EFEITO, NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)
DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO COMO CORRETIVO E ADUBO, EM
SOLO DE CERRADO

JORGE TEODORO DECKER VARGAS

Orientador: VALDOMIRO CORREA DE BITTENCOURT

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Solos e Nutrição de
Plantas

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

1981

Aos meus pais

Ernesto Decker L.

Assunta Vargas F.

Aos meus tios

Mário Terraz S.

Antonia de Mejia

Felíz Terraz S.

OFEREÇO

À minha esposa

Martha Vanda D.

Aos meus filhos

Andrea , Marcelo ,

Jorge e Camila

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Valdomiro Correa de Bittencourt pela orientação dispensada no presente trabalho.

Ao corpo docente da área de Solos e Nutrição de Plantas, pelos ensinamentos ministrados.

Ao Prof. Dr. Ricardo Pereira Lima Carvalho, Diretor da Faculdade de Engenharia no Campus de Ilha Solteira, UNESP, pelas facilidades concedidas no desenvolvimento do referido trabalho.

Ao amigo e colega Jairo Jimenes Rueda, pela ajuda, conselhos e orientação prestada durante o transcurso do curso de Pós-Graduação.

Aos amigos e colegas João Ademir de Oliveira, Clarice Maria Ceneviva Bastos, José Frederico Centurion, Salatier Buzetti, pelas colaborações e sugestões apresentadas nas redação do trabalho.

Às Srtas. Neide Bombeiro Filet e Sonia Correa da Rocha, bibliotecárias da ESALQ, pela colaboração prestada na elaboração da citação bibliográfica.

Aos colegas de pós-graduação pelo convívio agradável e amizade demonstrada.

Aos amigos e colegas do Campus de Ilha Solteira - SP, UNESP, que direta ou indiretamente colaboraram para a conclusão do referido trabalho.

O AUTOR AGRADECE

Í N D I C E

	Pág.
R E S U M O	vi
S U M M A R Y	viii
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 - Características Químicas dos Solos Tropicais.	5
2.2 - Alumínio no Solo e sua Implicação para as Plan tas	7
2.3 - O Efeito do Calcário na Disponibilidade dos Nu trientes para as Plantas	8
2.4 - Inter-relacionamento Catiônico no Sistema So lo-planta	15
2.5 - Comportamento dos Cátions na Planta	18
2.6 - Nutrição Mineral da Cana-de-açúcar	19
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 - Descrição da Área Experimental	23
3.2 - Delineamento Experimental e Tratamentos	29
3.3 - Instalação e Condução do Experimento	30
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 - Análises Químicas do Solo	34
4.2 - Análises Químicas do Vegetal	44
4.3 - Produção de Colmos em t/ha	48
4.4 - Análises Tecnológicas	51
4.5 - Características Agronômicas	55

5 - CONCLUSÕES	58
6 - LITERATURA CITADA	60
A P Ê N D I C E	70

EFEITO, NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)
DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO COMO CORRETIVO E ADUBO, EM
SOLO DE CERRADO

JORGE TEODORO DECKER VARGAS

Orientador: VALDOMIRO CORREA DE BITTERN COURT

RESUMO

O presente ensaio foi conduzido com a finalidade de se avaliar os efeitos da calagem como corretivo e como fertilizante em solo de cerrado, Latossol Vermelho Escuro, âlico de textura argilosa, na produção da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), nos teores de nutrientes desta planta e nas propriedades químicas do solo. Assim, as interações Ca/Mg, Ca + Mg/K no solo e no vegetal foram determinadas, a fim de se obter a melhor maneira de aplicação do calcário, tornando seu uso menos dispendioso.

No referido experimento, adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, constando de 9 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos consistiram de 9 níveis de calcário dolomítico, dos quais 4 aplicações a lanço na área total das parcelas (1-2-3,5-4,5), zero t/ha (testemunha) e os demais (0,25-0,50-0,75-1,0 t/ha) incorporados no sulco.

A variedade utilizada foi a NA 56-79, que apresenta excelentes qualidades agronômicas.

As análises estatísticas mostraram que os tratamentos das doses de calcário aplicado, não diferiram estatisticamente na produção, características tecnológicas, agronômicas e de desenvolvimento radicular. Este resultado está de acordo com os de outros pesquisadores como, BONNET et alii (1981), GUIMARÃES et alii (1975) e CARDOSO (1978), os quais sugerem que para a cana-de-açúcar, não é necessário na maioria dos casos, a aplicação do calcário. Este fato torna possível sua exploração nas condições adversas de solos ácidos ampliando assim as fronteiras do cultivo da cana-de-açúcar para as regiões de cerrado.

EFFECT ON THE SUGAR CANE CROP (*Saccharum* spp.) OF THE LIME
APPLICATION AS CORRECTIVE AND FERTILIZER IN CERRADO SOIL

Author: JORGE TEODORO DECKER VARGAS

Adviser: VALDOMIRO CORREIA DE BITTENCOURT

SUMMARY

The objective of the present work was to evaluate the effects of the liming as a corrective agent and fertilizer in cerrado soil, Dark-red-Latosol^f, allic, clay^f in the production of sugar cane (*Saccharum* spp.) in the contents of nutrients of this plant and in the chemical properties of the soil. Therefore, the interactions Ca/Mg, Ca + Mg/K in the soil and in the vegetal were determined to obtain the best way to apply lime, so its use would be less onerous.

The experiment was conducted in a randomized block design with 9 treatments and 4 replicates. The treatments consisted of 9 levels of dolomitic limestone, of which 4 were broadcasted in the total area of the plots (0-1-2-3, 5-4, 5) and 4 (0.25-0.50-0.75-1.0 t/ha) were incorporated in the furrows, plus the control, no lime at all.

The variety employed was NA56-79 which presents excellent agronomic qualities.

There were found no significative differences among the treatments (lime dosis as corrective and fertilizer) in the yield, technological and agronomic characteristics, and root development, what coincides with other researchers results like BONNET et alii (1958), GUIMARÃES et alii (1975) e CARDOSO (1978), who suggested that in most of the cases the application of lime is not necessary for sugar cane, being possible its exploitation in the adverse conditions of acid soils, by this way extending the sugar cane cultivation frontier to the cerrado regions

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda de alimentos de um lado e a crise energética de outro, tem obrigado a se pensar na necessidade de expansão das fronteiras agrícolas, o que possibiltará de se evitar possíveis faltas de alimentos e minimizar a crise energética no Brasil. Nessas condições, é importante voltar à atenção para a regiões de cerrado.

De uma maneira geral, as áreas de cerrado estão parcialmente exploradas, apresentando um alto potencial para a utilização agrícola. Essas áreas representam aproximadadamente 25% do território brasileiro (BRITO *et alii*, 1971) e apresentam boas condições topográficas, com relevo plano a suave ondulado, possibilitando a prática da mecanização agrílcola, além das boas propriedades físicas. Porém, esses solos apresentam baixa fertilidade, com carência generalizada de macro e micronutrientes, elevados teores de Al e ou Mn trocál

veis, alta fixação de P, baixo pH, o que vem limitando sua utilização.

Segundo Sanches *et alii*, citado por GOEDERT (1980), dentre os distintos tipos de solos que se encontram no cerrado, os Latossolos são de grande importância, pois abrangem cerca de 56% da área.

A toxidez do elemento Al para as plantas, tem sido apontado como o principal fator responsável pelo baixo rendimento da maioria dos cultivos nesses solos. Como prática rotineira, tem-se aplicado calcário como corretivo, que age neutralizando a toxidez do Al, elevando o pH do solo e tornando essas áreas favoráveis ao desenvolvimento normal das plantas. Além disso, o calcário provoca a liberação de nutrientes aplicados como fertilizantes químicos, ou como adubo verde, tornando-os assimiláveis pelas plantas, além de prover o solo de Ca e Mg. Em outras palavras, o calcário produz também efeitos indiretos no estado químico dos solos, que se manifestam através do aumento na disponibilidade dos demais nutrientes necessários para as plantas.

Nos últimos anos, tem-se observado uma maior preocupação com o emprego de calcário como corretivo. Sendo esta prática bastante onerosa para a agricultura, torna-se de suma importância econômica o estudo pormenorizado das técnicas de aplicação como corretivo e avaliação dos efeitos das mesmas no solo.

A calagem, como corretivo da acidez do solo,

tem sido utilizada com bastante frequência na cultura de cana-de-açúcar. Alguns ensaios mostram, entretanto, que apesar de melhorar o solo em relação a acidez e aos níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} como nutrientes, não tem influência na produção da cultura.

Segundo MALAVOLTA *et alii* (1974), a faixa ideal de pH de um solo para o cultivo de cana-de-açúcar está entre 6,0 e 6,5, na qual, normalmente não se encontra Al trocável, sendo os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} altos. Por sua vez, a literatura mostra que a maior parte das áreas canavieiras atuais, não apresentam os valores indicados, variando o pH entre 5,0 e 6,0. Apesar disso, essas áreas apresentam teores muito elevados de Al livre, enquanto os teores de Ca e Mg são considerados suficientes. Alguns trabalhos de pesquisas e observações visuais revelam, por outro lado, que a calagem em solos com pH acima de 5,0, parece não trazer resultados econômicos satisfatórios.

Atualmente, a cultura de cana-de-açúcar é a que tem maiores incentivos em relação às outras culturas com potencialidade para a produção de álcool. Assim, no Brasil, a cana-de-açúcar é cultivada em uma área de 2,3 milhões de hectares, sendo 01 milhão para a produção de 3,7 bilhões de litros de álcool e o restante para açúcar. A média de produção brasileira é de 50 t/ha, a qual faz ver a necessidade de se ampliar as fronteiras agrícolas desta cultura para se atingir a meta de 10,7 milhões de litros em 86/87. Deste modo, surge

como uma opção o cerrado, que oferece condições devido a sua considerável área ainda não explorada, levando a uma racionalização das culturas.

Tradicionalmente, aplica-se calcário como corretivo, antes da implantação de qualquer cultivo. Porém, na literatura consultada não há referência sobre a incorporação do mesmo em sulcos. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o modo de aplicação do calcário, seja incorporado em sulcos ou a lanço na área toda, sobre produção de colmos e sobre as características tecnológicas de cana-de-açúcar, com o intuito de minimizar a quantidade de calcário aplicado, para que a operação em questão se torne menos onerosa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Na literatura consultada não há referências relacionadas com a incorporação do calcário no sulco, a qual foi abordada no presente trabalho. Deste modo, coube aqui uma revisão geral, com intuito de explicar em toda sua magnitude, o problema dos solos ácidos, sua recuperação mediante a calagem, a relação destes solos mais calcário com o vegetal, e em especial sobre os efeitos que possam acarretar sobre a cana-de-açúcar.

2.1. Características químicas dos solos tropicais

Em termos gerais, os solos tropicais estão sujeitos a temperaturas elevadas e a um excesso de chuvas durante boa parte do ano, em consequência, apresenta como caracte

rística comum, o avançado estado de intemperização da fração mineral (HARDY, 1958). Assim, ocorre intensa remoção de bases e sílica por lixiviação, que dá lugar a formação dos grandes grupos de solos, Oxissois e Ultissois, existentes em áreas sob vegetação de cerrado, no Brasil.

Os trabalhos desenvolvidos por AYRES (1943), KANESHIRO e CHANG (1956), mostram que em solos bem drenados, o empobrecimento em Ca^{2+} e Mg^{2+} e o aumento de acidez é função da quantidade de chuva, uma vez que a saturação de bases e o pH diminuem com o aumento da umidade, conduzindo a um desequilíbrio catiônico natural, principalmente das relações $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$, $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+}$ e $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$.

