantas, no segundo ano de cultivo, quando a precipitação foi 61% superior a do ano anterior. A combinação que apresentou melhor resposta de produção foi o 2/0,5 t ha⁻¹. Dentre os demais tratamentos, os que receberam só calcário apresentaram melhores respostas de produção do que aqueles em que o calcário estava associado ao gesso. Houve diferenças estatisticamente significativas entre os cultivares quanto à altura das plantas e produção de grãos. A produção e a altura das plantas apresentaram resposta quadrática aos tratamentos de gesso e calcário.

Cultivares de milho que apresentam diferentes graus de tolerância ao alumínio foram cultivadas por cinco anos, em Latossolo Vermelho-Escuro álico de textura argilosa, que recebeu calcário dolomítico nas doses de 0, 6 e 12 t ha⁻¹ e gesso nas doses de 0, 4 e 8 t ha⁻¹, sendo incorporados em aproximadamente 25 cm de profundidade. O calcário atingiu efeito máximo de alteração do pH na camada arável aos 16 meses, decrescendo daí em diante, não apresentando efeito em camadas mais profundas. Proporcionou ainda acréscimo dos teores de cálcio e magnésio e redução do alumínio trocável na camada superficial. O gesso não alterou o pH em

nenhuma das camadas analisadas. Entretanto aumentou o cálcio e o magnésio em profundidade. O potássio não foi afetado em nenhuma das profundidades nem por qualquer dos insumos, provavelmente, pelo elevado teor original e pelas frequentes adubações com este elemento. Não houve movimento descendente de potássio e magnésio, nem correção da acidez em profundidade, provavelmente em função da elevada CTC e da capacidade de tamponamento do solo, decorrentes da qualidade da argila. Os dois insumos apresentaram respostas independentes, ou seja, não houve interação. Tanto os cultivares tolerantes quanto os sensíveis responderam a calagem, mas só os sensíveis apresentaram resposta à aplicação do gesso. O efeito do gesso foi bem menor que o do calcário. O fato de não ter ocorrido efetiva diminuição da acidez abaixo da camada superficial demonstra que o calcário apresenta maior importância que o gesso na melhoria das condições do solo, por ter favorecido a produção, embora só a camada superficial sofresse efetiva melhora de ambiente para as raízes (RAIJ et al., 1998).

A aplicação de calcário dolomítico (0 e 3 t ha⁻¹) em um solo com elevado teor de alumínio trocável, alterou o ambiente de tal forma que permitiu o cultivo de variedade de soja sensível à acidez, conforme demonstrou o ensaio de Bataglia et al. (1981). Duas cultivares de soja, uma sensível e outra tolerante a alumínio, foram cultivadas em solo de várzea, que apresentava 14 mmolc dm⁻³ de alumínio trocável na camada arável. A adição de 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico corrigiu a acidez do solo de modo a permitir o desenvolvimento do sistema radicular da planta sensível, que atingiu comprimento similar ao da planta tolerante. Quanto a produção de grãos, quando a saturação por alumínio foi reduzida para menos de 10%, a variedade mais sensível produziu mais que a variedade tolerante.

A cana-de-açúcar é reconhecida como planta capaz de se desenvolver em solos que apresentam teores de cálcio e magnésio relativamente baixos e com grande tolerância ao alumínio tóxico. Diversos trabalhos têm mostrado que a produtividade depende dos teores destes elementos nos solos. Admitir que a planta é rústica simplifica o processo de manejo mas impede a obtenção da máxima produtividade. Buscar elevar o teor de nutrientes e diminuir o efeito da toxicidade do alumínio, em profundidade, garantindo com isso melhor desenvolvimento radicular e maior exploração do solo é reconhecido como fundamental para obtenção de produtividade econômica e longevidade do canavial. Mas, nem todas as variedades de cana-de-açúcar apresentam o mesmo grau de rusticidade. Variedades melhoradas para altos rendimentos em açúcar são, geralmente, muito exigentes em ambiente edáfico. Explorar os solos pobres e ácidos

com estas variedades tem-se apresentado como uma dificuldade a ser superada pelos produtores. Adequar planta e ambiente é necessário, mas as características de adaptação dos diversos genótipos não é bem conhecida e, portanto, técnicos e agricultores incorrem em erros de julgamento quanto à alocação dos genótipos.

2.4 EFEITO DO AMBIENTE EDÁFICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Quando os nutrientes estão diluídos no solo a planta os explora de forma eficiente através da maximização da superfície de absorção da raiz, que é obtida pela constante expansão do sistema radicular, o que permite uma contínua exploração de novos volumes da solução do solo, notadamente na camada superficial deste. Para Clarkson (1985) o genótipo, o estágio de desenvolvimento e o ambiente radicular influem no tamanho do sistema radicular, contudo, este é maior quando as plantas são cultivadas em solos de baixa fertilidade.

Entretanto, o desenvolvimento do sistema radicular em maior profundidade traz como vantagens: o maior aproveitamento da água, conferindo maior resistência à seca; maior aproveitamento dos nutrientes, seja do solo ou do fertilizante; e maiores ganhos em produtividade. Todavia, níveis elevados de alumínio e/ou baixos de cálcio afetam negativamente o desenvolvimento do sistema radicular nos solos com elevada acidez (FURLANI; BERTON, 1992; RENDIG; TAYLOR, 1989).

Para diferentes genótipos de quiabeiro cultivados no mesmo solo e sob o mesmo manejo da cultura, foram encontrados por Inforzato e Bernardi (1974) diferentes pesos do sistema radicular. Franco e Inforzato (1946) ao estudarem o sistema radicular do cafeeiro, verificaram que o mesmo genótipo cultivado em solos com características diferentes na fertilidade, retenção de água, aeração e compactação, apresenta volume, peso e distribuição do sistema radicular diferente para cada um dos ambientes radiculares.

Em milho, o sistema radicular foi sensivelmente estimulado em seu desenvolvimento com a calagem, principalmente na formação de raízes finas, o que favoreceu a produção da parte aérea, como comprovaram Silva et al. (1993). Caires e Rosolem (1993) encontraram respostas diferentes à calagem ao compararem cinco genótipos de amendoim. Pelo

menos um, o cultivar Oirã, apresentou exigência superior aos demais em cálcio e na correção da acidez do solo.

A evolução do sistema radicular em cana-planta, cultivada em solo do tipo Terra Roxa Legítima foi estudada por Inforzato e Alvarez (1957), utilizando o método do monólito. Constataram que, aos seis meses de idade, o desenvolvimento do sistema radicular se deu mais em profundidade; dos seis aos doze meses, o desenvolvimento foi maior na camada mais superficial do solo e, nesta idade, a planta apresentou o máximo desenvolvimento radicular. Aos dezoito meses, já estavam presentes raízes mortas, mostrando haver uma readaptação do sistema radicular ao ambiente. Constataram ainda que 59,3% da massa radicular encontravam-se nos 30 cm superficiais do solo.

As variedades de cana-de-açúcar podem diferir na eficiência do sistema radicular em absorver água e nutrientes do solo. O que caracteriza esta maior eficiência do sistema radicular é sua superfície e não seu peso ou volume, e também o fato das raízes estarem localizadas mais próximas da superfície do solo (HUMBERT, 1968).

Com o objetivo de determinar a distribuição do sistema radicular em cana-planta cultivada em solo arenoso, de baixa fertilidade, Avilan et al. (1977) desenvolveram um experimento usando o método do monólito. Eles comprovaram, para três variedades de cana-de-açúcar cultivadas na Venezuela, que noventa por cento, em massa seca de raízes, estavam nos primeiros 60 cm do solo e que a massa total das raízes foi bastante diferente entre as três variedades.

A distribuição do sistema radicular de cana-de-açúcar em profundidade não foi alterada em um solo contendo $4 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ de cálcio trocável ao longo do perfil, como mostrou Dal Bó et al. (1986). Contudo, a produção total de raízes foi afetada pelas diferentes fontes de cálcio adicionadas ao solo, sendo que o carbonato de cálcio sozinho ou em combinação com o gesso propiciou maior quantidade de matéria seca de raízes e da parte aérea, para duas variedades testadas, uma sensível a acidez do solo e outra tolerante, respectivamente CP51-22 e NA56-79. Entretanto, não houve diferença de produção de matéria seca entre as variedades, apesar da saturação de alumínio do solo ser de 74,5%, o que se deve ao fato do teor de cálcio do solo ser naturalmente suficiente para o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Utilizando o método do monólito, Morelli et al. (1987), coletaram o sistema radicular de uma cultura de cana-de-açúcar. Observaram que houve um aumento na quantidade

de raízes em profundidade, 27 meses após o solo ter sido submetido a tratamento com gesso sozinho ou associado ao calcário; enquanto que calcário sozinho levou a um aumento do sistema radicular apenas na camada mais superficial do solo. Encontraram ainda uma correlação significativa entre quantidade de raízes em profundidade e aumento da produtividade da cultura.

No Estado de Pernambuco, cana-planta cultivada em Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico álico de textura arenosa, corrigido com calcário dolomítico, apresentou uma distribuição radicular em que 75% da massa seca estava localizada nos 20 cm superficiais e 55% estavam a menos de 30 cm do centro da touceira (SAMPAIO et al., 1987).

O sistema radicular de cinco genótipos de cana-de-açúcar foram comparados por Salata et al. (1987), quando estes autores desenvolveram um estudo sobre a influência do tipo de sulcador (convencional, Rosseti e sulcador escarificador) sobre a cultura, instalada num solo arenoso, que apresentava uma saturação por bases de 55% na superfície e de 12% na camada de 25-50 cm. Concluíram que as diferenças encontradas na massa seca de raízes deveram-se a diferença genética entre as variedades e também ao tipo de sulcador utilizado. Com relação às variedades, sob a sulcação convencional, observou-se na colheita que a variedade SP70-1143 produziu 126 t ha⁻¹ de cana e 3,71 e 1,07 t ha⁻¹ de raízes, respectivamente, para as profundidades de 0-25 cm e 25-65 cm; enquanto a variedade SP71-799, exigente em solo, produziu 175 t ha⁻¹ de cana e 4,41 e 0,71 t ha⁻¹ de raízes, respectivamente, naquelas profundidades.

Os sistemas radiculares de cinco diferentes genótipos de cana-de-açúcar submetidos ao mesmo manejo e cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo álico, foram avaliados aos 10,6 meses do plantio, até 70 cm de profundidade. Os genótipos resultaram na mesma distribuição radicular, com 90% da massa seca radicular concentrada nos primeiros 30 cm, o que se deve, segundo os autores, ao baixo teor de cálcio deste solo. Contudo, a relação raiz/parte aérea foi diferente entre os genótipos. Dentre os genótipos avaliados estavam as variedades SP70-1143, recomendada para solos de baixa fertilidade e que apresentou a maior massa seca de raízes e a menor produção de colmos; e a SP71-799, reconhecida como muito exigente em solo e que apresentou a menor massa seca de raízes, embora tenha apresentado a maior produção de colmos. A relação raiz/parte aérea foi, portanto, diferente entre elas, sendo, respectivamente, de 10,2% e 4,2% (KORNDÖRFER et al., 1989)

O uso combinado de gesso e calcário proporcionou maior desenvolvimento do

sistema radicular de cana-planta, variedade SP70-1143, cultivada em Areia Quartzosa, tanto na superfície, quanto de 25–50 cm de profundidade. Mas não proporcionou aumento de 50-100 cm de profundidade. As raízes foram retiradas por escavação de monólitos (ZOTARELLI, 1992).

A distribuição em profundidade do sistema radicular de duas variedades de cana-de-açúcar foi avaliada por dois métodos: monólito e trado, em cana-soca cultivada em Latossolo Vermelho álico de textura média, em que se adotaram dois sistemas de colheita. Os sistemas de colheita não diferiram na distribuição de raízes para qualquer dos métodos de avaliação. A maior proporção de raízes, 55% na média dos tratamentos, foi encontrada de 0-20 cm, e 22% de 20-40 cm. Embora a distribuição não tenha sido diferente, a massa seca de raízes avaliada pelo método do trado foi superior a do monólito (VASCONCELLOS et al., 2003).

Nem sempre a maior produção agrícola está relacionada com vigoroso sistema radicular de determinada variedade, pois ela resulta do somatório de outras características desejáveis, como: população de colmos, altura e diâmetro dos colmos, área foliar, e peso por colmo (CASAGRANDE, 1991).

A população de colmos é uma das principais características de um genótipo que influem sobre a produtividade da cultura de cana-de-açúcar. É conhecida a evolução da população de colmos, onde, após a brotação inicial, há um intenso aumento no número de plantas com posterior declínio até atingir a estabilidade característica da variedade ou do ambiente em que ela se encontra. Leme (1978) determinou que, em áreas irrigadas, este número está entre 14 e 16 colmos por metro e nas não irrigadas, é inferior a 12. Entretanto Machado et al. (1982) encontraram em área não irrigada, uma população final por metro de 12,6 e 11,2 colmos para as variedades NA56-79 e CB41-14, respectivamente.

O efeito do enxofre sobre a população de colmos foi estudado por Penatti e Prado Filho (1989). Em Areia Quartzosa com 10% de argila foram aplicadas doses crescentes de enxofre, de zero a 75 kg ha⁻¹, na forma de superfosfato simples no sulco. Para distinguir o efeito do fósforo um tratamento foi com superfosfato triplo. Foi plantada a variedade SP70-1143. Concluíram os autores que o enxofre aumentou a produção da cana-de-açúcar, e não influenciou no número de perfilhos em quatro épocas em que esta característica foi avaliada.

O efeito do calcário e do gesso na altura das plantas foi bem caracterizado no trabalho de Fernandes (1985), que encontrou estreita relação entre a altura das plantas e a quantidade de cálcio e enxofre adicionada ao solo. Ele trabalhou com duas variedades e apesar

das diferenças entre elas, a resposta ao calcário e ao gesso foi igual, estatisticamente, para a altura das plantas. Também Vargas (1981) comparou a altura dos colmos da cana-de-açúcar cultivada em solo que recebeu doses de calcário no sulco e em área total. No final do ciclo da cana-planta quantificou o tamanho dos colmos de cada tratamento e concluiu que não existe diferença significativa entre a altura dos colmos com relação ao uso de calcário no solo.

Calcário aplicado em área total, combinado ou não ao gesso, não proporcionou diferença significativa entre tratamentos para pol % cana, seja para calcário ou gesso sozinhos ou em combinações de doses diferentes, sendo sempre os resultados semelhantes a testemunha para esta característica estudada (SOBRAL et al., 1993). Resultado semelhante foi encontrado por Penatti et al. (1987), com calcário dolomítico aplicado no sulco de plantio. Entretanto, Vargas e Bittencourt (1992) encontraram, para cana-planta e cana-soca, maior pol % cana em tratamentos que não receberam ou receberam apenas 2 t ha⁻¹ de calcário em comparação aos tratamentos que receberam 4 e 6 t ha⁻¹, embora a produção de massa tenha sido maior nestas duas doses.

A utilização de calcário e gesso na melhoria das condições edáficas dos solos cultivados com cana-de-açúcar tem proporcionado algumas alterações, seja na morfologia, na produtividade de colmos ou na produção de açúcar, embora isto não ocorra em todos os ambientes. Naqueles que são mais pobres em nutrientes e ácidos, os efeitos são mais evidentes, principalmente quando o genótipo utilizado não apresenta grande adaptação aquele ambiente, ou quando o genótipo apresenta potencial de resposta a alteração ambiental. Assim, adequar o genótipo e o ambiente edáfico, são duas condições necessárias para obtenção de resultados econômicos na exploração da cultura da cana-de-açúcar.

2.5 Referências Bibliográficas

ANJOS, J.T.; PUNDEK, M.; TASSINARI, G.; GRIMM, S. S. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre algumas propriedades químicas de um Cambissolo Húmico distrófico, cultivado com milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.5,n,1, p.50-54, 1981.

AVILAN R., L.; GRANADOS M., F.; ORTEGA, D. Estudio del sistema radicular de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en un moliisol de los Valles de Aragua. Agronomía Tropical, v.27, n.1, p.69-87, 1977.

BARBOSA, G.V. de S. Análise da interação de novas variedades RB de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) com ambientes de cultivo em Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5, 1993, Águas de São Pedro. Anais... Piracicaba: STAB, 1993. p.115-120.

BASSINELLO, A.I. Interações de genótipos x ambientes em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) 1984. 110p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BATAGLIA, O.C.; MIRANDA, M.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Caracterização da toxicidade por alumínio em dois cultivares de soja com diferente grau de tolerância à queima de folhas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.5, n.2, p.161-166, 1981.

BENEDINI, M.S. Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar. Piracicaba:Centro de Tecnologia Copersucar, 1988. 19p. (Série Agronômica nº 16).

BISSANI, C.A.; ANGHINONI, I. Enxofre, cálcio e magnésio. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas. Porto Alegre:GENESIS, 2004. cap.17, p.207-220.

BITTENCOURT, V.C.; CARMELLO, Q.A.; BEAUCLAIR, E.G.F.; JOÃO, J.; CLEMENTE, J.L. Produtividade da cana-de-açúcar e suas relações com a fertilidade dos solos e o manejo da cultura. *Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v.8, n.5/6, p.10-14, 1990.

CAIRES, E.F.; ROSOLEM, C.A. Calagem em genótipos de amendoim. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.2, p.193-202, 1993.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22,n.1, p.27-34, 1998.

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. Produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.31-64.

CASAGRANDE, A. A. Tópicos de morfologia e fisiologia de cana-de-açúcar. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 1991. 157p.

CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus. Anais... Ilhéus:CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.

DAL BÓ, M.A.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M.; THIÉBAUT, J.T.L.; NOVAIS, R.F. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar. II Respostas da planta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, n.2, p.231-234, 1986.

DEMATTE, J.L.I. Aptidão agrícola de solos e uso do gesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. Anais... Uberaba:IBRAFÓS, 1992. p.307-324.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. Maximização da eficiência de produção das culturas. Brasília:EMBRAPA, 1999. 294p.

FERNANDES, F.A. Efeito do gesso como fonte de cálcio e de enxofre na cultura da cana-de-açúcar. 1985. 92p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

FERREIRA, E.S.; KORNDORFER, G.H.; MARTINS, J.; MATTHIESEN, L.A. Efeitos da aplicação de gesso + calcário sobre algumas características químicas em Latossolo Vermelho-Amarelo. Boletim Técnico Copersucar, Piracicaba, v.38, p.13-15, 1987.

FLOSS, E.L. Fisiologia das plantas cultivadas. Passo Fundo:Editora Universitária, 2004. 528p.
FRANCO, C. M.; INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do Estado de São Paulo. Bragantia, v. 6, n.9, p.443-458, 1946.

FURLANI, P.R.; BERTON, R.S. Atividade de cálcio e alumínio e o desenvolvimento radicular. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. Anais... Uberaba: IBRAFÓS, 1992. p.121-138.

GARGANTINI, H; MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S. Efeitos da calagem sobre os teores de cálcio mais magnésio de perfis de solos de cerrado. Anais da ESALQ, Piracicaba, v.39, n.2, p.1115-1136, 1982.

GOMES, R.V.; TABOSA, J.N.; SIMÕES, A.L.; CAVALCANTI, F.J.A.; LIRA, M.A.; REIS, O.V.; LIMA, G.S.; TAVARES, J.A. Utilização do calcário + gesso em solos ácidos da Chapada do Araripe-PE, na cultura do sorgo granífero. Pesquisa Agropecuária Pernambucana, Recife, v.10, n.1, p.25-37, 1997.

HUMBERT, R.P. The growing of sugarcane. Amsterdam: Elsavier Publ. Co., 1968. 779p.
INFORZATO, R.; BERNARDI, J.B. Estudo comparativo do sistema radicular de seis variedades de quiabeiro. Bragantia, v.33, p.XCIX-CIII, 1974.

INFORZATO, R.; ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar variedade Co 290, em solo tipo Terra Roxa Legítima. Bragantia, v. 16, n.1, p.1-13, 1957.

KORNDÖRFER, G.H.; PRIMAVERSI, O.; DEUBER, R. Crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA. Boletim Técnico Copersucar, v. 47, p.32-36. 1989.

LEME, E.J.A. Estudo da variação das características hidráulicas dos sulcos de infiltração em cana-de-açúcar. (Saccharum spp.). 1978. 86p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

LIMA, J.M.J.C.; LIMA, V.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Alterações nas propriedades químicas de solos no agroecossistema cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, 1992, Piracicaba. Anais... Piracicaba:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.116-117.

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

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 17, n. 9, p.1323-1329, 1982.

MAGALHÃES, J.C.A.J.; LOBATO, E.; RODRIGUES, L.H. Calagem e adubação fosfatada para dois cultivares de trigo em solo de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.4, n.2, p.160-164, 1980.

MALAVOLTA, E. O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta – perguntas e respostas. In. SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. Anais... Uberaba:IBRAFÓS, 1992. p.41-66.

MARINHO, M.L.; ALBUQUERQUE, G.A.C; ARAÚJO FILHO, J.T. Calibração do alumínio trocável do solo para cana-de-açúcar em Alagoas. Saccharum: Piracicaba. v.26, p.18-23, 1983.

MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; PEREIRA, H.S.; DEMATTÊ, J.A.M.; ALOISI, R.R. Efeitos do calcário e do gesso nos atributos químicos de um Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico e nas produtividades durante o ciclo da cultura da cana-de-açúcar. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.1091-1093.

MEDINA, C.C.; BRINHOLI, O. Estudo da aplicação de gesso e calcário na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), açúcar e álcool. Energia na Agricultura, Botucatu, v.6, n.3, p.18-22, 1991.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei pouco húmico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24,n.2, p.209-215, 2000.

MORAES, J.F.V. Movimento de nutrientes em Latossolo Vermelho-Escuro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 26, n.1, p.85-97, 1991.

MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; DEMATTÊ, 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, v. 6, n.2, p.24-31, 1987.

MORELLI, J.L., DALBEN, A.E., ALMEIDA, J.O.C., DEMATTÊ, J.L.L. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.2, p.187-194, 1992.

NOBLE, A.D.; HURNEY, A.P. Long-term effects of lime additions on sugarcane yield and soil chemical properties in north Queensland. *Experimental Agriculture*, Townsville, v.36, n.3, p.397-413, 2000.

OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho em um Latossolo Vermelho-Escuro álico à calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21,n.1, p.65-70, 1997.

