EFEITOS DO SILICATO DE CÁLCIO E SUA INTERAÇÃO COM
O FÓSFORO NO ESTADO NUTRICIONAL, PRODUTIVIDADE
E QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum* sp.)

MARCÍLIO NOGUEIRA DO AMARAL GURGEL
Engenheiro-Agrônomo

Orientador: André M. L. Neptune

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
Novembro, 1979

Dedico este trabalho aos
meus pais e em especial
à minha esposa e filhos.

A G R A D E C I M E N T O S

Agradeço às seguintes pessoas e instituições:

Professor Dr. André Martin Louis Neptune, pela orientação;

Engº-Agrº Geraldo Majela de Andrade Silva. pelo estímulo e apoio;

Professores Doutores Roberto Simionato Moraes , José Paulo Stupiello e Valdomiro C. Bittencourt;

Engº-Agrº Eduardo Guimarães;

Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo - Estação Experimental de Cana de Piracicaba, que possibilitou a realização deste trabalho;

Aos funcionários Maurício de Oliveira , José Boldrin , Maria Aparecida J. Banhos e João Novello.

Í N D I C E

	Página
1 - RESUMO	1
2 - INTRODUÇÃO	3
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
4 - METODOLOGIA	16
4.1 - Local do Experimento	16
4.2 - Análise Química do Solo	17
4.3 - Delineamento Experimental	18
4.4 - Tratamentos	18
4.5 - Variedade	21
4.6 - Instalação e Condução	21
4.7 - Avaliações	22
4.8 - Colheita	23
4.9 - Soqueira	24
4.9.1 - Procedimento	24
4.9.2 - Avaliações	24
4.10 - Análises Estatísticas	25
5 - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	26
6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
6.1 - Número de Perfilhos aos 90 Dias Após o Plantio	28

	Página
6.2 - Avaliação do Estado Nutricional da Cana- na Planta	30
6.3 - Número de Colmos Industrializáveis por Ocasão da Colheita e Peso Médio de Colmos	37
6.3.1 - Cana planta	37
6.3.2 - Cana soca	39
6.4 - Produtividade de Colmos da Cana Planta ..	41
6.5 - Produtividade de Pol em Cana Planta por Hectare	43
6.6 - Qualidade Tecnológica da Cana-de-Açúcar..	44
6.7 - Produtividade de Colmos e Pol da Cana Soca	45
6.8 - Qualidade Tecnológica da Cana Soca	48
6.9 - Produtividade Média de Dois Cortes pa- ra Colmos e Pol	49
6.10 - Qualidade Tecnológica da Cana-de-Açúcar Representativa de Dois Cortes (Cana Plan- ta e Soca)	52
7 - CONCLUSÃO	54
8 - SUMMARY	55
9 - LITERATURA CITADA	57

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Composição química do solo LR obtida à profundidade de 0 - 40 cm, antes do <u>plan</u> tio	17
TABELA 2 - Composição química do silicato de cálcio	19
TABELA 3 - Tratamentos	20
TABELA 4 - Precipitação pluviométrica mensal e total e temperatura média mensal para os anos de 1974 , 1975 e 1976	27
TABELA 5 - Número de perfilhos aos 90 dias após o plantio em 24 metros de sulco	29
TABELA 6 - Teor de nutrientes na folha + 3 , em % matéria seca, em outubro de 1974, aos 6 meses de idade	30
TABELA 7 - Teor de nutrientes na folha + 3 , em % matéria seca, em janeiro de 1975, aos 9 meses de idade da planta	31
TABELA 8 - Teor de nutrientes na bainha + 3, em % matéria seca, em outubro de 1974, aos 6 meses de idade da planta	32
TABELA 9 - Teor de nutrientes na bainha + 3, em % matéria seca, em janeiro de 1975, aos 9 meses de idade da planta	33

TABELA 10 -	Teor de umidade na bainha + 3 , aos 6 e 9 meses de idade da planta, em porcentagem	36
TABELA 11 -	Número de colmos industrializáveis por hectare, e peso médio de colmo, na época da colheita, em cana planta com 15 meses de idade	38
TABELA 12 -	Número de colmos industrializáveis por hectare, e peso médio de colmo, na época da colheita, em cana soca, com 14 meses de idade	40
TABELA 13 -	Produtividade de colmos e pol (t/ha) em cana planta, aos 15 meses após o plantio	41
TABELA 14 -	Valores médios de Brix, Pol e Fibra % Cana e Pureza em cana planta	44
TABELA 15 -	Produtividade de colmos e de pol (t/ha), em cana soca	46
TABELA 16 -	Valores médios de Brix, Pol e Fibra % Cana e Pureza em cana soca	49
TABELA 17 -	Produtividade de colmos e de pol (t/ha). Valores médios de dois cortes .	50
TABELA 18 -	Valores médios de Brix, Pol e Fibra % Cana e Pureza, representativos de dois cortes	52

1 - RESUMO

Com o objetivo de estudar a influência da relação Silício / Fósforo no estado nutricional, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, como mais um fator de aumento de produtividade, foi conduzido um experimento com a variedade CB 41-76, em solo pertencente ao grande grupo Latossol Roxo, na Estação Experimental de Cana Copersucar, município de Piracicaba, SP, utilizando-se o delineamento estatístico de blocos casualizados com oito tratamentos e três repetições.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados na cana planta através do número de perfilhos aos 90 dias ; da análise da folha e bainha + 3 aos 6 e 9 meses de idade ; do número de colmos industrializáveis e peso médio de colmo ; da produção de colmos e de pol e da análise tecnológica da cana-de-açúcar. Na cana soca, a avaliação foi feita através da produ

ção de colmos e de pol, e pela análise tecnológica da cana-de-açúcar.

A adição de 3,0 t/ha de silicato de cálcio no plantio, na presença de 120 kg/ha de P_2O_5 /ha, ocasionou um aumento de 6,4% na produtividade da cana planta e de 16% na produtividade da soqueira, não influenciando praticamente na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar como matéria prima industrial.

2 - INTRODUÇÃO

A cultura de cana-de-açúcar constitui-se em importante fonte de divisas para o Brasil, destacando-o entre os principais produtores mundiais de açúcar e álcool. Por outro lado a atual crise energética e a prioridade dada ao Programa Nacional do Alcool realça ainda mais a sua importância como fonte de energia, exigindo um aumento gradativo na quantidade de matéria prima a ser processada nos próximos anos. A produtividade média de cana-de-açúcar no Brasil está em torno de 50 toneladas por hectare, a qual pode ser considerada baixa, em relação aos demais países produtores de cana-de-açúcar.

O aumento da área para produção de matéria prima visando atender o processamento está limitado a determinadas regiões, tornando-se necessário portanto, aumentar a produtividade, o que a curto prazo parece ser a solução mais viável e econômica.

Dentre os fatores responsáveis pelo desenvolvimento vegetativo e produtividade da cana-de-açúcar a adubação apresenta-se como um dos limitantes, justificando desta forma todos os estudos relativos, que possam contribuir de alguma forma para o aumento da produtividade.

Neste aspecto, os macro e micronutrientes tem sido estudados extensivamente no sentido de se obter a melhor adubação para a cana-de-açúcar nas diferentes condições. Além disso, o aproveitamento de resíduos da indústria açucareira e alcooleira tem apresentado bons resultados com relação ao aumento da produtividade e redução do custo de produção da cana-de-açúcar.

Embora o silício não esteja relacionado entre os nutrientes considerados essenciais para o desenvolvimento normal da planta, é o maior constituinte mineral da maioria dos solos cultivados com cana-de-açúcar e de modo geral, o elemento mais absorvido pela cultura. Os silicatos vem sendo utilizados há muitos anos em solos do Havai e de outros países na adubação da cana-de-açúcar, e respostas à sua aplicação tem sido obtidas em diferentes espécies vegetais.

Os silicatos provavelmente desempenham uma função múltipla na nutrição de plantas, como: solubiliza o fósforo do solo e favorece a sua absorção e utilização pela planta ; fornece cálcio e silício ; diminui a acidez do solo ; diminui os níveis tóxicos de elementos como Al , Fe e Mn , e outras

funções específicas.

Assim, tendo em vista os aspectos mencionados, foi realizado este trabalho, com o objetivo de estudar a relação Silício / Fósforo e sua influência no estado nutricional, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, como mais um fator de aumento de produtividade.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O silício, um dos elementos mais abundantes das cinzas das plantas tem recebido atenção especial nos últimos anos. Embora os fisiologistas não o considerem um elemento essencial no contexto geral de nutrição de plantas, tem-se demonstrado experimentalmente que este elemento pode influenciar o desenvolvimento principalmente de gramíneas, como a cana-de-açúcar.

A maior parte do silício encontra-se nas plantas na forma inorgânica e pequena parte em combinação como proteína nas plantas superiores (Ozaki e Higashiro, citados por OKUDA e TAKAHASHI, 1964).