Nos solos ácidos, o Al está presente em forma hidratada como íon hidróxido trocável, sendo não trocável em pH acima de 5 (BEAR, 1967). Por outro lado, a tendência hidrolizante do Al contribui para a acidificação do solo (CHERNOV, 1964). Deste modo, o pH contribui para a existência de Al na solução do solo e este elemento para a acidificação.

BORNEMISZA (1965) explica o empobrecimento das bases, o desenvolvimento da acidez e a recuperação do solo, com o ciclo de fenômenos físico-químicos, idealizados por COLEMAN *et alii* (1960), que esclarece com objetividade tal processo:

Partindo de um solo saturado, embora a acidez seja consequência da absorção de bases pela planta e da lixiviação pelo excesso de água que percola, o ciclo continua com a decomposição das argilas e solubilização dos óxidos hidratados de Al e Fe.

2.2. Alumínio no solo e sua implicação para as plantas

De acordo com MILLAR *et alii* (1961), o desenvolvimento raquítico da maioria dos vegetais em solos ácidos são ocasionados principalmente pelo Al em níveis tóxicos. Assim, ele atua principalmente sobre o sistema radicular, prejudicando a formação e o funcionamento do mesmo, acumulando-se nas superfícies das raízes e no protoplasma e núcleo das células do córtex. Segundo BLACK (1968), o Al^{3+} inibie a divisão celular, o que vem a prejudicar o desenvolvimento das raízes, principalmente o crescimento da raiz principal. De acordo com PEARSON (1964), existe um estímulo inicial para o crescimento das raízes laterais, as quais, imediatamente após esta fase

estacionam o crescimento, tornando-se grossas e tortuosas.

Pesquisas têm revelado que o Al^{3+} em excesso pode prejudicar o normal desenvolvimento das plantas em diferentes maneiras. Assim RUSSEL e RUSSEL (1964) citam que o acúmulo do Al^{3+} nas raízes, em quantidades tóxicas, pode reduzir a capacidade das mesmas, em transportar fosfatos desde a solução do solo até o sistema radicular danificado, dificulta a absorção de água, bem como nutriente, reduzindo assim o desenvolvimento da planta. FOY e BROWN (1963), LEE (1971) e LANCE e PEARSON (1969) verificaram que o Al^{3+} em níveis tóxicos, reduz a capacidade das raízes em absorver PO_4^{3-} , Ca^{2+} , K^+ . A respeito do exposto, a literatura mostra que essa influência do Al^{3+} , na absorção dos nutrientes pelas plantas é um tanto relativo, dependendo da capacidade da planta tolerar a toxidez do Al^{3+} , ou de sua sensibilidade.

2.3. O efeito do calcário na disponibilidade dos nutrientes para as plantas

O calcário é o agente recuperador mais eficiente, recompondo o complexo de troca esgotado e eliminando os efeitos negativos da acidez elevada. Segundo SEATZ e PETERSON (1964), essa reação dependerá da velocidade de solubilização de suas partículas, que por sua vez dependerá de outros fatores, como a pressão de CO_2 no solo. A solubilidade pode ser

representada da seguinte maneira:

Após a substituição do Al^{3+} , do complexo de troca, por Ca^{2+} , ocorre a combinação dos íons HCO_3^- , formando H_2O e CO_2 , e a solubilização dos óxidos hidratados, devido ao aumento do pH (COLEMAN *et alii*, 1958). A reação assim descrita, está de pleno acordo com a definição da calagem dada por TISDALE e NELSON (1971).

Outros efeitos benéficos da calagem são as melhorias das características físicas do solo e o aumento do espaço radial. BAVER (1963) e SEATZ e PETERSON (1964) justificaram as melhorias do caráter físico do solo pela maior produção de matéria orgânica, que atua como agente estabilizador dos agregados, proporcionando assim, melhor estrutura.

A calagem produz uma alteração no estado químico do solo tanto pela adição do cálcio como pela mudança do pH do solo (BEN, 1974).

De acordo com THOMAS e COLEMAN (1959), os solos arenosos saturados com Ca^{2+} retêm cerca de duas vezes mais K do que quando saturados com Al, sendo que a calagem em solos orgânicos reduz 20% o teor de K^+ , na solução do solo. Por outro lado, ADAMS e PEARSON (1967) concluíram que a calagem, em solo ácido, diminui a disponibilidade de potássio tro

cável.

FASSBENDER e PIÑERES (1971), ~~da~~do que a calagem elevada pode provocar um desequilíbrio em relação ao K, sugeriram para solos da Costa Rica, uma relação $(Ca + Mg) / K$ de 27:40. KALCKMAN e FRATINI (1967) propuseram, para solos do Rio Grande do Sul, a proporção de 1:6 para a relação Ca/K , HOWARD e ADAMS (1965) sugeriram que a deficiência de cálcio é melhor definida em termos da razão entre cálcio e o total de cations, na solução do solo.

Uma vez enfatizados os aspectos positivos da calagem, aborda-se conforme os trabalhos relatados a seguir, os efeitos negativos que a má aplicação do calcário pode acarretar.

SEATZ e PETERSON (1964) e SHERMAN (1957) mostraram que, em geral, ao se elevar o pH, o Zn, Mn e Cu tornam-se insolúveis pela formação de hidróxidos (no caso do Zn e Cu) ou de óxidos de valência mais elevada (Mn).

FOX e PLUCKNETT (1964), trabalhando com solos do Havaí, apontaram a necessidade de se considerar o efeito da calagem no desequilíbrio de nutrientes e nas exigências de cálcio pelas plantas tropicais. MATSUSAK e SHERMAN (1950), no Panamá, concluíram que para se elevar o pH a 6 ou a 7, seriam necessárias altas doses de $CaCO_3$. Estas por sua vez provocariam uma concentração excessiva de cálcio, ocasionando um desequilíbrio nutricional expressa pelas relações inadequadas de Ca/Mg , Ca/K e $Ca/micronutrientes$.

HOWARD e ADAMS (1965) sugeriram que a deficiência do cálcio foi melhor definida através de uma razão entre cálcio e o total de cátions na solução do solo.

Uma revisão sobre a acidez e calagem em solos tropicais úmidos latino-americanos, mostra que nessas áreas a aplicação de corretivo, não produz resultados favoráveis quanto ao aumento da produção, quando se trata de se elevar o pH de solo com pH acima de 6,0, já que provoca a não disponibilidade do P, K, Fe e B, principalmente se esses elementos se encontram em pequenas quantidades no solo (DeKOCK, 1964, FOX *et alii*, 1962 e HORKTENSTINE e OZAKI, 1962). Estes autores verificaram ainda que o P é precipitado como fosfato tricálcico, o K diminui o efeito antagônico do Ca, o Fe é oxidado e precipitado como hidróxido ou o B é precipitado em forma orgânica e inorgânica desconhecidas.

Com relação à cultura da cana-de-açúcar, sendo mais cultivada nas regiões tropicais e subtropicais, os estudos demonstram, que esta se mostra sensível ao desequilíbrio catiônico do solo, especialmente quanto tal desequilíbrio é agravado pela ação da calagem ou adubação potássica (HUMBERT, 1955 e EVANS, 1959).

Os estudos realizados por muitos pesquisadores, nos mais variados centros canavieiros, apresentam controvérsias quanto aos benefícios da aplicação do calcário. No entanto, se sabe que a cana-de-açúcar é uma cultura que é explorada em solos com variação de pH (4,5 a 6,0), cujos valores

por si sô indicam a necessidade de ser aplicado o calcário para a correção dos mesmos, vindo obter melhores respostas, traduzidas em uma alta produtividade.

Nas Filipinas, LOCSIN (1951), concluem que a aplicação de calcário exerceu influência significativa na produção de cana-de-açúcar.

O estudo conduzido por EVANS (1959), na Guiana Britânica, indicou resposta à aplicação do calcário em solos com teores de Ca tão altos quanto 2,50 meq/100 g.

AYRES *et alii* (1965) concluíram que os níveis de Al nos solos havaianos não são suficientemente altos para influenciar o desenvolvimento da cana-de-açúcar. Evans *et alii*, citado por AYRES (1965), verificaram que em solos sulfúricos, com Al 60% da CTC, não foi constatado nenhum impedimento ao desenvolvimento da cana-de-açúcar. Referências também foram feitas por AYRES (1965), quanto ao problema da acidez causada ao solo pelo emprego de fertilizantes amoniacais. AyRES (1962) admitiu que uma das prováveis causas para o retorno do emprego da calagem nos solos havaianos, foi a substituição do NaNO_3 (salitre do Chile) pelo $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (sulfato de amônio), este com alto poder de acidificação progressiva.

Para as condições de solo de Porto Rico, ABRUNA *et alii* (1968) relataram que respostas da cana-de-açúcar à calagem são limitadas e de fato, os dados de BONNET *et alii* (1958) revelaram que não houve respostas significativas à calagem para a cana-planta e que nos três cortes, a diferença

no cômputo total a favor da calagem foi de 22 t/ha de cana. Portanto, cabe ressaltar que tanto em Porto Rico como no Ha va í, há indícios de uma acidificação progressiva residual pe lo uso do sulfato de amônio (HUMBERT e AYRES, 1957).

SAMUELS e GONZALES (1962) informaram que 36% dos solos cultivados com cana-de-açúcar em Porto Rico, tem pH variando de 3,8 a 5,4, enquanto que ABRUNA *et alii* (1968) de monstraram que 40% daquelas áreas apresentam teores superiores a 2 meq de Al^{3+} /100 g, o que sugere marcantes respostas da cana-de-açúcar à calagem.

O rendimento da cana-de-açúcar em Porto Rico foi de 25 t/ha, quando a saturação de Al trocável foi menor que 30% (ABRUNA-RODRIGUES e VICENTE-CHANDLER, 1967).

A comparação dos conceitos de calagem para ca na -de-açúcar, desenvolvidos por AYRES (1962 e 1965) para o Ha va í, com aqueles apresentados por ABRUNA *et alii* (1968), nas condições de Porto Rico, mostra uma certa contradição quanto aos níveis tóxicos de Al trocável. Por outro lado, WANG *et alii* (1959), em Formosa, observaram que o aumento de 20% na produção de cana-de-açúcar, como consequência da aplicação de calcário, acarretou uma elevação do pH original de 4,9 para 7,0.

Nas Filipinas, HUMBERT (1963) indicou que a ca la gem é praticada em solos que apresentam pH de 6,0 a 6,5, contendo uma porcentagem de saturação de Ca relativamente alta. Segundo o referido autor, esta resposta ao calcário, em ter

mos do aumento de produção, estaria associado ao efeito deste na matéria orgânica, liberando o N.

Fassbender e Molina, citados por KAMPRATH (1973), relataram aumentos na produção da cana-de-açúcar, em solos ācidos da Costa Rica, com aplicações moderadas de calcário.

No tocante às condições brasileiras, a calagem para a cultura de cana-de-açúcar é uma prática em expansão. Apesar da existência de órgãos como Instituto Agronômico de Campinas (ESPIRONELO e OLIVEIRA, 1972), que indicam a utilização de calcário em solos com Al acima de 0,50 meq/100 g de solo, não há referência na literatura consultada de pesquisas nacionais que recomendem a utilização do calcário, segundo as reais necessidades e quantidades, que possa traduzir-se em uma alta produtividade.

Os trabalhos de WUTKE *et alii* (1960) e WUTKE e ALVAREZ (1968), em cana-de-açúcar, na Usina Ester, em Cosmópolis-SP, mostraram uma resposta significativa à aplicação de calcário. Por outro lado, GUIMARÃES *et alii* (1975), em trabalhos realizados na Estação Experimental da COPERSUCAR, em Piracicaba-SP, mostraram que a aplicação do calcário não teve influência significativa sobre a produção da cana-de-açúcar. Do mesmo modo, CARDOSO (1978), aplicando calcário em solos Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo, cujas condições iniciais em termos de pH e de Al trocável, atendiam às exigências preconizadas pelo Instituto Agronômico de Campinas, não obteve qualquer resposta à tal prática.