OLIVEIRA, H.J.; ERNANI, P.R.; AMARANTE, C.V.T. Alteração na composição química das fases sólida e líquida de um solo ácido pela aplicação de calcário e gesso agrícola. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.1, n.2, p 37-41, 2002.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In. CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. *Produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba:FEALQ, 1993. p.133-146.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R; MURUOKA, T. Efeito residual da calagem (56 meses) sobre os valores de pH, cálcio e magnésio do solo. *Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.14, n. 4, p.19-21, 1996.

PENATTI, C.P.; BONI, P.S.; CONDE, A.J.; SALATA, J.C. Efeito da aplicação de calcário no sulco de plantio de cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar*, v.39, p.17-20, nov. 1987.

PENATTI, C.P.; PRADO FILHO, O. Efeito do enxofre na cultura da cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar*, v.47, p.37-40, 1989.

PENATTI, C.P.; FORTI, J.A. Calcário e gesso em cana-de-açúcar. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. *Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 1995. p.1089-1090.

QUAGGIO, J.A. Resposta das culturas à calagem. IN: MALAVOLTA, E. (Coord.) SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1985, Piracicaba. *Anais... Piracicaba: Fundação Cargill*, 1985. p.123-157.

QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II- Efeito residual. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, n.1, p.113-118, 1982.

RAIJ, B.V. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba:CERES/POTAFÓS, 1991. 343p.

RAIJ, B.V. Reações de gesso em solos ácidos. In. SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. *Anais... Uberaba:IBRAFÓS*, 1992. p.105-120.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P.; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, n. 1, p.33-37, 1982.

RAIJ, B.V.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; PETTINELLI JÚNIOR, 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, n.1, p.101-108, 1998.

RAIJ, B.V.; MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; IGUE, T.; SORDI, G. Efeito de calcário e de gesso para soja cultivada em Latossolo Roxo ácido saturado com sulfato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n. 2, p.305-312, 1994.

RENDIG, V.V.; TAYLOR, H.M. Root growth and distribution In: _____ Principles of soil-plant interrelationships. McGraw-Hill Publ., 1989. cap. 2, p.37-77.

SALATA, J.C.; ARMENE, J.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Influência do tipo de sulcador no desenvolvimento do sistema radicular e produtividade da cana-de-açúcar. *STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v.5, n.4, p.12-18, mar./abr. 1987.

SALATA, J.C.; SANTOS, E.; DEMATTÊ, J.L.I. Ação do calcário e gesso em solos de baixa fertilidade e na recuperação de soqueiras de cana-de-açúcar. *Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.14, n.1, p.19-22, 1995.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; CAVALCANTI, F.J.A. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. - III. Conteúdo de nutrientes e distribuição radicular no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.22, n.4, p.425-431, 1987.

SILVA, D.J.; ALVARENGA, R.C.; ALVAREZ, V.H.; SOARES, P.C. Localização de fósforo e de cálcio no solo e seus efeitos sobre o desenvolvimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.2, p.203-209, 1993.

SOBRAL, A.F.; GUIMARÃES, V.O.S. Relação entre a toxidez do alumínio e a produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.2, p.287-292, 1992.

SOBRAL, A.F.; LIMA, S.M.A.; MELO, P.L.P. Efeitos da aplicação de calcário e gesso na produção de cana-de-açúcar e nas características químicas do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5, Águas de São Pedro, 1993. Anais... Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1993. p.34-38.

TAYLOR, H.M. Root zone modification: fundamentals and alternatives In: ARKIN, G.F.; TAYLOR, H.M. Modifying the root environment to reduce crop stress. Michigan:ASAE, 1981. cap. 1, p.3-17.

TOMA, M.; SUMNER, M.E.; WEEKS, G.; SAIGUSSA, M. Long-term effects of gypsum on crop yield and subsoil chemical properties. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.63, n.4, p.891-895, 1999.

VARGAS, J.T.D. Efeito na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) da aplicação de calcário como corretivo e adubo em solo de cerrado. 1981. 94p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

VARGAS, J.T.D.; BITTENCOURT, V.C. Efeito da adubação verde e calcário nas propriedades do solo e na produção e qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivada em solo de cerrado. Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.1, n.1, p.91-105, 1992.

VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN, D.; JORGE, L.A.; LANDELL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. Revista Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa. v.27, n.5, p.849-858, 2003.

VITTI, G.C.; MAZZA, J. A.; PEREIRA, H.S.; DEMATTÊ, J.L.I.; SISTE, M. Efeitos do calcário e do gesso nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico e na produtividade de três cortes da cana-de-açúcar. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.1086-1088.

ZAMBELLO JÚNIOR., E.; ORLANDO FILHO., J. Adubação da cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. Piracicaba: Planalsucar, 1983. 26p. (Boletim Técnico, 3).

ZOTARELLI, E.M.M. Gesso e calcário em cana-de-açúcar cultivada em areia quartzosa. 1992. 75p. Dissertação. (Mestrado em Agricultura) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiróz’, Universidade de São Paulo, SP.

3. ARTIGO: DURAÇÃO DOS EFEITOS DA CALAGEM E GESSAGEM SOBRE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO PSAMÍTICO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*).

3.1. Resumo

Com a expansão da lavoura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em áreas de solos arenosos, de baixa CTC, a utilização de insumos para correção é inevitável. Por razões econômicas a cultura é submetida a diversos cortes, prolongando seu ciclo. Com o objetivo de avaliar a duração dos efeitos da calagem e da gessagem sobre o perfil de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico, durante um ciclo da cultura, foi instalado um ensaio com doses de calcário dolomítico (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹), na presença (2 t ha⁻¹) e ausência (0 t ha⁻¹) de gesso, em fatorial (4 x 2) e três repetições. Os corretivos foram distribuídos e incorporados a 20 cm de profundidade. O solo foi analisado na superfície (0-20 cm) e em subsuperfície (20-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm) aos 8, 17, 29 e 53 meses após a incorporação. As doses de calcário promoveram aumento de pH, cálcio e magnésio trocáveis e saturação por bases e redução do alumínio trocável e da acidez total, na superfície, em todas as épocas. Aos 17 meses, observou-se o máximo efeito em profundidade, até 80-100 cm. Aos 53 meses, apenas a maior dose de calcário promoveu melhoria no solo e só na superfície. O gesso favoreceu a lixiviação das bases, aumentando-as em subsuperfície aos 17 meses e empobrecendo o solo aos 53 meses. O gesso baixou o pH do solo em subsuperfície.

Palavras-chave: *Saccharum spp*, calcário dolomítico, gesso.

3.2. Abstract

The expansion of the sugarcane (*Saccharum spp*) plantation on a sandy soil, of low CEC, make the use of products be inevitable. The economic reasons make the culture be submitted of many cuts, prolonging its cycle, with the aim of observe the liming and gypsum duration effects in a red latosol (Rhodic Hapludox) psamitic, during the cycle of a plantation, was make test with rates of dolomitic lime (0, 2, 4, 6 t ha⁻¹) when there were (2 t ha⁻¹) and when there weren't (0 t ha⁻¹) gypsum, in with a (4 x 2) factorial distribution of treatments and three replications. The products were distributed and incorporated a 20 cm of deep. The soil was analyzed on the surface (0-20 cm) and on the subsurface (20-40; 40-60; 60-80 and 80-100 cm) on the 8, 17 29 and 53 months after the incorporation. The lime rates promote the increase of the pH, exchangeable calcium and magnesium and the basis saturation and reduction of the exchangeable aluminium and the total acidity, on the surface, in all the periods. On the 17 months was observed the higher effect in deep, until the 80-100 cm. On the 53 months only the biggest rate of lime promote the improvement on the soil and only in the subsurface. The gypsum benefited the leaching of the bases, incrazing them on the subsurface on the 17 months and impoverishin the soil on the 53 months. The gypsum made low the pH of the soil on the subsurface.

Key-Words: *Saccharum spp*, dolomitic lime, gypsum.

3.3. Introdução

A expansão da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) no Brasil, vem ocorrendo principalmente em áreas antes ocupadas com pastagens, consideradas marginais para agricultura. Estes novos ambientes de produção estão localizados em áreas com solos de baixa capacidade de troca catiônica, geralmente de textura média ou arenosa, pobres em nutrientes e que apresentam algum grau de toxicidade de alumínio.

A produção nestes ambientes depende de inversão de recursos em insumos, principalmente corretivos e fertilizantes do solo, de forma a torna-los minimamente aptos a suportar os novos materiais genéticos, altamente produtivos em fitomassa e sacarose, mas exigentes em ambiente livre de restrições, incluindo entre elas as nutricionais. Bittencourt et al. (1990) estudando a produtividade da cana-de-açúcar cultivada em diversas usinas do Estado de São Paulo, concluíram que os fatores que mais interferiram na produtividade foram o clima e o manejo da cultura; entretanto, observaram que existe uma influência da qualidade dos solos sobre a capacidade produtiva de uma área, e que as maiores produtividades foram obtidas quando o nível de cálcio no solo foi alto e o de magnésio médio, o que se consegue apenas com a correção dos níveis de cálcio e magnésio do solo através da calagem, principalmente quando estes nutrientes encontravam-se em nível muito baixo no solo.

A calagem traz como benefício a neutralização do alumínio e manganês tóxicos do solo, o fornecimento dos nutrientes cálcio e magnésio, além de aumentar a disponibilidade de fósforo e favorecer a nitrificação da matéria orgânica entre outros, Rajj (1991). Porém, sua ação é apenas superficial, ficando restrita a camada de solo onde foi efetivamente incorporada, como foi demonstrado por Gargantini et al. (1982), que avaliaram, após cinco anos, o efeito de doses crescentes de calcário incorporado em três solos, constatando que a calagem aumentou os teores

de cálcio e magnésio somente até os 40 cm de profundidade, além dos quais os teores mantiveram-se semelhantes a testemunha. Assim, a ação do alumínio no subsolo, restringindo o desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, a absorção de íons necessários à planta, continua a ocorrer.

O gesso agrícola, utilizado como fonte de cálcio e enxofre, atua reduzindo a acidez do subsolo, já que é lixiviado mais rapidamente para camadas mais profundas, reduzindo a atividade do alumínio, aumentando a concentração de íons cálcio, magnésio, potássio e alumínio em solução e favorecendo o desenvolvimento radicular no subsolo (Orlando Filho, 1993; Malavolta, 1992; Raij, 1992; Morelli et al., 1992).

Para Morelli et al. (1992) e Demattê (1992) o uso combinado de insumos como o calcário associado ao gesso agrícola deve ser considerado no manejo dos solos ácidos, lembrando que esta combinação é ineficaz em solos de maior fertilidade, como comprovaram Medina e Brinholi (1991), em Terra Roxa Estruturada distrófica.

A existência de cálcio em profundidade no solo se faz necessária, pois esse nutriente não possui movimento descendente na planta, devendo estar localizado na área de absorção radicular (Goedert et al., 1985; Ritchey et al., 1983).

Para Malavolta (1992) e Raij (1991) há também necessidade de níveis relativamente elevados de cálcio, acima de 7 mmolc.dm^{-3} , para propiciar o desenvolvimento radicular nestas condições. Já Zambello Júnior e Orlando Filho (1983) consideram para o Estado de São Paulo teores de $7,5 \text{ mmolc dm}^{-3}$ para cálcio, $6,7 \text{ mmolc dm}^{-3}$ para magnésio e 10 mmolc dm^{-3} para o alumínio trocável como níveis críticos para a cultura da cana-de-açúcar.

Um amplo estudo de calibração de cálcio e magnésio para a camada superficial dos solos cultivados com cana-de-açúcar foi desenvolvido por Benedini (1988), que concluiu que esta cultura foi pouco sensível a acidez do solo, sendo pouco influenciada pelo pH, saturação por

bases, saturação por alumínio e teores de alumínio trocável no solo. Porém a cana-de-açúcar respondeu ao calcário devido ao aumento nos teores de cálcio e magnésio do solo. O autor estabeleceu como níveis críticos de cálcio + magnésio e cálcio isolado, respectivamente 14 mmolc dm^{-3} e 10 mmolc dm^{-3} . Afirma ainda, que solos de baixa capacidade de troca catiônica não foram capazes de reter teores necessários de cálcio e magnésio por um ciclo de 4 cortes da lavoura.

Contudo, Orlando Filho et al. (1996) ao analisarem o efeito de 4 diferentes tipos de calcário encontraram efeito residual, de forma a manter a camada superficial do solo acima do nível crítico de 10 mmolc dm^{-3} para cálcio, aos 56 meses, nas doses de 4 t ha^{-1} de calcário calcinado e de 6 t ha^{-1} para o calcário dolomítico comum. O nível crítico de $4,2 \text{ mmolc dm}^{-3}$ para magnésio, considerado por esses autores, só foi atingido pelo calcário dolomítico comum. Entretanto, abaixo dos 30 cm de profundidade os teores de cálcio e magnésio mantiveram-se aquém dos níveis críticos considerados.

No Estado de Alagoas, Marinho et al. (1983) utilizando resultados de 23 experimentos, desenvolveram um estudo de calibração para alumínio trocável, onde propuseram 4 níveis deste elemento no solo: abaixo de 3, de 4 a 10, de 11 a 25 e acima de 25 mmolc dm^{-3} , considerados respectivamente, como pouco nocivo, nocivo, muito nocivo e extremamente nocivo à cultura da cana-de-açúcar e, portanto, com elevada resposta a correção do solo com calcário. Sobral e Guimarães (1992) propõem valores bastante próximos a estes, estabelecendo que o nível crítico de alumínio trocável é de 6 mmolc dm^{-3} e que acima da saturação por alumínio de 25%, a cultura passa a sofrer limitações em seu desenvolvimento.

O objetivo deste ensaio foi avaliar a duração dos efeitos de diferentes doses de calcário dolomítico, na presença e ausência de gesso, na correção, em profundidade, de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico, durante um ciclo de quatro cortes de cana-de-

açúcar.

3.4. Material e Métodos

O ensaio foi desenvolvido em área da Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema, pertencente ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC), localizada no município de Assis, Estado de São Paulo a 410 m de altitude e definida pelas seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°47' S e longitude 50°33' W. Em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico (EMBRAPA, 1999). Na Tabela 3.1 são apresentados os resultados das análises químicas e granulométrica do solo. A granulometria foi determinada através do método da pipeta, conforme EMBRAPA (1979). As características químicas do solo foram avaliadas pelo método IAC de análise de rotina (Raij et al., 1987).

Tabela 3.1. Análise química e granulométrica do solo, antes da instalação do ensaio, em outubro de 1992, em quatro profundidades.

Característica Analisada	Unidade	Profundidade (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80
P resina	mg dm ⁻³	3	2	1	1
Mat. Orgânica	g dm ⁻³	17	12	9	7
pH (CaCl ₂)		4,2	4,0	3,8	4,0
K	mmol _c dm ⁻³	0,5	0,4	0,4	0,3
Ca	mmol _c dm ⁻³	9	7	6	5
Mg	mmol _c dm ⁻³	4	4	3	3
H + Al	mmol _c dm ⁻³	41	43	37	30
Al	mmol _c dm ⁻³	5	7	9	8
S	mmol _c dm ⁻³	13,5	11,4	9,4	8,3
CTC	mmol _c dm ⁻³	54,5	54,4	46,4	38,3
V	%	25	21	20	22
M	%	27	38	49	49
Argila	g dm ⁻³	108	128	158	135
Silte	g dm ⁻³	30	49	64	49
Areia	g dm ⁻³	862	823	778	816

O experimento foi instalado e conduzido no período de outubro de 1992 a julho de 1997. Após limpeza e preparo inicial do solo com gradagem pesada, procedeu-se a demarcação das parcelas, distribuição manual do calcário e do gesso, seguidos de incorporação com arado de disco de 26", a 20 cm de profundidade. Imediatamente antes do plantio a área recebeu uma gradagem de nivelamento. O plantio de cana-de-açúcar deu-se no final do verão de 1993, 42 dias após aplicação e incorporação do calcário e do gesso. O calcário utilizado apresentava as seguintes características: 31,2 % de CaO e 21,6 % de MgO e PRNT de 90,2 % e o gesso era composto de 25,5 % de CaO e 14,1 % de S e 0,64 % de P₂O₅ total.

Os tratamentos de correção do solo com calcário corresponderam as doses de 0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e 0 (ausência) e 2 (presença) t ha⁻¹ de gesso. A cana-planta foi adubada com N-P-K , na dose de 26-150-150 kg ha⁻¹, e após cada soca, foram aplicados no cultivo 400 kg ha⁻¹ de 25-0-25.

Durante o ensaio o solo de cada parcela foi amostrado retirando-se 9 sub-amostras, na entrelinha da cultura, que formaram uma amostra composta. As amostras foram retiradas logo após as colheitas, sendo secas à sombra e analisadas, medindo-se o pH em solução de 0,01 M de cloreto de cálcio; a acidez total por solução SMP; potássio extraído com resina trocadora de íons; cálcio, magnésio e alumínio extraídos por reação com KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por titulometria. As saturações por bases e por alumínio foram calculadas com os valores encontrados nas análises de solo. O solo foi analisado nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm e de 80-100 cm, aos 8, 17, 29, 53 meses após a correção, que correspondem, respectivamente, as fases de: crescimento da cana-planta, pós-colheita da cana-planta, pós-colheita da primeira soca e pós-colheita da terceira soca.

Adotou-se o delineamento estatístico na forma de arranjo fatorial de 4 x 2 (calcário x gesso), com as parcelas distribuídas inteiramente ao acaso, com 3 repetições,

totalizando 24 parcelas. Cada parcela era composta de 6 ruas, espaçadas de 130 cm, de 10 metros de comprimento, sendo uma rua de bordadura para cada lado, perfazendo uma área útil de 52 m². Para os atributos químicos do solo, foi aplicada análise de regressão para o tratamento calcário e teste de Tukey a 5% e 1% de significância para presença e ausência de gesso, quando a análise de variância indicou significância.

3.5. Resultados e Discussão

Não foi encontrado resultado significativo, em qualquer época e profundidade para a interação calcário x gesso, fato também constatado em latossolos arenosos por Morelli et al. (1992) e Caíres et al. (1998) e latossolos argilosos por Raij et al. (1994) e Raij et al. (1998). Assim, estes insumos serão discutidos separadamente.

Efeito do gesso

Os resultados da análise de variância pelo teste F para presença e ausência de gesso, nas quatro épocas e nas cinco profundidades analisadas e os teores médios de Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e K⁺ trocáveis e V% são apresentados na Tabela 3.2. Os valores médios de pH em CaCl₂, acidez total (H + Al), Al⁺⁺⁺ e m%, são apresentados na Tabela 3.3.

Não foi observado efeito do gesso nos atributos químicos do solo aos 8 meses da incorporação, provavelmente porque na camada superficial este ficou mascarado pelos efeitos da calagem e não houve tempo para alterar camadas mais profundas em qualquer dos parâmetros analisados.

Tabela 3.2. Médias de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e V%, de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico, na presença (C/G) e ausência (S/G) de gesso, em 4 épocas e 5 profundidades.

Prof. (cm)	Ca ²⁺			Mg ²⁺			K ⁺			V		
	F	C/G	S/G	F	C/G	S/G	F	C/G	S/G	F	C/G	S/G
	8 Meses											
0-20	0,08 ^{ns}	14,1 a	13,8 a	1,03 ^{ns}	5,1 a	4,6 a	0,25 ^{ns}	0,3 a	0,4 a	0,01 ^{ns}	36,8a	36,9 a
20-40	2,38 ^{ns}	6,8 a	6,1 a	0,01 ^{ns}	2,3 a	2,3 a	0,47 ^{ns}	0,3 a	0,4 a	0,97 ^{ns}	20,0 a	18,7 a
40-60	0,20 ^{ns}	5,6 a	5,5 a	0,77 ^{ns}	1,7 a	1,6 a	0,29 ^{ns}	0,3 a	0,4 a	0,07 ^{ns}	17,5 a	17,2 a
60-80	0,01 ^{ns}	5,2 a	5,2 a	0,01 ^{ns}	1,7 a	1,7 a	0,89 ^{ns}	0,4 a	0,4 a	0,17 ^{ns}	19,1 a	18,8 a
80-100	0,32 ^{ns}	5,9 a	5,6 a	2,21 ^{ns}	2,1 a	1,8 a	0,61 ^{ns}	0,4 a	0,3 a	0,56 ^{ns}	22,6 a	21,8 a
	17 Meses											
0-20	2,06 ^{ns}	13,2 a	12,2 a	1,28*	6,0 a	5,4 a	0,01 ^{ns}	0,3 a	0,3 a	1,52 ^{ns}	38,9 a	36,3 a
20-40	13,16 ^{**}	8,4 a	7,4 b	2,32 ^{ns}	3,6 a	3,1 a	0,25 ^{ns}	0,2 a	0,2 a	5,15*	25,7 a	23,1 b
40-60	0,60 ^{ns}	6,3 a	6,1 a	6,67 ^{**}	2,7 a	2,4 b	3,57 ^{ns}	0,2 a	0,2 a	2,48 ^{ns}	21,4 a	20,1 a
60-80	0,29 ^{ns}	5,7 a	5,9 a	1,18 ^{ns}	2,1 a	2,3 a	2,28 ^{ns}	0,3 a	0,2 a	0,23 ^{ns}	21,9 a	21,5 a
80-100	10,11 ^{**}	6,3 a	5,5 b	5,70*	2,5 a	2,2 b	0,40 ^{ns}	0,2 a	0,2 a	15,78 ^{**}	25,3 a	22,7 b
	29 Meses											
0-20	0,87 ^{ns}	10,9 a	11,8 a	0,53 ^{ns}	4,8 a	4,2 a	20,95 ^{**}	0,7 a	0,4 b	0,41 ^{ns}	40,3 a	38,5 a
20-40	0,15 ^{ns}	8,3 a	8,0 a	2,61 ^{ns}	2,3 a	3,0 a	11,52 ^{**}	0,4 a	0,2 b	1,58 ^{ns}	28,5 a	25,8 a
40-60	2,09 ^{ns}	6,3 a	7,3 a	0,24 ^{ns}	2,3 a	2,1 a	19,6 ^{**}	0,3 a	0,1 b	0,06 ^{ns}	25,0 a	24,6 a
60-80	3,51 ^{ns}	7,6 a	6,6 a	0,01 ^{ns}	2,4 a	2,4 a	18,1 ^{**}	0,3 a	0,1 b	8,39*	27,5 a	21,9 b
80-100	0,08 ^{ns}	6,9 a	7,2 a	0,22 ^{ns}	2,2 a	2,0 a	19,3 ^{**}	0,2 a	0,1 b	0,32 ^{ns}	30,4 a	29,1 a
	53 Meses											
0-20	0,21 ^{ns}	8,8 a	8,5 a	5,33*	3,6 a	2,9 b	0,01 ^{ns}	0,6 a	0,6 a	1,34 ^{ns}	31,6 a	30,0 a
20-40	5,22*	5,2 b	6,5 a	2,00 ^{ns}	2,2 a	2,5 a	0,01 ^{ns}	0,4 a	0,4 a	1,86 ^{ns}	20,6 a	23,2 a
40-60	1,80 ^{ns}	5,3 a	5,8 a	0,01 ^{ns}	2,1 a	2,1 a	0,21 ^{ns}	0,3 a	0,3 a	0,38 ^{ns}	21,1 a	21,9 a
60-80	2,67 ^{ns}	4,7 a	5,3 a	1,00 ^{ns}	1,8 a	2,1 a	5,61*	0,3 a	0,2 b	2,32 ^{ns}	21,2 a	24,3 a
80-100	4,92*	4,5 b	5,2 a	5,33*	1,7 b	2,0 a	1,69 ^{ns}	0,3 a	0,2 a	6,06*	21,9 b	24,3 a

Ns-não significativo, * significativo (p<0,05), ** significativo (p<0,01). Letras iguais na mesma linha e para o mesmo parâmetro de solo indicam não haver diferença entre presença e ausência de gesso pelo teste de Tukey.

