

MODO DE APLICAÇÃO E DOSES DE NITROGENIO
E POTASSIO NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇUCAR

FABIANO JOSÉ ZILLO

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

Piracicaba
Estado de São Paulo Brasil
Janeiro - 1993

MODO DE APLICAÇÃO E DOSES DE NITROGÉNIO
E POTASSIO NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

FABIANO JOSÉ ZILLO

ENGENHEIRO AGRONOMO

Orientador: Dr. BERNARDO VAN RAIJ

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

Piracicaba
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1993

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP**

Z69m Zillo, Fabiano José
Modo de aplicação e doses de nitrogênio e potássio
na produção de cana-de-açúcar. Piracicaba, 1993.
87p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar - Nutrição 2. Cana-de-açúcar -
Produção 3. Nitrogênio em cana-de-açúcar 4. Potássio
em cana-de-açúcar I. Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.61

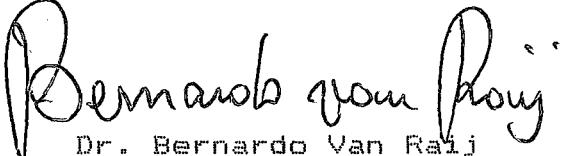
MODO DE APLICAÇÃO E DOSES DE NITROGENIO
E POTASSIO NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇUCAR

FABIANO JOSÉ ZILLO

Aprovada em 29 de Março de 1993

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Luiz Ioriatte Dematté	USP
Dr. Tsuioshi Yamada	POTAFOS
Dr. Bernardo van Raij	IAC
Prof. Dr. José Paulo Stupiello	USP
Prof. Dr. Takashi Muraoka	CENA



Dr. Bernardo Van Raij

Orientador

A minha esposa

Vanessa

Dedico

"A natureza intocada matará o
homem de fome..."

A natureza mal solicitada morrerá
antes do homem..."

Aos meus pais

Miguel e Anna Maria

Ofereço.

SUMARIO

	Página
RESUMO.....	VIII
SUMMARY.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Potássio.....	4
2.1.1. Aspectos gerais.....	4
2.1.2. Adubação potássica.....	5
2.1.3. Lixiviação do potássio.....	13
2.2. Nitrogênio.....	16
2.2.1. Aspectos gerais.....	16
2.2.2. Adubação nitrogenada.....	18
2.2.3. Lixiviação do nitrogênio.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Caracterização do local.....	23
3.2. Adubação básica.....	24
3.3. Delineamento experimental.....	25
3.4. Instalação.....	31
3.5. Análise química.....	34
3.5.1. Análise foliar.....	34
3.5.2. Análise química e física do solo.....	34
3.5.3. Análise de Pol.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36

4.1. Efeito da adubação N K na produtividade agrícola.....	36
4.2. Efeito da adubação N K na produção de açúcar	48
4.3. Nitrogênio e potássio nas folhas.....	59
4.4. Alteração química no perfil do solo.....	66
5. CONCLUSÕES.....	72
6. SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	75

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seu reconhecimento a todos aqueles que direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho, e em especial:

- Ao Dr. Bernardo Van Raij, da seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas, pelos ensinamentos, amizade e orientação na elaboração deste trabalho;

- A Cia. Agrícola Luiz Zillo e Sobrinhos e Zillo-Lorenzetti pela total colaboração para a realização deste trabalho.

- A República KTXAMA pelas eternas recordações da ESALQ.

MODO DE APLICAÇÃO E DOSES DE NITROGENIO
E POTASSIO NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇUCAR

Autor: FABIANO JOSÉ ZILLO

Orientadores: Dr. BERNARDO VAN RAIJ

RESUMO

Com o objetivo de avaliar combinações e métodos de aplicação de KCl e NH₄NO₃ na produção de cana de açúcar de 18 meses, detectar possíveis perdas de K em função de doses e métodos de aplicação, assim como avaliar as variações dos teores foliares, dois ensaios foram instalados, sendo um em areia quartzoza no município de Lençóis Paulista-SP, com a variedade SP71-1406, e o outro em latossolo vermelho escuro argiloso distrófico em Macatuba-SP, com a variedade SP71-6163. Cada área experimental foi dividida em duas partes, uma delas não recebendo correção com potássio; na outra foram incorporados 100 kg/ha de K₂O em área total.