HUSZ (1972) relata que a função específica do silício nas plantas é pouco conhecida, mas que este elemento está presente na cana-de-açúcar em quantidades variáveis. Ainda que o silício seja normalmente abundante, alguns solos são deficien-

tes. A aplicação de silicatos em solos do Havai é feita em quantidades maiores do que 7 toneladas por hectare.

Segundo OKUDA e TAKAHASHI (1964), o silício é necessário à cultura arroz pelas suas peculiaridades fisiológicas, atuando durante todo o período de desenvolvimento da planta e na formação do grão. LEWIN e REIMANN (1969) destacam a importância do silício nas plantas superiores através dos efeitos no desenvolvimento normal das plantas, na fertilidade do solo e na resistência ao ataque de pragas e doenças.

CLEMENTS (1967) constatou que a aplicação de silício causou uma redução significativa de manganês na planta e admitiu que um dos efeitos do silicato consiste na redução dos efeitos tóxicos do manganês, cobre, ferro e de outros. Em alguns casos, a adubação com silicato de cálcio e o carbonato de cálcio são comparáveis. Entretanto, o efeito desejável pode não ser obtido se apenas a calagem é efetuada, devido a maior fixação do silício no solo, o que poderia sugerir que o silício é um nutriente essencial para a planta com função específica.

Experimentos realizados por vários pesquisadores (ALI, 1966 ; AYRES, 1966 ; FOX *et alii*, 1968) mostraram um aumento na absorção de silício pelas várias espécies de plantas, com doses crescentes do elemento.

HALAIS e PARISH (1963) observaram, que a absorção de silício aplicado no solo está relacionada ao seu teor de óxidos de ferro e de alumínio. Embora as espécies sejam diferen

tes na sua capacidade em absorver silício (OKUDA e TAKAHASHI, 1964), a quantidade de silício na solução do solo é a mesma encontrada na planta (FOX *et alii*, 1967).

Segundo AYRES (1966) a calagem com carbonato de cálcio, diminuindo a concentração de silício na solução do solo, reduz a absorção deste elemento pela cana-de-açúcar. Por outro lado, o silicato de cálcio foi responsável pelo aumento do pH do solo e diminuição da absorção de manganês e alumínio. Este pesquisador propôs que algum nível mínimo de disponibilidade de silício no solo deve existir, o qual é essencial para o crescimento normal da cana-de-açúcar.

Outro aspecto interessante relacionado ao comportamento do silício, diz respeito ao fósforo no solo e na planta. Segundo KHAN e ROY (1964) o silício pode exercer algumas funções do P, inclusive substituí-lo parcialmente, discordando assim das observações de OKUDA e TAKAHASHI (1964) e LEWIN e REIMANN (1969).

DEWAN e HUNTER (1949) verificaram que a aplicação de silicato de sódio e magnésio aumentou o teor de P na soja, porém, a absorção de P foi aumentada somente em presença de baixas relações de P, concordando com as observações de RALEIGH (1953). Por outro lado, ROTHBUHR e SCOTT (1957) usando silício radioativo, mostraram que a adição de P reduz levemente a quantidade de silício absorvido pelo trigo, tendo o silicato acelerado a absorção do fósforo. Segundo os autores, existe uma estreita relação no metabolismo de silício e fósforo.

ENGEL (1958) constatou um aumento na absorção de silício pelo trigo quando o silicato foi adicionado à solução nutritiva na presença de P.

CLEMENTS (1965) constatou uma diminuição na concentração de P na cana-de-açúcar com a aplicação de silicato nos solos do Havaí, atribuindo-o ao efeito de diluição associado ao aumento no desenvolvimento da planta. De acordo com o autor, as concentrações de P na cana-de-açúcar, foram aumentadas pelas aplicações de silicato.

Ali, citado por ROY (1969) cultivando cana-de-açúcar em vasos, observou um aumento na absorção de silício pela aplicação de silicato em solução sem fósforo. A adição de silicato aumentou a disponibilidade de P no solo, que sob condições de deficiência do elemento, seria acompanhado por aumento de produtividade. Constatou ainda o autor que, para concentrações semelhantes de P nas plantas, aquelas tratadas com silicato desenvolveram-se melhor, indicando que o silício provavelmente melhora o aproveitamento de P pela planta em decorrência da melhor utilização do P do solo. FISHER (1929) relata que os fertilizantes contendo sílica podem aumentar a disponibilidade de fósforo no solo.

Segundo ROY (1969) a absorção de fósforo e silício pelas plantas cultivadas em solução nutritiva é função das espécies, sendo que a presença de silício e fósforo acelerou a absorção de P em alface e milho, inibindo-a em arroz e cana-de-açúcar. De modo geral, a presença de fósforo inibiu a ab

sorção de silício pelas plantas, sendo esta inibição maior quando o fósforo e o silício foram fornecidos às plantas na mesma proporção.

ROY *et alii* (1971) constataram que aplicações de silicato tenderam a aumentar o teor de fósforo nas partes verdes e diminuir a sua concentração no colmo, na ausência do elemento. O mesmo efeito foi também observado em níveis intermediários de fósforo, não sendo verificado quando o nível de fósforo era alto. Estes dados, segundo os autores, sugerem que o silício acelera a mobilização de fósforo dos tecidos menos ativos, quando o nível nutricional de fósforo é baixo. Observaram ainda, que sem a adição de fósforo o silício aumentou visivelmente o perfilhamento, que geralmente está associado com melhor nutrição de fósforo.

Segundo PLUCKNETT (1972), a aplicação de silicato aumenta a solubilidade de fósforo no solo, diminui a fixação do fertilizante fosfatado, corrige as deficiências de cálcio e magnésio e aumenta o pH do solo.

Com relação ao teor na planta, ROY (1969) constatou que as maiores concentrações de silício foram encontradas nas folhas 2 e 3, e em menor proporção no colmo da cana-de-açúcar. Em todas as partes da planta, os efeitos da interação de fósforo e silício inibiram mais as concentrações destes elementos quando os mesmos foram fornecidos na mesma proporção.

Segundo BAIR (1966) o teor de silício na folha foi mais elevado em plantas crescendo em solos de alta produtivi-

dade do Havai e para algumas áreas de baixa produtividade o teor de silício foi abaixo do nível limitante de produção de cana-de-açúcar. FOX *et alii* (1968) sugerem que o silício solúvel pode fornecer suficiente informação sobre o teor do elemento na planta, sendo este maior na bainha que nas folhas de cana-de-açúcar. Constataram ainda que, embora os compostos solúveis de silício em tecidos de cana-de-açúcar não sejam abundantes, ele se encontra em maior concentração nos tecidos menos ativos metabolicamente e também com elevado teor de fósforo.

Segundo MENGEL e KIRKBY (1978), os cereais e gramíneas contêm de 2 a 20 mg de Si/g de matéria seca, enquanto que as dicotiledôneas podem conter apenas um décimo desta quantidade ou menos. Em plantas ricas em silício, inclusive o arroz, as concentrações chegam até 100 mg/g. Geralmente, tecidos mais velhos da planta contêm maior teor de silício do que os mais jovens.

De acordo com FOX *et alii* (1967), o teor de sílica igual a 0,70% é considerado adequado em cana-de-açúcar. Segundo GALLO *et alii* (1974), o teor médio de silício em folhas de diferentes variedades de cana-de-açúcar foi de 1,51% , tendo sido encontrado teores desde 1,03% até 1,90%.

O efeito do silício sobre o desenvolvimento da planta e sua produtividade foi constatado por vários pesquisadores os quais verificaram que a aplicação de silicatos solúveis aceleram a formação de grãos de cereais (HALL e MORRISON,

1906) e aumentam a produção de cevada (BARNETTE, 1924).

Por outro lado, Brenchley *et alii*, citado por ALI (1966) observaram que a sílica solúvel produziu um efeito significativo no desenvolvimento vegetativo da cevada em solução deficiente de fósforo, enquanto que o teor de fósforo na planta diminui com a aplicação de silicato.

Totz, citado por ALI (1966) observou aumentos significativos na produção de cevada e "sudan-grass" com a aplicação de silicato de cálcio e magnésio, sendo os mesmos maiores em presença de baixas doses de fósforo; o mesmo foi constatado por RAUPACK e PIPER (1959).

Experimentos realizados no Havaí por FOX *et alii* (1967) mostraram que a fertilização com silício na cana-de-açúcar foi benéfica para determinados solos e os resultados até então obtidos foram assim resumidos:

- a produtividade pode ser aumentada pela aplicação de silício em solos com baixo teor de ácido silícico móvel;
- análise de solos pobres em silício (Latossois húmicos ferruginosos) mostram relações positivas entre disponibilidade de silício para a planta e o seu teor na cana-de-açúcar;
- os seguintes produtos apresentam bons resultados: silicato de cálcio e escórias de silicato de cálcio.