Com 17 meses após a incorporação o efeito do gesso se fez pronunciar até a máxima profundidade estudada, 100 cm, indicando que este insumo, para este tipo de solo, traz efetiva mudança embora este efeito tenha sido de pequena magnitude, não alcançando os níveis críticos desejáveis para cálcio e magnésio nas camadas abaixo de 40 cm.

Observou-se uma diferença significativa no teor de cálcio trocável, na camada de 20-40 cm de profundidade, com 7,4 mmol_c dm⁻³ na ausência de gesso e 8,4 mmol_c dm⁻³ na presença, um aumento de 13,5 %, que refletiu em diferença significativo na saturação por bases de 23,1% para 25,7%. Na camada de 40-60 cm, houve diferença no teor de magnésio trocável, de 2,4 para 2,7 mmol_c dm⁻³ e, de 80-100 cm, houve diferença tanto de cálcio, que foi de 5,5 para

6,3 mmol_c dm⁻³, quanto de magnésio trocável: de 2,2 para 2,5 mmol_c dm⁻³, implicando em diferença significativa na saturação por bases nesta camada, que foi de 22,7% na ausência de gesso para 25,3% na presença de gesso. Resultados semelhantes foram encontrados por Sobral et al., (1993) e Morelli et al. (1992).

Tabela 3.3. Médias de pH, H+Al, Al³⁺ e m%, de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico, na presença (C/G) e ausência (S/G) de gesso, em 4 épocas e 5 profundidades.

Prof. (cm)	PH			H+Al			Al ³⁺			m		
	CaCl ₂			mmol _c dm ⁻³						%		
	F	C/G	S/G	F	C/G	S/G	F	C/G	S/G	F	C/G	S/G
	8 Meses											
0-20	0,75 ^{ns}	4,7 a	4,7 a	0,54 ^{ms}	34,4 a	33,3 a	0,16 ^{ms}	3,2 a	3,1 a	0,01 ^{ms}	18,4 a	18,1 a
20-40	0,83 ^{ns}	4,2 a	4,2 a	0,31 ^{ms}	41,6 a	42,4 a	0,10 ^{ms}	6,4 a	6,5 a	0,18 ^{ms}	41,9 a	42,8 a
40-60	0,36 ^{ns}	4,0 a	4,0 a	0,11 ^{ms}	38,6 a	39,2 a	2,37 ^{ms}	7,0 a	7,5 a	4,49 ^{ms}	47,2 a	50,4 a
60-80	0,16 ^{ns}	4,0 a	4,0 a	1,20 ^{ms}	31,9 a	33,0 a	0,01 ^{ms}	7,1 a	7,1 a	0,04 ^{ms}	49,6 a	49,3 a
80-100	0,47 ^{ns}	4,0 a	4,0 a	1,85 ^{ms}	28,5 a	29,9 a	0,01 ^{ms}	6,7 a	6,7 a	0,01 ^{ms}	46,2 a	46,4 a
	17 Meses											
0-20	0,49 ^{ns}	4,7 a	4,7 a	0,07 ^{ms}	32,8 a	33,1 a	0,84 ^{ms}	3,1 a	3,4 a	2,69 ^{ms}	16,5 a	19,5 a
20-40	0,25 ^{ns}	4,1 a	4,1 a	0,42 ^{ms}	37,9 a	38,7 a	0,11 ^{ms}	5,2 a	5,4 a	3,85 ^{ms}	30,5 a	34,0 a
40-60	0,69 ^{ns}	4,0 a	4,0 a	1,31 ^{ms}	34,7 a	36,5 a	21,56 ^{**}	5,5 b	6,7 a	14,43 ^{**}	38,1 b	43,3 a
60-80	0,01 ^{ns}	4,0 a	4,0 a	0,83 ^{ms}	29,7 a	30,8 a	3,25 ^{ms}	5,5 a	6,0 a	1,61 ^{ms}	39,6 a	41,5 a
80-100	0,01 ^{ns}	4,0 a	4,0 a	0,57 ^{ms}	26,8 a	27,3 a	0,16 ^{ms}	5,3 a	5,5 a	4,59 [*]	37,2 b	40,4 a
	29 Meses											
0-20	0,11 ^{ns}	4,6 a	4,6 a	0,23 ^{ms}	25,4 a	26,3 a	1,56 ^{ms}	3,7 a	2,7 a	0,61 ^{ms}	18,4 a	15,3 a
20-40	2,13 ^{ns}	4,1 a	4,0 a	5,51 [*]	27,6 b	32,8 a	0,16 ^{ms}	5,9 a	6,3 a	0,01 ^{ms}	35,8 a	35,3 a
40-60	0,41 ^{ns}	3,9 a	3,9 a	2,87 ^{ms}	26,4 a	29,6 a	1,23 ^{ms}	7,7 a	7,2 a	2,74 ^{ms}	47,0 a	43,2 a
60-80	1,78 ^{ns}	3,9 a	3,8 a	4,92 [*]	23,0 b	25,1 a	0,29 ^{ms}	7,5 a	7,9 a	1,72 ^{ms}	42,4 a	46,3 a
80-100	1,00 ^{ns}	3,9 a	3,8 a	2,65 ^{ms}	21,0 a	22,4 a	0,38 ^{ms}	7,7 a	7,4 a	0,22 ^{ms}	46,1 a	44,8 a
	53 Meses											
0-20	0,31 ^{ns}	4,5 a	4,6 a	0,28 ^{ms}	28,5 a	29,1 a	0,17 ^{ms}	2,1 a	1,9 a	0,02 ^{ms}	14,7 a	15,0 a
20-40	3,43 ^{ns}	4,2 a	4,3 a	2,12 ^{ms}	29,5 a	31,2 a	2,01 ^{ms}	4,5 a	3,8 a	6,07 [*]	37,8 a	28,3 b
40-60	9,00 ^{**}	4,0 b	4,1 a	0,42 ^{ms}	28,8 a	29,6 a	0,15 ^{ms}	5,2 a	5,0 a	0,95 ^{ms}	39,9 a	37,2 a
60-80	11,84 ^{**}	4,0 b	4,1 a	1,20 ^{ms}	25,3 a	24,1 a	1,74 ^{ms}	5,9 a	4,9 a	3,19 ^{ms}	45,4 a	39,0 a
80-100	4,77 [*]	4,0 b	4,1 a	0,02 ^{ms}	22,9 a	23,0 a	0,62 ^{ms}	5,0 a	4,6 a	3,60 ^{ms}	43,4 a	37,9 a

Ns-não significativo, * significativo (p<0,05), ** significativo (p<0,01). Letras iguais na mesma linha e para o mesmo parâmetro de solo indicam não haver diferença entre presença e ausência de gesso pelo teste de Tukey.

Na presença de gesso o teor de alumínio trocável foi sempre menor do que na ausência, provavelmente em função do deslocamento do cálcio e do magnésio pelo perfil do solo, com aumento do teor destas bases em profundidade, deslocando o alumínio do complexo de troca para a solução, formando $AlSO_4^+$, reduzindo a acidez trocável, mas de modo significativo apenas

na camada de 40-60 cm, que foi de 6,7 na ausência do gesso para 5,5 mmol \cdot dm⁻³ na sua presença. Ficando abaixo do nível crítico determinado por Sobral e Guimarães (1992), embora ainda considerado nocivo por Marinho et al. (1983). Nas demais épocas e em todas as profundidades, não houve alteração do teor de alumínio trocável, indicando que o efeito neutralizante do gesso sobre o alumínio foi restrito no espaço e no tempo. Houve redução estatisticamente significativa da saturação por alumínio de 40-60 e 80-100 cm, contudo, a redução não foi suficiente para atingir o nível crítico de 25%.

Aos 29 meses, foi observada redução na acidez total, nas parcelas que receberam gesso, em todas as profundidades, mas de forma significativa apenas de 20-40 e 60-80 cm. Não foi perceptível qualquer alteração no teor de alumínio trocável, nem em cálcio e magnésio que pudesse justificar esta alteração. Entretanto, houve aumento da saturação por bases em todas as profundidades, embora de forma significativa apenas de 60-80 cm, o que só poderia ter ocorrido com deslocamento das bases no perfil do solo. Apenas o teor de potássio trocável apresentou aumento significativo em todas as profundidades, provavelmente devido à fertilização da soqueira após o primeiro corte, justificando a observação de Morelli et al. (1992) de que este elemento pode ser intensivamente lixiviado em solos arenosos de baixa CTC, que não favorecem sua retenção no complexo de troca. Este permanece em maior concentração na solução do solo, o que permite seu transporte por formação do par iônico com o sulfato, sendo facilmente distribuído para as camadas mais profundas do solo (Ernani e Barber, 1993).

Efeito do gesso, diminuindo o pH do solo, foi observado nas camadas mais profundas aos 29 e 53 meses, mas de modo significativo apenas aos 53 meses. Esta redução do pH ocorreu já a partir dos 40 cm de profundidade, provavelmente em função do deslocamento, pelo perfil do solo, das bases trocáveis e de seu íon acompanhante, o sulfato que, conforme demonstraram Quaggio et al. (1982) e Rosolem et al. (1984), tem capacidade de promover a acidificação do solo. A diminuição do pH favorece o aumento da retenção do sulfato e a

diminuição na retenção das bases (cálcio e magnésio principalmente), conduzindo à perda destes elementos. Tal fenômeno pode ser observado aos 53 meses, com redução do teor de cálcio desde os 20 cm superficiais até 100 cm, embora só tenha ocorrido diferença significativa para as camadas de 20-40 e 80-100 cm. Também houve diminuição do magnésio trocável, levando a redução da saturação por bases, com diferença significativa na camada de 80-100 cm e aumento significativo na saturação por alumínio de 20-40 cm na presença do gesso. As perdas levaram o solo a apresentar teor de bases semelhantes àqueles anteriores a aplicação dos insumos. O que se deve, provavelmente, ao caráter anfótero que os solos oxídicos apresentam nas camadas mais profundas, em função da baixa CTC (Camargo e Rajj, 1989).

Assim, a adição de gesso ao solo promoveu inicialmente um ligeiro acréscimo de cálcio trocável em todas as profundidades, já aos 8 meses, sendo este processo mais intenso aos 17 meses. Aos 29 meses as diferenças deixaram de existir e aos 53 meses o solo apresentava-se semelhante à condição original, indicando que o gesso promoveu a lixiviação das bases da superfície para profundidades superiores a 100 cm neste período de tempo.

Efeito do calcário

Os resultados do teste F e as análises de regressão, com os respectivos coeficientes de determinação, para pH, acidez total e alumínio trocável em função das doses de calcário são apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4. Equações ajustadas de pH, acidez potencial (H+Al) e alumínio trocável (Al), para doses de calcário, nas quatro épocas avaliadas, em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico.

Prof. (cm)	pH	R ²	H + Al	R ²	Al	R ²
8 meses						
0-20	Y=4,38 + 1,00X	0,60**	Y=40,67 - 2,28X	0,70**	Y=5,03 - 0,64X	0,73**
17 meses						
0-20	Y=4,29 + 0,14X	0,80**	Y=40,69 - 2,58X	0,74**	Y=4,45 - 0,40X	0,60**
20-40	Y=4,04 + 0,02X	0,23*	Y=40,38 - 0,70X	0,14*	Y=5,57 - 0,09X	0,08 ^{ns}
40-60	Y=3,89 + 0,02X	0,19*	Y=36,11 - 0,18X	0,01 ^{ns}	Y=6,61 - 0,17X	0,17*
60-80	Y=3,90 + 0,01X	0,06 ^{ns}	Y=30,27 - 0,02X	0,02 ^{ns}	Y=6,32 - 0,20X	0,30**
29 meses						
0-20	Y=4,10 + 0,15X	0,72**	Y=32,80 - 2,31X	0,54**	Y=5,31 - 0,71X	0,44**
20-40	Y=3,93 + 0,04X	0,30*	Y=32,02 - 0,62X	0,06 ^{ns}	Y=7,16 - 0,35X	0,15 ^{ns}
40-60	Y=3,79 + 0,03X	0,29**	Y=30,30 - 0,77X	0,14 ^{ns}	Y=7,25 + 0,06X	0,01 ^{ns}
53 meses						
0-20	Y=4,06 + 0,16X	0,90**	Y=36,22 - 2,48X	0,83**	Y=3,75 - 0,57X	0,58**
20-40	Y=4,03 + 0,05X	0,51**	Y=31,18 - 0,28X	0,04 ^{ns}	Y=4,99 - 0,28X	0,16*

X - dose de calcário, em t ha⁻¹, * significativo a 5%, ** significativo a 1%.

A aplicação do calcário alterou o pH do solo, como efeito da dose aplicada e manteve esta alteração para as quatro épocas consideradas. Porém, a maior alteração ocorreu na camada superficial (0-20 cm), apresentando ainda pequeno efeito nas camadas imediatamente subjacentes, 20-40 e 40-60 cm, aos 17 e 29 meses e manteve-se assim até a última avaliação, aos 53 meses, para as camadas de 0-20 e 20-40 cm.

O calcário reduziu a acidez total e o teor de alumínio trocável na camada de 0-20 cm em todas as épocas, indicando ter sido suficientemente solubilizado após sua aplicação, e manteve saturada a solução do solo ao longo do tempo, com vantagem para as doses maiores. Na camada de 20-40 cm de profundidade houve redução significativa da acidez total apenas aos 17 meses, não se repetindo este efeito nas épocas posteriores. Já o teor de alumínio trocável apresentou redução nas camadas de 40-60 e 60-80 cm, aos 17 meses, e de 20-40 cm, aos 53 meses após a aplicação do calcário.

Este efeito nas camadas subjacentes foi decorrente, provavelmente, da lixiviação de bases e do carbonato acompanhante, que se movimentaram da camada superficial para as camadas inferiores, quando a solução do solo da camada superior estava saturada, o

que só aconteceu com as doses maiores do corretivo. A manutenção do estado de saturação ao longo do tempo é, provavelmente, resultado da lenta dissolução das partículas maiores de 0,30 mm presentes no corretivo.

Na Tabela 3.5 são apresentados os resultados do teste F e as análises de regressão, com os respectivos coeficientes de determinação, para cálcio e magnésio trocáveis e saturação por bases, em função das doses de calcário.

Tabela 3.5. Equações ajustadas e coeficiente de determinação de cálcio e magnésio trocáveis e saturação por bases para as quatro épocas de avaliação de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico.

Prof. (cm)	Ca (mmol _c dm ⁻³)	R ²	Mg (mmol _c dm ⁻³)	R ²	V%	R ²
8 meses						
0-20	Y= 10,08 + 1,29X	0,56**	Y=3,40 + 0,48X	0,43**	Y=26,70 + 3,39X	0,64**
17 meses						
0-20	Y=7,12 + 1,86X	0,85**	Y=2,42 + 1,10X	0,81**	Y=21,9 + 5,22X	0,87**
20-40	Y=6,15 + 0,58X	0,69**	Y=1,95 + 0,46X	0,67**	Y=18,7 + 1,89X	0,68**
40-60	Y=5,35 + 0,28X	0,53**	Y=1,82 + 0,23X	0,45**	Y=17,5 + 1,08X	0,50**
60-80	Y=5,31 + 0,17X	0,28**	Y=1,92 + 0,10X	0,21*	Y=19,9 + 0,59X	0,30**
80-100	Y=5,70 + 0,07X	0,05 ^{ns}	Y=1,71 + 0,21X	0,60**	Y=22,3 + 0,54X	0,24*
29 meses						
0-20	Y=8,33 + 1,00X	0,55**	Y=3,30 + 0,40X	0,17*	Y=27,6 + 3,93X	0,68**
20-40	Y=7,50 + 0,21X	0,06 ^{ns}	Y=1,75 + 0,29X	0,23*	Y=23,4 + 1,25X	0,22*
60-80	Y=6,13 + 0,32X	0,20*	Y=1,92 + 0,17X	0,11 ^{ns}	Y=20,9 + 1,28X	0,23*
53 meses						
0-20	Y=5,72 + 0,98X	0,64**	Y=2,00 + 0,42X	0,60**	Y=18,1 + 4,25X	0,87**
20-40	Y=5,08 + 0,25X	0,14 ^{ns}	Y=2,03 + 0,10X	0,13 ^{ns}	Y=19,3 + 0,85X	0,17*

X- Dose de calcário, em t ha⁻¹, ** (p<0,01), * (p<0,05), ns- não significativo.

O calcário promoveu aumento nos teores de cálcio e magnésio trocáveis e na saturação por bases, na camada de 0-20 cm e a partir dos 8 meses após a incorporação, mantendo-se assim, nas demais épocas. As diferenças foram crescentes conforme o aumento da dose do corretivo. A precipitação de 508 mm, que ocorreu no período entre a incorporação e a primeira avaliação, favoreceu a solubilização inicial do calcário no solo, mas não foi o suficiente para promover o máximo efeito corretivo. Este só foi observado aos 17 meses, após 1750 mm de precipitação, indicando que a dissolução do calcário foi gradual no tempo e atingiu a todas as

profundidades estudadas. Em camadas mais profundas, o aumento em cálcio, magnésio e saturação por bases, foi cada vez menor, de modo que o nível crítico 7 mmolc dm^{-3} de cálcio foi atingido nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com a menor dose de calcário e de 40-60 cm apenas para a maior dose de calcário.

A dissolução do calcário ocorrida aos 8 meses não foi suficiente para promover alteração nos teores de cálcio e magnésio trocáveis e saturação por bases, nas camadas mais profundas. Só aos 17 meses houve aumento das bases, refletindo no aumento da saturação por bases até 100 cm de profundidade. Houve efeito significativo tanto para cálcio, quanto para magnésio até 80 cm de profundidade e somente para o magnésio houve resposta significativa na camada de 80-100 cm, indicando ser esta base mais facilmente transportada ao longo do perfil do solo, com também constataram Oliveira et al. (1997).

Na segunda época de avaliação, aos 17 meses após a correção, o efeito do calcário não ficou restrito à camada superficial. Com a maior dose aplicada, os teores de cálcio aumentaram até os 60-80 cm de profundidade. O magnésio apresentou aumento até 100 cm de profundidade para a dose máxima. Este aumento de bases implicou em redução do teor de alumínio trocável até a camada de 60-80 cm de profundidade.

Com a remoção de cálcio e magnésio pelas colheitas e as perdas por lixiviação, os teores destas bases foram reduzindo no solo, tanto na camada superior quanto nas camadas mais profundas, de forma que se observa um gradiente de perda aos 29 meses que evolui para uma perda ainda maior aos 53 meses, não se observando mais efeito significativo das doses de calcário nem mesmo para a camada de 20-40 cm (Tabela 3.5), embora ainda exista um pequeno efeito na saturação por bases, concordando com os resultados encontrados na literatura (Orlando Filho, 1996; Oliveira et al., 1997 e Raji et al., 1982). O comportamento das bases na camada superficial, ao longo do tempo e em função das doses de calcário, é apresentado na Figura 3.1.

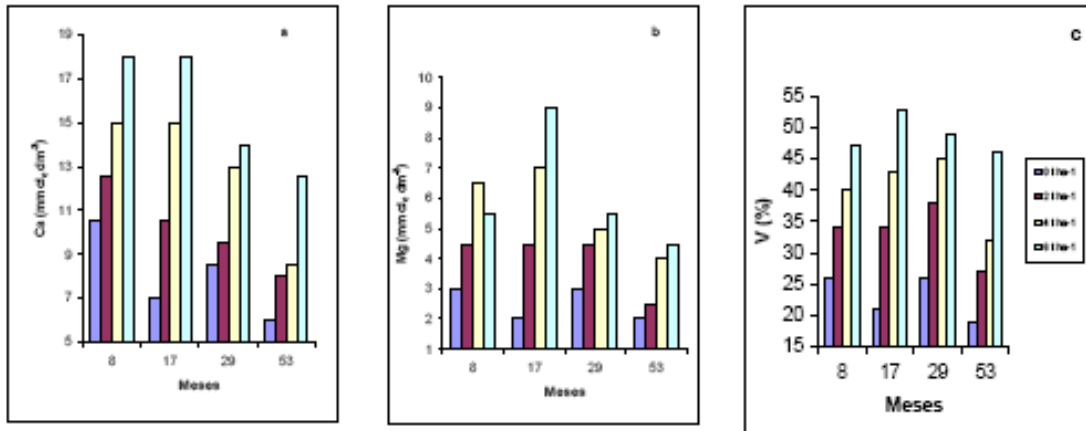


Figura 3.1. Teores de cálcio (a) e magnésio (b) trocáveis e saturação por bases (c) para doses de calcário, em t ha⁻¹, ao longo de 53 meses, nos 0-20 cm superficiais de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico.

Esta redução dos teores de cálcio e magnésio trocáveis no solo, para todas as doses do corretivo, demonstra a velocidade de decaimento do calcário para este solo (Figura 3.2). Segundo os critérios de calagem por saturação por bases (Raij et al., 1992), a dose recomendada de calcário para este solo seria de 2,0 t ha⁻¹. Conforme a Figura 3.2, pode-se inferir que, para esta dose, depois dos 29 meses os teores de Ca + Mg estariam aquém da exigência da cultura. Enquanto a dose de 6,0 t ha⁻¹ ainda apresentaria 17 mmol_c dm⁻³ de Ca + Mg, superior aos 14,0 mmol_c dm⁻³, valor considerado como crítico (Zambello Júnior e Orlando Filho, 1983; Benedini, 1988) para a cana-de-açúcar aos 53 meses, mas apenas na camada mais superficial do solo.