Nos experimentos, utilizou-se delineamento fatorial (3x2x2), em blocos ao acaso com três doses de potássio (50, 150 e 250 kg/ha de K₂O), duas doses de N (75 e 150 kg/ha de N) e dois métodos de adubação (parcelada e toda no sulco), com duas repetições de cada tratamento.

Em nenhum dos casos houve resposta ao parcelamento da adubação na produtividade, o que permite recomendar a aplicação do adubo numa só operação. Não houve respostas ao nitrogênio nas doses acima de 50 kg/ha de K₂O, o que permite manter as dose de N na faixa de 75 kg/ha em cana planta. As formas de aplicação do potássio no sulco e com complementação em área total não interferiram na produtividade, sendo a dose de 150 kg/ha de K₂O a mais adequada para os casos estudados.

Na reamostragem do solo, nas camadas de 60 a 80 cm nos dois ensaios, todo o potássio disponível já havia sido absorvido ou perdido por lixiviação, e somente o teor de K na folha apresentou correlação positiva com dose e forma de aplicação do KCl.

APPLICATION METHODS AND NITROGEN AND POTASSIUM LEVELS FOR SUGARCANE

AUTHOR: FABIANO JOSÉ ZILLO

ADVISER: Dr. BERNARDO VAN RAIJ

SUMMARY

Two experiments were conducted with sugarcane, aiming to evaluate the effect of application methods and nitrogen and potassium levels on yields, as well as to detect possible losses. The experiments were on a sandy soil, in Lençóis Paulista-SP cultivated with the variety SP71-1406, and on a dystrophic dark red latossol, in Macatuba-SP, cultivated with the variety SP71-6163. Each experimental area was divided in two, one part receiving an application of 100 kg/ha K₂O in total area and the other not.

The experimental design was a 3x2x2 factorial, in randomized blocks with three levels of potassium (50 150 and 250 kg/ha of K₂O), two levels of nitrogen (75 and 150 kg/ha of N), two methods of fertilizer application (banded at planting time and sidedressed after

emergency) and two reapplications. The fertilizers used were ammonium nitrate and potassium chloride.

Splitting the fertilizer application did not affect yields, which suggest that the total amount can be applied at planting time.

There was no response of nitrogen above 50 kg/ha of K₂O, thus application rates can be maintained around 75 kg/ha. For potassium, the adequate amount to be applied is of the order of 150 kg/ha of K₂O.

Soil sample at a depth of 60-80 cm revealed that most of the available potassium was either absorbed by the crop or lost by leaching. Only K contents in leaves presented correlation with forms and doses of the nutrient applied as fertilizer.

I. INTRODUÇÃO

A partir de 1975, com a criação do PROALCOOL, houve uma expansão da área cultivada com cana de açúcar da ordem de 900 mil hectares para 2,1 milhões de hectares em 86/87 no Estado de São Paulo, em 20,4 milhões de hectares recenseados (COPERSUCAR, 1989).

O aumento da área plantada para atender a demanda de álcool e açúcar foi acompanhado pela diminuição nos custos de produção; segundo COPERSUCAR (1989), de 1979 a 1988 a taxa de redução foi de 4% ao ano, com tendência a manter-se na mesma ordem de grandeza até meados da década seguinte.

Espera-se, a médio prazo, segundo COPERSUCAR (1988a), um aumento da produtividade agrícola média de 77 t/ha em 1988 para 85 t/ha, em consequência da absorção de novas tecnologias desenvolvidas pelos diversos centros de pesquisas e pelos departamentos técnicos das companhias agrícolas das usinas.

Dentre as tecnologias destacam-se: as novas variedades de cana, SP 71-1406 e SP 71-6163, com maiores produções de açúcar por hectare (COPERSUCAR - 1987);

acréscimos na aplicação de calcário (COPERSUCAR - 1988b); redução do espaçamento de 1,40m para 1,10m, aumentando a população de plantas por área (COLETI et al., 1987); e, uso adequado de fertilizantes.

O aumento do número de plantas por área, melhora o aproveitamento de umidade, nutrientes e energia luminosa (BARBIERI et al., 1981). A calagem, além de aumentar os teores de Ca e Mg no solo, reduz os teores de Al trocável e eleva a CTC efetiva do solo pela elevação do pH, (MIELNICZUK, 1977). O modo de aplicação do potássio também pode influir na lixiviação. Quando a aplicação é feita a lanço, o K fica em contato com maior volume do solo, tendo portanto maior chance de ser absorvido, ao contrário da aplicação no sulco onde a maior concentração favorece a lixiviação (RITCHIEY, 1982).