GARGANTINE *et alii* (1970) indicaram que apenas 5% dos solos de São Paulo estão com pH abaixo de 5, que em cerca de 80% o teor de Al é maior que 0,50 meq/100 g de solo e que a concentração de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ está acima de 3,0 meq/100 g de solo. Por outro lado, GALLO *et alii* (1968), num levantamento do estado nutricional do solo paulista, verificaram que 7 a 15% deste encontram-se dentro da faixa de coerência para Ca e Mg, respectivamente.

VENEMA (1961), após avaliar os estudos sobre a calagem, em diversos países, concluiu que em solos ácidos, tropicais e subtropicais, a adição de calcário é recomendável apenas onde o Ca e o Mg, como elementos nutrientes, tornaram-se um fator limitante ao desenvolvimento das culturas.

2.4. Inter-relacionamento catiônico no sistema solo-planta

Os cátions K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e até certo ponto o Na^+ , desempenham um papel importante nas relações solo-planta. TISDALE e NELSON (1971) afirmaram que esses elementos em quantidades adequadas e em proporções apropriadas, são fundamentais não apenas para a complexidade bioquímica do desenvolvimento das plantas, como também para o solo.

CORDEIRO (1978), numa ampla revisão de literatura em relação ao comportamento do Ca, K e Mg, no sistema solo-planta, mostrou que as interações entre os cátions se ini

ciam na superfície de troca (parte mineral e orgânica da fração argila) do solo e para solos tropicais, a fração argila mostra maior preferência em adsorver Ca do que Mg e K, sendo que, dentre os últimos, o Mg é o preferido. Em adição, tanto o Ca como o Mg podem deprimir a absorção de K, como este também pode deprimir a absorção dos outros dois cátions pelas plantas e sob certas condições, o Ca e o Mg podem, por sua vez, estimular a absorção do K.

Quanto à cultura da cana-de-açúcar, a literatura mostra que a assimilação excessiva de Ca frequentemente interfere na assimilação de outros macronutrientes e reduz a mobilidade de certos micronutrientes, principalmente Fe e Mn (EVANS, 1959), podendo também provocar sintomas externos de deficiência de B (CORDEIRO *et alii*, 1979).

Variações nas relações Ca/Mg dos solos apresentaram alterações visíveis no crescimento da planta (EVANS, 1959).

EVANS (1959), estudando o relacionamento K/Mg na Guiana Britânica, concluiu que nos solos daquele país existe um antagonismo marcante entre estes dois cátions, sendo comum a deficiência de K provocada pelos elevados níveis de Mg na planta.

FUZZATO e FERRAZ (1967) verificaram que a relação entre os teores trocáveis de Ca e K no solo, foi o principal fator utilizado para explicação dos efeitos provocados pela adubação potássica na cultura de algodão. Para valores de $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ acima de 20, houve um aumento considerável na produ

ção, em decorrência da aplicação de K, e estes aumentos foram tanto maiores quanto maior foi o valor dessa relação. Por outro lado, valores da relação $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$ abaixo de 10 estavam associados a respostas não significantes ou frequentemente negativas da adubação potássica.

Outro aspecto a se considerar com relação ao balanço catiônico no solo diz respeito às perdas de cátions por lixiviação. VAN RAIJ e CAMARGO (1973) esclarecem que a lixiviação de cátions é decorrência em parte, do fato que alguns ânions não são retidos pelos solos. Assim, no caso de se utilizar o KCl como fertilizante, por exemplo, deve haver lixiviação de cátions, que acompanham o ânion cloreto em movimento através do solo. Os mesmos autores citam ainda que as perdas de K, particularmente, estariam envolvidos com o pH do solo e consequentemente com os teores de Ca e Mg.

Com relação aos solos tropicais nota-se na literatura controvérsias quanto aos resultados apresentados. Assim, VAN RAIJ e CAMARGO (1973) mostraram dados de cinco solos do Estado de São Paulo, onde se visualiza que a perda de K está inversamente relacionadas com os teores trocáveis de Ca e Mg. Por outro lado, FARINA e GRAVEN (1972) indicaram grandes perdas de K por lixiviação em solos tropicais, e que possivelmente o Ca e Mg aceleram esse processo.

BITTENCOURT e SAKAI (1975) concluíram que algumas vezes a adição de calcário no solo pode provocar uma maior mobilização de K, mesmo de formas não trocáveis, permitindo

que o mesmo seja lixiviado com maior facilidade.

2.5. Comportamento dos cátions na planta

Quanto ao comportamento dos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , vários são os estudos efetuados (VIETS, 1944) mostrou que o Ca^{2+} e os outros íons polivalentes podem acelerar a absorção salina pelas raízes da cevada, sendo o efeito independente da concentração do elemento no tecido. Por outro lado, WASEL (1962) esclareceu que o efeito do Ca^{2+} na absorção do K^+ é devido as mudanças induzidas na permeabilidade da superfície externa das células, provocando um aumento do número de pequenos poros ou canais através dos quais o íon K^+ se difunde.

De um modo geral, a literatura mostra que tanto o Ca como o Mg, podem deprimir a absorção dos outros cátions pelas plantas. Entretanto, sob certas condições, o Ca^{2+} e o Mg^{2+} ainda estimulam a absorção do K^+ , de modo que, essas influências mútuas têm sido caracterizadas como forte, fracas ou às vezes nula.

Nos trabalhos de BARROWS e DROSDOFF (1958) e BARROWS *et alii* (1965) ficou caracterizado que os aumentos dos teores de K na planta, em função de fertilização potássica, depende dos níveis de Ca e Mg do solo. Quando doses altas de Ca, Mg e K foram aplicadas conjuntamente, o teor de K nas fo

lhas foi pequena quando apenas o Ca foi aplicado, associado com alto nível de K. Quando foram aplicados baixos níveis de Ca associados a altos níveis de Mg e K e redução foi bem mais intensa. CAROLUS (1938) e SMITH *et alii* (1954) também demonstram que a adição de Mg pode provocar uma redução na absorção de K.

OVERSTREET *et alii* (1952) mostraram que o efeito estimulante do Ca^{2+} sobre a absorção de K, se observa quando o Ca^{2+} está em baixas concentrações. Com o aumento gradativo na concentração de Ca o efeito diminui, até que ocorra antagonismo entre esses cátions e conseqüentemente redução na absorção de K.

MENGEL e AKSAY (1954) e MENGEL (1963), em estudos com solução nutritiva, observaram que o Ca^{2+} pode não apresentar nenhum efeito, como também pode estimular a absorção de K pela planta. Isto também foi verificado por CHANEL (1969) na cultura de abóbora, cultivada em casa-de-vegetação. Entretanto, nas mesmas condições, o mesmo não ocorreu com a alface.

2.6. Nutrição mineral da cana-de-açúcar

A nutrição e as necessidades que a cana-de-açúcar requer quanto aos elementos nutricionais, são aspectos fartamente documentados na literatura. No entanto, desde já

que a cana-de-açúcar varia de acordo com o tipo de solo, idade e variedade, é imprescindível a realização de novos estudos. Relataremos a seguir algumas pesquisas em relação à nutrição da planta em questão, tendo como base a análise foliar.

GALLO *et alii* (1968), no Brasil, efetuaram um levantamento nutricional de duas variedades de cana-de-açúcar (CB 41-76 e Co 419), nos canaviais do Estado de São Paulo, cujos solos são dos tipos Latossol Roxo, Podzolizados de Lins e Marília, Podzólico Vermelho Amarelo (orto e laras), Latossol Vermelho Amarelo-orto e Latossol Vermelho Escuro. As amostragens, com base em folhas de 4 a 9 meses de idade, permitiram observar que os grandes grupos de solos não tiveram, em geral, influência no teor dos vários nutrientes, exceto no teor de ferro, o qual foi maior nas folhas da cana-de-açúcar cultivada no Latossol Roxo. Esses autores também mostraram que as porcentagens mais frequentes, para alguns nutrientes, foram as seguintes:

Nutrientes	Cana-planta		Cana-soca
	4 meses	9 meses	4-5 meses
	de idade	de idade	de idade
	(%)	(%)	(%)
N	1,6-1,8	1,6-1,8	1,6-1,8
P	0,12-0,14	0,12-0,14	0,16-0,18
K	1,2-1,4	1,4-1,6	1,2-1,4
Ca	0,7-0,8	0,4-0,5	0,3-0,4
Mg	0,20-0,25	0,15-0,20	0,20-0,25

SILVA (1972) efetuou levantamento do estado nutricional da cana-de-açúcar, variedade CB 41-76, em 10 séries de solos do município de Piracicaba, SP, através de análise química de amostras das folhas +3 e +4, com objetivo de unificar a necessidade de adubação. Os valores percentuais encontrados nas folhas em função da série do solo, variam de 1,25% a 1,84% para o N, de 0,14% a 0,21% para o P, 0,56% a 1,15% para o K, 0,60% a 0,90% para o Ca, de 0,18% a 0,49% para o Mg e de 0,16% a 0,25% para o S.

HUMBERT (1974) mostrou que as concentrações de nutrientes nas folhas da cana-de-açúcar, relacionadas com o estado nutricional da cultura, foram as seguintes:

Estado nutricional da cana-de-açúcar	Concentração de nutrientes nas folhas		
	N(%)	P(%)	K(%)
muito baixo	1,25	0,14	1,00
baixo	1,25-1,50	0,14-0,18	1,00-1,25
médio	1,50-1,75	0,18-0,22	1,25-1,75
alto	1,75-2,00	0,22-0,26	1,75-2,00
muito alto	2,00	0,26	2,00

O mesmo autor relatou ainda que as variedades podem diferir muito em sua composição química. Assim, as quantidades de nutrientes absorvidas de um solo, por diferentes variedades, podem variar até 100%. Também indicou que os valores foliares de enxofre oscilam entre 300 e 1.000 ppm, enquanto que teores foliares de 0,08% a 0,35% de Mg estão associados ao bom desenvolvimento da cana. Entretanto, Feillafe, citado por HUMBERT (1974), em Mauritius, não obteve aumento de rendimento na cana-de-açúcar com os níveis de Mg nas folhas variando de 0,10% a 0,20%.

MALAVOLTA *et alii* (1974), referindo-se à porção mediana (excluindo a nervura central) folhas +3 e +4, com idade de 4 a 6 meses, apresentaram concentrações (%) foliares adequadas de N, P, K e Ca, como sendo, respectivamente, de 2,00 a 2,50; 0,18 a 0,20; 1,00 a 1,25 e 0,75 a 1,00.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da área experimental

O experimento foi implantado na Fazenda Experimental do Campus de Ilha Solteira - UNESP, a qual localiza-se na margem direita do Rio Paranã, nas proximidades do município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul. A propriedade possui uma área de 480 ha, localizando-se numa região cujos solos pertencem ao grupo dos Latossóis, propriamente é um Latossol Vermelho Escuro álico, de textura argílica. Pela 7ª aproximação, está classificado como HAPLIC ACRUSTOX, cujas características agrológicas, descritas por DEMATTÊ (1980), são apresentadas nas Figuras 1 a 5 e nas Tabelas 1 e 2.

FIGURA 1. Valores que mostram a distribuição em profundidade de ΔpH (a linha tracejada indica o valor zero para ΔpH).

FIGURA 2. Distribuição em profundidade da soma de bases (S) e capacidade de troca catiônica (CTC).

FIGURA 3. Distribuição em profundidade da porcentagem de carbono orgânico.