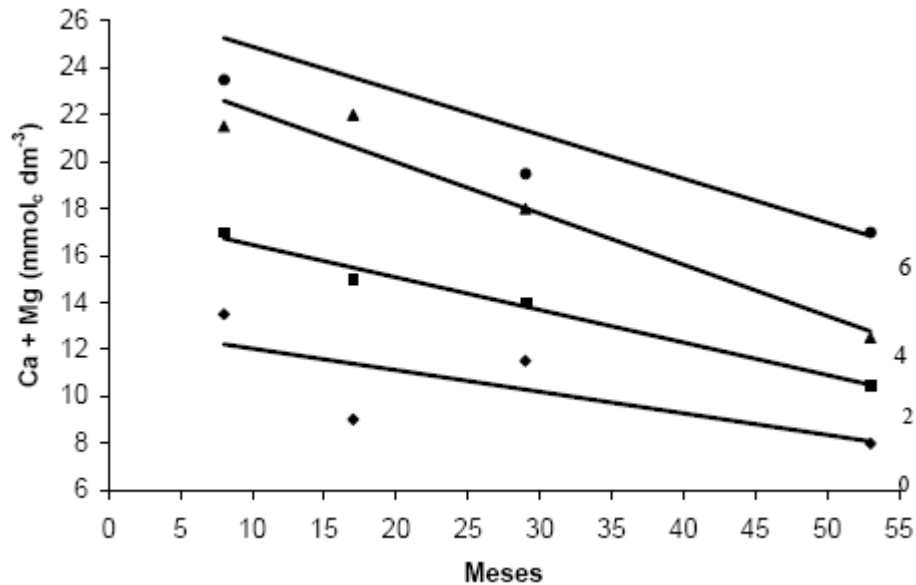


Figura 3.2. – Curvas de decaimento dos teores de Ca + Mg trocáveis, na camada de 0-20 cm, em função do tempo, em meses, e das doses (◆ 0; ■ 2; ▲ 4 e ● 6 t ha⁻¹) de calcário aplicadas em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico.

Entretanto, mesmo aos 53 meses, a calagem permitiu a correção do teor de alumínio trocável de modo satisfatório até a camada de 20-40 cm de profundidade, mas apenas para a maior dose (Figura 3.3), mantendo-o abaixo de 4 mmolc dm⁻³, valor acima do qual é considerado como nocivo à cultura (Marinho et al., 1983) embora abaixo do nível crítico de 6 mmolc dm⁻³, indicado por Sobral e Guimarães (1992) como restritivo a cana-de-açúcar.

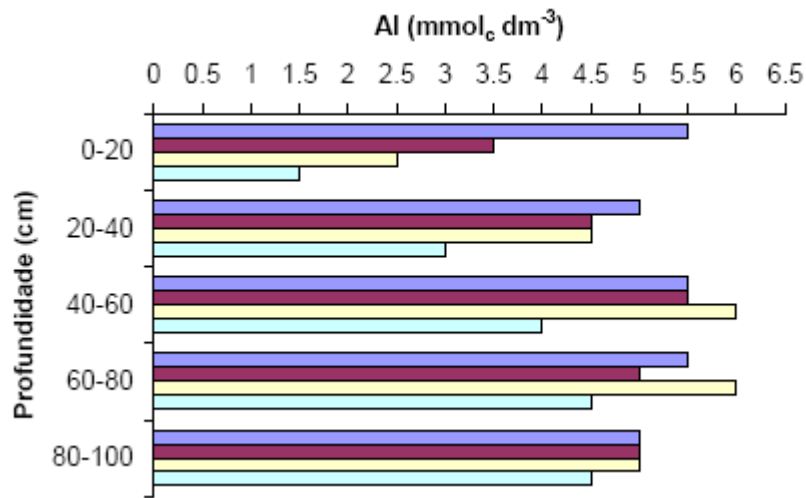


Figura 3.3. Teor de alumínio trocável aos 53 meses, para doses de calcário em profundidade, de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico.

A utilização conjunta de calcário e gesso não alterou os teores de alumínio trocável em todas as épocas e para todas as camadas, embora seja perceptível uma tendência a diminuir o teor de alumínio nas três primeiras épocas e a aumentar na última quando comparado com a testemunha, nas camadas mais profundas. Este resultado é compatível com o efeito de decaimento do corretivo, que vem paulatinamente reduzindo sua ação ao longo do tempo e, reduzindo primeiro, mais acentuadamente, nas camadas mais profundas que nas mais superficiais. Assim, parece interessante combinar a aplicação destes dois insumos, pois a ação do calcário, mais restrita à camada superficial pode ser estendida, embora de forma restrita, às camadas mais profundas, quando na presença de gesso.

3.6. Conclusões

Os níveis de Ca e Mg na camada de 0-20 cm foram mantidos acima do nível crítico para cana-de-açúcar até aos 53 meses, somente nas parcelas que receberam aplicação de 6t

ha-1 de calcário.

O calcário aumentou o pH, os teores de cálcio e magnésio e a saturação por bases na subsuperfície, até aos 29 meses, reduzindo conseqüentemente a acidez trocável.

O gesso favoreceu a lixiviação do cálcio e do magnésio, promovendo o aumento em subsuperfície aos 17 meses e a perda destes elementos, além da camada de 80-100 cm, aos 53 meses. O gesso também reduziu o pH nas camadas mais profundas do solo aos 53 meses.

3.7. Referências Bibliográficas

BENEDINI, M.S. Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar. Piracicaba:Centro de Tecnologia Copersucar, 1988. 19p. (Série Agronômica n° 16).

BITTENCOURT, V.C.; CARMELLO, Q.A.; BEAUCLAIR, E.G.F.; JOÃO, J.; CLEMENTE, J.L. Produtividade da cana-de-açúcar e suas relações com a fertilidade dos solos e o manejo da cultura. Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.8, n.5/6, p.10-14, 1990.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa. v.22, n.1, p.27-34, 1998.

CAMARGO, O.A.; RAIJ, B.VAN. Movimento do gesso em amostras de latossolos com diferentes propriedades eletroquímicas. Revista Brasileira de Ciência do Solo: Campinas, v.13, p.275-280, 1989.

DEMATTE, J.L.I. Aptidão agrícola de solos e uso do gesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. Anais... Uberaba:IBRAFÓS, 1992. p. 307-324.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF:EMBRAPA-CNPS, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises de solo. Brasília, DF EMBRAPA-CNPS, 1979. 273p.

ERNANI, P.R.; BARBER, S.A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*: Campinas, v.17, p.41-46, 1993.

GARGANTINI, H; MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S. Efeitos da calagem sobre os teores de cálcio mais magnésio de perfis de solos de cerrado. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v.39, n.2, p.1115-1136, 1982.

GOEDERT, W.J.; RITCHEY, K.D.; SANZONOWICZ, C. Desenvolvimento radicular do capim-adropogon e sua relação com o teor de cálcio no perfil do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n.1, p.89-91, 1985.

MALAVOLTA, E. O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta – perguntas e respostas. In. SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. *Anais... Uberaba:IBRAFÓS*, 1992. p.41-66.

MARINHO, M.L.; ALBUQUERQUE, G.A.C; ARAÚJO FILHO, J.T. Calibração do alumínio trocável do solo para cana-de-açúcar em Alagoas. *Saccharum*: Piracicaba. v.26, p.18-23, mai/jun.1983.

MEDINA, C.C.; BRINHOLI, O. Estudo da aplicação de gesso e calcário na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), açúcar e álcool. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v.6, n.3, p.18-22, 1991.

MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.2, p.187-194, 1992.

OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho em um latossolo vermelho-escuro álico à calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, p.65- 70, 1997.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In. CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. *Produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba:FEALQ, 1993. p.133-146.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R; MURUOKA, T. Efeito residual da calagem (56 meses) sobre os valores de pH, cálcio e magnésio do solo. *Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.14, n. 4, p.19-21, 1996.

QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B.V. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, p.189-194, 1982.

RAIJ, B.V. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba:CERES/POTAFÓS, 1991. 343p.

RAIJ, B.V. Reações de gesso em solos ácidos. In. SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. Anais... Uberaba:IBRAFÓS, 1992. p.105-120.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P.; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.6, p.33-37, 1982.

RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. Análise química de solos para fins de fertilidade. Campinas:Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B.; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas:Instituto Agrônômico de Campinas, 1992. 107p. (Boletim Técnico 100).

RAIJ, B.V.; MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; IGUE, T.; SORDI, G. Efeito de calcário e de gesso para soja cultivada em latossolo roxo ácido saturado com sulfato. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.18, p.305-312, 1994.

RAIJ, B.V.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; PETTINELLI JÚNIOR, 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.

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 de Ciência do Solo, Campinas, v.7, n.3, p.269-275, 1983.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O.; DELLA COLETA, O. Efeito da calagem no sorgo sacarino cultivado em um Latossolo Roxo. Científica, Botucatu, v.12, n.1/2, p.41-48, 1984.

SOBRAL, A.F.; GUIMARÃES, V.O.S. Relação entre a toxidez do alumínio e a produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.27, n.2, p.287-292, 1992.

SOBRAL, A.F.; LIMA, S.M.A.; MELO, P.L.P. Efeitos da aplicação de calcário e gesso na produção de cana-de-açúcar e nas características químicas do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5, Águas de São Pedro, 1993. Anais... Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1993. p.34-38.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J., Adubação da cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. Boletim Técnico PLANALSUCAR: Piracicaba, v.3, n.3, p.5-26, mar. 1981.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J. Adubação da cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. Piracicaba: Planalsucar, 1983. 26p. (Boletim Técnico, 3).

4. ARTIGO: EFEITOS DE CALCÁRIO E GESSO SOBRE A PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E QUALITATIVAS DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*) CULTIVADAS EM SOLO ÁCIDO.

4.1. Resumo

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o desenvolvimento e a qualidade de três variedades de cana-de-açúcar, que apresentam diferentes características agrônômicas quanto a tolerância à acidez e acúmulo de sacarose, cultivadas em um solo ácido que recebeu calcário e gesso. Quatro doses de calcário dolomítico (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) e duas de gesso (0 e 2 t ha⁻¹) foram aplicadas em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, psamítico, que foi cultivado com as variedades SP70-1143, RB72454 e SP70-1284. A calagem e a gessagem aumentaram o teor de Ca+Mg, reduziram o de Al trocável e m% na camada superficial, aos 17 meses após a incorporação e os mantiveram até os 53 meses para a maior dose de calcário. Estes foram menores nas camadas mais profundas do solo. Não houve interação entre calcário e gesso e entre estes e as variedades. A produtividade das variedades variou com o teor de cálcio+magnésio e alumínio trocáveis. A variedade SP70-1143 e RB72454 foram superiores a SP70-1284 em produtividade, na média dos quatro cortes. A produtividade foi condicionada principalmente pela altura e população de colmos. Houve diferenças entre as variedades para características morfológicas (altura, diâmetro e população de colmos) e qualitativas (pol % cana-PC, pureza e tonelada de pol por hectare).

Palavras-chave: *Saccharum spp*, população, altura, pol%cana, acidez.

4.2. Abstract

The aim of this project was observing the behavior of three varieties of sugarcane that present different rates of adaptations on acid soil and their relations with the improvement of the environment of the soil. Rates of dolomitic lime (0, 2, 4, e 6 ha⁻¹) and two rates of gypsum (0 and 2 ha⁻¹) wer applied the in a psamitic red latosol (Rhodic Hapludox), which was cultivated with these varieties: SP70-1143, RB72454 and SP70-1284. The lime and gypsum increase the content of Ca + Mg, reduced the content of exchange aluminium and m% on the superficial layer, 17 months after the incorporation and keeping them until the 53 months to the biggest rate of lime. The effect was reduced on the deepest layers of the soil. There was not interction between lime and gypsum and among the varieties and them. The productivity of the varieties change with the content of exchange Ca + Mg and Al. The variety SP70-1143 and RB72454 were superior than SP70-1284 in productivity, of the four cuts average. It was conditioned manly for the high and population of stalk. There were differences between the varieties for the morfological characteristics (high, diameter, stalks population) and qualify (pol%cane-PC, purity and tonne of pol for hectare).

Key-words: *Saccharum spp*, population, high, pol%cane, acidity.

4.3. Introdução

O grande interesse mundial por diminuir o consumo de combustíveis fósseis automotivos, que apresentam crescente escassez e elevado potencial poluente, tem estimulado a busca de alternativas energéticas renováveis e menos poluentes, tais como o etanol, produzido em larga escala pelo Brasil com utilização da cana-de-açúcar como matéria prima.

O crescimento da área plantada com esta cultura tem ocorrido em escala acelerada nos últimos anos, principalmente em áreas anteriormente ocupadas com pastagens e em solos de menor fertilidade, carentes de nutrientes e geralmente ácidos, apresentando limitações ao pleno desenvolvimento da cultura se não forem adotados métodos de correção do solo e escolha adequada de variedades que apresentem boa capacidade adaptativa a este tipo de ambiente de produção.

Ensaio de campo, com incorporação de calcário e gesso ao solo, buscando corrigi-lo em profundidade, e com isso obter maior desenvolvimento das culturas, é tema amplamente abordado na literatura. Resultados positivos foram obtidos para diversas culturas, tais como: sorgo (Gomes et al., 1997), milho (Caires et al., 2004 e Raij et al., 1998) e cana-de-açúcar (Morelli et al., 1992). Apesar do solo apresentar alterações significativas em função da adição dos corretivos, em algumas situações não foram encontradas respostas que proporcionassem aumento de produção, como os resultados obtidos por Caires et al. (1998) e Caires et al. (2003) para a cultura da soja.

Solos arenosos e oxidicos, que apresentam baixa capacidade de troca catiônica (CTC) são restritivos em nutrientes para a cultura da cana-de-açúcar. A calagem e a gessagem vêm sendo adotadas como alternativas de melhoria destes solos, tornando-os aptos a sustentar um ciclo da cultura com níveis econômicos de produtividade, por aumentarem os teores de cálcio e

magnésio trocáveis em todo o perfil do solo (Naidu e Haynes, 1999), além de diminuir a acidez trocável e a saturação por alumínio (Sobral e Guimarães, 1992).

A literatura cita que há restrição ao desenvolvimento desta cultura, para o Brasil, quando o solo apresenta níveis de cálcio + magnésio inferiores a 14 mmolc dm^{-3} (Benedini et al., 1988; Zambello Júnior e Orlando Filho, 1981), níveis de alumínio trocável superiores a 4 mmolc dm^{-3} e saturação por alumínio (m%) restritiva já a partir de 18% (Sobral e Guimarães, 1992), embora alguns autores tenham obtido 90% de produtividade relativa com até 40% de saturação por alumínio (Marinho et al., 1983; Zambello Júnior et al., 1984) .

A melhoria do ambiente solo em subsuperfície favorece o desenvolvimento da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, a produtividade (Landell et al., 1999a), com reflexos na morfologia da planta, como constatado por Fernandes (1985), que encontrou estreita relação entre altura das plantas e quantidade de cálcio no solo. Quanto a qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima, foi estudada a relação entre o teor de sacarose e cálcio no solo por Penatti et al. (1987) e Sobral et al. (1993), entretanto, estes autores não encontraram relação significativa entre estes dois fatores.

O potencial econômico de uma variedade de cana-de-açúcar é resultado do somatório de várias características desejáveis, como: população e altura dos colmos (Alleoni et al., 1995; Leme, 1978), área foliar (Leme et al., 1984), diâmetro e peso por colmo (Orlando Filho e Rodella, 1995; Casagrande, 1991) e teor de sacarose. Souza e Rea (1993) encontraram correlação significativa entre toneladas de cana por hectare e: população de colmos (0,539) e diâmetro do colmo (0,463), em cana-planta e, entre peso médio do colmo e: altura do colmo (0,449 em cana planta e 0,509 em cana soca) e diâmetro do colmo (0,737). A pureza do caldo se correlacionou negativamente com a altura dos colmos (-0,515).

Não é só a melhoria do ambiente solo que propicia bom desenvolvimento da

cultura, o cultivo de plantas adaptadas é tão importante quanto a correção do solo e deveria ser preferido, podendo proporcionar economia de insumos e redução nos custos de produção (Quaggio, 1985). Entretanto, as variedades de cana-de-açúcar mais rústicas, que apresentam maior tolerância a solos ácidos, são geralmente mais pobres em açúcar, apresentando menor qualidade tecnológica e menor valor como matéria prima. O melhoramento genético é uma das alternativas de que dispõe os técnicos para solucionar esta situação, contudo o tempo necessário para se obter variedades novas é longo e o processo é dispendioso.

O objetivo deste trabalho é de avaliar o desenvolvimento e a qualidade de três variedades de cana-de-açúcar, que apresentam diferentes características agronômicas quanto a tolerância à acidez e acúmulo de sacarose, cultivadas em um solo ácido que recebeu calcário e gesso.

4.4. Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em área da Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema, pertencente ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC), localizada no município de Assis, Estado de São Paulo, a 410 m de altitude e definida pelas seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°47' S e longitude 50°33' W.

O presente experimento foi instalado em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico, sub-grupo: psamítico (EMBRAPA, 1999). As características químicas do solo foram avaliadas de acordo com Rajj et al. (1987), com uso de resina trocadora de íons, nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm e também, durante a condução do experimento, de 80-100 cm. As características granulométricas e químicas do solo antes da instalação do experimento são apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Resultados das análises química e granulométrica do solo, antes da instalação do ensaio, em outubro de 1992, em quatro profundidades.

Característica Analisada	Unidade	Profundidade (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80
P resina	mg dm ⁻³	3	2	1	1
Mat. Orgânica	g dm ⁻³	17	12	9	7
pH (CaCl ₂)		4,2	4,0	3,8	4,0
K	mmolc dm ⁻³	0,5	0,4	0,4	0,3
Ca	mmolc dm ⁻³	9	7	6	5
Mg	mmolc dm ⁻³	4	4	3	3
H + Al	mmolc dm ⁻³	41	43	37	30
Al	mmolc dm ⁻³	5	7	9	8
S	mmolc dm ⁻³	13,5	11,4	9,4	8,3
CTC	mmolc dm ⁻³	54,5	54,4	46,4	38,3
V	%	25	21	20	22
M	%	27	38	49	49
Argila	g dm ⁻³	108	128	158	135
Silte	g dm ⁻³	30	49	64	49
Areia	g dm ⁻³	862	823	778	816

O campo experimental foi instalado e conduzido no período de outubro de 1992 a julho de 1997. Após a limpeza e preparo inicial do solo com gradagem pesada, procedeu-se a demarcação das parcelas, distribuição manual do calcário e do gesso, seguidos de incorporação com arado de disco de 26" a 20 cm de profundidade. Imediatamente antes do plantio a área recebeu uma gradagem de nivelamento. Os tratamentos de correção do solo com calcário foram de 0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Para o gesso foram utilizadas as doses de 0 (ausência) e 2 (presença) t ha⁻¹. O calcário utilizado apresentava as seguintes características: 312 g kg⁻¹ de CaO e 216 g kg⁻¹ de MgO e PRNT de 90,2 % e o gesso consistia de 255 g kg⁻¹ de CaO e 141 g kg⁻¹ de S e 6,4 g kg⁻¹ de fósforo total. As variedades utilizadas foram SP70-1143, RB72454 e SP70-1284.

O plantio deu-se no final do verão de 1993, nos dias 6 e 7 de abril, 42 dias após a aplicação e incorporação, do calcário e do gesso. Neste período ocorreu uma precipitação acumulada de 284 mm. As parcelas experimentais constituíram-se de 6 linhas de cana-de-açúcar

espaçadas a 130 cm, com 10 metros de comprimento, com caminhamento entre parcelas de 100 centímetros no sentido do comprimento. Os sulcos foram abertos com sulcador canavieiro a uma profundidade de 20 cm. As 4 linhas centrais compuseram a área útil de cada parcela, correspondente a 52 m².

A adubação visou garantir as necessidades da planta durante o ciclo da cana-planta e foi baseada nos resultados da análise do solo e das recomendações de Raij et al. (1992). O adubo foi distribuído manualmente no fundo do sulco na proporção de 26 kg de N por hectare, na forma de uréia, nas parcelas que receberam gesso e de sulfato de amônio nas demais, que tiveram então uma complementação de 30 kg por hectare de enxofre; e ainda 150 kg de P₂O₅, como superfosfato triplo e 150 kg de K₂O, como cloreto de potássio, por hectare. As socas foram adubadas com 400 kg ha⁻¹ da fórmula 25-0-25 (NPK), após cada corte.

As variedades plantadas diferem em adaptabilidade ao ambiente de produção, principalmente em fertilidade e tolerância a acidez do solo, sendo SP70-1143 considerada variedade rústica, com teor médio de sacarose e de ciclo médio, enquanto SP70-1284 é considerada exigente, mas com grande capacidade de acúmulo de sacarose e de ciclo precoce (COPERSUCAR, 1983). RB72454 apresenta grau intermediário de rusticidade, grande capacidade de acúmulo de sacarose e de ciclo médio/tardio (Matsuoka, 1987). As mudas provieram de viveiro secundário de mudas tratadas termicamente, e apresentavam-se com 10 meses de idade. No plantio distribuíram-se toletes de 3 a 4 gemas, com um número médio de 15 gemas sadias por metro linear de sulco. Visando o controle de eventuais pragas de solo e de nematóides foi aplicado no sulco de plantio, sobre das mudas, o heptacloro, com concentração de 40% do princípio ativo, na dose de 4,0 L ha⁻¹ e carbofuran 5G, na dose de 30 kg ha⁻¹. Em seguida, fez-se a cobertura das mudas, com enxada, dispendo em torno de 3 a 5 cm de terra. O

controle das plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado manualmente, através de capinas manuais, de forma a manter as parcelas sempre no limpo.

No dia anterior à colheita, em cada um dos cortes, foi determinada a população final de colmos, através de contagem nas 4 linhas centrais que compõe a área útil de cada parcela. Os resultados foram expressos em número de colmos por 10 metros. Na área útil de cada parcela foram retiradas cinco plantas ao acaso, em que se mediram as características morfológicas de altura e diâmetro do colmo. A altura das plantas foi determinada com trena métrica, sendo as plantas medidas da superfície do solo ao primeiro colarinho visível, que corresponde a folha + 1 pelo "sistema de Kuijper". O diâmetro dos colmos foi medido no primeiro terço do colmo acima da superfície do solo, na parte média do entrenó, com o uso de um paquímetro.