Considerando que as variedades mais ricas em açúcar têm maior exigência de nutrientes, é de suma importância o manejo da adubação nitrogenada e potássica para aumentar a produtividade agrícola, visto que nitrogênio e potássio são os macronutrientes absorvidos e exportados em maiores proporções pela cultura, além de apresentarem alto efeito de interação sobre a produção e estarem diretamente ligados ao crescimento e maturação da cana de açúcar (CLEMENTS, 1980; MALAVOLTA, 1981; MALAVOLTA & CROCOMO, 1982; GASHO, 1986).

O manejo da adubação N/K, utilizando doses

adequadas para aumentar o aproveitamento pelas plantas e reduzir perdas por lixiviação e volatilização, é fundamental para garantir ganhos na produtividade da cana e, consequentemente, aumentar a produção de açúcar por área.

Propõe-se então a realização deste estudo com os seguintes objetivos:

1. Avaliar combinações e métodos de aplicação de cloreto de potássio e nitrato de amônio que permitam a maximização da produtividade.
2. Avaliar os teores foliares dos nutrientes em função das doses e métodos de aplicação utilizados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. POTASSIO

2.1.1. Aspectos gerais.

A importância do potássio no desenvolvimento vegetal é realçado pelas múltiplas funções em processos bioquímicos e fisiológicos das plantas que contribuem para a sua produção final, destacando-se: fotossíntese; respiração; regulação osmótica e funcionamento dos estômatos, síntese de carboidratos, ativação e estímulo de numerosos sistemas enzimáticos; estímulo na formação de proteínas e na redução do conteúdo de compostos nitrogenados não protéicos; redução do acamamento; e aumento da taxa de duração de assimilados no armazenamento (MALAVOLTA & CROCOMO, 1982).

As formas de K que a planta absorve, ou seja, aquelas que lhe são disponíveis K-trocável e K-solução, representam 1 a 2% do K total e, embora a maior parte do K disponível esteja na forma trocável (90%), o K-solução é absorvido pelas plantas com maior rapidez (BRADY, 1983).

O processo de absorção do potássio pelas plantas é bem conhecido. Apenas uma fração do K absorvido pelas raízes é consequência da interceptação radicular. O restante do elemento absorvido tem que ser transportado para as raízes em crescimento por fluxo de massa e difusão de K na solução do solo, sendo a difusão responsável pela maior parte da absorção. As diversas plantas e cultivares têm diferentes respostas a concentrações iônicas nas proximidades das raízes, decorrentes da sua própria geometria radicular, da capacidade de absorção, da demanda de K pela planta e da evapotranspiração (BALIGAR, 1985).

Os mecanismos de absorção de potássio são afetados por propriedades de solos. Assim, MENDEL & BRUNSCHWEIG (1972), trabalhando com plântulas de milho em casa de vegetação para avaliar o efeito da umidade do solo na disponibilidade de K e sua influência no crescimento, obtiveram correlação significativa entre a difusão de potássio e o K total absorvido pelas plantas, sendo a taxa de difusão dependente da umidade do solo e do teor de K na solução do solo. Além da umidade, GIANELLO & MIELNICZUK (1981) concluíram que o teor de argila e o potencial de troca de potássio também afetaram a absorção.

2.1.2. Adubação potássica.

As respostas da cultura da cana à adubação potássica vem aumentando consideravelmente e, com o

decorrer dos anos da experimentação, passando de pequenas ou nulas nos estudos iniciais realizados em locais pouco ou não cultivados com cana, para frequentes nos estudos mais recentes, em locais cultivados intensivamente. Contribuiram para isso as baixas adubações de potássio em função das baixas respostas da cultura constatadas nos estudos iniciais, devido aos teores médios a altos do elemento nos solos paulistas existentes anteriormente, e à alta extração do potássio pela cultura, que foi exaurindo seu conteúdo no solo nos cultivos sucessivos. Em consequência dos resultados experimentais obtidos e de cálculos econômicos, as recomendações de potássio, que eram de 20 a 30 kg/ha de K₂O (1950-1960) passaram a ser de 60 a 140 kg/ha de K₂O (ESPIRONELO, 1989).

O fertilizante potássico mais comumente utilizado é o KCl. Outra fonte muito utilizada no Estado de São Paulo para adição de potássio ao solo, é o resíduo líquido do álcool, a vinhaça, com alto teor de potássio (ESPIRONELO, 1979).