ROSS *et alii* (1974), estudando o efeito residual de doses crescentes de silicato de cálcio em duas variedades de

cana-de-açúcar, constataram que ambas as variedades responderam igualmente bem à aplicação durante o ciclo. Em geral, a resposta foi inversamente proporcional ao teor de silício no solo, sendo a maior resposta obtida em solo com o mais baixo teor de silício (36 ppm) e a menor em solo com mais alto teor de silício (105 ppm). Baseando-se em equações de regressão obtidas a partir dos dados de silício na folha e no solo, os autores concluíram que houve um aumento na produção de cana-de-açúcar para os teores de sílica na 3ª folha, igual a 1,91% de SiO_2 , o que corresponderia a 116,0 ppm de silício no solo.

ROY (1969) observou que as produções de cana-de-açúcar aumentaram proporcionalmente à aplicação de fósforo, enquanto que o silício não aumentou a produção significativamente, resultado este também encontrado por BAIR (1966), na Flórida.

Por outro lado, GASHO e ANDREIS (1974) constataram que o silicato de cálcio aumentou significativamente a produtividade de cana-de-açúcar, em solos da Flórida, com os baixos níveis de silício solúvel em água. A resposta positiva foi constatada em doses acima de 17,8 toneladas por hectare para solo arenoso, enquanto em solo orgânico a dose ótima foi inferior.

Segundo RAUPACK e PIPER (1959) a produtividade da cana-de-açúcar foi significativamente aumentada com a aplicação de silicatos em duas variedades de cana-de-açúcar, tendo os efeitos desaparecidos com a soqueira. A baixa produção de ca

na-de-açúcar foi melhorada pela aplicação de 7 a 14 toneladas de silicato de cálcio/ha no plantio, com efeito residual nos dois cortes consecutivos (CHEONG, 1970).

Em Mauritius, D'HOTMAN DE VILLIERS (1961) constatou que solos corrigidos com silicatos aumentaram a produtividade da cana-de-açúcar. Por outro lado, HALAIS e PARISH (1963) verificaram que a sílica solúvel foi especificamente responsável pelo aumento na produtividade da cana-de-açúcar.

Segundo Gaussman, citado por JONES e HANDRECK (1967) o aumento no fornecimento de fósforo produz aumentos sistemáticos na produção de matéria seca, acompanhado pela diminuição de concentração da sílica nas plantas.

HURNEY (1974) trabalhando com cana-de-açúcar, obteve aumentos de produção devido à aplicação de silicatos em solos de Queensland. Observou ainda que o teor de açúcar na cana diminuiu com o aumento de produção, resultando porém em uma maior produção de açúcar por área, tendo os efeitos sido semelhantes na cana planta e soqueiras. O autor associou a resposta da cana-de-açúcar à aplicação de silício nos solos estudados, ao aumento na elongação do colmo e ao precoce "fechamento" das plantas.

Em Taiwan, SHIUE (1964) observou que os solos pobres em SiO_2 solúvel apresentaram baixa produtividade de cana-de-açúcar e que os solos arenosos são mais pobres em SiO_2 solúvel que os solos salinos de mesma textura.

CLEMENTS (1965) e AYRES (1966) demonstraram que o silicato de cálcio melhora a qualidade da cana-de-açúcar, bem como a sua produtividade. AYRES (1966) encontrou um aumento de 7,2 toneladas de açúcar por hectare em relação à testemunha com a aplicação de 12 toneladas de escória de silicato de cálcio por hectare. CLEMENTS (1965) obteve um aumento significativo na produção de pol, com a adição de silicato de sódio que também foi atribuído ao aumento na qualidade da cana-de-açúcar.

FOX *et alii* (1967) obtiveram aumentos da ordem de 13,4 toneladas na pol por hectare com a aplicação de 5 toneladas de silicato de cálcio por hectare.

Finalmente, a aplicação de 11,2 toneladas de silicato de cálcio aumentou a produção de açúcar em 7 toneladas por hectare, quando comparada com tratamentos que não receberam o produto, enquanto que o carbonato de cálcio mostrou uma tendência a reduzir a produção de açúcar (SHERMAN, 1969).

4 - METODOLOGIA

As informações obtidas na revisão bibliográfica resultaram na instalação de um experimento de campo, apresentando as seguintes características:

4.1 - Local do Experimento

O experimento foi instalado em abril de 1974, na Estação Experimental da Copersucar, em Piracicaba, Estado de São Paulo, utilizando-se um solo caracterizado como pertencente ao grande grupo Latossol Roxo, homogêneo e de topografia plana, cultivado com cana-de-açúcar há vários anos.

4.2 - Análise Química do Solo

A composição química do solo obtida à profundidade de 0 - 40 cm, antes do plantio da cana, encontra-se na Tabela 1 .

TABELA 1 - Composição química do solo LR obtida à profundidade de 0 - 40 cm, antes do plantio

Elementos	Teor
Acidez (pH)	5,35
Matéria Orgânica (%)	1,30
* PO_4^{---}	0,07
* K^+	0,07
* Ca^{++}	3,00
* Mg^{++}	1,10
* H^+	6,40
* Al^{+++}	0,15
* CTC	10,57
** Si	20,80
(*) emg/100 ml de TFSA	(**) em ppm

O pH foi determinado utilizando-se a relação solo/água igual a 1:2,5. O carbono orgânico foi determinado pelo método de Walkely-Black, descrito por JACKSON (1958), e para obter a porcentagem de matéria orgânica, multiplicou-se a porcentagem de carbono orgânico por 1,724. O fósforo solú-

vel, potássio, hidrogênio e o alumínio trocáveis, pelos métodos descritos por CATANI *et alii* (1955). A capacidade de troca catiônica foi calculada somando-se as bases trocáveis. O cálcio e o magnésio pelo método do EDTA, segundo GLORIA *et alii* (1965). O silício do solo foi extraído com ácido sulfúrico, densidade de 1,47 , e o seu teor foi determinado pelo método colorimétrico do molibdato de amônio (VETTORI, 1969).

4.3 - Delineamento Experimental

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados com oito tratamentos e três repetições, segundo GOMES (1970). Cada parcela foi constituída por cinco sulcos de 8 metros de comprimento, espaçados de 1,5 metros. Os blocos foram separados entre si por carregadores de 2 metros, o mesmo acontecendo com as bordaduras de frente, fundo e laterais.

A área útil de cada parcela foi constituída pelos três sulcos centrais, ocupando uma área de 36 m².

4.4 - Tratamentos

Tendo em vista os objetivos propostos neste experimento, foram estabelecidos os seguintes tratamentos:

- 1 - Testemunha absoluta
- 2 - N P₀ K Si₀
- 3 - N₀ P₁ K₀ Si₀
- 4 - N P₁ K Si₀
- 5 - N P₀ K + silicato de cálcio
- 6 - N P₁ K + silicato de cálcio
- 7 - N P₀ K + calcário dolomítico
- 8 - N P₁ K + calcário dolomítico

O silicato de cálcio (Tabela 2) foi aplicado na dosagem de três toneladas por hectare. O cálcio e o magnésio, aplicados com o silicato de cálcio, foram incluídos nos tratamentos para eliminar o efeito desses elementos, tendo-se empregado o calcário dolomítico na dosagem de duas toneladas por hectare, contendo 28,8% de CaO e 14,5% de MgO.

TABELA 2 - Composição química do silicato de cálcio *

Elementos	%
Anidrido silícico (SiO ₂)	43,2
Óxido de cálcio (CaO)	19,2
Óxido de magnésio (MgO)	6,9
Umidade	5,0

(*) Determinado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), conforme certificado nº 407.198.

O nitrogênio e o potássio foram aplicados nas dosagens de 60 e 120 kg/ha, respectivamente na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio, e o fósforo na quantidade de 120 kg/ha na forma de superfosfato triplo (Tabela 3).

TABELA 3 - Tratamentos

Tratamentos	Doses de Nutrientes (kg/ha)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
1 - Testemunha						
2 - NP ₀ K Si ₀	60		120			
3 - N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀		120				
4 - NP ₁ K Si ₀	60	120	120			
5 - NP ₀ K Si ₁	60		120	580	206	1.300
6 - NP ₁ K Si ₁	60	120	120	580	206	1.300
7 - NP ₀ K Ca + Mg	60		120	580	290	
8 - NP ₁ K Ca + Mg	60	120	120	580	290	

As dosagens aplicadas para N ,K₂O e P₂O₅ são recomendadas para a adubação de plantio da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo (GUIMARÃES, 1974).

4.5 - Variedade

A variedade utilizada no experimento foi a CB 41-76 tendo sido escolhida por encontrar-se entre as mais cultivadas no Estado de São Paulo.