A cana foi cortada manualmente, após a queima da palhada, cortando-se, os colmos, rente ao solo e despontando-os na altura da inserção das folhas mais novas. Depois os colmos foram amontoados no centro de cada parcela. Os colmos foram pesados com um dinamômetro acoplado a uma carregadora de cana. Os valores foram transformados para produtividade de massa de colmos por hectare, com os resultados sendo expressos em t ha⁻¹. Uma amostra de 10 colmos escolhidos ao acaso em cada parcela, foi enviada ao laboratório de pagamento de cana da Usina Maracá S/A para as determinações tecnológicas de pureza (Pz) e do teor de sacarose aparente na cana-de-açúcar (pol % cana - PC), pelo método da prensa hidráulica, adotado no estado de São Paulo (IAA, 1984). Através do produto entre a produtividade de colmos e teor de sacarose foi determinada a produtividade de sacarose aparente (TPH), expressa em t ha⁻¹. A cana-planta foi colhida em julho/94 (1º corte) e as socas em julho/95, setembro/96 e julho/97, respectivamente 2º, 3º e 4º cortes.

Após as colheitas do 1º, 2º e 4º cortes, o solo de cada parcela foi amostrado, retirando-se 9 subamostras que formaram uma amostra composta, até 100 cm de profundidade,

separado-se em 5 camadas de 20 cm de espessura cada uma. As amostras foram secas a sombra e analisadas em conformidade com Raij et al. (1987), medindo-se os teores de Ca + Mg, Al³⁺ e saturação por alumínio.

Adotou-se o delineamento estatístico na forma de arranjo fatorial de 4 x 2 x 3 (calcário x gesso x variedade), com as parcelas distribuídas em 4 blocos ao acaso, totalizando 96 parcelas. Foi adotada a análise de variância, calculando-se o valor de F para as diversas variáveis avaliadas. Quando estes foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey no nível de 5% e 1% de probabilidade, como recomendado por Gomes (1978). Também foi aplicada análise de regressão múltipla e correlação linear entre as diversas características agronômicas.

4.5. Resultados e Discussão

Os efeitos de calcário e gesso foram discutidos separadamente, utilizando-se as médias dos tratamentos pois não houve interação entre variedades x calcário, variedades x gesso, gesso x calcário e entre variedades x gesso x calcário para qualquer das características avaliadas nos quatro cortes.

A aplicação de calcário e o gesso alteraram a condição original da camada superficial (0-20 cm) do solo 29 meses após a incorporação, com aumento na concentração de Ca + Mg trocáveis acima do nível mínimo de 14 mmolc dm⁻³, sugerido por Benedini (1988), redução da acidez trocável para valores inferiores a 4 mmolc dm⁻³ e da saturação por alumínio para menos de 20%, como pode ser visualizado na Figura 4.1. Aos 53 meses, os teores de Ca + Mg já estavam bastante reduzidos, provavelmente em função da extração destes nutrientes pela cultura e perdas por lixiviação e apenas na maior dose de calcário mantiveram-se acima do mínimo

desejável e o teor de Al^{3+} e a saturação por alumínio mantiveram-se abaixo dos níveis críticos, respectivamente de: $4 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e 18 %, nas parcelas com calcário.

Na profundidade de 20-40 cm, o efeito do calcário elevando os teores de Ca + Mg ao mínimo desejável só foi proporcionado pela maior dose e apenas aos 17 meses. A acidez trocável e a saturação por alumínio não foram reduzidas a patamares considerados pouco danosos à cultura nesta profundidade. Nas outras épocas de avaliação os resultados apresentaram-se aquém da primeira, demonstrando que a eficiência do calcário foi reduzida. Nas demais profundidades, não houve diferenças entre os tratamentos e a testemunha de forma que pudessem alterar os níveis dos parâmetros avaliados de modo a atingir os padrões desejáveis. Esta ausência de resultado nas camadas mais profundas do solo também foi observada por Vargas e Bittencourt (1992) após as colheitas da cana-planta e primeira e segunda socas, e por Morelli et al. (1992).

A Figura 4.2, apresenta a produtividade das variedades em função das doses de calcário, e gesso. Não houve resposta significativa para calcário e/ou gesso em qualquer das variedades e em qualquer uma das quatro épocas consideradas, contrariando os resultados obtidos por Morelli et al. (1992) e Vargas e Bittencourt (1992), que obtiveram aumento de produtividade de colmos com o aumento nas doses de calcário e/ou presença de gesso.

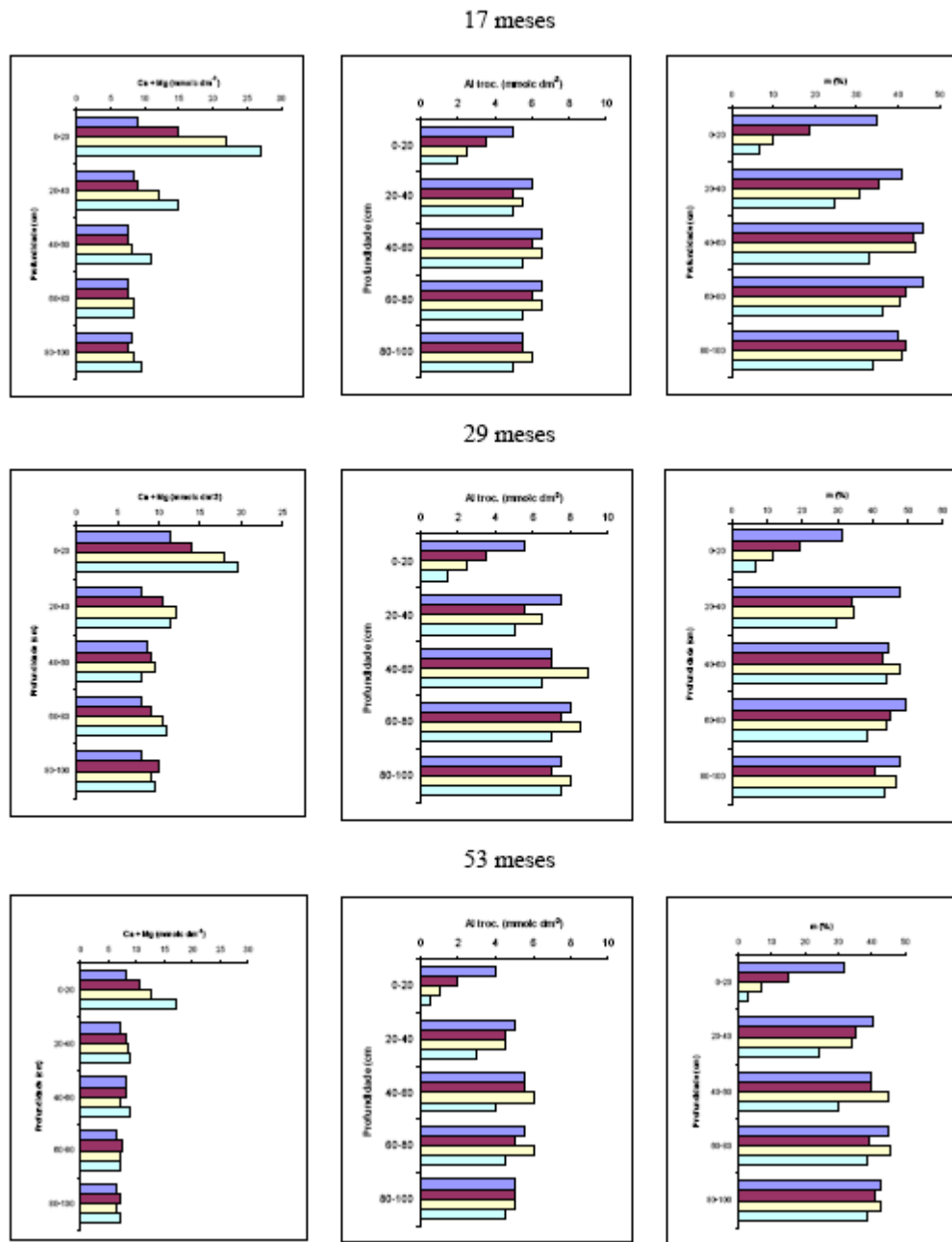


Figura 4.1. Médias dos teores de Ca + Mg trocáveis, alumínio trocável e saturação por alumínio (m%) nas cinco camadas de solo, amostradas aos 17, 29 e 53 meses após a incorporação do gesso e do calcário, nas doses de: 0 (■); 2 (■); 4 (■); 6 (■) t ha⁻¹.

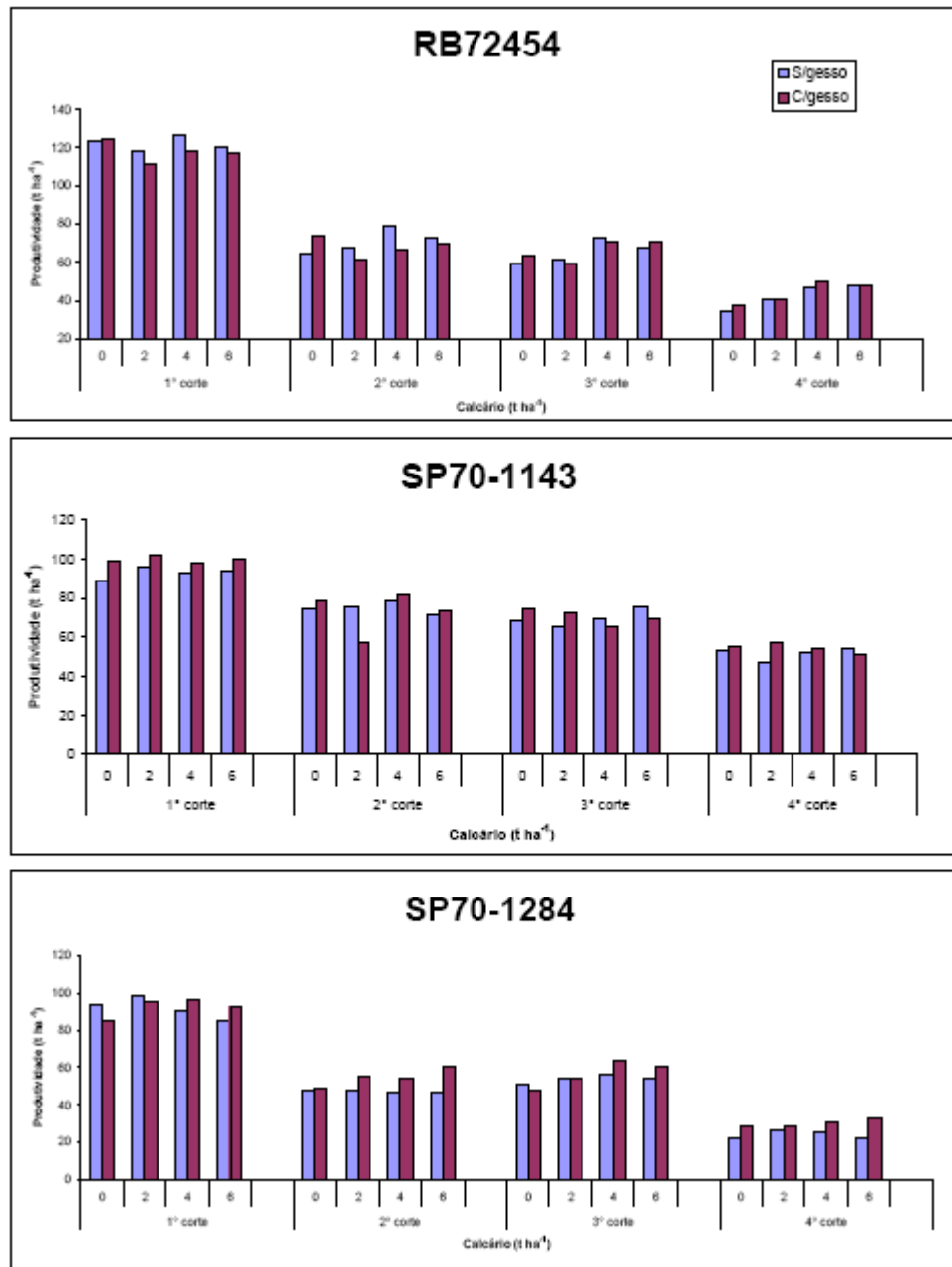


Figura 4.2. Produtividade de três variedades de cana-de-açúcar por corte e tratamentos de calcário e gesso.

É provável que a ausência de resposta à calagem esteja em função da condição original do solo que, apesar de apresentar níveis considerados baixos pela literatura, foram suficientes para permitir que a testemunha obtivesse resultados de produtividade semelhante aos dos tratamentos, confirmando a hipótese de que esta cultura apresenta certa tolerância ao

alumínio e é pouco exigente em Ca + Mg, podendo existir variações entre as variedades (Anderson e Bowen, 1992).

As doses de calcário implicaram em diferença significativa a 5% para altura de colmos, e apenas no 4º corte, entre a dose de 4 t ha⁻¹ e a testemunha. A presença de gesso aumentou significativamente, o diâmetro dos colmos no 1º corte (1%), a altura dos colmos no 2º corte (5%) e a produtividade de massa de colmos no 4º corte (5%). A análise estatística dos resultados caracterizou as diferenças entre variedades para produtividade, altura, diâmetro e população de colmos, Pol % cana (PC), pureza do caldo (Pz) e Pol por hectare (TPH), em pelo menos dois dos quatro cortes efetuados (Tabela 4.2).

Produtividade de massa de colmos e sacarose por hectare (TPH).

Para produtividade de massa de colmos por hectare as variedades diferiram entre si em todos os cortes. Na cana-planta, a variedade RB72454 foi superior a SP70-1143 e SP70-1284. No 2º e 3º cortes RB72454 e SP70-1143 foram superiores a SP70-1284 e no 4º corte SP70-1143 foi mais produtiva que RB72454 e esta mais que SP70-1284. O declínio de produtividade foi acentuado em RB72454 e SP70-1284 e menor em SP70-1143, indicando ser esta variedade mais adaptada à condição de cultivo do que as demais. A elevada produção de RB72454 na cana-planta favoreceu a média dos quatro cortes para esta variedade, mas não o suficiente para superar SP70-1143.

Tabela 4.2. Valores médios de produtividade, em t ha⁻¹, altura, em cm; diâmetro, em mm; população, em número de colmos por 10 metros; pol cana (PC), em %; pureza do caldo e Pol por hectare (TPH), em t ha⁻¹, e respectivos coeficientes de variação (CV), em %, para 4 cortes.

Causa de Variação	Produtiv. T ha ⁻¹	Altura Cm	Diâmetro mm	Populaç. n°colm/10m	PC %	Pureza	TPH t ha ⁻¹
1° corte							
SP70-1143	96,2 B	302,6 B	24,9 B	101,7 A	15,01 B	88,98 B	14,39 B
RB72454	120,0 A	325,4 A	28,9 A	89,0 B	14,78 B	89,06 B	17,73 A
SP70-1284	92,1 B	257,1 C	28,8 A	92,3 B	16,35 A	91,26 A	15,10 B
CV (%)	11,1	5,7	4,1	6,0	3,5	1,4	18,6
2° corte							
SP70-1143	73,8 A	249,7 A	22,1 B	116,2 A	14,65 C	87,07 C	10,81 A
RB72454	67,1 A	241,3 A	24,8 A	87,3 B	15,33 B	88,46 B	10,58 A
SP70-1284	50,8 B	189,0 B	24,1 A	82,0 C	15,84 A	89,76 A	8,07 B
CV (%)	16,0	8,9	7,3	8,0	3,4	1,2	19,4
3° corte							
SP70-1143	69,9 A	203,9 A	24,1	105,3 A	16,8 B	90,27 ab	11,80 A
RB72454	65,5 A	212,4 A	25,8	74,2 B	17,3 A	90,73 a	11,38 A
SP70-1284	55,1 B	171,0 B	26,3	76,7 B	16,8 B	90,07 b	9,26 B
CV (%)	13,6	8,8	29,0	11,0	4,1	1,1	19,9
4° corte							
SP70-1143	52,9 A	164,8 A	20,5 B	119,7 A	14,49 B	88,31 C	7,69 A
RB72454	43,1 B	169,9 A	22,9 A	76,8 B	14,98 A	88,96 B	6,44 B
SP70-1284	27,2 C	130,7 B	23,1 A	69,3 C	15,21 A	89,69 A	4,13 C
CV (%)	20,0	10,9	7,2	12,4	3,9	1,1	22,3

Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas) e 1% de probabilidade (maiúsculas), em cada causa de variação.

A variedade SP70-1284 é reconhecida como exigente em condições de fertilidade de solo e água (COPERSUCAR, 1983) e, apesar da calagem ter melhorado as condições do solo não houve alterações suficientes para permitir o desenvolvimento pleno desta variedade. Já a variedade RB72454 é reconhecida como tendo grande adaptabilidade a solos, entretanto, os dados demonstraram que esta variedade perdeu produtividade de modo semelhante a SP70-1284 com elevada redução de produção do 1° para o 2° corte, que foi de 44% para RB72454 e de 45% para SP70-1284 e apenas de 23% para SP70-1143. Contudo, nos cortes subsequentes, RB72454 apresentou maior estabilidade produtiva e, apesar da redução ter sido alta do 1° para o 2° corte ela foi mínima deste para os cortes posteriores.

A variedade SP70-1143 apresentou maior estabilidade de produção ao longo dos cortes, com menores reduções entre um corte e outro, sendo esta condição interessante para os produtores. A escolha varietal para cultivo desses solos é primordial, uma vez que a calagem e a gessagem, apesar de corrigir o solo e reduzir o problema da acidez não foi capaz de tornar o ambiente suficientemente propício para as variedades de cana que apresentam maior exigência em fertilidade do solo, resultado semelhante foi encontrado por Tênia (1989). Entretanto, a produção de sacarose por hectare foi muito semelhante entre SP70-1143 e RB72454. Assim, mesmo que RB72454 seja menos adaptada a este tipo de solo, o maior teor de sacarose desta variedade compensou a redução da produtividade das soqueiras, permitindo uma produção de sacarose semelhante a da variedade mais rústica e menos rica em açúcar (SP70-1143). No entanto, a variedade de maior potencial de produção de sacarose, SP70-1284, não compensou a acentuada queda de produção de massa de colmos, ficando no resultado final de produção de sacarose bem abaixo das outras duas variedades.

Houve diferença de maturação entre as variedades, expressa pelo PC e Pz, o que reflete a diferença de ciclo entre as variedades. A colheita do 1º, 2º e 4º cortes ocorreram em julho e a do 3º corte em setembro. A variedade SP70-1284 apresenta ciclo de maturação considerado precoce, razão de apresentar valores maiores de PC e Pz, exceto no terceiro corte, quando esta variedade já havia atingido o seu limite máximo de acúmulo de açúcar, sendo ultrapassada por RB72454, que apresentou maior PC e Pz, caracterizando-a como de ciclo mais tardio (Matsuoka, 1987). Já a SP70-1143 apresentou comportamento bem semelhante a RB72454, mas inferior a esta para as épocas de corte, embora esta variedade seja considerada de ciclo médio e a época de colheita deveria favorece-la em relação a RB72454, o que não aconteceu, provavelmente em função da menor qualidade tecnológica desta variedade em relação às outras duas, caracterizando-a como de menor potencial de acúmulo de sacarose,

confirmando COPERSUCAR (1983). Assim, a combinação de produtividade e teor de sacarose, para as épocas de colheita deste ensaio, permite afirmar que, apesar de SP70-1143 ter apresentado maior adaptabilidade produtiva de massa de colmos para este tipo de ambiente de produção, sua produção de sacarose por área (TPH), no ciclo, foi semelhante a RB72454.

Características morfológicas e correlações.

A produtividade de colmos por hectare ($t\ ha^{-1}$) foi resultado da combinação de altura do colmo (ALT) e da população de colmos (POP), como pode ser observado nas equações de correlação múltipla entre estas características, apresentadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Equações de correlação múltipla e coeficientes de correlação múltipla (R) para produtividade de massa de colmos por hectare em função da altura e da população de colmos, para três variedades de cana-de-açúcar.

Variedade	Equação	R
SP70-1143	$t\ ha^{-1} = -1,639_{ns} + 0,295^{**} \times ALT + 0,062_{ns} \times POP$	0,85**
SP70-1284	$t\ ha^{-1} = -53,84^{**} + 0,401^{**} \times ALT + 0,435^{**} \times POP$	0,93**
RB72454	$t\ ha^{-1} = -52,20^{**} + 0,441^{**} \times ALT + 0,268^{*} \times POP$	0,93**

** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ns – não significativo.

A variedade SP70-1143 apresentou correlação significativa e positiva apenas com a altura das plantas, e o coeficiente foi o menor entre as três variedades. As outras duas apresentaram maiores coeficientes de correlação e interação significativa para altura e população de colmos. Entretanto, estas características não têm a mesma importância na definição da produtividade para todas as variedades. A população de colmos foi o fator mais importante para SP70-1284 e a altura foi mais importante para RB72454, como indicam os coeficientes respectivos. Os coeficientes de correlações entre algumas das diversas características estudadas para cada variedade e para o conjunto do ensaio, são apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Coeficientes de correlação, por variedade e geral, para as médias dos tratamentos, nos quatro cortes, entre produtividade de massa, altura, diâmetro e população de colmos, pol % cana (PC), pureza (Pz), produção de sacarose por hectare (TPH), e teores de cálcio + magnésio e alumínio trocáveis e saturação por alumínio (m%), da camada superficial do solo.