Para se alcançar os objetivos da adubação potássica, deve-se evitar perdas por lixiviação e concentração localizada de sais, não se levando em conta, nas condições paulistas, do fenômeno de fixação de K que ocorre noutras regiões. Dessa forma, o nutriente deverá estar ao alcance das raízes e sua concentração no solo não deverá ser demasiadamente alta, para que efeitos osmóticos

não prejudiquem a germinação ou o desenvolvimento da cultura (MALAVOLTA & USHERWOOD, 1978).

Os efeitos da adubação podem ser monitorados através da diagnose foliar, normalmente determinando-se os teores de macronutrientes em folhas da cana de açúcar aos 4 meses de idade. ESPIRONELO et al. (1986), em diversos ensaios conduzidos no Estado de São Paulo, consideraram como adequados os seguintes teores: N - 1,53 a 2,22%; P - 0,14 a 0,20%; K - 1,24 a 1,59%; Ca - 0,38 a 0,71%; Mg - 0,11 a 0,20% e S - 0,11 a 0,31%. Os teores, segundo os autores, variaram muito mais entre localidades do que com doses diferentes de nutrientes, e somente o potássio apresentou correlação positiva entre teor na folha e a produção.

As recomendações de adubação potássica são normalmente correlacionados com o teor desse elemento no solo. Segundo COPERSUCAR (1992), solos com teores menores que 0,08 meq/100 cm³ de K devem receber 140 kg/ha de K₂O; de 0,09 a 0,15 meq/100 cm³ de K, 110 kg/ha de K₂O; de 0,16 a 0,26 meq/100 cm³, 80 kg/ha de K₂O; de 0,27 a 0,52 meq/100 cm³, 50 kg/ha de K₂O; e para valores no solo maiores que 0,52 não é recomendada a adubação potássica.

KORNDORFER (1990), analisando os resultados de diversos ensaios de KC1 em cana conduzidos pela COPERSUCAR em diversas regiões do Estado de São Paulo, constatou que doses de 0, 60, 120 e 150 kg K₂O/ha não

provocaram variação da PDL cana, porém pelo aumento de produtividade ocasionado pelo K₂O, a quantidade de açúcar produzida por área foi maior, variando segundo o autor de 7 t/ha até 13 t/ha.

A adubação potássica pode ser feita no sulco do plantio, a lanço ou combinando essas duas formas de aplicação. Segundo MIELNICZUK (1980), as adubações potássicas em linha mantêm uma concentração mais elevada, mas atingem pequena área radicular, ao passo que adubações à lanço mantêm baixas concentrações, porém atingem grande área radicular. Possivelmente a metodologia de adubação ideal seria uma combinação das duas : linha e lanço, ou em faixas, atingindo parte da área radicular com maior concentração.

Uma dose de 100 kg/ha de K, aplicada à lanço e incorporada a uma profundidade de 20 cm, adicionará aproximadamente 0,12 meq de K/100g ao solo, quantidade esta que poderá ser retida sem muita dificuldade (RITCHIEY, 1982). Porém, segundo o autor, é comum aplicar-se potássio em faixas, no sulco de semeadura ou plantio. No caso da cana de açúcar, são aplicados em alguns casos numa só operação 100 kg/ha de K para cana planta, e na cana soca normalmente aplica-se 117 kg/ha de K, o que representa incorporar no local de aplicação 1,3 a 1,5 meq de K/100 g, o que é demais, pois segundo Ritchey (1982), quantidades equivalentes a 1,0 meq/100g de K, não podem ser retidas com

facilidade no solo. Dessa forma, uma proporção considerável de potássio permanecerá na solução do solo, sendo possível de lixiviação. Em condições como essa é pelo menos necessário eliminar restrições ao aprofundamento do sistema radicular, para que seja possível evitar perdas potenciais por lixiviação de nutrientes, não só de potássio, mas também de nitrogênio.

RITCHIEY et al. (1979), em dois anos de cultivo de milho, utilizaram além de cinco níveis de potássio, quatro de magnésio, obtendo respostas significativas apenas à aplicação de potássio. No segundo cultivo a adubação de manutenção com 100 kg/ha de K₂O proporcionou aumento significativo de rendimento apenas nos tratamentos que receberam até 75 kg/ha de K₂O. Não foram observadas diferenças significativas na produção em decorrência da aplicação de K₂O a lanço ou no sulco de semeadura nos dois cultivos. Baseados nestes dados o CPAC recomenda doses de adubação de correção de 100 kg/ha de K₂O e 50 kg/ha de K₂O, respectivamente, para teores de potássio no solo de 0-25 ppm e 25-50 ppm. Adicionalmente cada cultura deveria receber uma aplicação de 25 kg/ha em linha como manutenção (RITCHIEY, 1982).