Esta variedade apresenta as seguintes características agroindustriais (BASSINELLO *et alii*, 1976): relativamente exigente em água e fertilidade; boa produtividade agrícola; acentuado tombamento; despalha facilmente; usualmente não floresce; apresenta uma porcentagem média de fibra; boa brotação de soqueira e resistência ao mosaico. É uma variedade média quanto ao teor de sacarose.

4.6 - Instalação e Condução

O preparo do solo para plantio constou de duas arações e duas gradagens, seguindo-se a demarcação da área para sulcação.

Os fertilizantes minerais foram colocados no fundo do sulco de plantio em dose total, com exceção do nitrogênio, que foi parcelado, sendo 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura após 180 dias.

O plantio de cana-de-açúcar foi efetuado em abril de 1974 utilizando-se mudas sadias com 12 meses de idade, provenientes de viveiros pré tratados termicamente.

Foram plantadas 12 gemas por metro linear de sulco, utilizando-se toletes de 3 gemas, os quais foram tratados previamente com solução de Benlate a 0,05% durante 10 minutos, com o objetivo de prevenir falhas de brotação causadas por fungos do solo e do tolete. Os podões utilizados no corte dos toletes foram desinfetados previamente em solução de Lysoform a 5%. Os sulcos de plantio foram polvilhados com Aldrin a 5% na dosagem de 40 kg/ha, como medida preventiva contra ataque de pragas do solo.

Os tratos culturais da cana planta, feitos com o objetivo de manter a cultura livre da concorrência de ervas daninhas, constaram de três cultivos, sendo um mecânico e dois manuais.

4.7 - Avaliações

- Número de perfilhos existentes nos três sulcos centrais de cada parcela aos 90 dias após o plantio;
- Amostragem de 10 folhas + 3 com as respectivas bainhas considerando-se a primeira com aurícula visível a + 1 de acordo com o sistema de Kuijper, segundo VAN DILLEWIJN (1952), aos 6 e 9 meses após o plantio, em outubro/74 e janeiro/75 respectivamente, para avaliação do estado nutricional da planta visando estudar a relação P/Si na mesma. Foram efetuadas determinações de N ,

P , K , Ca , Mg e Si no terço central da folha e na bainha de acordo com a técnica proposta por SARRUGE e HAAG (1974). As bainhas foram usadas também para a determinação de umidade;

- Produção de colmos, em toneladas por hectare, obtida através do peso dos colmos colhidos nos três sulcos centrais de 8 metros, correspondentes a uma área de 36 m²;
- Análise tecnológica da cana-de-açúcar efetuada na época da colheita, em amostras compostas por 15 colmos coletados seguidamente no sulco central de cada parcela. Foram efetuadas determinações de Brix , Pol e Fibra % cana pelo método da prensa hidráulica (TANIMOTO, 1964). A pureza refratométrica foi calculada a partir dos dados de brix e pol % cana;
- Produção de pol, em t/ha, calculada em função dos dados de produção de colmos e pol % cana.
- Número de colmos industrializáveis por ocasião da colheita e peso médio de colmo.

4.8 - Colheita

A cana-de-açúcar foi colhida aos 15 meses de idade, através de corte manual e despalha pelo fogo. A pesagem dos três sulcos centrais de cada parcela, considerada para produtividade foi feita no campo com dinamômetro (marca Kratos) de pesagem fixada em engate de três pontos de um trator.

4.9 - Soqueira

Com o objetivo de avaliar o efeito residual do fósforo e silicato na cana-de-açúcar foram conduzidos estudos na soqueira de 1º corte.

4.9.1 - Procedimento

Após a colheita, procedeu-se ao enleiramento da palha utilizando-se ancinho enleirador, seguindo-se a adubação da soqueira que constou da aplicação de 340 kg/ha da fórmula 18 - 00 - 36 , correspondendo dessa maneira ao fornecimento de 60 kg de nitrogênio (N) e 120 kg de potássio (K_2O) feitos seguindo-se a metodologia tradicional para a cana-de-açúcar, constando de um cultivo mecânico logo após a adubação e outro aos 90 dias de idade da soqueira.

A colheita da cana soca foi efetuada aos 14 meses de idade, sendo empregada a mesma metodologia para a cana plantada.

4.9.2 - Avaliações

- Produção de colmos e de pol, em toneladas por hectare, pesando-se os colmos colhidos em três sulcos de 8 metros;
- Número de colmos industrializáveis por ocasião da colheita e peso médio de colmo;

- Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar medida através das determinações de Brix , Pol e Fibra % Cana, pelo método da prensa (TANIMOTO, 1964) e cálculo da pureza. A amostragem também foi feita seguindo-se o mesmo procedimento adotado para cana planta.

4.10 - Análises Estatísticas

Os dados obtidos para cana planta, durante o período de desenvolvimento e por ocasião da colheita e, para cana so- ca, na colheita, foram submetidos à análise estatística de acordo com o delineamento estabelecido. A análise estatística foi efetuada na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Quei- roz", obedecendo-se o seguinte esquema para análise da variân- cia:

Causa da Variação	G. L.
Blocos	2
Tratamentos	7
Resíduo	14
Total	23

A comparação das médias foi feita pelo teste de Tu- key, obtendo-se desta forma a diferença mínima significativa.

5 - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

A precipitação pluviométrica mensal e total durante o decorrer do experimento, incluindo-se a cana planta e soqueira, para os anos de 1974, 1975 e 1976 e os dados mensais e anuais de temperatura (máxima e mínima) registrados no mesmo período, encontram-se na Tabela 4.

A precipitação total ocorrida durante o ciclo da cana planta (09/04/74 a 24/07/75) e na soqueira (24/07/75 a 02/09/76) está incluída também na Tabela 4.

TABELA 4 - Precipitação pluviométrica mensal e total e temperatura média mensal para os anos de 1974 , 1975 e 1976

Meses	1974		1975		1976	
	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)
Janeiro	115	24,5	137	23,6	295	24,2
Fevereiro	40	25,9	331	22,4	245	22,6
Março	316	24,2	17	24,7	152	23,1
Abril	42	21,5	71	21,2	70	20,5
Mai	0	18,5	11	19,0	155	17,2
Junho	148	16,9	0	17,3	70	15,8
Julho	0	17,4	46	16,6	105	15,1
Agosto	05	18,5	0	22,5	104	17,7
Setembro	33	21,4	55	22,6	177	17,8
Outubro	135	21,6	111	22,2	182	20,6
Novembro	133	22,7	251	22,6	132	22,9
Dezembro	253	22,9	226	23,9	181	23,8
Total	1.220		1.256		1.868	
Média		21,3		21,6		20,1
Ciclo			1.362		2.016	

6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 - Número de Perfilhos aos 90 Dias Após o Plantio

A avaliação do perfilhamento na cana planta aos 90 dias após o plantio, feita nos três sulcos centrais de cada parcela (Tabela 5), indicou uma baixa porcentagem de perfilhos, aproximadamente 30%, o que pode ser explicada, provavelmente, pela ocorrência de baixa precipitação por ocasião do plantio e logo após o mesmo (Tabela 4).

A análise da variância mostrou que os tratamentos diferiram significativamente entre si, indicando um efeito destes no perfilhamento da cana-de-açúcar. A comparação das médias pelo teste de Tukey mostra que o tratamento $N P_0 K Si_1$, foi significativamente menor que os demais tratamentos (Tabela 5). Observa-se que o menor número de perfilhos ocorreu na ausência de fósforo e na presença de silicato, contrariando as

sim as observações feitas por ROY *et alii* (1971) e aquelas de KHAN e ROY (1964). O maior número foi observado na presença de NPK e calcário dolomítico, indicando assim um melhor comportamento do fósforo associado ao cálcio e magnésio, na cana planta.

TABELA 5 - Número de perfilhos aos 90 dias após o plantio em 24 metros de sulco

Tratamentos	Número de perfilhos por 24 m
Testemunha	99
N P ₀ K Si ₀	108
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	113
N P ₁ K Si ₀	119
N P ₀ K Si ₁	91
N P ₁ K Si ₁	114
N P ₀ K Ca + Mg	108
N P ₁ K Ca + Mg	125

F	5,24 **
dms (5%)	6,6
C.V. (%)	2,1

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

6.2 - Avaliação do Estado Nutricional da Cana Planta

A avaliação do estado nutricional da cana planta feita aos 6 e 9 meses de idade, através da análise da folha + 3 e bainha + 3 (Tabelas 6 a 9), não mostrou qualquer relação entre os teores de nutrientes na planta e a adubação da cana-de-açúcar nas idades mencionadas, não tendo a análise de variância apresentado qualquer diferença significativa entre os tratamentos.