FIGURA 4. Distribuição em profundidade da porcentagem de argila

FIGURA 5. Distribuição em profundidade da porcentagem de saturação de bases (V%) e saturação de Al (%).

O clima da região é característico das zonas de cerrado, ou seja, tropical de inverno seco (classificação AW no sistema Köppen), havendo duas épocas distintas: a da seca (abril a setembro) e das águas (outubro a março). As médias mensais de temperatura e precipitação pluviométrica durante os anos de 1979 e 1980, são apresentadas na Tabela 3. E conforme pode ser verificado, as precipitações médias na época das águas foram de 183,1 e 151,8 mm, respectivamente, e 74,4 e 47,9 mm no período das secas. As temperaturas mais altas registraram-se respectivamente nos meses de fevereiro e março e as mais

TABELA 1. Principais características químicas dos solos Latossol Vermelho Escuro, álico (Haplic Acrustox).

Profundi- dade	pH		Δ pH	PO_4^{-3}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K	S	Al^{3+}	H^+	T	V	Al	C
	H_2O	KCl												
(cm)	(meq/100 g de solo)										(%)			
0-15	5,7	4,7	-1,0	0,03	1,90	1,10	0,13	3,13	0,30	4,60	8,03	39	8,8	1,55
15-30	5,3	4,0	-1,3	0,00	0,10	0,10	0,03	0,23	0,80	1,80	2,83	8,1	77,7	0,45
30-100	5,3	4,1	-1,2	0,00	0,15	0,04	0,01	0,20	0,70	2,30	3,20	6,3	77,8	0,22
100-170	6,4	4,4	-1,8	0,00	0,10	0,02	0,02	0,14	0,40	1,30	1,84	7,6	74,3	0,13

TABELA 2. Quadro analítico das principais características granulométricas dos solos Latossol Vermelho Escuro, álico (Haplic Acrustox).

Profundidade	GRANULOMETRIA				Massa específica aparente
	Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Areia total
(cm)			(%)		(g/cm ³)
0-15	39	01	48	12	60
15-30	50	04	37	09	46
30-100	52	03	35	10	45
100-170	50	02	40	08	48

TABELA 3. Precipitação mensal e temperatura média mensal da Fazenda Experimental do Campus de Ilha Solteira, UNESP, durante os anos 1979 e 1980.

MESES	A N O S			
	1 9 7 9		1 9 8 0	
	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)
janeiro	237,0	25,9	165,4	26,1
fevereiro	61,1	27,0	202,8	26,1
março	116,0	26,2	96,3	27,6
abril	129,3	24,1	94,4	25,3
maio	62,4	21,8	38,3	23,3
junho	0,1	21,0	18,5	20,7
julho	87,3	20,0	5,5	22,4
agosto	17,1	23,9	15,7	24,2
setembro	150,5	23,2	114,3	22,0
outubro	114,6	26,5	91,3	26,3
novembro	170,1	25,4	117,8	25,9
dezembro	390,3	26,4	262,6	27,0
TOTAL	1.540,1	24,2	1.222,9	24,7

baixas nos meses de julho e junho, sendo dezembro o mês de maior precipitação, respectivamente.

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, constando de 9 tratamentos e 4 repetições, totalizando deste modo 36 parcelas. A dimensão de cada parcela foi de 15 x 20 m (300 m²). Foi deixado caminhamento entre parcelas de 5 ms.

Foram considerados para estudo os seguintes tratamentos:

01. testemunha (ausência total de calcário)
02. 1 t/ha de calcário dolomítico aplicado em área total
03. 2 t/ha de calcário dolomítico aplicado em área total
04. 3,5 t/ha de calcário dolomítico aplicado em área total
05. 4,5 t/ha de calcário dolomítico aplicado em área total
06. 1/4 t/ha de calcário dolomítico aplicado no sulco
07. 1/2 t/ha de calcário dolomítico aplicado no sulco
08. 3/4 t/ha de calcário dolomítico aplicado no sulco
09. 1 t/ha de calcário dolomítico aplicado no sulco

A variedade utilizada no presente ensaio foi a NA 56-79. Graças as suas qualidades agronômicas de produtividade, ela está entre as primeiras variedades exploradas no Es

tado de São Paulo.

As dosagens de fertilizantes usadas foram as seguintes: na forma de sulfato de amônio, 50 kg/ha de N, como superfosfato simples, 100 kg/ha de P_2O_5 e 90 kg/ha de K_2O , como cloreto de potássio, para fornecimento dos micronutrientes, 40 kg/ha de FTE-BR 9.

As doses aplicadas de fertilizantes estão um pouco acima das recomendações dadas pela ANDA, para terras recém-desbravadas, quando as análises químicas do solo mostram baixas concentrações de P (<10 ppm) e baixo teor de K (<47 ppm). A recomendação é a seguinte: 20-100-60, ou seja uma relação de 1:5:3 de N-P-K.

O nitrogênio foi aplicado parceladamente, isto é, metade no plantio e metade em cobertura (4 meses após o plantio).

O calcário utilizado, foi o dolomítico, cujas porcentagens são: % CaO = 26,57, % MgO = 16,88, % que passou na peneira nº 10 = 97,71 % que passou na peneira nº 50 = 48,50, PRNT = 61,3%

3.3. Instalação e condução do experimento

Para o preparo do solo, após ser desmatado e destocado, foi feita a aração e gradagem, sendo que no ano agrícola de 78/79 foi plantado arroz (*Oryza sativa* L.), sem ne

nhuma aplicação de calcário ou fertilizantes. Após a colheita do arroz, procedeu-se outra aração e gradagem, procurando nivelar o terreno. Em seguida, procedeu-se as delimitações das parcelas nas quais se tiraram amostras de solo a 0-30 cm de profundidade para futuras análises químicas de pH, matéria orgânica, Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} e P, posteriormente se fizeram as aplicações dos tratamentos. Esta operação consistiu da aplicação do calcário dolomítico em área total, parcelada em duas doses iguais. A primeira efetuada 90 dias antes do plantio, e a segunda, 30 dias antes do plantio, o qual ocorreu em 21/09/79. Em ambas as épocas, se incorporou o calcário com grade pesada tipo ROMI.

Nas parcelas onde não foi colocado calcário em área total, abriu-se sulcos de 30 cm de profundidade, com espaçamentos de 1,50 m, nos quais aplicou-se as doses de adubos comerciais, já descritas anteriormente. Transcorridos três dias desta aplicação, aplicou-se as doses de calcário dolomítico. Esta aplicação foi efetuada dois dias antes do plantio.

As mudas de cana-de-açúcar foram provenientes do canavial da região de Monte Aprazível-SP, com dose meses de idade. Inicialmente, procedeu-se o desfolhamento e colocação das mesmas no sulco colmos duplos, sendo cortadas em seguida, deixando assim toletes de três gemas em média, com uma densidade de 12 gemas por metro. Posteriormente, aplicou-se Aldrin 5% no sulco, na dosagem de 20 kg/ha, visando controlar possíveis infestações das pragas do solo.

A cobertura foi efetuada com enxada cobrindo os toletes, com uma camada de terra de cerca de 8 cm de espesura. Os tratos culturais consistiram de capinas com enxada, sempre que necessário.

Uma vez instalado o experimento, foram feitas amostragens de solos, com trado, na profundidade de 0-30 cm as quais consistiram de 15 amostras, em média, por parcela, obtidas no sulco de plantio. Após a homogeneização, foi retirada uma amostra, onde foram feitas as respectivas análises químicas de pH, matéria orgânica, Al trocável, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e P.

As amostragens foram feitas trimestralmente , com o intuito de acompanhar o comportamento dos elementos do solo.

No que diz respeito à parte vegetativa, foram feitas amostragens das folhas +3, aos 9 meses de idade, excluindo a nervura central, as quais foram secas em estufa à 70°C, até pesagem constante. Em seguida, procedeu-se à trituração das folhas, que foram guardadas em frascos de vidros de 100 ml, para posterior análise dos macronutrientes. Nesta mesme época, foram efetuadas medidas no terço inferior, médio, superior e comprimento dos colmos, procurando-se avaliar o desenvolvimento vegetativo.

Com o objetivo de se acompanhar o desenvolvimento radicular, foram abertas trincheiras de 1,80 m de profundidade, uma vez executadas as medições, em profundidade e

largura, procedeu-se a extração das raízes, que foram lavadas para retirar toda a terra, sendo, em seguida, secas, pesadas e colocadas em estufa à 70°C, até peso constante.

Faltando um mês para a colheita, ou seja, no dia 28/10/80, foi efetuada uma amostragem dos colmos para as análises tecnológicas (brix, pol, fibra, açúcares-redutores, pureza, volume de caldo). Para amostragem dos colmos, foram retirados das três fileiras centrais, 20 colmos ao acaso. Destes 20 colmos, 15 foram desintegrados em picadora forrageira, modelo "Penha". Após a homogeneização do produto, foi retirada uma amostra de aproximadamente 1,5 kg, que foi digerido pelo processo a frio de BUCHANAN, método deste adotado pelo PLANALSUCAR, para digestor Tecnal, modelo "SUEG". Dos cinco colmos restantes, foi extraído o caldo em uma moenda comum de cana-de-açúcar, onde foi determinado o volume para a obtenção do pol (%) em sacarímetro "MITCHERLICH" da ATAGO. Para avaliação da produção, se procedeu a colheita dos colmos em 10 m de comprimento por 5 linhas centrais de cada parcela, expressados em t/ha.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises químicas do solo

Os resultados das análises químicas, feitas antes da implantação dos tratamentos (Tabela 4), mostraram que os solos utilizados neste estudo apresentam valores, relacionados com a fertilidade, de acordo com os preconizados pela ANDA (1975), ou seja, são fortemente ácidos (pH 5,0), pobre em Ca + Mg (<3,0 meq/100 g), baixo no teor de K (<45 ppm), nível baixo para o P (<10 ppm), pobre em matéria orgânica (<1,5 %) e com teor de Al > 0,50 trocável meq/100 g. Tais características indicam tratar-se de um solo em que as recomendações para a aplicação do calcário são inegáveis. Por sua vez, sabe-se que a aplicação do calcário traz consigo uma mudança nas características químicas e físicas do solo, além de servir como

suprimento das deficiências de Ca e Mg.

As análises químicas dos solos referentes a Ca e Mg, elaboradas a cada três meses, durante o ciclo vegetativo da cana-planta (Tabela 5 e 6) sugerem uma tendência de que os teores de Ca e Mg aumentaram de acordo com o incremento das dosagens dos tratamentos e o tempo transcorrido desde a aplicação até a última época de amostragens de solos, efetuada antes da colheita de cana-de-açúcar. Este resultado está de acordo com os relatados por (EVANS e FORGER, 1966) e ORLANDO FILHO *et alii*, 1977).

Pelas Tabelas 5 e 6 pode-se observar uma relação entre Ca/Mg variando de 1,0 a 4,0, a qual está enquadrada dentro do esquema preconizado por Coleman e Hardy, citados por LAROCHE (1966), que indicam valores de 4,0 a 8,0 e 40,0, respectivamente, para as relações de $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ e $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}/\text{K}$.

Observando-se as variações encontradas nos teores de Ca e Mg em relação aos meses de maiores precipitações, pode-se notar uma redução no teor de cátions, possivelmente pela lixiviação das bases. Já a estiagem minimiza tal redução.

Pode-se observar também que houve uma tendência de se aumentar os teores de Ca nas duas formas de aplicação, ou seja, incorporado no sulco e espalhado na área toda. Entretanto, na primeira forma, os teores foram maiores.

Outro aspecto a se considerar também relacionado às Tabelas 5 e 6, é a variação de Ca e Mg que ocorre quando as amostragens foram efetuadas em distintas épocas do ano.