Fatores de Correlação	r			
	SP70-1143	RB72454	SP70-1284	GERAL
Prod. X Altura	0,85**	0,93**	0,92**	0,90**
Prod. X Diam.	0,32**	0,71**	0,36**	0,34**
Prod. X Pop colmos	-0,02 ^{NS}	0,60**	0,76**	0,41**
Prod. X PC	-0,02 ^{NS}	-0,22*	0,45**	-0,07 ^{NS}
Prod. X Pz	-0,14 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	0,43**	-0,10 ^{NS}
Prod. X Ca+Mg	0,30 ^{NS}	0,60**	0,54**	0,34**
Altura X Diam.	0,33**	0,79**	0,35**	0,33**
Altura X Pop. colmos	-0,08 ^{NS}	0,58**	0,70**	0,35**
Altura X PC	-0,10 ^{NS}	-0,25**	0,37**	-0,14 ^{NS}
Altura X Pz	-0,17 ^{NS}	-0,17 ^{NS}	0,44**	-0,15 ^{NS}
Altura X Ca+Mg	0,38 ^{NS}	0,54**	0,51*	0,34**
Altura X Al troc.	0,15 ^{NS}	0,43*	0,05 ^{NS}	0,15 ^{NS}
Diam. X Pop. colmos	-0,34**	0,23**	0,30**	-0,15 ^{NS}
Diam. X PC	0,12 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,22*	0,18**
Diam. X Pz	0,07 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,22*	0,20**
Diam. X TPH	0,34**	0,72**	0,36**	0,37**
Diam. X Al troc.	-0,05 ^{NS}	0,57**	-0,03 ^{NS}	0,01 ^{NS}
Pop. colmos X PC	-0,42**	-0,39**	0,23**	-0,33**
Pop. colmos X Pz	-0,49**	-0,47**	0,18*	-0,43**
Pop. colmos X Ca+Mg	-0,03 ^{NS}	0,52**	0,65**	0,06 ^{NS}
Pop. colmos X Al troc.	-0,46*	-0,23 ^{NS}	-0,27 ^{NS}	-0,02 ^{NS}
Pop. colmos X m%	-0,34 ^{NS}	-0,36 ^{NS}	-0,43*	-0,05 ^{NS}
PC X Pz	0,74**	0,68**	0,56**	0,71**
PC X Ca+Mg	0,12 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,34 ^{NS}	0,17 ^{NS}
TPH X Ca+Mg	0,28 ^{NS}	0,52**	0,52**	0,34**

** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns-não significativo.

A correlação elevada entre produtividade e diâmetro do colmo (0,71) para RB72454 indica ser este fator importante componente na capacidade de produção de massa de colmos dessa variedade. A elevada correlação entre altura e diâmetro (0,79), indicam que estas duas características compensam, em parte, a menor população de colmos desta variedade em relação SP70-1143, permitindo que se obtenha produtividade de socas estatisticamente iguais entre as duas.

Com relação aos aspectos qualitativos da cana-de-açúcar, PC e pureza (Pz) estiveram positivamente correlacionados com produtividade de massa, altura, diâmetro e população de colmos para a variedade SP70-1284, mas, o mesmo não ocorreu com RB72454 que

apresentou correlação negativa entre aquelas características, provavelmente, isto se deve há diferença dos ciclos de cada variedade. Com SP70-1284 completando seu ciclo antes da data da colheita, enquanto RB72454 ainda estava por completar seu ciclo, com SP70-1143 em estado intermediário entre elas, confirmando a caracterização dada por COPERSUCAR (1983) e Matsuoka (1987).

A aplicação de calcário e gesso ao solo afetou diferentemente cada uma das variedades em relação a produtividade de massa de colmos. RB72454 e SP70-1284 foram dependentes do teor de cálcio + magnésio da camada superficial do solo, como indicam os coeficientes de correlação de 0,60 e 0,54, respectivamente, enquanto SP70-1143 apresentou comportamento indiferente aos teores daquelas bases. O mesmo comportamento ocorreu com os fatores morfológicos condicionantes da produtividade de colmos, a altura e a população de colmos, em relação as três variedades.

A variedade RB72454 apresentou ainda elevada correlação positiva entre o teor de Al^{3+} e a altura e diâmetro dos colmos, dois fatores morfológicos importantes na composição da produtividade de massa de colmos para esta variedade, o que indica que ela é indiferente a presença do alumínio tóxico no solo, para os níveis deste ensaio, desde que a presença de Ca + Mg esteja assegurada, diferindo de SP70-1284 que foi igualmente dependente da presença de Ca + Mg mas não apresentou correlação com o teor de Al^{3+} do solo. A SP70-1143 não apresentou correlação entre qualquer das características morfológicas e da produtividade de colmos com o teor de Ca + Mg ou com Al^{3+} . Os resultados foram concordantes para RB72454 (planta e soca) e SP70-1143 (soca) com os encontrados por Landell et al. (1999a) embora aqueles autores tivessem trabalhado com solos com diferentes características químicas.

Foram estabelecidas então as equações de regressão múltipla, apresentadas na Tabela 4.5, que permitiram separar o comportamento das três variedades em relação aos teores de

Ca + Mg e Al³⁺ e seu reflexo na produtividade de massa de colmos. Assim, é possível afirmar que a variedade RB72454 é bastante dependente do teor de Ca + Mg e é bastante tolerante ao teor de Al³⁺. Já SP70-1284 também é bastante dependente de Ca+Mg, porém, pouco menos que RB72454, conforme se observa nos respectivos coeficientes, sendo as duas muito mais exigentes em Ca+Mg que SP70-1143. Embora tolerante ao Al³⁺, SP70-1143 foi menos tolerante que a própria RB72454.

Tabela 4.5. Equações de regressão múltipla e coeficientes de correlação múltipla (R) para médias de produtividade de massa de colmos em função dos teores de cálcio+magnésio e alumínio trocáveis da camada superficial do solo, para três variedades de cana-de- açúcar.

Variedade	Equação	R
SP70-1143	$t \text{ ha}^{-1} = 45,207^{**} + 0,909^* \times \text{Ca+Mg} + 2,259^* \times \text{Al troc.}$	0,52*
SP70-1284	$t \text{ ha}^{-1} = 19,796_{\text{ns}} + 1,366^{**} \times \text{Ca+Mg} + 0,154_{\text{ns}} \times \text{Al troc.}$	0,55*
RB72454	$t \text{ ha}^{-1} = 27,337^{**} + 1,454^{**} \times \text{Ca+Mg} + 3,888^{**} \times \text{Al troc.}$	0,74**

** (p<0,01), * (p<0,05), ns – não significativo.

A menor produtividade de massa de colmos encontrada para a variedade SP70-1284 em relação à média das outras duas, provavelmente, se deve à baixa capacidade adaptativa ao ambiente edáfico. Contudo, não pode ser explicada apenas por este fator, pois o ambiente foi melhorado, com a adição do calcário e do gesso, como ficou evidenciado na Figura 1. Possivelmente, outros fatores de produção, não abordados diretamente neste trabalho, são mais importantes que os aspectos químicos do solo, tais como a disponibilidade de água ou de temperatura. Landell et al. (1999b) afirmam que variedades mais eficientes no uso da água são geralmente mais tolerantes a alumínio, o que concordaria com os resultados aqui encontrados.

As correlações positivas entre altura e teor de Ca + Mg e entre TPH e cálcio+magnésio encontradas para as variedades SP70-1284 e RB72454 confirmam a relação encontrada por Fernandes (1985) entre altura e teor de cálcio, e de Vargas e Bittencourt (1992)

entre TPH e cálcio, após correção do solo com calcário. Entretanto, a variedade SP70-1143 não apresentou correlação significativa entre aqueles fatores, indicando que as variedades não possuem todas o mesmo tipo de resposta à calagem, tanto para produção de massa de colmos quanto para sacarose. Portanto, em razão do que foi exposto, deve-se conhecer as respostas das variedades à calagem antes de realizar a correção do solo, pois assim, através da escolha adequada da variedade, a produtividade de massa de colmos e de sacarose poderiam ser maximizadas e os recursos despendidos com insumos, minimizados.

A variedade RB72454 produziu ao longo dos quatro cortes uma média de 11,53 TPH, semelhante à variedade SP70-1143, que produziu 11,17 TPH, e superior à SP70-1284, com média de 9,29 de TPH, apesar de ser a variedade mais rica em sacarose. Assim, o cultivo de variedades mais exigentes em Ca + Mg em solos de baixa fertilidade, mas corrigidos, pode ser tão interessante quanto o cultivo de variedades adaptadas àqueles solos, desde que estas variedades apresentem certa tolerância ao alumínio trocável, como a RB72454. Já as variedades que não apresentam esta tolerância (SP70-1284), mesmo que o solo seja corrigido, e o teor de alumínio trocável seja inferior a 4 mmol_e dm⁻³, devem ter seu cultivo evitado, ainda que ricas em sacarose.

4.6. Conclusões

Calcário e gesso não resultaram em aumento da produtividade de massa de colmos e de sacarose por hectare para as três variedades de cana-de-açúcar testadas.

As variedades diferiram entre si quanto a produtividade de massa de colmos e produção de sacarose por hectare.

As principais características morfológicas que condicionaram a produtividade

de massa de colmos foram a altura do colmo, diâmetro do colmo e população de colmos.

A produtividade de massa de colmos foi função dos teores de cálcio+magnésio e de alumínio trocável em RB72454 e SP70-1143 e de cálcio + magnésio em SP70-1284.

Variedades de cana mais ricas em sacarose, desde que tolerantes ao alumínio, mesmo que exigentes a Ca + Mg podem produzir sacarose por área tanto quanto as variedades mais rústicas, tolerantes a alumínio e pouco exigentes em Ca + Mg.

4.7. Referências Bibliográficas

ALLEONI, L.R.F.; BEAUCLAIR, E.G.F.; BITTENCOURT, V.C. Produtividade e atributos de crescimento da RB735275, em áreas com e sem torta de filtro. *Stab. Açúcar, álcool e subprodutos*: Piracicaba, v.14, n.2, p.21-24, nov/dez. 1995.

ANDERSON, D.L.; BOWEN, J.E. *Nutrição da cana-de-açúcar*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1992. 40p.

BENEDINI, M.S. Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar. Piracicaba: Centro de tecnologia Copersucar, 1988. 19p. (Série Agronômica n.º 16).

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUJO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa*. v.28, n.1, p.125-136, 2004.

CAIRES, E.F.; BLUM,J.; BARTH, G.; GARBUJO, 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 de Ciência do Solo: Viçosa*. v.27, n.2, p.275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa*. v.22, n.1, p.27-34, 1998.

CASAGRANDE, A. A. *Tópicos de morfologia e fisiologia de cana-de-açúcar*. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 1991. 157p.

COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Novas variedades Copersucar*. Boletim Técnico Copersucar: Piracicaba, edição especial, 59 p., mar. 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF:EMBRAPA-CNPS, 1999. 412p.

FERNANDES, F.A. Efeito do gesso como fonte de cálcio e de enxofre na cultura da cana-de-açúcar. 1985. 92p. (Dissertação de Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 8º ed. Piracicaba: Livraria Nobel S.A., 1978. 430p.

GOMES, R.V.;TABOSA, J.N.; SIMÕES, A.L.; CAVALCANTI, F.J.A.; LIRA, M.A.; REIS, O.V.; LIMA, G.S.; TAVARES, J.A. Utilização do calcário + gesso em solos ácidos da Chapada do Araripe-PE, na cultura do sorgo granífero. Pesquisa Agropecuária Pernambucana, Recife, v.10, n.1, p.25-37, 1997.

INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL Ato n.º 65/84 – Dispõe sobre as normas de execução do sistema de pagamento de cana de fornecedores pelo teor de sacarose e pureza, no Estado de São Paulo. Diário Oficial da União, p.14282-14286, out. 1984.

LANDELL, M. G. A.; PRADO, H.; PERECIN, D.; MA, J.H.M.; VASCONCELOS, A.C.M.; MATOS, E. S.; ROSSETO, R.; BIDÓIA, M.A.P.; SILVA, M.A. Correlação da produtividade de variedades de cana-de-açúcar com atributos químicos do horizonte B de LATOSSOLOS ROXOS em conquista – MG. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., 1999, Londrina. Anais... Piracicaba:Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1999a. p.54-56.

LANDELL, M.G.A.; FIGUEIREDO, P.; CAMPANA, M.P. Estratégias de seleção objetivando a obtenção de variedades de cana-de-açúcar. Stab. Açúcar, álcool e subprodutos: Piracicaba, v.17, n.3, p.44-45, jan.fev. 1999b.

LEME, E.J.A. Estudo da variação das características hidráulicas dos sulcos de infiltração em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) 1978. 86p. (Dissertação de Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

LEME, E.J.A.; MANIERO, M.A.; GUIDOLIN, J.C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. Cadernos Planalsucar: Piracicaba, v.2, p.3-9, mar. 1984.

MARINHO, M.L.; ALBUQUERQUE, G.A.C; ARAÚJO Fº, J.T. Calibração do alumínio trocável do solo para cana-de-açúcar em Alagoas. Saccharum: Piracicaba. v.26, p.18-23, mai/jun.1983.

MATSUOKA, S. RB72454: Uma variedade de cana-de-açúcar para todo o Brasil. Piracicaba:Planalsucar, 1987. 29p.

MORELLI, J.L.; DALBEN, A. E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo: Campinas*, v.16, n.2, p.187-194, mai/ago. 1992.

NAIDU, R., HAYNES, R.J. Chemical composition of saturation paste extracts of a Fijian Oxisol after liming and repeated wetting and driming. *Tropical Agriculture*: , v.76, n.1, p.29-35, 1999.

ORLANDO F°, J; RODELLA, A.A. Adubação nitrogenada em cana-planta: perfilhamento e produtividade agrícola. *Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos: Piracicaba*, v.13, n,3, p.16-18, 1995.

PENATTI, C.P.; BONI, P.S.; CONDE, A.J.; SALATA, J.C. Efeito da aplicação de calcário no sulco de plantio de cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar: Piracicaba*. v.39, p.17- 20,nov. 1987.

QUAGGIO, J. A., Resposta de culturas à calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1985, Piracicaba. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1985. Cap. IV, p.123-157.

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

RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES,A.S.; BATAGLIA, O.C. Análise química de solos para fins de fertilidade. Campinas:Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B.; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO,J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA,H.; BELINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1992. 107p. (Boletim Técnico, 100).

SOBRAL, A.F.; LIMA, S.M.A.; MELO, P.L.P. Efeitos da aplicação de calcário e gesso na produção de cana-de-açúcar e nas características químicas do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5, Águas de São Pedro, 1993. Anais... Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1993. p.34-38.

SOBRAL, A.F.; GUIMARÃES, V.O.S. Relação entre a toxidez do alumínio e a produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.27, n.2, p.287-292, 1992.

SOUSA V., O.; REA S., R. Correlación entre los componentes de rendimento y calidad em cinco cultivares híbridos de caña de azúcar. *Caña de azúcar: Maracay*, v.11, n.1, p.45-52, 1993.

TENIAS, J. Efecto del encalado em la producci3n de cuatro variedades de caña de azúcar sembradas em um Ultisol del estado Monagas. Caña de Azúcar:Maracay. v.7, n.1,p5-16, 1989.

VARGAS, J.T.D.; BITTENCOURT, V.C. Efeito da adubaç3o verde e calc3rio nas propriedades do solo e na produç3o e qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivada em solo de cerrado. Cultura Agron3mica, Ilha Solteira, v.1, n.1, p.91-105, 1992.

ZAMBELLO Jr., E.; ORLANDO F^o., J., Adubaç3o da cana-de-açúcar na regi3o Centro-Sul do Brasil. Boletim T3cnico PLANALSUCAR: Piracicaba, v.3, n.3, p.5-26, mar. 1981.

ZAMBELLO Jr., E.; ORLANDO F^o., J.; RODELLA, A. A. Fertility classes of aluminium, trough soil analysis for the sugarcane crop in Brazil. Sugarcane: Port Talbort, n.5, p.10-12, 1984.

5. ARTIGO: EFEITO DE ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO SOBRE O SISTEMA RADICULAR DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*)

5.1. Resumo

A utilização de solos marginais para a agricultura implica na utilização de corretivos na melhoria do ambiente radicular. Com o objetivo de quantificar o desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em solo ácido submetido à calagem e à gessagem, e de comparar dois métodos de avaliação de raízes, foi instalado um ensaio, em LATOSSOLO VERMELHO distrófico psâmico, corrigido com calcário (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) e gesso (0 e 2 t ha⁻¹), cultivado com três variedades que apresentam diferentes graus de tolerância a solos ácidos. Foi quantificada a massa seca de raízes, retirada por trado e monólito, em camadas de 20 cm até 100 cm de profundidade. A massa de raízes mostrou boa correlação com o teor de cálcio trocável no solo e baixa correlação com alumínio trocável. Em solo corrigido, a variedade tolerante apresentou aumento da massa radicular, e as sensíveis, redução. A distribuição das raízes no perfil foi variável com as alterações de ambiente para as variedades. O método do trado superestimou a massa seca de raízes.

Palavras-chave: *Saccharum spp*, calcário, gesso, metodologia, raízes, trado, monólito.

5.2. Abstract

The use of correctives in the improvement of the root environment is needed when poor soils are used. The aim of this work was trying to quantify the development and compare two methods for roots evaluations of some sugarcane (*Saccharum spp*) that was planted in acid soil, which was submitted to lime and gypsum; the test was made with a psamitic red latosol (Rodic Hapludox), which was corrected using lime (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) and gypsum (0 e 2 t ha⁻¹) and cultivated with three varieties which present different rates of tolerance to acid soil. It was quantified the dry matter roots, took off for an auger and monolith, in layers with 20 cm depth. The matter of roots shows high correlation with the content of exchange calcium in the soil, and the low correlation with exchange aluminium. The tolerant variety increase the dry matter when the soil was corrected and the sensitive reduced their dry matter. The distribution of roots on the profile was variable with the exchange of environment to the varieties. The auger method overestimate the dry matter of roots.

Key-words: *Saccharum spp*, lime, gypsum, methodology, roots, auger, monolith.

5.3. Introdução

O cultivo da cana-de-açúcar em solos marginais tem trazido desafios aos produtores em termos de obtenção de resultados econômicos satisfatórios para diversos cortes. A aplicação de corretivos e fertilizantes reduz as condições estressantes do solo, permitindo melhor desenvolvimento da planta. O cultivo de variedades adaptadas é outra solução que vem sendo buscada; entretanto, variedades menos exigentes apresentam menor teor de sacarose e proporcionam menor retorno econômico.

A correção das deficiências químicas do solo é um procedimento agrícola que visa obter melhor desenvolvimento de toda a planta, raízes e parte aérea. O genótipo, o estágio de desenvolvimento e o ambiente edáfico influem no tamanho do sistema radicular, sendo este mais abundante quando as plantas são cultivadas em solos com baixa fertilidade, quando comparados aos solos ricos em nutrientes (Clarkson, 1985). Todavia, níveis elevados de alumínio e/ou baixos de cálcio afetam negativamente o desenvolvimento do sistema radicular nos solos com elevada acidez (Furlani e Berton, 1992).

O sistema radicular responde diretamente às condições do ambiente edáfico e ao manejo deste ambiente. A melhoria das condições químicas do solo promove o desenvolvimento radicular que tem então melhores condições para absorver água e nutrientes, como foi constatado em ensaios de campo com aveia preta, trigo, milho e soja (Merten e Mielniczuk, 1991), milho (Silva et al., 1993), soja (Bataglia et al., 1981), cana-de-açúcar (Zotarelli, 1992; Morelli et al. 1992), capim andropogon (Goedert et al. 1985), e em ensaios com vasos com algodão (Silva et al., 1998) e cana-de-açúcar (Dal Bó et al., 1986).

O cálcio é fundamental para o crescimento dos pêlos radiculares, pois está diretamente associado à divisão celular e ao tamanho das células. Como este elemento não é

redistribuído na planta, deve estar presente nos locais de crescimento radicular em concentrações mínimas (Ritchey et al. 1983). Hofer (1996) indica que, em geral, o crescimento das raízes é ótimo numa faixa de cálcio em solução que varia de 0,3 a 3,0 mmol_e L⁻¹. Duas variedades de cana-de-açúcar, uma sensível à acidez e outra tolerante, não apresentaram diferença na massa seca de raízes e parte aérea para 4,0 mmol_e dm⁻³ de cálcio no solo (Dal Bó et al., 1986).

Capim *Andropogon gayanus* desenvolve sistema radicular mesmo em solo com 0,2 mmol_e dm⁻³ de cálcio, mas a calagem proporcionou maior crescimento das raízes neste solo (Goedert et al., 1985). Quando o nível de cálcio está alto no solo, mesmo que o pH seja baixo, há rápido crescimento radicular, mas o contrário não é verdadeiro, ou seja, mesmo com pH elevado se o teor de cálcio for baixo o crescimento é reduzido (Pilet, 1996). Em solução nutritiva Lambers et al. (1996) constataram ocorrer diminuição do crescimento radicular do milho quando a concentração de H⁺ em solução aumentou, devido a maior respiração radicular. Já em trigo e sorgo houve elevação da taxa respiratória com aumento da concentração de alumínio trocável, de forma que cultivares sensíveis cessaram o crescimento a partir de determinada concentração de Al³⁺, enquanto as tolerantes aumentaram ainda mais a taxa respiratória, segundo aqueles autores, isto se deve ao elevado gasto de energia necessário para produção de ácidos orgânicos, responsáveis pela quelação do alumínio tóxico. Em cana-de-açúcar, Sobral e Guimarães (1992) estabeleceram como níveis críticos 6 mmol_e dm⁻³ de alumínio trocável e 25% de saturação por alumínio em solos do Brasil.

Quanto à distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar no perfil do solo, a literatura apresenta vários exemplos, em diversos solos e sob diferentes sistemas de manejo. Contudo, nesses trabalhos, observa-se que a maior parte das raízes estão localizadas na parte mais superficial do solo, entre 0-30 cm, alguns autores consideram até 60 cm de profundidade, variando desde 59,3% até 90% do total das raízes encontradas (Inforzato e Alvares, 1957; Avilan

et al., 1977; Sampaio et al., 1987; Salata et al., 1987; Korndörfer et al., 1989; Vasconcelos et al., 2003).

Existem diferenças de distribuição do sistema radicular em relação ao genótipo da cana-de-açúcar (Avilan et al., 1977; Korndörfer et al., 1989; Vasconcelos et al., 1999) e como resposta ao manejo químico do solo, principalmente com a aplicação de gesso e calcário, como demonstraram Dal Bó et al. (1986) e Morelli et al. (1987) e teor de alumínio trocável (Vasconcelos et al., 2003).

O método de avaliação adotado para retirar e quantificar as raízes pode interferir nos resultados. Estudo comparativo desenvolvido por Vasconcelos et al. (2003) encontrou maior massa seca de raízes em amostras retiradas em monólitos comparativamente ao trado, para o mesmo volume de solo, e que, baixo número de sub-amostras, retiradas com trado, pode envolver elevado coeficiente de variação, dificultando a observação de efeitos de tratamentos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição do sistema radicular de três variedades de cana-de-açúcar, em cana-planta e terceira-soca, cultivadas em solo ácido submetido a calagem e gessagem, e comparar duas metodologias de coleta de raízes.