Alguns dos resultados referentes ao parcelamento da adubação potássica estão descritos por ALBUQUERQUE & MARINHO (1982), que trabalharam em solos de tabuleiro em Alagoas estudando três níveis de N, P, K com

diferentes doses e épocas de parcelamento. Os autores concluíram que o fracionamento do nitrogênio e do potássio em duas vezes aumentou a produção de açúcar, no experimento instalado em latossolo vermelho amarelo, apesar de não ter sido constatado efeito significativo sobre a produção de cana.

Já PENA et al. (1987), num parcelamento N K em cana planta de ano e ano e meio em 3 usinas, obtiveram resposta significativa nas produções de cana e de açúcar por hectare em apenas uma delas para cana de 12 meses (ano).

Muito embora existam diferenças edafoclimáticas entre os diversos ensaios, há de se considerar a interação de nitrogênio e potássio, que pode ser importante em muitos casos.

MCKENZIE et al. (1988), em ensaios de adubação NK para milho-silagem realizados no Canadá, aplicando 0, 90 e 180 kg/ha de N e 0,60 e 120 kg/ha de K₂O nos dois primeiros e 0,120 e 240 kg/ha de K₂O nos dois últimos anos, verificaram a ocorrência da interação NxK quando houve respostas ao K⁺, indicando que aumentos de produção com aplicação de potássio só devem ocorrer em presença de altas doses de nitrogênio.

SILVEIRA et al. (1987), estudaram a interação N x K em cana de açúcar em solução nutritiva com várias combinações de N e K. Os autores coletaram as

amostras aos 60, 120 e 180 dias e os dados evidenciaram que a interação N x K afeta o sistema fonte-reservatório através de processos de taxa de incremento foliar, migração de carboidratos para o colmo e utilização desses substratos para absorção de N-NO₃.

Quando se almeja uma racionalização da adubação, deve ser considerado um equilíbrio ideal de nutrientes no solo. Porém, determinar esse equilíbrio ideal é muito difícil, pois as variações entre solos e dentro de um mesmo perfil são muito grandes (ALVARENGA & LOPES, 1988).

WEBER (1988), reuniu resultados de 44 experimentos de doses de potássio realizados em cana planta nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro, realizados pelo IAA/PLANALSUCAR e concluiu que os teores de potássio trocável e não-trocável não apresentaram correlação com a produção da cana planta. Segundo o BSES¹ (1985), citado por WEBER (1988), a menor resposta de cana planta aos fertilizantes potássicos é proporcionada pela decomposição de restos culturais durante o período de pousio que precede a renovação do canavial de ano e meio e que libera K suficiente para a cana planta.

Para um maior refinamento nas recomendações

1. BUREAU OF SUGAR EXPERIMENT STATIONS. Sugarcane Nutrition Review. BSES Bulletin, Indooroopilly, 10: 1-23. Abril 1985.

de adubação potássica, deveria também ser considerado o teor de matéria orgânica e a CTC. URIBE & COX (1988), em ensaio de laboratório, observaram que a concentração de K na solução de equilíbrio aumentou linearmente com sua saturação na CTC, e que solos com teores maiores que 1,9% de matéria orgânica tiveram maiores concentrações do elemento na solução de equilíbrio para qualquer saturação de K.

A inclusão da CTC nas interpretações de análises de adubação potássica é recomendada também por SILVA & MEURER (1988).

A interpretação da análise de solo para K deveria levar em consideração também que, através do aprofundamento do sistema radicular, haverá um maior aproveitamento do elemento pela planta das camadas inferiores e, consequentemente, uma maior reciclagem do potássio através de restos de culturas e lixiviados das folhas (SILVA & RITCHIEY, 1982 b; GOEDERT, 1985).

SILVA & RITCHIEY (1982 a) relatam que, devido às dificuldades encontradas nos processos de amostragem de solos em profundidade, a maior parte dos trabalhos em pesquisa com adubação potássica não leva em consideração o movimento do nutriente no perfil do solo. Sendo a lixiviação um fenômeno de ocorrência comprovada, perde-se muitas informações, dificultando a interpretação de resultados e o estudo do balanço do potássio no solo.