TABELA 6 - Teor de nutrientes na folha + 3, em % matéria seca, em outubro de 1974, aos 6 meses de idade

Tratamentos	% Matéria Seca					
	N	P	K	Ca	Mg	Si
Testemunha	2,12	0,19	1,01	0,63	0,14	0,59
N P ₀ K Si ₀	2,18	0,19	1,24	0,54	0,13	0,51
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	2,07	0,20	1,09	0,64	0,16	0,54
N P ₁ K Si ₀	2,10	0,19	1,25	0,58	0,15	0,52
N P ₀ K Si ₁	2,23	0,20	1,09	0,66	0,15	0,56
N P ₁ K Si ₁	2,26	0,19	1,12	0,62	0,15	0,56
N P ₀ K Ca + Mg	2,15	0,19	1,15	0,56	0,12	0,50
N P ₁ K Ca + Mg	2,26	0,20	1,22	0,58	0,14	0,51

F	2,58	0,78	0,47	0,71	0,43	1,80
dms (5%)	0,22	0,04	0,62	0,25	0,10	0,12
C.V. (%)	3,58	7,12	18,76	14,41	23,40	7,98

TABELA 7 - Teor de nutrientes na Folha + 3 , em % matéria seca, em janeiro de 1975, aos 9 meses de idade da planta

Tratamentos	% Matéria Seca					
	N	P	K	Ca	Mg	Si
Testemunha	2,44	0,21	1,64	0,48	0,16	0,60
N P ₀ K Si ₀	2,45	0,22	1,33	0,52	0,17	0,72
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	2,45	0,21	1,17	0,55	0,19	0,71
N P ₁ K Si ₀	2,19	0,21	1,50	0,47	0,16	0,68
N P ₀ K Si ₁	2,37	0,22	1,12	0,52	0,19	0,68
N P ₁ K Si ₁	2,32	0,22	1,35	0,54	0,17	0,72
N P ₀ K Ca + Mg	2,31	0,22	1,38	0,53	0,19	0,62
N P ₁ K Ca + Mg	2,31	0,21	1,43	0,46	0,18	0,71

F	0,85	0,33	1,04	0,86	0,72	1,45
dms (5%)	0,50	0,05	0,83	0,18	0,08	0,19
C.V. (%)	7,36	8,40	21,07	12,22	15,21	9,52

TABELA 8 - Teor de nutrientes na bainha + 3 , em % matéria seca, em outubro de 1974, aos 6 meses de idade da planta

Tratamentos	% Matéria Seca					
	N	P	K	Ca	Mg	Si
Testemunha	0,66	0,08	1,92	0,38	0,20	0,51
N P ₀ K Si ₀	0,72	0,09	2,69	0,37	0,20	0,47
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	0,70	0,09	1,96	0,38	0,24	0,48
N P ₁ K Si ₀	0,69	0,08	2,59	0,38	0,20	0,45
N P ₀ K Si ₁	0,75	0,10	2,33	0,42	0,22	0,52
N P ₁ K Si ₁	0,66	0,09	2,32	0,41	0,21	0,48
N P ₀ K Ca + Mg	0,69	0,08	2,53	0,32	0,19	0,38
N P ₁ K Ca + Mg	0,68	0,09	2,54	0,33	0,20	0,50
F	2,49	1,19	0,96	1,15	0,52	5,95 **
dms (5%)	0,09	0,03	1,46	0,16	0,11	0,09
C.V. (%)	4,70	10,76	21,49	14,40	19,24	6,61

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 9 - Teor de nutrientes na bainha + 3 , em % matéria seca, em janeiro de 1975, aos 9 meses de idade da planta

Tratamentos	% Matéria Seca					
	N	P	K	Ca	Mg	Si
Testemunha	0,67	0,09	1,78	0,37	0,20	0,81
N P ₀ K Si ₀	0,65	0,09	1,88	0,36	0,21	0,74
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	0,67	0,09	1,81	0,33	0,23	0,76
N P ₁ K Si ₀	0,64	0,09	1,39	0,36	0,20	0,93
N P ₀ K Si ₁	0,69	0,09	1,87	0,40	0,22	0,67
N P ₁ K Si ₁	0,63	0,08	1,88	0,38	0,19	0,67
N P ₀ K Ca + Mg	0,69	0,09	2,05	0,37	0,20	0,80
N P ₁ K Ca + Mg	0,64	0,09	1,85	0,38	0,20	0,69

F	0,54	0,26	0,51	0,70	0,56	18,39 **
dms (5%)	0,13	0,03	1,31	0,12	0,07	0,10
C.V. (%)	7,00	11,10	25,08	11,01	12,34	4,62

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

A análise dos dados mostra que a adição de silicato no solo promoveu um aumento do teor de silício na folha + 3, não alterando o teor de fósforo. Por outro lado, o teor de silício na folha + 3 mostrou uma tendência a diminuir com a adição de fósforo, principalmente aos 9 meses de idade da cultura (Tabela 7), quando os teores de nutrientes na folha + 3 foram maiores que aos 6 meses de idade (Tabela 6). Por outro lado, a relação Si/P aos 6 meses de idade, aumentou aproximadamente 7% quando o silicato foi aplicado na presença de fósforo, enquanto que aos 9 meses esta relação manteve-se praticamente da mesma ordem, quando comparados os tratamentos com e sem silicato na presença do fósforo.

De modo geral, os teores de silício encontrados na folha + 3 estão abaixo daquele considerado adequado para cana-de-açúcar por FOX *et alii* (1967) e daquele encontrado por GALLO *et alii* (1974).

A avaliação do estado nutricional através da análise da bainha + 3 também não apresentou relação com a adubação da cana-de-açúcar, tendo a análise da variância mostrado uma diferença significativa entre os tratamentos apenas para o teor de silicato. Analisando a relação Si/P na planta aos 6 meses de idade (Tabela 8), observa-se que na ausência de silicato, e na presença de cálcio + magnésio, a adição de fósforo provocou um aumento no teor de silício na bainha + 3, resultado

não constatado aos 9 meses de idade (Tabela 9), quando o oposto foi observado, tornando difícil qualquer generalização.

Em termos de relação Si/P na bainha + 3 , verifica-se que houve uma queda na mesma quando comparados os tratamentos com e sem o silicato, sendo a relação Si/P maior com o elemento que foi aplicado na presença do fósforo, tanto aos 6 meses como aos 9 meses de idade.

Pelos dados de umidade encontrados aos 6 e 9 meses de idade (Tabela 10), verifica-se que a mesma não foi limi-tante para o estado nutricional da cultura, de acordo com SAMUELS (1969).

Assim, pelos dados obtidos, verifica-se que a análise da folha e bainha + 3 não permitiu por si uma avaliação da relação Si/P na planta, devido às variações encontradas, o que vem confirmar as observações de ORLANDO FILHO (1976) segundo o qual a folha + 3 parece não ser a mais adequada para se avaliar o estado nutricional da cana-de-açúcar.

TABELA 10 - Teor de umidade na bainha + 3 , aos 6 e 9 meses de idade da planta, em porcentagem

Tratamentos	Umidade % bainha	
	6 meses	9 meses
Testemunha	82,5	81,8
N P ₀ K Si ₀	84,3	82,6
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	82,1	81,1
N P ₁ K Si ₀	83,5	82,2
N P ₀ K Si ₁	84,0	82,4
N P ₁ K Si ₁	83,8	81,9
N P ₀ K Ca + Mg	84,0	82,1
N P ₁ K Ca + Mg	83,7	81,9

F	2,49	1,33
dms (5%)	2,43	1,93
C.V. (%)	1,01	0,82

6.3 - Número de Colmos Industrializáveis por Ocasão da Colheita e Peso Médio de Colmos

6.3.1 - Cana planta

Os dados obtidos para número de colmos industrializáveis por hectare e peso médio de colmo por ocasião da colheita encontram-se na Tabela 11.

De modo geral, o número de colmos industrializáveis não foi afetado significativamente pelos tratamentos, enquanto que o peso médio de colmo apresentou diferença entre os mesmos. Observa-se pelo teste de Tukey, que o peso médio de colmo da testemunha foi significativamente menor que o do tratamento $N P_1 K Si_1$, enquanto que aquele na ausência de N e K foi significativamente menor que os dos tratamentos $N P_0 K Si_1$, $N P_1 K Si_1$ e $N P_1 K Ca + Mg$, os quais não diferiram entre si e dos demais.

Entretanto, a análise dos dados obtidos indicam um efeito positivo do silicato quando se compara os tratamentos com e sem o elemento na presença do P, com um peso médio 9,5% superior na presença de Si. O oposto foi observado para o número de colmos industrializáveis, sendo estes 2,9% menores na presença do silicato, o que resultaria, mesmo assim, em aumento da produtividade da cana-de-açúcar.