5.4. Material e Métodos

Foi instalado um ensaio de campo na Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema, pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), localizada no município de Assis, Estado de São Paulo, a 410 m de altitude e, definida pelas seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°47' S e longitude 50°33' W. O solo do local foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico psamítico (EMBRAPA, 1999), e as características

físicas e químicas são apresentadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Resultados das análises química e granulométrica do solo, antes da instalação do ensaio, em outubro de 1992, em quatro profundidades

Característica	Unidade	Profundidade (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80
Analísada					
P resina	mg dm ⁻³	3	2	1	1
Mat. Org.	g dm ⁻³	17	12	9	7
pH (CaCl ₂)		4,2	4,0	3,8	4,0
K	mmol _c dm ⁻³	0,5	0,4	0,4	0,3
Ca	mmol _c dm ⁻³	9	7	6	5
Mg	mmol _c dm ⁻³	4	4	3	3
H + Al	mmol _c dm ⁻³	41	43	37	30
Al	mmol _c dm ⁻³	5	7	9	8
S	mmol _c dm ⁻³	13,5	11,4	9,4	8,3
CTC	mmol _c dm ⁻³	54,5	54,4	46,4	38,3
V	%	25	21	20	22
M	%	27	38	49	49
Argila	g dm ⁻³	108	128	158	135
Silte	g dm ⁻³	30	49	64	49
Areia	g dm ⁻³	862	823	778	816

Em outubro de 1992 a área experimental foi limpa e gradeada com grade pesada e as parcelas foram demarcadas. Em fevereiro de 1993, o calcário, em quatro doses (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) e o gesso, em duas doses (0 e 2 t ha⁻¹) foram distribuídos e incorporados com arado, a 20 cm de profundidade, com o objetivo de alterar quimicamente o ambiente edáfico. Em abril fez-se uma gradagem de nivelamento e em seguida foram plantadas três variedades de cana-de-açúcar com diferentes potenciais de adaptação a ambientes: SP70-1143, RB72454 e SP70-1284, respectivamente de baixa, média e alta exigência em fertilidade do solo (COPERSUCAR, 1983; Matsuoka, 1987). Constituindo um fatorial de 4 x 2 x 3, com quatro repetições, totalizando 96 parcelas distribuídas em blocos ao acaso. Cada parcela era constituída de 6 linhas, espaçadas de 130 cm, por 10 metros de comprimento, com a área útil (52 m²) composta das quatro linhas centrais.

O calcário aplicado apresentava 312 g kg⁻¹ de CaO, 216 g kg⁻¹ de MgO e PRNT de 90,2% e o gesso agrícola 255 g kg⁻¹ de CaO, 141 g kg⁻¹ de S e 64 g kg⁻¹ de fósforo total. A

adubação de plantio seguiu a recomendação de Raij et al. (1992) para a cultura, sendo distribuídos no fundo do sulco 26 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia nas parcelas que receberam gesso e de sulfato de amônio nas demais, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 150 kg ha⁻¹ de K₂O. Em seguida, as mudas provenientes de viveiro secundário, termicamente tratado, foram distribuídas em torno de 15 gemas sadias por metro de sulco. Sobre elas foram aplicados 4,0 L ha⁻¹ p.c. de heptacloro (40%) e 30 kg ha⁻¹ p.c. de carbofuram (5%). Em seguida as mudas foram cobertas manualmente com 3 a 5 cm de terra. As plantas daninhas foram controladas por capina manual durante todo o ciclo da cultura.

Após as colheitas da cana-planta (julho de 1994) e da terceira soca (julho de 1997), foram retiradas amostras de raízes em todas as parcelas do ensaio. Para não danificar as parcelas, optou-se pela utilização de um trado tipo sonda (Cannell, 1981), com diâmetro de 5,08 cm. As raízes foram amostradas em 5 camadas de 20 cm cada uma, até 100 cm de profundidade. Foram retiradas 6 sub-amostras para compor a amostra de cada parcela e profundidade, conforme indicação de Böhm (1979) a 15 cm da linha da cultura.

Após a coleta das raízes da terceira soca, foram abertas 6 trincheiras (Figura 5.1), em um único bloco do ensaio. As trincheiras foram localizadas nas parcelas que apresentavam os tratamentos mais contrastantes em doses de calcário e gesso, respectivamente de 0 e 0 t ha⁻¹ e 6 e 2 t ha⁻¹, que caracterizando os ambientes denominados sem e com insumos respectivamente.

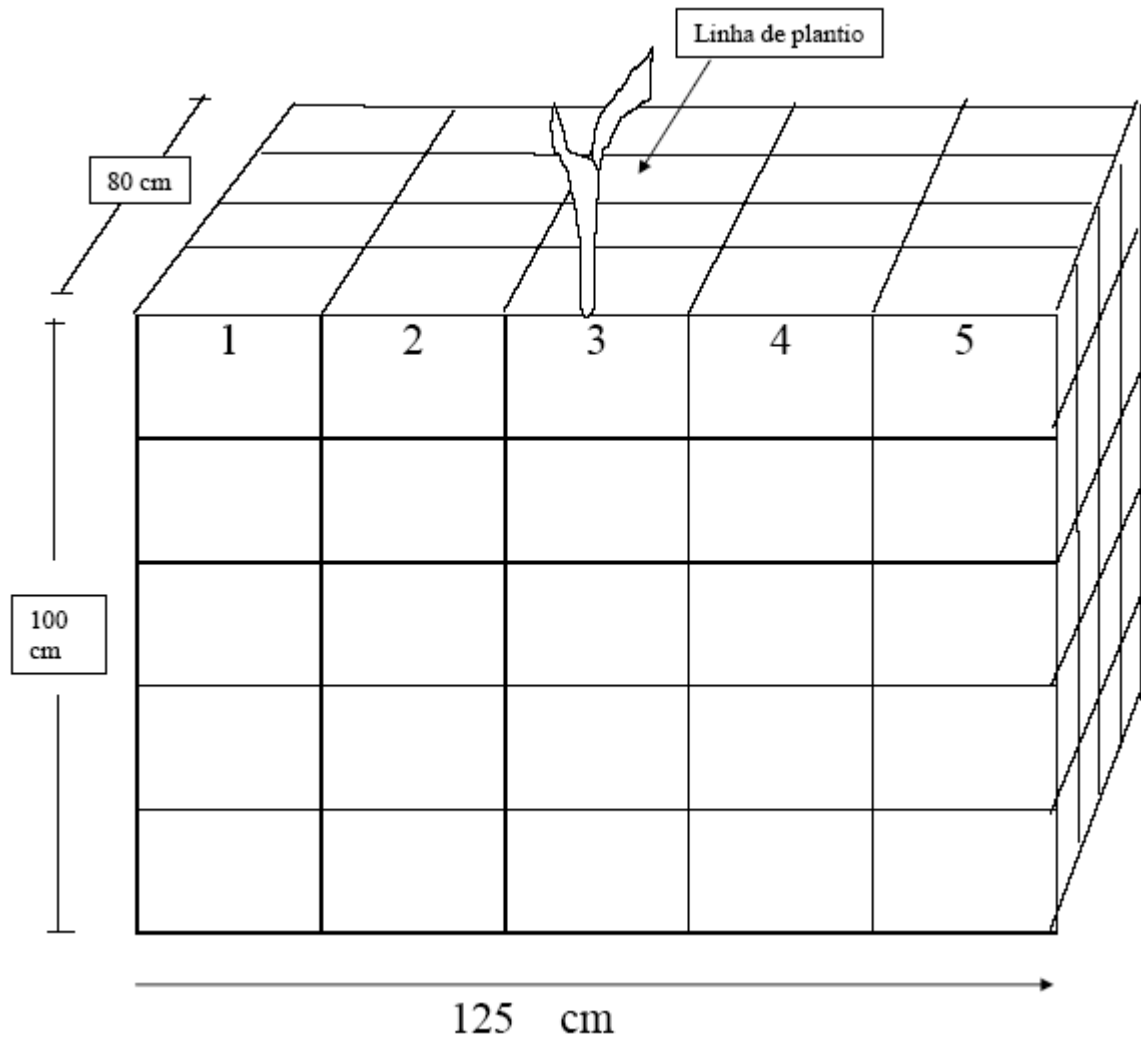


Figura 5.1. Esquema da trincheira de 125 cm de comprimento, 80 cm da largura e 100 cm de profundidade, com a representação dos monólitos, e as posições (1, 2, 3, 4, e 5) com relação a linha de plantio (posição 3).

Cada trincheira foi localizada em uma das linhas centrais da cada parcela e foi aberta perpendicularmente à linha, com 125 cm de comprimento, com a linha localizada exatamente no centro e, com 80 cm de largura e 100 cm de profundidade. Em cada trincheira foram retirados 4 camadas com 25 monólitos de solo, de 10 dm³ cada (25 cm de comprimento x 20 cm de largura x 20 cm de profundidade), totalizando 100 monólitos por parcela.

O solo retirado pelo trado sonda e nos monólitos, foi peneirado em peneira de 2 mm, sendo as raízes separadas e acondicionadas em sacos plásticos. Em laboratório, as raízes

foram cuidadosamente lavadas em jato de água corrente, e postas a secar em estufa de circulação forçada a 60° C, até massa constante. As raízes foram pesadas em balança com precisão de 0,01g e o resultado foi convertido em g de raízes por dm⁻³.

Por ocasião das amostragens para retirada das raízes com trado sonda, foram retiradas também, amostras para análises químicas do solo, nas mesmas profundidades e em todas as parcelas. O solo foi seco à sombra e analisado em conformidade com o método de rotina desenvolvido pelo IAC (Raij et al., 1987), medindo-se o pH em cloreto de cálcio 0,01M, cálcio, magnésio e alumínio trocável extraídos por KCl 1mol L⁻¹ e quantificados por titulometria. A saturação por alumínio foi calculada através da razão entre alumínio trocável e capacidade de troca de cátions efetiva. Os resultados obtidos para cada camada de solo foram submetidos à análise de variância, e teste de Tukey a 1% e 5% de significância para variedades, análise de regressão linear simples e regressão linear múltipla para efeitos do calcário e gesso.

5.5. Resultados e Discussão

Não houve interação entre calcário x variedade, gesso x variedade e entre calcário x gesso x variedade, em todas as situações avaliadas, razão pela qual os resultados serão discutidos separadamente. Na Tabela 5.2 são apresentados os resultados de significância, do teste F, para as regressões lineares simples para pH, cálcio e alumínio trocáveis e saturação por alumínio, em cada uma das épocas, nas cinco profundidades.

Tabela 5.2. Níveis de significância do teste F para a regressão linear simples dos parâmetros do solo na presença e ausência de gesso, na cana-planta e 3^o soca.

Prof. (cm)	pH		Ca		Al		m%	
	S/ges.	C/ges.	S/ges.	C/ges.	S/ges.	C/ges.	S/ges.	C/ges.
Cana-planta								
0-20	**	**	**	**	**	**	**	**
20-40	*	ns	**	**	ns	ns	**	**
40-60	Ns	ns	*	**	*	ns	*	**
60-80	Ns	ns	ns	*	*	*	*	**
80-100	Ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	**
3 ^o soca								
0-20	**	**	**	**	**	*	**	**
20-40	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	*
40-60	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
60-80	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
80-100	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

** - significativo a 1%; * significativo a 5%; ns- não significativo.

Na cana-planta, calcário e gesso alteraram pH, cálcio e alumínio trocável e saturação por alumínio na camada de 0-20 cm. Nas camadas mais profundas o efeito foi reduzido. O gesso favoreceu a lixiviação do cálcio trocável até a máxima profundidade considerada, o que alterou o balanço iônico da solução do solo, reduzindo a saturação por alumínio até aquela profundidade.

Na cana-soca o efeito dos insumos manteve-se na camada superficial (0-20 cm), com poucas alterações na camada subjacente, e sem efeito nas camadas mais profundas, indicando que após 53 meses da incorporação, a extração de nutrientes pelas colheitas e a lixiviação não permitiram identificar diferenças entre a testemunha e os tratamentos.

Método do trado

A massa seca de raízes encontradas na avaliação realizada com trado sonda, em relação aos tratamentos de gesso e calcário, nas duas épocas de avaliação, é apresentada na Tabela 5.3. Não houve interação entre, gesso x calcário.

Tabela 5.3. Massa seca de raízes, em g dm⁻³, amostradas por trado sonda, na cana-planta e 3° soca, em cinco profundidades, em função das doses de calcário e gesso.

Profundidade (cm)	Calcário (t ha ⁻¹)				Gesso (t ha ⁻¹)	
	0	2	4	6	0	2
	Cana-planta					
0-20	3,69	3,32	3,55	3,19	3,58	3,30
20-40	2,29	2,24	2,44	2,22	2,32	2,28
40-60	2,33	2,26	2,26	2,09	2,30	2,17
60-80	1,95	2,00	2,02	2,06	2,04	1,98
80-100	1,97	1,84	1,96	1,93	1,93	1,92
	3° soca					
0-20	8,77	8,72	10,35	9,14	8,80	9,69
20-40	4,09	3,99	4,00	3,87	3,98	4,00
40-60	3,09	2,95	2,88	2,30	3,04	3,07
60-80	2,10	2,05	2,28	2,67	2,24	2,31
80-100	1,58	1,69	1,58	1,67	1,59	1,67

Os tratamentos de gesso e calcário não proporcionaram alteração na massa seca de raízes, nas duas épocas e em profundidade. Como visto na literatura (Inforzato e Alvares, 1957; Avilan et al., 1977; Sampaio et al., 1987; Salata et al., 1987; Korndörfer et al., 1989; Vasconcelos et al., 2003), a camada que apresenta mais raízes é de 0-20 cm. Na cana planta, colhida 17 meses após a incorporação do calcário e do gesso, houve alteração significativa na concentração de cálcio e de alumínio trocáveis na camada mais superficial do solo, mas não na massa seca de raízes para qualquer das doses de calcário e nem para presença ou ausência de gesso, isso possivelmente ocorreu porque o nível de cálcio na testemunha já era adequado (Dal Bó et al., 1986) ao pleno desenvolvimento radicular e o nível de alumínio trocável era baixo para afetar negativamente as raízes (Sobral e Guimarães, 1992). O mesmo aconteceu para as demais camadas. Mesmo não ocorrendo efeito dos corretivos em profundidade, a provável necessidade de cálcio foi atendida. O mesmo se deu na soqueira, embora os níveis de cálcio fossem menores

que na cana-planta. Mesmo assim foram suficientes, não ocorrendo diferença significativa entre as doses. Outra provável razão da não observação de diferenças entre os tratamentos pode ser atribuída ao método de obtenção das amostras de raízes adotado, pois, conforme Vasconcelos et al. (2003), o método do trado, por retirar pequeno volume de solo, está mais sujeito a erros, em função da variabilidade da distribuição radicular no terreno, implicando em elevado coeficiente de variação. Entretanto, Böhm (1979) sugere aumento no número de sub-amostras por parcela para atenuar este problema, o que não ocorreu neste trabalho, mesmo com 6 sub-amostras, conforme a orientação deste autor.

Na cana-soca foi obtida maior massa seca de raízes que na cana-planta, o que pode ter sido causado pela baixa taxa de decomposição das raízes da cana, que apresentam elevada relação C/N, favorecendo a presença de raízes pertencentes à soqueira anterior. A metodologia adotada para coleta e separação das raízes do solo não permite distinguir se as raízes encontradas são ou não pertencentes ao corte de cana que está sendo avaliado. Na cana-planta, a massa radicular é apenas daquele corte, pois a área não era anteriormente cultivada com cana e o preparo do solo proporcionou maior aeração e conseqüente melhor decomposição de todo e qualquer resíduo radicular de culturas anteriores.

Os resultados de massa seca de raízes por variedade, em cada uma das profundidades, para as duas épocas e amostradas por trado sonda, são apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Massa seca de raízes, em g dm⁻³, amostradas por trado sonda, na cana-planta e 3° soca, em cinco profundidades, por variedade de cana-de-açúcar.

Profundidade (cm)	Variedades			F	CV (%)
	SP70-1143	RB72454	SP70-1284		
	Cana-planta				
0-20	3,97 a	3,91 a	2,43 b	32,5**	25,2
20-40	2,52 a	2,44 a	1,94 b	15,3**	19,7
40-60	2,36 a	2,39 a	1,96 b	7,7**	22,3
60-80	2,06 a	2,12 a	1,85 b	6,1**	15,7
80-100	1,95 ab	2,03 a	1,79 b	6,6**	13,9
	3° soca				
0-20	10,50 a	9,74 ab	7,50 b	3,8*	48,8
20-40	4,28 a	4,24 a	3,44 a	1,5ns	53,9
40-60	3,63 a	3,07 ab	2,46 b	3,7*	56,2
60-80	2,60 a	2,13 a	2,09 a	3,0ns	40,6
80-100	1,79 a	1,55 a	1,56 a	0,9ns	48,5

Letras iguais na linha indicam não haver diferença estatística significativa entre tratamentos, dentro de cada profundidade, para o teste de Tukey. **-significativo a 1%; *-significativo a 5% e ns- não significativo, para o teste F

As variedades de cana-de-açúcar diferiram estatisticamente em todas as camadas avaliadas para a cana-planta e apenas nas camadas de 0-20 e 40-60 cm de profundidade na 3° soca. Na cana-planta, as variedades SP70-1143 e RB72454 apresentaram massa radicular semelhante entre si e superiores a SP70-1284 em todas as profundidades. A produção de massa radicular de SP70-1284 foi, em média 22,5% menor, considerando-se o total de raízes até 100 cm. Talvez esta seja uma das razões para esta variedade ser considerada exigente em fertilidade, pois o menor volume de raízes não permite explorar maior volume de solo, que, portanto, deve apresentar maior concentração de nutrientes por unidade de volume para permitir adequada nutrição desta variedade. Apesar da calagem ter melhorado as condições efetivas do solo, não foi o suficiente para garantir maior desenvolvimento radicular desta variedade, discordando de Clarkson (1985).

A variedade RB72454, considerada intermediária em rusticidade, apresentou quantidade de raízes total e por camada igual estatisticamente a SP70-1143, considerada como variedade rústica, nas duas épocas. Este resultado contradiz o de Vasconcelos et al. (1999), que

encontrou em RB72454 maior massa de raízes na superfície enquanto variedades rústicas apresentaram maior massa relativa em profundidade, num solo corrigido. Entretanto, o solo era argiloso, o que pode ter restringido o efeito da correção à camada superficial.

Na 3^o soca, a diferença entre variedades para massa seca de raízes só pôde ser caracterizada na camada superficial e de 40-60 cm, embora só a camada superficial tivesse apresentado diferenças significativas para parâmetros do solo em função da aplicação do calcário e gesso. A variedade SP70-1284 novamente apresentou menor massa radicular que SP70-1143 de 0-20 e 40-60 cm. Nas demais profundidades todas as variedades foram estatisticamente iguais entre si. Como o efeito dos insumos deixou de existir (Tabela 5.2), é de se supor que a ausência de diferença significativa seja resultado da grande variabilidade de distribuição das raízes no perfil e da presença de raízes de cortes anteriores, de modo que, mesmo 6 sub-amostras por parcela não foram suficientes para identificar diferenças entre os tratamentos.

O desenvolvimento radicular esteve relacionado com os teores de cálcio e alumínio trocáveis e saturação por alumínio do solo. Assim, cada variedade foi avaliada, para cada uma das épocas, entre os parâmetros do solo e a massa seca de raízes, considerando-se cada camada de 20 cm, até 100 cm de profundidade. As equações de regressão linear e seus respectivos coeficientes de determinação estão apresentados na Tabela 5.5.

Apesar de todos os coeficientes de determinação apresentarem significância, em alguns casos eles são bastante baixos, principalmente em relação ao teor de alumínio trocável; talvez, este parâmetro do solo seja pouco indicado para avaliar a condição de produção de massa de raízes em relação à acidez do solo.

Tabela 5.5. Equações de regressão linear e coeficientes de determinação para massa seca de raízes, em g dm^{-3} , e parâmetros do solo, por variedade de cana e corte.

Época	Equação	R ²
SP70-1143		
Cana-planta	$\text{g dm}^{-3} = 1,3303^{**} + 0,1792^{**}\text{Ca troc.}$	0,52**
	$\text{g dm}^{-3} = 3,4682^{**} - 0,1398^{**}\text{Al troc.}$	0,21**
	$\text{g dm}^{-3} = 4,3496^{**} - 0,0422^{**}\text{ m\%}$	0,44**
3° soca	$\text{g dm}^{-3} = -5,4033^{**} + 1,7534^{**}\text{Ca troc.}$	0,51**
	$\text{g dm}^{-3} = 6,2758^{**} - 3,4627^{**}\text{Al troc.}$	0,24**
	$\text{g dm}^{-3} = 11,351^{**} - 0,2072^{**}\text{ m\%}$	0,35**
RB72454		
Cana-planta	$\text{g dm}^{-3} = 1,3904^{**} + 0,1579^{**}\text{ Ca troc.}$	0,77**
	$\text{g dm}^{-3} = 4,5843^{**} - 0,3216^{**}\text{ Al troc.}$	0,66**
	$\text{g dm}^{-3} = 4,4526^{**} - 0,0456^{**}\text{ m\%}$	0,73**
3° soca	$\text{g dm}^{-3} = -2,7372^{*} + 1,20892^{**}\text{ Ca troc.}$	0,49**
	$\text{g dm}^{-3} = 11,8068^{**} - 0,2045^{**}\text{ Al troc.}$	0,65**
	$\text{g dm}^{-3} = 11,8068^{**} - 0,2045^{**}\text{ m\%}$	0,65**
SP70-1284		
Cana-planta	$\text{g dm}^{-3} = 1,65503^{**} + 0,0458^{**}\text{Ca troc.}$	0,51**
	$\text{g dm}^{-3} = 2,5223^{**} - 0,0863^{**}\text{ Al troc.}$	0,40**
	$\text{g dm}^{-3} = 2,5283^{**} - 0,0132^{**}\text{ m\%}$	0,47**
3° soca	$\text{g dm}^{-3} = -0,1621^{\text{ns}} + 0,6486^{**}\text{Ca troc.}$	0,22**
	$\text{g dm}^{-3} = 6,9390^{**} - 0,6561^{**}\text{Al troc.}$	0,19**
	$\text{g dm}^{-3} = 8,8861^{**} - 0,1463^{**}\text{ m\%}$	0,36**

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns-não significativo.

Como os coeficientes de saturação por alumínio são melhores, este deve ser o melhor parâmetro. Sobral e Guimarães (1992) obtiveram melhor correlação entre produção de cana-de-açúcar e acidez do solo quando o parâmetro de acidez adotado foi a saturação por alumínio. Assim sendo, esta será a variável utilizada para correlacionar a acidez do solo e produção de massa radicular em cana-de-açúcar.