TABELA 4. Características químicas do solo Latossol Vermelho Escuro verificadas no local, antes da aplicação dos tratamentos.

Amostra. das parcelas			Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K	P
(profundidade: 0-30 cm)	%MO	pH	meq/100 g de T.F.S.A. µg/ml de T.F.A.A.				
1 a	1,5	5,1	0,3	1,5	0,5	84	4
2 a	1,5	4,4	1,0	0,4	0,2	36	5
3 a	1,6	4,4	1,1	0,4	0,2	40	2
4 a	1,7	4,5	0,9	0,4	0,2	44	3
5 a	1,8	4,6	0,6	0,9	0,2	36	3
6 a	1,8	4,7	0,9	0,5	0,2	36	3
7 a	2,1	5,1	0,3	1,6	0,6	124	5
8 a	1,7	4,8	0,6	0,6	0,4	92	3
9 a	3,9	5,5	0,0	3,5	1,1	144	6
1 b	2,1	5,2	0,2	1,5	0,5	80	9
2 b	1,5	4,3	0,8	0,4	0,2	44	2
3 b	1,2	4,6	0,6	0,6	0,3	28	3
4 b	0,9	4,3	0,8	0,2	0,1	48	2
5 b	1,2	4,5	1,0	0,5	0,2	32	2
6 b	1,7	4,6	0,7	0,5	0,3	40	2
7 b	1,3	4,6	0,8	0,4	0,2	44	2
8 b	1,8	4,7	0,7	0,9	0,3	44	2
9 b	1,6	4,7	0,7	0,9	0,3	36	2
1 c	1,4	4,4	1,1	0,5	0,1	32	2
2 c	1,4	4,8	0,6	0,7	0,4	56	2
3 c	1,6	5,0	0,4	1,1	0,5	60	3
4 c	1,5	4,5	0,8	0,6	0,3	36	3
5 c	1,3	4,6	0,7	0,4	0,2	36	2
7 c	2,0	5,0	0,3	1,6	0,5	52	10
8 c	1,5	4,6	0,8	2,5	0,2	40	2
9 c	0,9	4,4	0,7	0,4	0,1	20	1
1 d	1,9	6,3	0,0	4,7	0,5	40	9
2 d	1,4	5,5	0,1	1,5	1,4	36	2
3 d	1,6	5,0	0,5	1,1	0,5	48	2
4 d	1,7	5,0	0,4	1,4	0,7	44	3
5 d	1,6	4,9	0,5	1,2	0,4	48	2
6 d	1,4	4,7	0,7	0,7	0,3	28	2
7 d	1,4	4,4	0,9	0,4	0,1	28	2
8 d	1,4	4,4	0,9	0,4	0,1	32	1
9 d	1,4	4,9	0,5	1,3	0,3	40	4

a, b, c, d = blocos

1, 2, ..., 9 = parcelas

TABELA 5. Médias das determinações de cálcio trocável (meq/100 g de T.F.S.A.) nas cinco épocas do ano agrícola, sendo a 1.^a feita antes da aplicação dos tratamentos.

Épocas de Amostragens	Profundidade (cm)	Doses de calcário em t/ha									
		área total					sulcos				
		0	1	2	3,5	4,5	0,25	0,50	0,75	1	
1. ^a											
12-07-79	0-30	0,5	0,7	0,6	0,8	0,5	0,8	0,9	0,4	1,2	
2. ^a											
15-01-80	0-30	0,7	0,6	1,2	1,2	1,2	1,4	1,2	1,8	1,8	
3. ^a											
18-04-80	0-30	1,0	0,7	1,4	1,6	1,2	0,9	1,6	2,2	2,7	
4. ^a											
13-07-80	0-30	1,1	1,0	2,0	1,6	1,1	2,0	0,9	1,9	1,6	
5. ^a											
18-10-80	0-30	1,2	0,9	1,3	1,3	1,2	1,8	0,8	1,9	1,9	

TABELA 6. Médias das determinações de Mg trocável (meq/100 g de T.F.S.A.) nas cinco épocas do ano a grícola, sendo a 1.^a antes da aplicação do tratamento.

Épocas de Amostras	Profundidade (cm)	Doses de calcário em t/ha									
		área total					sulcos				
		0	1	2	3,5	4,5	0,25	0,50	0,75	1	
1. ^a											
12-07-79	0-30	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	
2. ^a											
15-01-80	0-30	0,3	0,5	0,8	0,5	0,3	0,5	0,6	0,9	1,4	
3. ^a											
18-04-80	0-30	0,4	0,5	1,0	1,0	0,7	0,5	0,6	0,8	0,8	
4. ^a											
13-07-80	0-30	0,3	0,7	0,9	0,5	1,0	0,9	0,6	1,0	1,0	
5. ^a											
18-10-80	0-30	0,3	0,8	0,8	0,8	0,9	0,6	0,5	0,9	1,0	

Em outras palavras, os valores de Ca incrementaram-se na solução do solo nas épocas de estiagem, ou seja, quando a evapotranspiração se torna maior que a precipitação, não existe perdas deste cátion por lixiviação. Nas épocas de chuva, onde as precipitações são maiores que a evapotranspiração, a umidade do solo contribui para que o calcário incorporado se solubilize, doando os cátions Ca e Mg para a fase líquida do solo. Por sua vez, estes cátions, nas mesmas circunstâncias e de acordo com o tipo de solo, são translocados a maiores profundidades, podendo assim serem perdidos por lixiviação.

Relativamente aos teores de Mg trocável (Tabela 6), verificou-se que estes apresentam uma estreita relação com o comportamento do Ca, mostrando um acréscimo de acordo com o aumento das dosagens de calcário dolomítico. Notando-se, todavia, uma pequena diferença quando comparadas as duas formas de aplicação (na área toda e incorporada no sulco). A forma incorporada no sulco contribui para uma melhor solubilização do calcário dolomítico, aumentando assim os teores de Mg na solução do solo. Quanto a época de amostragem, os teores de Mg também guardam uma estreita relação com as épocas de chuva e seca, conforme ocorrido com o Ca.

Com referência aos efeitos da incorporação do calcário em relação ao pH, a Tabela 7 mostra as médias dos valores dos mesmos, cujas variações em função do aumento da dosagem de calcário contribuem para a melhoria das condições para a vida microbiana do solo, melhorando assim as suas pro

priedades químicas e físicas. Por outro lado, pode-se observar uma pequena variação do acréscimo do pH nos meses secos e uma diminuição nos meses de chuva. Este resultado concorda com os relatados por ORLANDO FILHO (1979), os quais se referem à influência sazonal nas análises químicas do solo.

O exame das médias de determinações de Al trocável (Tabela 8), mostra que, de uma maneira geral, houve um decréscimo na magnitude daquelas, tanto em função das doses de calcário dolomítico, quanto às épocas de amostragens. Tanto o aumento do pH, como a diminuição do Al trocável, influenciam favoravelmente as plantas, tornando-se disponíveis os vários nutrientes.

No tocante aos efeitos da calagem no solo, em termos da disponibilidade do K, a Tabela 9 mostra uma variabilidade nos teores daquele elemento químico em relação às épocas de amostragem, sendo menores nas épocas de maior precipitação. Isto pode ser atribuído ao fato que o K pode-se perder por lixiviação ou serem translocados em profundidade. Com o aumento das doses de calcário (2,0 t/ha e 3,5 t/ha), notou-se um aumento na disponibilidade de K, provavelmente devido ao seu melhor aproveitamento. Este resultado não se verificou para dosagens maiores do que 4,5 t/ha, o que pode ser explicado pela presença do fenômeno antagônico entre os elementos Ca e Mg e o K. Por outro lado, na forma alternativa de incorporação do calcário os dados mostraram-se mais uniformes.

Com referência ao P (Tabela 10) nota-se maiores

TABELA 7. Média dos valores de pH de cinco épocas de amostragens, sendo a primeira efetuada antes da aplicação de calcário.

Épocas de Amostragens	Profundidade (cm)	Doses de calcário em t/ha								
		área total				sulcos				
		0	1	2	3,5	4,5	0,25	0,50	0,75	1
1. ^a										
12-07-79	0-30	4,4	4,6	4,6	4,7	4,5	4,7	4,7	4,4	4,8
2. ^a										
15-01-80	0-30	4,6	4,8	4,7	4,9	4,7	4,7	4,5	4,7	5,0
3. ^a										
18-04-80	0-30	4,5	4,6	4,8	5,0	4,8	4,8	4,6	4,8	5,1
4. ^a										
13-07-80	0-30	4,5	5,1	5,5	5,4	5,5	5,7	5,0	5,7	5,8
5. ^a										
18-10-80	0-30	4,9	5,2	5,4	5,3	5,3	5,5	5,6	5,7	5,9

TABELA 8. Médias das determinações de Al trocável em meq/100 g de T.F.S.A., de cinco épocas de amostragens, sendo a primeira efetuada antes da aplicação do calcário.

Épocas de Amostragens	Profundidade (cm)	Doses de calcário em t/ha							
		área total				sulcos			
		0	1	2	3,5	4,5	0,25	0,50	0,75
1. ^a									
12-07-79	0-30	0,8	0,7	0,8	0,6	0,8	0,5	0,7	0,8
2. ^a									
15-07-80	0-30	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,5	0,6	0,4
3. ^a									
18-04-80	0-30	0,7	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,3
4. ^a									
13-07-80	0-30	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,0	0,4	0,0
5. ^a									
18-10-80	0-30	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0

TABELA 9. Médias das determinações de K trocável, em $\mu\text{g/ml}$ de solo, de cinco épocas de amostragens, sendo a primeira efetuada antes da aplicação do calcário.

Épocas de Amostragens	Profundidade (cm)	Doses de calcário em t/ha						
		área total				sulcos		
		0	1	2	3,5	4,5	0,25	0,50 0,75 1
1. ^a								
12-07-79	0-30	32	33	33	47	31	45	38 41
2. ^a								
15-01-80	0-30	49	34	55	57	45	53	36 55 36
3. ^a								
18-04-80	0-30	24	40	64	64	48	36	64 56 48
4. ^a								
13-07-80	0-30	34	32	69	65	63	48	49 54 46
5. ^a								
18-10-80	0-30	38	32	50	48	34	52	48 34 30

teores do mesmo nas dosagens de 1-2 t/ha de calcário. Isto estaria relacionado ao fato de que o calcário, em tais dosagens, favorece a liberação do P para a solução do solo, tornando-se assim disponível para a planta. Para maiores dosagens de calcário, este resultado não se verificou, provavelmente devido ao P estar fixado na forma de fosfato de cálcio. Estes aspectos foram observados em ambas as formas de incorporação de calcário, sendo que no sulco, os teores de P mostraram-se mais homogêneos em relação ao aumento das dosagens de calcário.

4.2. Análises químicas do vegetal

Os resultados das análises químicas do vegetal (realizadas nas folhas +3), mostram para os tratamentos que receberam calcário, em comparação com a testemunha, maiores valores de macronutrientes na planta, embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas (Tabela 11).

Em trabalhos conduzidos por vários pesquisadores, tais como SAMUELS *et alii* (1957), EVANS (1961), GALLO *et alii* (1962), MALAVOLTA e COURY (1963), HUMBERT (1964) e outros, os quais se referem às análises foliares dos nutrientes em cana-de-açúcar, verificaram-se resultados bastante variáveis, seja em função da variedade, da idade da planta e inclusive do tipo de solo onde foram instalados tais experimentos.

TABELA 10. Média das determinações de P, em $\mu\text{g/ml}$ de solo, de cinco épocas de amostragens, sendo a primeira efetuada antes da aplicação do calcário.