TABELA 11 - Número de colmos industrializáveis por hectare, e peso médio de colmo, na época da colheita, em cana planta com 15 meses de idade

Tratamentos	Número de colmos industrializáveis por hectare	Peso médio de colmo (kg)
Testemunha	60.168	1,29
N P ₀ K Si ₀	61.094	1,33
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	66.648	1,22
N P ₁ K Si ₀	66.648	1,48
N P ₀ K Si ₁	59.243	1,54
N P ₁ K Si ₁	69.796	1,62
N P ₀ K Ca + Mg	62.020	1,41
N P ₁ K Ca + Mg	66.648	1,54
F	2,72	5,51 **
dms (5%)	9.462	0,28
C.V. (%)	5,18	6,77

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Na ausência de fósforo, o aumento no peso médio dos colmos com a aplicação do silicato foi 6,9% , indicando assim um melhor efeito do silicato na presença de fósforo. O número de colmos industrializáveis foi 3% menor. Com relação ao calcário dolomítico, verifica-se que a sua adição no solo re-

sultou na produção de colmos com menor peso médio em comparação à adição de silicato.

6.3.2 - Cana soca

Resultados semelhantes aqueles constatados na cana planta foram obtidos também para a soqueira (Tabela 12), tendo sido constatada diferença significativa entre os tratamentos apenas para o peso médio de colmo. Neste caso, o tratamento sem N e K, apresentou peso médio de colmo significativamente menor do que aqueles obtidos na presença de silicato e cálcio + magnésio, enquanto que a testemunha foi significativamente menor que o tratamento $N P_0 K Si_0$ e aqueles contendo silicato ($N P_0 K Si_1$ e $N P_1 K Si_1$).

Entretanto, analisando-se os dados obtidos com a adição de silicato na presença de fósforo no plantio, verifica-se que houve um aumento de 15,9% no peso médio de colmos da soqueira, enquanto que o número de colmos industrializáveis por hectare se manteve da mesma ordem, evidenciando também o efeito residual do silicato de cálcio na soqueira.

Na ausência daquele elemento, a aplicação de 3,0 t de silicato de cálcio no plantio, praticamente não influenciou no peso médio de colmos da soqueira.

Com relação ao calcário dolomítico, verifica-se que a sua aplicação no solo ocasionou um maior número de colmos por hectare com menor peso médio por colmo, em relação ao silicato de cálcio.

TABELA 12 - Número de colmos industrializáveis por hectare e peso médio de colmo na época da colheita, em cana soca, com 14 meses de idade

Tratamentos	Número de colmos industrializáveis por ha	Peso médio de colmo (kg)
Testemunha	68.036	0,97
N P ₀ K Si ₀	75.442	1,21
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	76.367	0,85
N P ₁ K Si ₀	76.367	1,07
N P ₀ K Si ₁	73.590	1,23
N P ₁ K Si ₁	76.367	1,24
N P ₀ K Ca + Mg	78.219	1,18
N P ₁ K Ca + Mg	78.219	1,15
<hr/>		
F	1,02	8,04 **
dms (5%)	16.344	0,24
C.V. (%)	7,53	7,62

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

6.4 - Produtividade de Colmos da Cana Planta

Os valores médios de produtividade de colmos da cana-de-açúcar, em toneladas por hectare, aos 15 meses de idade da cultura, por ocasião da colheita, encontra-se na Tabela 13.

TABELA 13 - Produtividade de colmos e pol (t/ha) em cana planta, aos 15 meses após o plantio

Tratamentos	Produtividade (t/ha)			
	Cana	%	Pol	%
Testemunha	83,0	100	10,3	100
N P ₀ K Si ₀	94,3	114	11,3	110
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	87,0	105	12,2	118
N P ₁ K Si ₀	105,6	127	12,8	124
N P ₀ K Si ₁	97,3	117	10,5	102
N P ₁ K Si ₁	112,4	135	14,1	137
N P ₀ K Ca + Mg	93,3	112	10,8	105
N P ₁ K Ca + Mg	109,7	132	12,9	125
<hr/>				
F	4,88	**	1,32	
dms (5%)	23,9		5,8	
C.V. (%)	8,5		16,9	

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A análise da variância dos dados obtidos mostra que houve diferença significativa entre os tratamentos estudados, tendo-se constatado uma resposta da cana-de-açúcar à aplicação de fósforo, com as maiores produtividades sendo obtidas na presença deste elemento.

A comparação das médias pelo teste de Tukey mostra que a produtividade da testemunha foi significativamente menor que a dos tratamentos $N P_1 K Si_1$ e $N P_1 K Ca + Mg$, não diferindo dos demais. Por outro lado, o tratamento $N P_1 K Si_1$ foi significativamente maior que o $N_0 P_1 K_0 Si_0$, o qual não diferiu dos demais tratamentos.

Entretanto, pela análise dos dados, observa-se que a produtividade obtida na ausência de fósforo e presença de silicato foi 8,5% menor que aquela encontrada na presença de fósforo e ausência de silicato. A aplicação de silicato de cálcio na ausência de fósforo ($N P_0 K Si_1$) praticamente não influenciou na produtividade da cana-de-açúcar, acarretando um aumento de apenas 3% em relação ao tratamento sem silicato ($N P_0 K Si_0$), contrariando assim as observações de KHAN e ROY (1964) e concordando com os resultados encontrados por RAUPACK e PIPER (1959).

Verifica-se ainda que na presença de silicato, a adição de fósforo provocou um aumento na produtividade da ordem de 16%, enquanto que na ausência de silicato, o fósforo acarretou um aumento de aproximadamente 12%, indicando assim um

pequeno efeito do silicato associado ao fósforo.

Por outro lado, a adição de fósforo na presença de cálcio + magnésio proporcionou um aumento de 18%, denotando as sim uma maior eficiência do fósforo na cana planta quando as sociado aqueles elementos aplicados na forma de calcário dolo mítico.

Na presença de fósforo, a aplicação de três toneladas de silicato de cálcio promoveu um aumento de 6,4% na produtividade da cana-de-açúcar, concordando assim com os resultados também encontrados por CHEONG (1970) e HURNEY (1974).

6.5 - Produtividade de Pol em Cana Planta

A análise de variância dos dados permite observar que a produtividade de pol/ha não foi afetada significativamente pelos diferentes tratamentos. Entretanto, os valores mē dios da Tabela 13, mostram que a aplicação de silicato na pre sença de fósforo proporcionou um acrēscimo de 10% na pol/ha , enquanto que na ausência daquele elemento houve um decrēscimo da ordem de 7,6% , denotando assim a importância da relação Si/P na produtividade de pol da cana-de-açúcar. Resultados se melhantes foram obtidos também por AYRES (1966) , FOX *et alii* (1967) e SHERMAN (1969).

6.6 - Qualidade Tecnológica da Cana-de-Açúcar

Os valores médios de Brix , Pol e Fibra % Cana e Pureza, na cana planta, com 15 meses de idade, nos diferentes tratamentos, encontram-se na Tabela 14

TABELA 14 - Valores médios de Brix, Pol e Fibra % Cana e Pureza em cana planta

Tratamentos	Brix % Cana	Pol % Cana	Pureza	Fibra % Cana
Testemunha	16,0	12,2	75,5	11,6
N P ₀ K Si ₀	16,3	12,1	73,7	10,5
N ₀ P K ₀ Si ₀	17,3	14,0	81,3	11,7
N P ₁ K Si ₀	15,7	12,1	76,7	11,3
N P ₀ K Si ₁	15,0	10,8	71,5	10,9
N P ₁ K Si ₁	15,8	12,5	79,2	11,2
N P ₀ K Ca + Mg	15,5	11,6	74,8	11,1
N P ₁ K Ca + Mg	15,8	11,7	74,1	11,3
<hr/>				
F	1,46	1,25	1,09	1,12
dms (5%)	2,7	4,2	15,0	1,7
C.V. (%)	5,1	9,6	6,9	5,3

Embora a análise da variância não tenha acusado diferença significativa entre os tratamentos, verifica-se que de modo geral, a aplicação de silicato proporcionou um aumento de 3,3% na pol % cana, quando aplicado na presença de fósforo. Por outro lado, a aplicação de fósforo na presença de silicato acarretou uma elevação de 16% na pol % cana o que constitui um importante fator do ponto de vista industrial.

6.7 - Produtividade de Colmos e de Pol da Cana Soca

A Tabela 15 apresenta os dados médios de produtividade para cana soca aos 14 meses de idade, tendo os tratamentos diferido significativamente entre si, de acordo com a análise da variância.

Pelo teste de Tukey, verifica-se que a testemunha e o tratamento $N_0 P_1 K_0 Si_0$ apresentaram uma produtividade significativamente menor que todos os tratamentos, com exceção do $N P_1 K Si_0$, o qual não diferiu dos demais.