A produção de massa seca de raízes, por variedade, correlacionou-se positivamente com o teor de cálcio trocável (RB72454 > SP70-1143 ~SP70-1284) e negativamente com saturação por alumínio (RB72454 > SP70-1284 ~ SP70-1143). Indicando que a variedade RB72454 foi muito responsiva à calagem e gessagem do solo, e que SP70-1143 e SP70-1284 foram pouco responsivas à melhoria do ambiente edáfico. Como SP70-1143 é,

geneticamente, mais adaptada a solos de menor fertilidade, a produção de massa seca de raízes foi sempre superior a SP70-1284, não adaptada a este ambiente, mesmo corrigido.

As equações de regressão múltiplas (Tabela 5.6) permitem observar o quanto cada variável foi preditora na capacidade de produção de massa radicular de cada variedade de cana-de-açúcar.

Tabela 5.6. Equações de regressão múltipla e coeficiente de correlação múltipla para produção de massa seca de raízes em função dos teores de cálcio e alumínio trocáveis, para três variedades de cana-de-açúcar, em duas épocas

Época	Equação	R
SP70-1143		
Cana-planta	$\text{g dm}^{-3} = 1,4591^{**} + 0,1727^{**}\text{Ca troc.} - 0,0131^{\text{ns}}\text{Al troc.}$	0,72**
3° soca	$\text{g dm}^{-3} = -4,0536^{\text{ns}} + 1,6509^{**}\text{Ca troc.} - 0,1896^{\text{ns}}\text{Al troc.}$	0,71**
RB72454		
Cana-planta	$\text{g dm}^{-3} = 1,2084^{\text{ns}} + 0,1661^{**}\text{Ca troc.} + 0,0193^{\text{ns}}\text{Al troc.}$	0,88**
3° soca	$\text{g dm}^{-3} = 4,5687^{**} + 0,7398^{**}\text{Ca troc.} - 0,9523^{**}\text{Al troc.}$	0,81**
SP70-1284		
Cana-planta	$\text{g dm}^{-3} = 1,6427^{**} + 0,0462^{**}\text{Ca troc.} + 0,0008^{\text{ns}}\text{Al troc.}$	0,71**
3° soca	$\text{g dm}^{-3} = 2,8729^{\text{ns}} + 0,4544^{\text{ns}}\text{Ca troc.} - 0,3932^{\text{ns}}\text{Al troc.}$	0,52**

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns-não significativo.

O cálcio esteve sempre presente de forma significativa na produção de massa, indicando que qualquer variedade de cana-de-açúcar, seja considerada tolerante ou sensível, deve contar sempre com uma quantidade mínima de cálcio trocável no solo para permitir o desenvolvimento radicular. Já o alumínio trocável foi menos importante. Apenas a 3° soca da variedade RB72454 observou-se interferência significativa do alumínio trocável no acúmulo de massa seca de raízes, indicando, provavelmente, que esta variedade é, dentre as três testadas, a mais sensível a este elemento. Já a variedade SP70-1284, considerada sensível ao alumínio, neste ensaio, não apresentou significância na correlação entre teor de alumínio trocável e produção de massa de raízes e no caso da cana-planta houve correlação com o teor de cálcio no solo, como também ocorreu com SP70-1143, considerada rústica e pouco exigente em fertilidade, mas que

apresentou forte dependência do teor de cálcio no solo. Estes resultados confirmam aqueles obtidos por Benedini (1988), que indicaram a cana-de-açúcar como tolerante a níveis altos de alumínio. Na Tabela 5.7 são apresentados os resultados de massa de raízes em g dm^{-3} e %, retirados com trado nas mesmas parcelas em que foram retirados os monólitos, para as cinco profundidades consideradas.

Tabela 5.7. Massa de matéria seca de raízes, em g dm^{-3} e % nas parcelas sem (0 + 0 tha-1) e com (6 + 2 tha-1) insumos, retiradas com o trado sonda.

Prof. (cm)	SP70-1143				RB72454				SP70-1284			
	S/Ins.		C/Ins.		S/Ins.		C/Ins.		S/Ins.		C/Ins.	
	g dm^{-3}	%	g dm^{-3}	%	g dm^{-3}	%	g dm^{-3}	%	g dm^{-3}	%	g dm^{-3}	%
0-20	5,62	30,8	7,58	32,4	6,41	33,3	14,31	64,2	4,17	47,3	3,85	41,8
20-40	3,90	21,3	4,44	19,0	6,07	31,5	3,60	16,2	1,62	18,5	1,53	16,6
40-60	4,19	22,9	5,40	23,1	2,79	14,5	2,27	10,2	1,36	15,4	1,01	11,1
60-80	1,45	8,0	3,45	14,8	1,75	9,1	1,60	7,2	1,16	13,2	1,06	11,5
80-100	3,10	17,0	2,49	10,7	2,24	11,6	0,49	2,2	0,49	5,6	1,75	19,0
Total	18,26	100	23,36	100	19,26	100	22,27	100	8,80	100	9,20	100

% - refere-se a quantidade relativa de massa seca de raízes da camada em relação ao total de raízes coletadas.

A correção do solo (calcário + gesso) proporcionou maior produção de massa de raízes para todas as variedades, com pequena variação na distribuição ao longo do perfil para SP70-1143 e SP70-1284. Na RB72454 houve concentração de raízes nos 20 cm superficiais e redução nas profundidades maiores. Provavelmente, o maior teor de cálcio favoreceu o desenvolvimento mais acentuado na superfície em detrimento das camadas mais profundas, embora o somatório total indique que houve aumento na massa de raízes.

Método do monólito

O método do monólito foi empregado apenas após a colheita da 3^o soca, pois é destrutivo da parcela. O tempo necessário para abertura da trincheira e remoção do monólito é grande, não havendo possibilidade de ser realizado em todas as parcelas, ou de fazer repetições em todos os blocos. Por este motivo, os monólitos foram retirados em apenas um bloco e em dois

tratamentos por variedade, que corresponderam a testemunha (0 + 0) e corrigido (6 + 2 t ha⁻¹ de calcário e gesso, respectivamente).

Na parcela testemunha a variedade SP70-1143 apresentou a maior massa seca total de raízes, até 100 cm de profundidade, seguida de SP70-1284 (7,1% menor) e de RB72454 (23,5% menor que SP70-1143). Nas parcelas corrigidas, SP70-1143 continuou apresentando a maior massa radicular, seguida por RB72454 (64,2% menor) e SP70-1284 (68,5% menor).

Na tabela 5.8 são apresentados os resultados da média de quatro monólitos por posição, no perfil do solo.

Considerando a massa total de raízes, até a profundidade de 100 cm, pode-se observar que, para a variedade SP70-1143, a produção de massa seca de raízes passou de 9,71 g dm⁻³ para 12,56 g dm⁻³ o que representa um aumento de 29,2%. Nas outras variedades houve redução, sendo esta mais acentuada na SP70-1284, que passou de 9,02 g dm⁻³ para 3,95 g dm⁻³, uma redução de 56,2% e, na RB72454 que passou de 7,43 g dm⁻³ para 4,50 g dm⁻³, com uma redução de 39,5%.

Tabela 5.8. Massa seca de raízes por posição de amostragem e distribuição percentual no perfil do solo, retiradas em monólitos, das parcelas testemunha e corrigida, por posição.

Unid.	Prof.	Testemunha					Total	Corrigida					Total
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
SP70-1143													
g dm ⁻³	0-20	0,61	0,66	1,35	0,90	0,57	4,08	0,56	0,93	1,84	0,77	0,69	4,79
	20-40	0,22	0,23	0,31	0,32	0,11	1,19	0,36	0,33	0,35	0,43	0,36	1,82
	40-60	0,32	0,37	0,49	0,33	0,29	1,81	0,44	0,45	0,26	0,50	0,45	2,10
	60-80	0,29	0,31	0,30	0,28	0,24	1,42	0,50	0,42	0,34	0,59	0,41	2,25
	80-100	0,24	0,23	0,34	0,23	0,17	1,21	0,20	0,24	0,36	0,36	0,44	1,60
						9,71						12,56	
%	0-20	6,23	6,82	13,88	9,27	5,82	42,02	4,44	7,43	14,67	6,13	5,47	38,14
	20-40	2,29	2,39	3,17	3,27	1,13	12,26	2,87	2,59	2,77	3,42	2,87	14,51
	40-60	3,32	3,84	5,07	3,42	2,99	18,64	3,46	3,58	2,05	4,00	3,58	16,68
	60-80	2,96	3,22	3,12	2,91	2,45	14,65	3,96	3,30	2,73	4,70	3,23	17,92
	80-100	2,50	2,34	3,45	2,39	1,78	12,46	1,59	1,93	2,89	2,87	3,46	12,74
						100,0						100,0	
RB72454													
g dm ⁻³	0-20	0,45	1,18	1,33	0,60	0,38	3,94	0,39	0,43	0,70	0,53	0,50	2,54
	20-40	0,36	0,35	0,27	0,24	0,12	1,34	0,09	0,10	0,17	0,12	0,11	0,59
	40-60	0,14	0,14	0,15	0,17	0,19	0,80	0,12	0,09	0,16	0,14	0,03	0,53
	60-80	0,14	0,16	0,15	0,14	0,15	0,75	0,06	0,12	0,09	0,11	0,08	0,45
	80-100	0,11	0,13	0,14	0,14	0,10	0,61	0,05	0,12	0,09	0,06	0,08	0,39
						7,43						4,50	
%	0-20	6,02	15,92	17,90	8,11	5,11	53,06	8,67	9,56	15,44	11,67	11,06	56,39
	20-40	4,88	4,68	3,67	3,20	1,62	18,03	2,00	2,22	3,83	2,56	2,44	13,06
	40-60	1,92	1,92	1,99	2,29	2,59	10,70	2,56	2,06	3,50	3,11	0,61	11,83
	60-80	1,92	2,19	2,02	1,92	2,02	10,06	1,39	2,72	1,94	2,33	1,67	10,06
	80-100	1,48	1,72	1,82	1,88	1,28	8,18	1,00	2,67	1,94	1,33	1,72	8,67
						100,0						100,0	
SP70-1284													
g dm ⁻³	0-20	0,93	0,48	2,44	0,49	0,95	5,28	0,05	0,16	0,56	0,35	0,20	1,32
	20-40	0,21	0,25	0,34	0,09	0,20	1,08	0,11	0,11	0,11	0,18	0,16	0,67
	40-60	0,18	0,34	0,23	0,16	0,15	1,06	0,16	0,09	0,13	0,14	0,23	0,74
	60-80	0,17	0,22	0,30	0,14	0,13	0,94	0,18	0,17	0,15	0,11	0,12	0,73
	80-100	0,15	0,15	0,17	0,11	0,09	0,67	0,15	0,14	0,07	0,08	0,07	0,50
						9,02						3,96	
%	0-20	10,25	5,27	27,00	5,43	10,53	58,48	1,26	4,05	14,03	8,91	5,12	33,38
	20-40	2,30	2,72	3,74	1,03	2,22	12,00	2,84	2,72	2,78	4,55	3,98	16,88
	40-60	1,97	3,80	2,49	1,80	1,64	11,70	4,11	2,28	3,22	3,41	5,69	18,71
	60-80	1,83	2,38	3,27	1,58	1,39	10,45	4,56	4,30	3,86	2,65	2,97	18,33
	80-100	1,66	1,61	1,88	1,25	0,97	7,37	3,73	3,41	1,83	1,90	1,83	12,71
						100,0						100,0	

A variedade SP70-1143, de baixa exigência em fertilidade, considerada tolerante à acidez do solo, respondeu aos insumos, aumentando a massa radicular e alterando a distribuição das raízes, com mais raízes em profundidade, indicando que a melhoria do ambiente solo, apesar de só ser observada na superfície, apresentou, mesmo após 53 meses da incorporação, melhor condição de desenvolvimento radicular para esta variedade em relação à

testemunha, que teve o solo esgotado pela retirada de nutrientes pelas colheitas anteriores, confirmando a observação de Lambers et al. (1996).

Nas variedades consideradas de média (RB72454) e alta (SP70-1284) exigência em fertilidade e sensíveis à acidez, houve redução da massa de raízes no tratamento corrigido, em relação ao tratamento testemunha, concordando com a afirmativa de Clarkson (1985), de que em ambientes pobres de nutrientes a planta tende a desenvolver mais o sistema radicular para aumentar a exploração do solo e garantir uma produção vegetal mínima. Entretanto, ao se observar a distribuição percentual das raízes, na RB72454 ela foi semelhante nas duas condições, com e sem correção, com ligeiro acréscimo percentual nos 20 cm mais superficiais, e ligeira redução de 20-40 cm. Mas, a distribuição radicular em percentagem para SP70-1284 foi bastante alterada no tratamento com insumos, em relação à testemunha, com grande redução de porcentagem de massa radicular na superfície e aumento em todas demais profundidades, indicando que a planta encontrou condição mínima necessária de cálcio e redução da acidez, que permitiu esta melhor distribuição no perfil, embora não tenha sido detectadas alterações significativas além dos 40 cm de profundidade.

As variações de massa seca e distribuição radicular encontradas para os dois ambientes edáficos caracterizam a plasticidade fenotípica das três variedades, que foi mais acentuada na SP70-1284, seguida da RB72454, ambas com comportamento semelhante para a variação dos ambientes. A SP70-1143 apresentou menor plasticidade e um comportamento inverso ao das outras duas variedades. Segundo Zobel (1996) a disponibilidade de nutrientes é um dos fatores mais importantes para definição da plasticidade fenotípica do sistema radicular.

Na comparação entre os métodos, observa-se que o trado superestimou a massa seca de raízes em relação ao monólito. Como a amostragem com trado foi realizada a aproximadamente 15 cm da linha da soqueira, o solo nesta posição é mais colonizado pelas raízes

do que em distâncias maiores da linha, como pode ser observado na Tabela 5.8, em que os monólitos mais distantes da linha (posição 1 e 5) apresentam menor massa de raízes, concordando com Vasconcelos et al. (2003). Também o volume de solo amostrado foi menor no trado (0,405 dm³) em relação ao monólito (10 dm³), ficando mais sujeito à variabilidade na distribuição das raízes.

A distribuição das raízes avaliada pelo trado mostrou maior quantidade percentual de raízes nas camadas mais profundas e menor na camada superficial, quando comparado com os resultados obtidos com o monólito, o que ocorreu na comparação das parcelas testemunha, para todas as variedades e também naquelas corrigidas, em SP70-1143; apenas as parcelas corrigidas da RB72454 e da SP70-1284 apresentaram maior quantidade de raízes na camada superficial e menor em profundidade. Desta forma, a comparação entre as parcelas testemunha e corrigida permitiria obter a mesma conclusão quanto à distribuição das raízes, seja com o método do trado ou com o monólito para SP70-1143.

Entretanto, para as outras duas variedades, a conclusão não seria a mesma, enquanto pelo método do trado, a correção teria aumentado a concentração de raízes na superfície, pelo monólito praticamente não houve diferença entre as parcelas na quantidade raízes para RB72454. Enquanto que para SP70-1284 o trado indicou redução de 11,6 % na superficial, pelo método do monólito esta redução foi da ordem de 42,9%. Portanto, o método do monólito, apesar de mais trabalhoso é considerado método padrão por ser mais representativo da realidade.

5. 6. Conclusões

A cana-de-açúcar apresenta diferentes comportamentos de distribuição de raízes no perfil do solo em função da variedade e do manejo químico.

O desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar é mais dependente do teor de cálcio trocável, do que da acidez do solo. O método do trado superestimou a massa seca de raízes.

O método do monólito foi mais adequado que o método do trado para avaliar a distribuição de raízes em cana-de-açúcar.

5.7. Referências Bibliográficas

AVILAN, R.L.; GRANADOS, M.F., ORTEGA, D. Estudio Del sistema radicular de três variedades de caña de azucar (*Saccharum spp*) en un moliisol de los Valles de Aragua. *Agronomia Tropical*, v.27,n.1, p.69-87, 1977.

BATAGLIA, O.C.; MIRANDA, M.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Caracterização da toxicidade por alumínio em dois cultivares de soja com diferente grau de tolerância à queima de folhas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.5,n.2, p.161-166, 1981.

BENEDINI, M.S. Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar. Piracicaba:Centro de Tecnologia Copersucar, 1988. 19p. (Série Agronômica n° 16).

BÖHM, W. *Methods of studying root systems*. New York:Spinger-Verlag, 1979. 188p.
CANNELL, R.Q. A rapid method for estimating the distributin of roots in the field. In: RUSSELL, R.S.; IGUE, K.; METHA, Y.R. *The soil/root system in relation to Brazilian agriculture*. Londrina:IAPAR, 1981. p.339-343.

CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS. 1984, Ilhéus. Anais... Ilhéus:CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.

COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Novas variedades Copersucar. *Boletim Técnico Copersucar*: Piracicaba, edição especial, 59 p., mar. 1983.

DAL BÓ, M.A.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M.; THIÉBAUT, J.T.L. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar. – II. Respostas da planta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, n.3, p.231-234, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF:EMBRAPA-CNPS, 1999. 412p.

FURLANI, P.R.; BERTON, R.S. Atividade de cálcio e alumínio e o desenvolvimento radicular. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. Anais... Uberaba:IBRAFÓS, 1992. p.121-138.

GOEDERT, W.J.; RITCHEY, K.D.; SANZONOWICZ, C. Desenvolvimento radicular do capim-adropogon e sua relação com o teor de cálcio no perfil do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.9, n.1, p.89-91, 1985.

HOFER, R. Root hairs. In: WAISEL, Y., ESCHEL, A.; KAFKAFI, U. Plant Roots: The Hidden Half. (2°ed.). New York: Marcel Dekker,Inc., 1996. p.111-126.

INFORZATO, R.; ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar variedade Co290, em solo tipo terra roxa legítima. Bragantia, Campinas, v.16, n.1, p1-13, 1957.

KORNDÖRFER, G.H.; PRIMAVERSI, O.; DEUBER, R. Crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA. Boletim Técnico Copersucar, Piracicaba, v.47, p.32-36, 1989.

LAMBERS, H.; SCHEURWATER, I. Respiratory patterns in roots in relation to their functioning. In. WAISEL, Y., ESCHEL, A.; KAFKAFI, U. Plant Roots: The Hidden Half. (2°ed.). New York: Marcel Dekker,Inc., 1996. p.323-362.

MATSUOKA, S. RB72454: uma variedade de cana-de-açúcar para todo o Brasil. Piracicaba:Planalsucar, 1987. 29p.

MERTEN,G.H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.15, n.3, p.369-374, 1991.

MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; DEMATTÊ, 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, v. 6, n.2, p.24-31, 1987.

MORELLI, J.L.; DALBEN,A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.16, n.2, p.187-194, 1992.

PILET, P.E. Root growth and gravireaction: a reexamination of hormone and regulator implications. In. WAISEL, Y., ESCHEL, A.; KAFKAFI, U. Plant Roots: The Hidden Half. (2°ed.). New York: Marcel Dekker,Inc., 1996. p.285-305.

RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES,A.S.; BATAGLIA, O.C. Análise química de solos para fins de fertilidade. Campinas:Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B.; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1992. 107p. (Boletim Técnico 100).

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 de Ciência do Solo, Campinas, v.7, n.3, p.269-275, 1983.

SALATA, J.C.; ARMENE, J.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Influência do tipo de sulcador no desenvolvimento do sistema radicular e produtividade da cana-de-açúcar. Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.5, n.4, p.12-18, 1987.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, L.H.; CAVALCANTI, F.J.A. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. – III. Conteúdo de nutrientes e distribuição radicular no solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.22, n.4, p.425-431, 1987.

SILVA, A.A.; VALE, F.R.; FERNANDES, L.A.; FURTINI NETO, A.E.; MUNIZ, J.A. Efeitos de relações $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.22, p.451-457, 1998.

SILVA, D.J.; ALVARENGA, R.C.; ALVAREZ, V.H.; SOARES, P.C. Localização de fósforo e de cálcio no solo e seus efeitos sobre o desenvolvimento inicial do milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.17, n.2, p.203-209, 1993.

SOBRAL, A.F.; GUIMARÃES, V.O.S. Relação entre a toxidez do alumínio e a produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.27, n.2, p.287-292, 1992.

VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN, D.; JORGE, L.A.; LANDELL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. Revista Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa. v.27, n.5, p.849-858, 2003.

VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; LANDELL, M.G.A.; BARBOSA, J.C.; DORIZOTTO, P.H.; FOGAÇA, J.F. Desenvolvimento do sistema radicular e produtividades agroindustriais de cana-de-açúcar no Vale do Paranapanema. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7, 1999. Londrina. Anais... Londrina: STAB, 1999. p.78-81.

ZOBEL, R.W. Genetic control of root systems. In: WAISEL, Y., ESCHER, A.; KAFKAFI, U. Plant Roots: The Hidden Half. (2^oed.). New York: Marcel Dekker, Inc., 1996. p.21-30.

ZOTARELLI, E.M.M. Gesso e calcário em cana-de-açúcar cultivada em areia quartzosa. 1992. 75p. Dissertação. (Mestrado em Agricultura) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiróz’, Universidade de São Paulo, SP.

6 CONCLUSÕES

Solos ácidos podem ser cultivados com a da cana-de-açúcar. A correção destes solos permite a obtenção de produtividades que viabilizam a exploração econômica desta cultura.

A utilização de calcário e gesso alteraram as características químicas de um solo ácido, aumentando a disponibilidade de cálcio e magnésio trocáveis e diminuindo a de alumínio trocável e a saturação por alumínio. Estas alterações propiciaram melhor ambiente edáfico para o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

As variedades de cana-de-açúcar apresentam diferentes capacidades de adaptação e exploração de solos ácidos corrigidos com calcário e gesso. A variedade mais rústica, apesar de mais pobre em açúcar, foi mais produtiva e produziu maior quantidade de açúcar por área. A variedade intermediária em rusticidade apresentou boa adaptação ao solo corrigido e durante o ciclo da cultura produziu tanto em massa de colmos quanto em açúcar por área, igual a mais rústica. Já a variedade mais exigente em solo não apresentou capacidade de adaptação para superar ou igualar as demais embora, sendo mais rica em açúcar, pois esta característica não compensou a baixa produtividade de massa de colmos, tornando-se inviável a sua utilização neste ambiente.

A variedade mais rústica apresentou aumento de massa radicular com a melhora do solo proporcionada pelo calcário e gesso. A intermediária e a exigente apresentaram redução da massa de raízes no ambiente melhorado pelos insumos.

A distribuição das raízes, nas três variedades, foi condicionada mais pelo teor de cálcio no perfil do solo do que pela diminuição da acidez. A massa de raízes apresentou diferenças entre as mesmas conforme a metodologia adotada para quantificá-la. O método do trado sonda superestimou a massa de raízes em relação ao método do monólito. A distribuição das raízes pelo perfil foi melhor caracterizada pelo método do monólito que pelo método do trado.