Épocas de Amostragens	Profundidade (cm)	Doses de calcário em t/ha									
		área total					sulcos				
		0	1	2	3,5	4,5	0,25	0,50	0,75	1	
1. ^a											
12-07-79	0-30	2	2	2	3	3	4	3	2	4	
2. ^a											
15-01-80	0-30	17	14	19	16	12	14	15	16	21	
3. ^a											
18-04-80	0-30	10	17	12	17	16	17	20	11	9	
4. ^a											
13-07-80	0-30	11	0,9	16	16	10	13	10	14	8	
5. ^a											
18-10-80	0-30	10	9	15	11	13	12	14	13	17	

TABELA 11. Médias percentuais dos valores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas 3^{as} folhas da cana-de-açúcar aos 9 meses de idade.

Tratamentos (t/ha de calcário)	Macronutrientes (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0	1,44	0,15	1,51	0,26	0,13	0,09
1	1,50	0,15	1,56	0,25	0,13	0,09
2	1,51	0,16	1,67	0,26	0,15	0,10
3,5	1,53	0,16	0,66	0,27	0,16	0,10
4,5	1,53	0,14	1,58	0,26	0,14	0,10
0,25	1,53	0,16	1,70	0,25	0,14	0,10
0,50	1,53	0,16	1,70	0,25	0,14	0,10
0,75	1,48	0,16	1,69	0,25	0,15	0,10
1	1,45	0,15	1,54	0,24	0,15	0,09
F	0,56 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,44 ^{ns}	8,8 ^{ns}	1,05 ^{ns}
dms (5%)	0,19	0,05	0,27	0,13	0,05	-
C.V. (%)	5,41	12,5	7,02	20,2	15,74	1,24

ns = não significativo.

Na Tabela 11 estão apresentadas as médias dos teores de N, P e K, referentes às folhas +3, excluindo a nervura central, segundo análises efetuadas aos nove meses de idade da planta. Comparando-se os resultados de N obtidos por GALLO *et alii* (1968) com os do presente estudo, observa-se uma certa semelhança, uma vez que esses autores relataram para o N os valores de 1,6 a 1,8%. O valor médio para o P (0,155%) está acima do citado pelo mesmo autor (0,12-0,14%), sendo entretanto inferior aos valores mostrados por Humbert, citado por ORLANDO FILHO (1976), pois este autor relatou as percentagens de 0,18-0,22 para o referido elemento químico. Com relação ao K, o valor médio obtido (1,61%) encontra-se dentro dos limites registrados por GALLO *et alii* (1968) e Humbert, citado por ORLANDO FILHO (1976), para o teor daquele elemento, as quais foram, respectivamente, 1,4-1,6% e 1,25-1,75%.

Relacionando-se a variação existente nos valores percentuais dos macronutrientes no vegetal, em função das diferentes dosagens de calcário (Tabela 11), pode-se notar uma ligeira tendência de aumento destes valores, tanto para o **P** e K, até as dosagens de 2 e 3,5 t/ha de calcário, para então decrescerem.

Quando o calcário foi incorporado no sulco, o que se pode observar, é que houve uma diminuição nas percentagens de P e K, quando se utilizou a dosagem de 1 t/ha de calcário, sendo entretanto praticamente constantes os valores nas dosagens inferiores àquela.

Comparando-se as médias percentuais de Ca e Mg obtidas nas análises químicas da cana-de-açúcar (0,25% para o Ca e 0,14% para o Mg), com as citadas por GALLO *et alii* (1968) . que indicam para o Ca (0,4-0,5%) e para o Mg (0,5-0,20%), nota-se que os valores são superiores ao do presente estudo.

Como pode-se notar, existe muita variabilidade nos resultados segundo as condições, seja tipo de solo, variedade, idade da planta, que impossibilita a elaboração de tabelas que possam reger o estado nutricional da cana-de-açúcar. Portanto torna-se necessário um maior número de dados, para que se possa ter uma maior precisão no referido assunto.

4.3. Produção de colmos em t/ha

Quanto aos resultados obtidos, em relação à produção de colmos, como consequência do tipo de aplicação de calcário dolomítico, as análises estatísticas mostraram que não houve influência significativa (Tabela 12). Entretanto, houve uma tendência para o aumento da produção, em especial na forma incorporada no sulco, cujo aumento em termos de percentagem chega a 11,6%, quando comparamos a dose de 0,75 t/ha de calcário dolomítico com a testemunha (0,0 t/ha de calcário). Com relação a maior dosagem (1,0 t/ha de calcário) aplicado no sulco, nota-se que houve uma diminuição na produção de

colmos, provavelmente devido ao fato que esta dose trouxe um desequilíbrio catiônico, inibindo a absorção de determinados cátions pela planta.

Conforme pode ser observado na Tabela 12, a maior dosagem (4,5 t/ha) de calcário incorporado a lanço está associado a uma diminuição na produção de colmos, em relação à testemunha. Este fato, também pode ser explicado pela hipótese anteriormente referida.

A influência não significativa do calcário na produção da cana-de-açúcar, concorda com os resultados obtidos por outros pesquisadores, como BONNET *et alii* (1958), GUIMARÃES *et alii* (1975), CARDOSO (1978), e outros. Em vista disso, tal como sugeriu VENEMA (1961), a adição de calcário é recomendável apenas nos solos que apresentam baixos teores de Ca e Mg, como elementos nutricionais. Como os solos sob vegetação de cerrado, em sua grande maioria, são deficientes em bases, torna-se recomendável a adição de calcário, como medida de suprir a deficiência dos referidos elementos. Isto sem levar em consideração a elevação do pH do solo, posto que pelo observado até agora, a cultura de cana-de-açúcar não é explorada em solos de pH inferiores a 4,5. Todavia a incorporação no sulco seria a mais indicada, uma vez que a dosagem seria menor, diminuindo assim o custo de produção. No entanto, outros trabalhos sobre o assunto devem ser conduzidos, a fim de que se possa ter uma maior confiabilidade na mencionada recomendação.

TABELA 12. Média de duas determinações de produção de colmos e pol cana, feitas aos onze e doze meses de idade.

Tratamentos (t/ha de calcário)	Produção			
	Colmos	%	Pol	%
Testemunha	55,15	100	9,92	100
1	56,81	103	10,22	103
2	56,64	103	10,20	103
3,5	55,35	100	9,97	100
4,5	54,59	99	9,85	99
0,25	61,31	111	11,00	111
0,50	63,56	115	11,45	115
0,75	64,11	116	11,52	116
1	55,37	100	9,95	100
F	0,93 ^{ns}		0,93 ^{ns}	
dms (5%)	12,36		3,38	
C.V. (%)	13,42		13,44	

ns = não significativo.

4.4. Análises tecnológicas

No que se refere às análises tecnológicas de pol e brix, as diferenças entre as duas formas de aplicação do calcário, não foram estatisticamente significativas (Tabela 13). Embora, pode-se notar pela mesma Tabela uma tendência para melhores resultados quando se utilizou a forma de aplicação incorporada no sulco.

Observando-se os valores de pol (%), transformados em toneladas por hectare (Tabela 12), verifica-se que são análogos às percentagens de produção de colmos. Nota-se também que, se tem 11,6% para a dosagem de calcário 0,75 t/ha, em relação a testemunha, a produção de pol (t/ha) é máxima, isto quando incorporada no sulco. Quando incorporada na área toda, as maiores respostas em termos numéricos referem-se às dosagens de 2 e 3,5 t/ha de calcário. Observando-se todavia, uma redução nos valores quando as doses foram de 4,5 t/ha e 1,0 t/ha, sendo a primeira aplicada na área toda e a segunda incorporada ao sulco.

Conforme pode ser observado na Tabela 13, o Teste F para os tratamentos não foi significativo para pol cana (%), brix cana (%), pureza, fibra e açúcares redutores, entretanto, a partir da mesma Tabela e da Tabela 14, pode-se verificar o seguinte:

existe uma maior percentagem de brix cana na dosagem de 1,0 t/ha de calcário dolomítico aplicado a lanço, mostrando pouca variação nas outras dosagens.

TABELA 13. Valores médios de brix, pol % cana, fibra, pureza, açúcares re-
dutores, representativos dos dois últimos cortes.

Tratamentos (t/ha de calcário)	Brix cana (%)	Pol cana (%)	Pureza (%)	Fibra (%)	Açúcares redutores (%)
Testemunha	18,3	14,8	78,1	15,7	2,1
1	19,1	15,7	77,7	16,3	1,7
2	18,5	14,9	75,2	15,5	1,6
3,5	17,6	14,6	78,1	16,9	2,1
4,5	18,2	14,9	77,2	16,4	2,1
0,25	18,3	19,4	79,1	15,4	1,9
0,50	17,6	15,5	80,2	15,5	1,9
0,75	18,2	15,2	80,8	15,7	2,0
1	17,7	15,3	80,9	16,4	2,0
F	0,66 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,44 ^{ns}
dms (5%)	2,93	4,09	7,7	2,36	2,36
C.V. (%)	6,69	11,51	4,07	1,49	20,1

ns = não significativo.

TABELA 14. Volume de caldo (1) extraído de dez colmos por parcela.

Tratamentos (t/ha de calcário)	Blocos			
	A	B	C	D
0	5,62	4,44	6,09	3,90
1	4,92	6,43	4,44	5,50
2	5,22	5,86	5,01	5,40
3,5	5,64	5,78	4,95	4,65
4,5	4,55	5,24	5,13	5,42
0,25	5,81	4,71	4,73	5,44
0,50	5,72	5,48	5,50	6,47
0,75	5,80	5,10	7,24	5,01
1	5,26	6,10	5,18	5,80

quanto ao pol cana, a maior porcentagem ocorreu para a dose de 0,25 t/ha de calcário dolomítico aplicado no sulco, mostrando, como no caso anterior, pouca variação nas demais dosagens.

em relação a pureza da cana, os maiores valores referem-se à aplicação do calcário, quando incorporado no sulco.

- . quanto à fibra, os valores, em função da aplicação do calcário, são variáveis, no entanto, há uma ligeira tendência de aumento destes valores nas dosagens maiores, em ambas as formas de aplicação.
- . no que se refere aos açúcares redutores, os valores são superiores para as maiores dosagens de calcário, nas duas formas de aplicação, sendo, todavia, inesperados, uma vez que são tão altos quanto aos obtidos para a testemunha. Este resultado pode ser explicado pelo fato que a variedade de cana-de-açúcar utilizada no presente estudo é suscetível a broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*), cuja formação de fungos, faz elevar os valores de açúcares redutores.
- . o volume de caldo de cana está diretamente ligado ao porte dos colmos, onde os maiores volumes foram obtidos nas parcelas que receberam doses de calcário, as quais proporcionaram um maior rendimento de colmos.

4.5. Características agronômicas

Quanto às observações do desenvolvimento vegetativo, como diâmetro dos colmos (superior, médio, inferior), altura destes e peso da matéria verde, apresentadas na Tabela 15, e do desenvolvimento radicular (em profundidade e superficialmente), mostradas na Tabela 16, pode-se verificar o seguinte:

- . o desenvolvimento vegetativo, de uma forma geral, tem uma estreita relação com os valores de produção, notando-se um aumento tanto no diâmetro como no comprimento, de acordo com as dosagens de calcário aplicadas. Entretanto, este aumento verificou-se até as doses de 3,5 t/ha, sob a forma de aplicação a lanço, e 0,75 t/ha, na forma incorporada no sulco, decrescendo-se daí em diante. O referido decréscimo, provavelmente seja conseqüência de um desequilíbrio catiônico, formado através de adição de maiores dosagens de calcário, afetando assim as relações $(Ca + Mg)/K$.
- . quanto ao comportamento do desenvolvimento radicular, em função das distintas dosagens de calcário, este foi análogo ao exposto no item anterior, ou seja, existe um maior volume de raízes nas dosagens de 2 e 3,5 t/ha de calcário, na forma aplicada na área toda, e 0,25, 0,50 e 0,75 t/ha de calcário, na forma aplicada no sulco. Nesta última forma de aplicação, nota-se maior desenvolvimento radicular em profundidade, enquanto que, na aplicação na área toda, há uma maior quantidade de raízes superficiais.