Entretanto, analisando os dados obtidos, observa-se que houve um efeito residual da aplicação de fósforo no plantio e uma melhor resposta ao silicato na soqueira, em relação à cana planta, contrariando assim as observações de RAUPACK e PIPER (1959), porém semelhante aos resultados obtidos por CHEONG (1970). A produtividade da soqueira, pela aplicação de silicato na presença de fósforo no plantio, foi da ordem de 16%

maior que aquela obtida na ausência do elemento, enquanto que na ausência do fósforo a adição de silicato no plantio não promoveu qualquer efeito na produtividade da soqueira, com resultado semelhante ao encontrado na cana planta.

TABELA 15 - Produtividade de colmos e de pol (t/ha), em cana soca

Tratamentos	Produtividade (t/ha)			
	Cana	%	Pol	%
Testemunha	70,9	100	10,3	100
N P ₀ K Si ₀	97,8	138	14,2	138
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	69,7	98	10,1	98
N P ₁ K Si ₀	86,8	122	11,8	115
N P ₀ K Si ₁	96,0	135	14,0	136
N P ₁ K Si ₁	101,0	142	14,9	145
N P ₀ K Ca + Mg	98,4	139	14,3	139
N P ₁ K Ca + Mg	95,8	135	13,6	132

F	5,92 **		5,04 **	
dms (5%)	25,8		4,2	
C.V. (%)	10,0		11,4	

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

A aplicação de fósforo na presença de silicato, por ocasião do plantio, acarretou um acréscimo na produtividade da soqueira menor que o encontrado na cana planta (5%), indicando assim o pequeno efeito residual do fósforo na soqueira.

Comparando-se os tratamentos com silicato ($N P_1 K Si_1$) e calcário dolomítico ($N P_1 K Ca + Mg$) na presença do fósforo, verifica-se que aquele apresentou uma produtividade 5,4% maior, denotando assim o melhor comportamento do silicato de cálcio na soqueira de cana-de-açúcar.

Em relação à testemunha, obteve-se um aumento de 22,0% na presença de fósforo e ausência de silicato e 42,0% na presença de ambos os elementos, indicando também um efeito residual do silicato na soqueira da cana-de-açúcar.

Com relação a produtividade de pol / ha, a análise de variância mostrou haver uma diferença significativa entre os tratamentos, tendo os dados obtidos, apresentado um comportamento semelhante ao da produtividade de cana por estarem diretamente relacionados a esse parâmetro.

A pol / ha da soqueira, obtida na presença de fósforo e silicato, foi significativamente maior que a dos tratamentos $N_0 P_1 K_0 Si_0$ e testemunha, não diferindo dos demais.

Entretanto, a produtividade de pol / ha obtida com a aplicação de silicato na presença de fósforo ($N P_1 K Si_1$) foi 26% maior em relação à observada sem a adição de silicato ($N P_1 K Si_0$). Este resultado indica um melhor aproveitamen-

to do silicato na soqueira em relação à cana planta, fato também constatado para a produtividade da cana. Quando este elemento foi aplicado na ausência do fósforo não se obteve qualquer efeito na produtividade de pol na soqueira.

6.8 - Qualidade Tecnológica da Cana Soca

O comportamento tecnológico da cana soca foi semelhante ao da cana planta do ponto de vista estatístico, não tendo sido constatado qualquer diferença significativa entre os tratamentos estudados. De modo geral, os valores obtidos na cana soca, aos 14 meses de idade, foram mais elevados que os da cana planta (Tabela 16).

TABELA 16 - Valores médios de Brix, Pol e Fibra % Cana e Pureza em cana soca

Tratamentos	Brix % Cana	Pol % Cana	Pureza	Fibra % Cana
Testemunha	16,6	14,5	87,1	11,7
N P ₀ K Si ₀	16,5	14,6	88,1	11,0
N ₀ P K ₀ Si ₀	16,4	14,4	87,7	11,6
N P ₁ K Si ₀	15,8	13,7	86,4	11,7
N P ₀ K Si ₁	16,5	14,6	88,6	10,8
N P ₁ K Si ₁	16,7	14,8	88,4	11,4
N P ₀ K Ca + Mg	16,5	14,6	88,4	11,2
N P ₁ K Ca + Mg	16,2	14,2	87,5	11,6

F	0,37	0,25	0,19	2,34
dms (5%)	2,3	3,1	8,5	1,1
C.V. (%)	5,0	8,1	3,3	3,3

6.9 - Produtividade Média de Dois Cortes para Colmos e Pol

A análise conjunta dos dois ciclos (Tabela 17), evidencia um efeito significativo dos tratamentos sobre a produtividade de cana e de pol por hectare, sendo que os tratamentos contendo P ou Si foram significativamente melhores que a testemunha, não diferindo entre si. Por outro lado, a produ-

tividade obtida na presença de P e Si, e P + Ca + Mg, foram superiores àquela onde o nitrogênio e o potássio foram omitidos mesmo na presença de fósforo.

TABELA 17 - Produtividade de colmos e de pol (t/ha).
Valores médios de dois cortes

Tratamentos	Produtividade (t/ha)			
	Cana	%	Pol	%
Testemunha	77,0	100	10,3	100
N P ₀ K Si ₀	96,0	125	12,8	124
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	78,4	102	11,2	109
N P ₁ K Si ₀	96,2	125	12,3	119
N P ₀ K Si ₁	96,7	127	12,3	119
N P ₁ K Si ₁	106,8	139	14,5	141
N P ₀ K Ca + Mg	95,8	124	12,6	122
N P ₁ K Ca + Mg	102,8	134	13,3	129
<hr/>				
F	7,86	**	2,09	
dms (5%)	18,9		4,4	
C.V. (%)	9,9		17,3	

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Comparando-se os tratamentos $N P_1 K Si_0$ e $N P_1 K Si_1$ verifica-se que este apresentou uma produtividade 11% maior que o primeiro, denotando desta forma um efeito positivo da aplicação de silicato na presença de fósforo, o mesmo não acontecendo na ausência deste elemento.

Quando o fósforo foi adicionado na presença do silicato ($N P_1 K Si_1$) obteve-se uma produtividade de 10 toneladas a mais que na ausência do elemento ($N P_0 K Si_1$), o mesmo acontecendo em relação ao Cálcio + Magnésio, com um acréscimo de 7 toneladas.

Na ausência do fósforo, a aplicação de silicato de cálcio e calcário dolomítico apresentaram produtividades semelhantes, enquanto que na presença de fósforo a aplicação de silicato foi mais eficiente que a de calcário sobre a produtividade da cana-de-açúcar.

Para pol/ha, as mesmas observações são válidas do ponto de vista prático, não tendo sido constatada qualquer diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, tendo em vista o aumento da pol/ha em função da aplicação de silicato, infere-se que este elemento pode ser empregado para melhorar a produtividade da cana-de-açúcar.

6.10 - Qualidade Tecnológica da Cana-de-Açúcar Representativa de Dois Cortes (Cana Planta e Soca)

Os valores médios de Brix, Pol e Fibra % Cana e Pureza, representativos de dois cortes, encontram-se na Tabela 18.

TABELA 18 - Valores médios de Brix, Pol e Fibra % Cana e Pureza, representativos de dois cortes

Tratamentos	Brix % Cana	Pol % Cana	Pureza	Fibra % cana
Testemunha	16,3	13,3	81,3	11,7
N P ₀ K Si ₀	16,4	13,3	80,9	10,8
N ₀ P ₁ K ₀ Si ₀	16,8	14,2	84,5	11,6
N P ₁ K Si ₀	15,8	12,9	81,5	11,5
N P ₀ K Si ₁	15,8	12,7	80,0	10,9
N P ₁ K Si ₁	16,3	13,6	83,3	11,3
N P ₀ K Ca + Mg	16,0	13,1	81,6	11,2
N P ₁ K Ca + Mg	16,0	13,0	80,8	11,4

F	2,73	0,58	0,61	2,26
dms (5%)	2,1	1,8	9,9	1,5
C.V. (%)	6,5	3,2	5,9	4,7

Pela análise da variância, verifica-se que os tratamentos não diferiram entre si como foi constatado isoladamente para cana planta e soqueira. Entretanto, verifica-se que a pol % cana na presença de silicato e de N P K (N P₁ K Si₁) foi 5,4% maior que aquela obtida na ausência daquele elemento, indicando assim uma pequena influência do elemento na pol % cana, o que está de acordo com CLEMENTS (1965) e AYRES (1966).

7 - CONCLUSÃO

A aplicação de 3,0 toneladas de silicato de cálcio por hectare no plantio, na presença de 120 kg de P_2O_5 /ha, ocasionou um aumento de 6,4% na produtividade da cana planta e de 16% na produtividade da soqueira, não influenciando praticamente na qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima industrial.