TABELA 15. Valores médios das características agrônômicas da parte aérea da planta: colmos e matéria verde.

Tratamentos	C o l m o s				altura (cm)	peso* (g)	folhas (g)
	diâmetro (cm)		inf.	med.			
	sup.						
0	2,1	2,9	3,6		242	20.641	242
1	2,3	3,1	3,5		231	21.897	537
2,5	2,4	3,2	3,6		252	23.038	615
3,5	2,1	3,1	3,5		243	22.411	627
4,5	2,1	3,2	3,8		241	23.296	430
0,25	2,1	3,0	3,6		301	22.110	546
0,50	2,2	3,1	3,6		250	22-872	550
0,75	2,1	3,1	3,7		252	22.646	547
1	2	3,1	3,4		250	21.714	431

* média dos pesos de 15 colmos.

TABELA 16. Valores médios do desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Desenvolvimento		
	Peso médio (g)	Profundidade (cm)	Superficial (cm)
0	85	127,5	87,5
1	72	130,0	82,5
2,5	77	100,3	75,8
3,5	65	105,3	76,8
4,5	80	115,3	72,8
0,25	100	121,3	83,8
0,50	122	125,3	86,3
0,75	122	130,0	87,5
1	127	120,0	87,5

5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados no presente trabalho, permitem concluir que:

- . A aplicação do calcário dolomítico nas duas formas de aplicação (incorporado na área toda e em sulco), não influenciou significativamente a produção da cana-de-açúcar, variedade NA 56-79, em solos sob vegetação de cerrado.
- . A aplicação do calcário dolomítico, em ambas as formas de aplicação, não influenciou de modo significativo as qualidades tecnológicas da cana-de-açúcar, tais como pol cana (%), brix (%), pureza, fibra e açúcares redutores.
- . A aplicação do calcário dolomítico nas dosagens máximas (4,5 t/ha e 1,0 t/ha, respectivamente, para as formas de aplicação na área toda e no sulco), parece trazer um desequilíbrio catiônico para as plantas.

- . A aplicação do calcário dolomítico, teve influência benéfica na disponibilidade dos íons P e K para as plantas.
- . A aplicação do calcário dolomítico, quer na área toda ou incorporado no sulco, não teve influência estatisticamente sig-nificativa no desenvolvimento radicular. Apesar de que houve uma ligeira tendência de se formar um maior volume de raízes quando o calcário foi no sulco.

Em virtude do exposto, pode-se dizer que o cer-rado é uma boa opção para exploração da cultura da cana-de-açúcar. Entretanto, resultados de posteriores análises de ca-na-soca, as quais serão efetuadas nos próximos três anos, po-derão esclarecer os efeitos residuais do calcário aplicado no solo, com subseqüentes análises tecnológicas.

6. LITERATURA CITADA

ABRUÑA-RODRIGUES, F. e J. VICENTE CHANDLER, 1967. Sugar cane yields as related to acidity of a humid tropic Ultisol. Agronomy Journal, Washington, 59(4): 330-332.

ABRUÑA-RODRIGUES, F.; F. JUAREZ; R.P. ESCOLAR e J. VICENTE CHANDLER, 1968. Effect of soil acidity and liming on yields and composition of sugar cane growing on an Ultisol. Journal of Agriculture of University of Puerto Rico, Rio Piedras, 52 82-100.

ADAMS, F. e R.W. PEARSON, 1967. Crop response to lime in the southern United States and Puerto Rico. In: PEARSON, R.W., e F. ADAMS, ed Soil acidity and liming. Madison, Wis., American Society of Agronomy. Cap. 4, p.192-196. (Agronomy Monograph, 12)

AYRES, A.S., 1962. The utility of soil analysis in determining the need for applying calcium to sugar cane. In: Proceedings of the 11th. Congress of International Society of Sugar Cane Technologists, Mauritius. p.162-169.

- AYRES, A.S.; H.H. HAGIHARA e F. STANFORD, 1965. Significance of extractable aluminium in Hawaiian sugar cane soils. Proceedings Soils Science Society of America, Madison, 29 : 387-392.
- BARROWS, H.L. e M DROSDOFF, 1958. Effects of nitrogen, potassium, calcium and magnesium on mineral composition of Lake land Fine Sand in relation to mineral content of Tung Leaves. Proceedings. Soil Science Society of America, Madison, 22 : 426-431.
- BARROWS, H.L. e V.J. KILMER, 1963. Plant nutrient losses from soil by water erosion. Advances in Agronomy, New York, 15: 303-316.
- BAVER, L.D., 1963. Soil physics, 3^a ed. New York, John Wiley. 489p.
- BEAR, F.E., 1967. Chemistry of the soil, 3^a ed. New York , Reinhold, 515p.
- BECKETT, p.H.T., 1965. The cations exchange equilibria of calcium and magnesium. Soil Science, New Brunswick, 100: 118-122.
- BEN, J.R., 1974. Efeito da calagem no comportamento das bases no solo e relação das mesmas com a planta. (Mimeografado).
- BITTENCOURT, V.C. e M. SAKAI, 1975. Lixiviação do K nativo de solos tropicais. Boletim Científico. CENA, Piracicaba, nº 27. 21p.
- BLACK, C.A., 1968. Soil plant relationships. 2^a ed. New York , John Wiley. 792p.

- BONNET, J.A.; M.A. LUGO LOPEZ; J. ROLDAN e R. PEREZ ESCOLAR, 1958. Effect of lime and phosphate bearing materials on sugarcane yields. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, Rio Piedras, 42: 1-6.
- BORNEMISZA, E., 1965. Conceptos modernos de acidez del suelo. Turrialba, 15: 20-21.
- BRITTO, D.P.P.S.; A.F. CASTRO; W. MENDES; A. JACCPUB; O.P. RAMOS e F.A. COSTA, 1971. Estudo das reações e micronutrientes em Latossol Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado. 8p (Mimeografado).
- CAROLUS, R.T., 1938. Effect of certain dions used singly and in combination on the growth and K, Ca and Mg absorption of bean plant. Plant Physiology, Lancaster, 13: 349-363.
- CARDOSO, ANTONIO, 1978. Efeito da calagem na disponibilidade do boro, nos solos LR e PVA, para a cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/USP. 62p. (Tese de Doutorado).
- CHENERY, E.M., 1955. A preliminary study of aluminium and the tea bush. Plant and soil, The Hague, 6(2) : 174-200.
- CHERNOV, V.A., 1964. Nature of soil acidity of Wisconsin. Proceedings. Soil Science Society of America, Madison,
- COLEMAN, N.T.; E.J. KAMPRATH e S.B. WEED, 1958. Liming. Advances in Agronomy, New York, 10: 475-522.
- CORDEIRO, D.A., 1978. Efeito da calagem e adubação potássica sobre a produção de colmos e o equilíbrio nutricional da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 59p (Dissertação de Mestrado).

- CORDEIRO, D.S.; D. POTTKER; C.M. BORKERT; G.T. SFREDO; A.N. - MESQUITA; R.C. DITTRICH e J.B. PALHANO, 1939. Efeitos de níveis e fontes de fósforo na produção e não rendimento econômico da soja na região de Dourados (MS), Revista Brasileira do solo, Campinas, 3:100-105
- DECKOCK, P.C., 1964. The physiological significance of the potassium - calcium relationship in plant growth. Outlook on Agriculture, Bracknell, 4: 93-98.
- DEMATTE, J.L.I., 1980. Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira. 13lp. (mimeografado).
- ESPIRONELO, A. e H. OLIVEIRA, 1972. Orientação geral para adubação de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 16p. Boletim nº 201.
- EVANS, H.J., 1959. Elements other nitrogen, potassium and phosphorus in the mineral nutrition of sugar cane. In: Proceeding of the 10th. Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, Honolulu. p.473-508.
- EVANS, H.J., 1961. Nutritional diagnostic analyses of sugar cane in British Guiana. Sugar Journal, New Orleans, 23(9): 8-16.
- EVANS, H.J. e G.L. FORGER, 1966. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 17: 47-76.
- EVANS, C.E. e E.J. KAMPRATH, 1970. Lime response as related to percent aluminium saturation, solution aluminium and organic matter content. Proceedings Soil Science Society of America, Madison, 34(6): 893-896.

- FARINA, M.P.W. e F.H. GRAVEN, 1972. Effects pf rainfall and differencitial application of N, P, K, and Ca on the downward movement of K in an avalon medium sandu loam-cropped with maize (*Zea mays* L.). Agrochemophysica, 4:93-98
- FASSBENDER, H,W. e E, PIÑERES, 1971. Effect of liming on the exchangeable cation composition and availability of six Cos ta Rican soils. Zeitschrift für Pflangenernahrung und Boden kunde, Weinheim, 130 (2): 124-125.
- FOY, C.D. e J.C. BROWN, 1963. Toxic factors ins acid soils: I Characterization of aluminium toxicity in cotton. Proceedinfs. Soil Science Society of America, Madison, 27: 403-407.
- FOX, R.L.; S.K. DATTA e G.D. SHERMAN, 1962. Phosphorus solu bility and availability to plants and the aluminium status of Hawaiian Soils as influenced by liming. Transaction Joint Meeting. Cam. IV and V. International Society of Soil - Science, New Zeland, p.574-583.
- FOX, R.L. e PLUCKNETT, D.L., 1964. O.er liming Hawaiian soils creates problems. Hawaii Farming Science, Honolulu, 13(3) : 9-10.
- FUZATTO, M.F. e C.A.M. FERRAZ, 1967. Correlação entre o efeito da adubação potássica no algodoeiro e análises químicas do solo, Bragantia, Campinas, 26: 345-352.
- GALLO, J.R.; R. ALVARES e E. ABRAMIDES; 1962. Amostragem em cana-de-açucar para fins de fertilidade. Bragantia, Campi nas, 21: 899-921
- GALLO, J.R.; R. HIROC e R. ALVARES, 1968. Levantamento do es tado nutricional de canaviais de São Paulo, pela análise fo liar. Bragantia, Campinas, 27: 365-381.

- GARGANTINI, H.; F.A.S. COELHO; F. VERLENGIA e E. SOARES, 1970. Levantamento da fertilidade dos solos do Estado de São Paulo Campinas, Instituto Agrônômico, 32p. (Mimeografado).
- GOEDERT, W.J., 1980. Uso e manejo dos recursos naturais do cerrado: solo e clima. In: V Simpósio sobre o cerrado, Brasília, Editerra, p.473-498.
- GUIMARÃES, E.; DEGASPARI, M.A. GURGEL e O. ALONSO, 1975. Estudo da influência de dois tipos de calcário sobre a acidez do solo e produção da cana-de-açúcar. In: Anais do 3º Seminário COPERSUCAR de Agroindústria Açucareira, Águas de Lindóia SP. p.279-288.
- HARDY, F., 1958. Senile soils. In: 9th Annual Caribbean Conference School of International American Studies Gainesville, University of Flórida. p.14-43.
- HOWARD, D.D. e F. ADAMS, 1965. Calcium requeriment for penetration of sub-soils by primary roots. Proceedings. Soil Science Society of America, Madison, 29(3): 558-562.
- HORTENSTINE, C.C. e H.Y. OZAKI, 1962. The effects of liming on the availability of Fe and Mn and on soil Ca and pH on Davie Fine Sand. Proceedings. Soil and Crop Science Society, Flórida, 21: 44-50.
- HUMBERT, R.P. e A.S. AYRES, 1957. The use of aqua amonia in the Hawaiian Sugar Industry: II. Injection Studies. Proceedings. Soil Science Society of American, Madison, 21: 312-316
- HUMBERT, R.P., 1968. The Growing of Sugar Cane. Amsterdam, Elsevier. 779p.

- HUMBERT, R.P., 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México Editorial Continental. 719p.
- KALCKMANN, R.E. e C.T.A. FRANTINI, 1967. Contribuição e interpretação das análises de potássio, em solos do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 2: 263-267.
- KAMPRATH, E.J., 1973. Acidez del suelo y encalado. In: SANCHES P.A., ed. Un resumen de las investigaciones edafologicas en la America Latina Tropical. Raleigh, North Carolina State University, Soil Science Departament. p.137-150.
- KANEHIRO, Y. e A.T. CHANG, 1956. Cations exchange properties - of the Hawaiian great soil groups. Technical Bulletin. Hawaii Agricultural Experiment Station, Honolulu, nº 31. 27p.
- LANCE, J.C. e R.W. PEARSON, 1969. Effect of low concentrations of aluminium on growth and water nutrient uptake by cotton - roots. Proceedings. Soil Science Society of America, Madison, 33: 95-98.
- LEE, C.R., 1971. Influence of aluminium on plant growth and mineral nutrition of potatoes. agronomy Journal, Washington , 63: 604-608.
- LOCSIN, C.L., 1951. Liming experiments on sugar cane in Victorias, Negros Acc. Journal of the Soil Science Society of the Philipines, Manila, 3(3): 144-151
- MALAVOLTA, E. e T. COURY, 1963. Nutrição mineral de culturas - de interesse econômico. Revista Agrícola, São Paulo, (56): 21-49.

- MALAVOLTA, E.; H.P. HAAG; F.A.F. MELLO e M.O.C. BRASIL SOBRINHO 1974. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. - São Paulo, Pioneira. 752p.
- MATSUSAKA, T. e G.D. SHERMAN, 1950. Titration curves and buffering capacities of Hawaiian Soil. Technical Bulletin. - Hawaii Agricultural Experiment Station, Honolulu, nº 11, 36p
- MENGEL, K. e T. AKSAY, 1954. The potassium concentrations of the soil solution and its effect on the yield of spring wheat. Soil Science, New Brunswick, 77: 419-426.
- MENGEL, K., 1963. Investigations concerning the K/Ca potential z. Pflazenernähr Düng, Bodenk, 103: 99-111.
- MILLAR, C.E., 1961. Edafologia: fundamentos de la ciencia del suelo. México, Continental. 612p.
- ORLANDO FILHO, J. e H.P. HAAG, 1976. Influência varietal e do solo no estado nutricional da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) pela análise foliar. Boletim Técnico. PLANALSUCAR, Araras , nº 2. 52p.
- ORLANDO FILHO, J.; E. ZAMBELLO Jr. e N.A. GLÓRIA, 1977. Influência sazonal no resultados das análises químicas de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1: 62-65.
- OVERSTREET, R.; L. JACOBSON; R. HANDLEY, 1952. The effect of calcium on the absorption of potassium by barley roots. Plant Physiology, Lancaster, 27: 583-590.
- RAIJ, B.V. e O.A. CAMARGO, 1973. Influência das bases trocáveis na lixiviação do potássio em colunas de solos. XIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.

- RUSSEL, E.J. e E.W. RUSSEL, 1964. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. 3ª ed. Madrid, Aguilar. 77lp.
- SAMUELS, G. e E. GONZALES-VELEZ, 1962. The influence of ammonium sulfate fertilization on the pH of sugarcane seeds. Journal of Agriculture of University of Puerto Rico, 46: 247-306.
- SAMUELS, G.; S. ALERS ALERS e P. LANDRAU Jr., 1957. A comparison of different leaf - sampling techniques used the foliar diagnosis of sugarcane in different countries. Journal of Agriculture of University of Puerto Rico, 41(1): 1-10-
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, p.50.
- SEATZ, L.F. e H.D. PETERSON, 1964. Acid, Alkaline, Saline and Sodid Soils. In: BEAR, F.E., ed. Chemistry of the Soil. 2th ed., New York, Reinhold, p 292-319.
- SHERMAN, G.D., 1957. Manganese and soil fertility U.S.D.A. Yearbook. p.ç35-138.
- SMITH, P.F.; W. REUTHER; A.W. SPECHT e G. HORNCIAR, 1954. Effect of differential N, K, and Mg supply to young valencia - orange trees in sand culture on mineral composition specially of leaves and fibrous roots. Plant Physiology, Lancaster 29: 349-355.
- SILVA, L.G., 1972. Levantamento nutricional da cana-de-açúcar - na região de Piracicaba, SP. Piracicaba, ESALQ/USP, 110p. (Dissertação de Mestrado).

- THOMAS, G.W. e COLEMAN, N.T., 1959. Acromatographic approach to the leaching of fertilizer salts in soil. Proceedings soil Science Society of America, Madison, 23: 113-116
- VIETS, F.G., 1944.. Calcium and other polyvalent cations as accelerators of ion accumulation by excised barley roots. Plant Physiology, Lancaster, 19: 455-480
- WASEL, Y., 1962. The effect of Ca on the uptake of monovalent ions by excised barley roots. Physiologia Plantarum, København, 15: 709-724
- WANG, S.C.; T.M. LAI e C.C. YANG. 1959. Liming as a means to increase sugar cane yield in Taiwan. In: Proceedings of the 10th Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, Honolulu. p.556-565.
- WUTKE, A.C.P.; R. ALVAREZ; H. GARGANTINI e H.V. ARRUDA, 1960. Restauração de solos para cultura de cana-de-açúcar. II. período 1956-58. Bragantia, Campinas, 19: 675-687.
- WUTKE, A.C.P. e R. ALVAREZ, 1968. Restauração do solo para a cultura da cana-de-açúcar. III. Período 1958-61 e considerações gerais. Bragantia, Campinas, 27: 201-217.

A P Ê N D I C E

TABELA 1. Produção (kg/ha) de colmos de cana-de-açúcar, de acordo com as doses de calcário.

Tratamentos (t/ha de calcário)	BLOCOS			
	A	B	C	D
0	48533	51503	64000	56571
1	57273	63699	60666	45600
2	51039	50976	53901	70633
3,5	42165	49954	72079	57199
4,5	50818	47199	54779	65560
0,25	62413	60840	51333	70680
0,50	59519	63439	56486	74806
0,75	59959	65213	64853	66400
1	52266	62826	45833	60573

TABELA 2. Análise de variância referente à produção de colmos (t/ha).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	8	452525420,0	56565677,5	0,93 ns
Blocos	3	409175884,5	136391961,5	2,25 ns
Resíduo	24	1456858977,0	60702457,3	
TOTAL	35	2318560281		

CV = 13,42%

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3. Produção média de pol cana (%) em análises efetuadas aos onze e doze meses de idade.

Tratamentos (t/ha de calcário)	A	Blocos B	C	D	Pol t/ha média
0	15,1	14,0	14,0	16,0	8,1
1	15,3	14,5	16,9	16,0	8,9
2	15,1	15,0	14,4	15,1	8,4
3,5	14,3	14,5	14,9	14,3	8,1
4,5	14,7	14,3	15,9	14,6	8,1
0,25	13,9	14,6	16,4	14,9	9,1
0,50	16,4	16,0	15,5	14,2	9,8
0,75	14,5	15,9	14,1	16,3	9,7
1	15,2	14,7	15,1	16,1	8,5

TABELA 4. Análise de variância referente à produção de açúcar (t/ha).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	8	1779270,0	2224087,0	0,76 ns
Blocos	3	1441085,0	4803617,0	1,65 ns
Resíduo	24	6959232,0		
TOTAL	35	10179587,0		

CV = 11,51%

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5. Produção média (%) de açúcares redutores em análises efetuadas aos onze e doze meses de idade.

Tratamentos (t/ha de calcário)	Blocos			
	A	B	C	D
0	2,6	4,2	2,8	1,2
1	2,6	2,2	2,5	2,2
2	2,6	2,2	1,8	2,8
3,5	2,7	3,0	2,5	3,0
4,5	2,8	4,1	2,4	2,3
0,25	3,3	2,7	2,2	2,2
0,50	2,6	2,8	2,5	2,3
0,75	2,7	3,1	2,5	2,7
1	3,1	2,7	3,0	1,8

TABELA 6. Análise de variância referente à produção de açúcares redutores.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	8	1,143	0,1429	0,44 ns
Blocos	3	3,036	1,0122	3,16 *
Resíduo	24	7,670	0,3196	
TOTAL	35	11,849		

CV = 20,3%

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 7. Produção média (%) de fibra em análises efetuadas aos 11 e 12 meses de idade.

Tratamentos (t/ha de calcário)	BLOCOS			
	A	B	C	D
0	15,9	14,9	15,8	16,2
1	15,8	14,8	15,6	19,1
2	16,7	12,8	16,8	15,7
3,5	15,0	16,5	18,8	17,4
4,5	14,1	16,5	17,7	17,1
0,25	15,4	14,8	17,1	14,2
0,50	14,6	16,1	17,2	13,9
0,75	14,6	16,0	15,6	16,4
1	16,4	14,8	18,0	16,4

TABELA 8. Análises de variância referente à produção de fibra.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	8	0,6705	1,2088	0,76 ns
Blocos	3	17,4255	5,8085	3,65 *
Resíduo	24	38,1094	1,5878	
TOTAL	35	65,2054		

CV = 1,49%

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 9. Produção média de brix cana (%) efetuadas aos 11 e 12 meses de idade.

Tratamentos (t/ha de calcário)	BLOCOS			
	A	B	C	D
0	19,0	17,3	17,0	19,8
1	18,2	18,3	19,9	20,2
2	25,5	16,28	19,6	16,5
3,5	12,2	16,5	18,1	18,5
4,5	19,3	17,7	18,2	17,8
0,25	17,5	18,1	19,0	18,6
0,50	19,1	18,6	16,5	16,4
0,75	19,0	18,1	18,3	17,6
1	17,4	17,5	17,3	18,5

TABELA 10. Análise de variância referente à porcentagem de brix.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	8	7,873	0,984	0,66 ns
Blocos	3	5,478	1,826	1,23 ns
Resíduo	24	35,563	1,481	
TOTAL	35	48,916		

CV = 6,69%

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 11. Porcentual de pureza em análises efetuadas aos 11 e 12 meses de idade.

Tratamentos (t/ha de calcário)	BLOCOS			
	A	B	C	D
0	75,8	81,4	80,4	75,0
1	74,7	81,0	78,8	76,2
2	67,1	77,6	79,0	77,2
3,5	81,0	73,7	81,0	76,7
4,5	74,0	77,7	78,8	78,3
0,25	77,6	77,4	81,1	80,3
0,50	79,0	7,0	88,4	76,3
0,75	76,1	79,7	81,8	85,7
1	78,1	77,9	87,1	80,1

TABELA 12. Análise de variância referente à análise de pureza.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	8	111,45	13,93	1,35 ns
Blocos	3	156,35	52,11	5,08 ns
Resíduo	24	246,20	10,26	
TOTAL	35	514,00		

CV = 4,07%

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 13. Produção média de brix (%), de acordo com idade analisada.

Tratamentos (t/ha de calcário)	IDADES	
	Onze meses (%)	Doze meses (%)
0	20,5	18,3
1	20,3	19,2
2	20,5	18,5
3,5	20,0	17,6
4,5	19,8	18,3
0,25	20,7	17,6
0,50	20,3	18,2
0,75	20,8	17,7