8 - SUMMARY

The object of this research was to study the influence of silicon - phosphorus rations on the nutrition, production, and industrial quality of sugarcane using on experiment with 8 treatments and three replications in a randomized block design with CB 41 - 76 on a red latosol at the Copersucar Experiment Station at Piracicaba, SP. The effect of the treatments in plant cane were evaluated by incidence of tillering at 90 days, analyses of leaf and sheath samples (+ 3) at 6 and 9 months, and number, weight and quality of millable canes. In the ratoon the effect of treatments were evaluated by number, weight and quality of millable canes.

The results indicated that application of calcium silicate at the rate of 3 tons per ha and phosphate at 120 kg

P_2O_5 per ha applied in the plant crop gave an increase in production of 6.4% in the plant crop and 16% in the ratoon. There was no significant effect on cane quality for any of the fertilizer treatments used.

9 - LITERATURA CITADA

- ALI, M. Y., 1966. Effect of phosphorus, silicon and zinc applications on the yield and mineral composition of sugarcane. M.S. Thesis, Univ. of Hawaii, 133 p.
- AYRES, A., 1966. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low-silicon soils. Soil Sci, 101: 216-217.
- BAIR, R. A., 1966. Leaf silicon in sugarcane, field corn and St. Augustine grass grown on some Florida soils. Proc. Soil Crop. Sci. Soc. Fla., 26: 64-70.
- BARNETTE, M. R., 1924. Synthetic calcium silicate as a source of agricultural lime: A comparison of the influence of synthetic calcium silicate with other forms of lime as affecting plant growth. Soil Sci., 18: 479-491.

- BASSINELLO, A. I. ; S. MATSUOKA e A. C. MENDES, 1976. Variedades de Cana-de-Açúcar para o Estado de São Paulo. Bol. Tec. nº 3, Planalsucar, Araras (SP), 19 p.
- CATANI, R. A. ; J. R. GALLO e H. GARGANTINI, 1955. Amostragem do solo, métodos de análises, interpretação e indicações para fins de fertilidade. Bol. nº 69. Inst. Agron. Campinas.
- CHEONG, Y. W. Y., 1970. The residual effect of calcium silicate applications on sugar cane growth. Ann. Rep. Mauritius Sugar Industry Res. Inst., 23: 63-68.
- CLEMENTS, H. F., 1965. The roles of calcium silicate slag in sugarcane growth. 1965. Reports, Hawaiian Sugar Tech. p. 103-126.
- CLEMENTS, H. F., 1967. Effects of silicate on the growth and leaf freckle of sugarcane in Hawaii. Proc. Int. Sugar Cane Technol., Puerto Rico, 12: 197-215.
- DEWAN, M. e A. S. HUNTER, 1949. Absorption of phosphorus by soybean and sudan grass. II. Effect of silicates. Soil Sci., 68: 479-482.
- D'HOTMAN DE VILLIERS, O., 1961. Soil rejuvenation with crushed basalt in Mauritius I. Consistent results of world-wide interest. Int. Sugar J., 63: 363-364.
- ENGEL, W., 1958. Contribution to the function of silica in plant Tissues. Natur wi Scenceschaften, 45: 316-317.

- FISHER, R. A., 1929. A preliminary note on the effect of sodium silicate in increasing the yield of barley. J. Agric., 19: 132-139.
- FOX, R. L. ; D. L. PLUCKNETT e A. S. WHITNEY, 1968. Phosphate requirements of Hawaiian Latosols and residual effects of fertilizer requirements. 9 th. Int. Congr. Soil Sci., Adelaide, Australia, 2: 301-310.
- FOX, R. L. ; J. A. SILVA ; O. R. YOUNG ; D. L. PLUCKNETT e G. D. SHERMAN, 1967. Soil and plant silicon and silicate response by sugarcane. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31: 775-779.
- GALLO, J. R. ; P. R. FURLANI ; O. C. BATAGLIA e R. HIROCE, 1974. Teores de Silício em gramíneas cultivadas e forrageiras. Ciência e Cultura, 26(3): 286-292.
- GASHO, G. J. e H. J. ANDREIS, 1974. Sugar cane response to calcium silicate slag applied to organic and sand soils. Proc. 15 th. Congr., ISSCT, Durban, South Africa, 15 (2): 543-551.
- GLORIA, N. A. ; R. A. CATANI e T. MATUO, 1965. O método do EDTA na determinação do cálcio e magnésio trocável do solo. Rev. Agric., Piracicaba, 40: 67-74.
- GUIMARÃES, E., 1974. Adubação da Cana-de-Açúcar. IV Semana Agronômica de Pinhal, 23 p.
- GOMES, F. P., 1970. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba, ESALQ/USP. 430 p.

- HALAIS, P. e D. H. PARISH, 1963. Silica and manganese content of cane sheaths in relation to soil and nutrition. Mauritius Sugar. Ind. Res. Int. Annu. Rept. (1963): 74-76.
- HALL, A. D. e C. G. T. MORRISON, 1906. On the function of silica in the nutrition of cereals. Int. Proc. Roy Bot. Soc., 77: 455-477.
- HURNEY, A. P., 1974. Effect of silicates on cane growth. Cane Growers. Quartely Bulletin, 373: 78-80.
- HUSZ, G. S., 1972. Sugar Cane, Cultivation and Fertilization. University in Hobenbein, West Germany, Ruhr - Stickstoff, 116 p.
- JACKSON, M. L., 1958. Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, N. J. Prentice Hall Inc. 498 p.
- JONES, L. H. P. e K. A. HANDRECK, 1967. Silica in soils, plants and animals. Advances in Agronomy, 19: 107-149.
- KHAN, D. H. e A. C. ROY, 1964. Growth, P uptake and fibre cell dimensions of jute plant as affected by silicate treatment. Plant and Soil, 20: 331-336.
- LEWIN, J. e E. F. REIMANN, 1969. Silicon and plant growth. Ann. Rev. Plant Physiol., 20: 289-304.
- MENGEL, K. e E. A. KIRKBY, 1978. Principles of Plant Nutrition. Switzerland. Int. Potash Institute. Berne, 20: 593 p.

- OKUDA, A. e E. TAKAHASHI, 1964. The role of silicon. In: The Mineral Nutrition of the Rice Plant. John Hopkins, Baltimore, Maryland, p. 123-146.
- ORLANDO, F. J., 1976. Influência varietal e do solo no Estado Nutricional da Cana-de-Açúcar (*Saccharum* sp) pela análise foliar. Piracicaba, ESALQ/USP. 69 p. (Dissertação de Mestrado).
- PLUCKNETT, D. L., 1972. The use soluble silicate in Hawaiian agriculture. Univ. of Queensland Papers, 1(6): 203-223.
- RALEIGH, G. J., 1953. Some effects of various silicates, lime and gypsum on growth of tomato plants in Western and Eastern soils of low levels of phosphorus nutrition. Cornell Agric. Exp. Sta. Memo., 326: p. 78.
- RAUPACK, M. e C. S. PIPER, 1959. Interactions of silicate and phosphate in a lateritic soil. Austr. J. Agric. Res., 10(6): 818-831.
- ROSS, K. ; P. NABASBSING e Y. WONG YOU CHEONG, 1974. Residual effect of calcium silicate applied to sugar cane soils. Proc. 15 th. Congr. ISSCT, Durban, South Africa, 15: 539-542.
- ROTHBUHR, L. e F. SCOTT, 1957. A study of the uptake of silicon and phosphorus by wheat plants with radio chemical methods. Biochem. J., 65: 241-245.
- ROY, A. C., 1969. Phosphorus - silicon interactions in soils and plants. Dr. Thesis, Univ. of Hawaii, 190 p.

- ROY, A. C. ; M. Y. ALI ; R. L. FOX e J. A. SILVA, 1971. Influence of calcium silicate on phosphate solubility and availability in Hawaiian Latosols. Int. Symposium on Soil Fertility Evaluation. Proc. New Delhi India, 757-765.
- SAMUELS, G., 1969. Foliar Diagnosis for Sugar Cane. Rio Piedras, Puerto Rico, 362 p.
- SARRUGE, R. e H. P. HAAG, 1974. Análises Químicas em Plantas. ESALQ/USP. Piracicaba, 55 p.
- SHERMAN, G. D., 1969. Crop growth response to applications of calcium silicate to tropical soils in Hawaiian Islands. Agricult. Digest., 18: 11-19.
- SHIUE, J. J., 1964. A study on the silicon content in the soils of Tawaian Sugar Cane fields. Taiwan Sugar. Expt. Sta. Rep., 36: 109-116.
- TANIMOTO, T., 1964. The press method of cane analysis. Hawaii Plrs. Rec., 57(2): 133-50.
- VAN DELLEWIJN, C., 1952. Botanique de la Canne a Sucre, Wageninglen, Veennan & Zonen, 391 p.
- VETTORI, L., 1969. Metodos de análise de solo. Minist. da Agric. Bol. Téc. nº 7. 24 p.