2.1.3. Lixiviação do potássio.

A lixiviação de potássio no perfil de solo depende de vários fatores. PUSHPARAJAH et al. (1977) e KOFOED (1979), verificaram que as perdas por lixiviação variavam com a textura dos solos, as maiores perdas ocorrendo em solos arenosos e as menores em solos argilosos. SANZONOWICZ et al. (1985) estudaram três fontes de potássio aplicadas a lanço e incorporadas; a menor lixiviação ocorreu com a kalsilita (K_2AlSiO_4) e a maior com o KCl aplicado no sulco, com K_2SO_4 ocupando posição intermediária.

A calagem, além de aumentar o teor de Ca e de Mg no solo, elimina o Al trocável e eleva a CTC efetiva pela elevação do pH. Estes efeitos afetam diretamente a relação K-adsorvido (Q) e K na solução (I), ou Q/I, pois, a elevação da CTC efetiva reflete-se no aumento do poder tampão do potássio, que representa um significativo aumento na capacidade de adsorção de potássio pelos solos e consequente redução de perdas de K por lixiviação, principalmente em sistemas de utilização de solos de baixa CTC (GOEDERT et al., 1975; MIELNICZUK, 1977).

Porém outras fontes de cálcio mais solúveis que o $CaCO_3$, podem ao invés de reduzir aumentar a movimentação do K no perfil, tais como gesso e cloreto de cálcio (QUAGGIO et al., 1982), o que se deve mais à

mobilidade dos ânions que acompanham os cátions na lixiviação.

Se não houver diferença de ânions lixividos, a lixiviação de potássio depende também dos teores de cálcio e magnésio. Assim RAIJ & CAMARGO (1973), estudando a lixiviação de K em 10 solos, em ensaio realizado em colunas, constataram que a melhor correlação entre cátions lixividos e cátions trocáveis foi obtida com o emprego da expressão $K/(Ca+Mg)$, significando menores perdas de K para valores mais baixos de K trocável e mais altos de Ca+Mg trocáveis.

Já PADOVESE (1988), estudando a dinâmica de N e K em terra roxa estruturada cultivada com cana de açúcar, para os diversos tratamentos combinados de soca e cana planta com vinhaça, obteve perdas da ordem de gramas por hectare de K, o que provavelmente se deve ao fato que dos 1.618 mm de chuva ocorrida no período de ensaio, apenas 3 mm tenham ultrapassado os 100 cm de profundidade amostrados.

A quantidade do adubo aplicada também é um fator de perda. OLIVEIRA et al. (1976), em trabalhos realizados com 3 diferentes solos integrantes da faixa de tabuleiros costeiros com cana de açúcar, estudaram a lixiviação de potássio na camada de 0-20 cm com quatro níveis de adubação, ou seja 60, 120, 180 e 240 kg/ha K_2O . Com base nos dados os autores recomendaram somente

para o caso das areias quartzosas o parcelamento com doses limites de 60 kg/ha de K₂O.

ALVARENGA (1983) observou que, embora não havendo efeito significativo na produção de milho dos tratamentos com 60, 120, 240 e 480 kg/ha K₂O em quatro métodos de aplicação faixa de 20 cm, 40 cm e a lanço houve maior aproveitamento do potássio pela cultura nas aplicações em faixas de 20 e 40 cm para todas as doses de K₂O aplicadas .

O potássio pode ser considerado perdido se atingir em torno de 90 a 100 cm de profundidade, e as quantidades variam conforme os próprios fatores que interferem nas perdas. SOUZA et al. (1979), concluíram que a perda anual de potássio para a dose de 600 kg/ha foi de 25% no período de um ano num latossolo vermelho escuro argiloso de cerrado. ESPINOZA et al. (1982) obtiveram perdas no ano de 67,5 kg/ha e 14,7 kg/ha de K₂O, respectivamente para 100 kg K₂O a lanço + 40 kg K₂O no sulco e 40 kg K₂O somente aplicado no sulco de plantio, muito embora a maior perda tenha sido compensada, no tratamento com mais K, com um diferencial de 2.540 kg/ha de milho.

2.2. NITROGÉNIO

2.2.1. Aspectos gerais

Os teores de N na matéria seca variam de 2 a 4%. É um elemento indispensável na constituição de inúmeros compostos orgânicos de importância geral dentro das plantas (aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos). As plantas superiores são as maiores contribuidoras da continua conversão do N inorgânico para o N orgânico e as mais importantes fontes inorgânicas envolvidas são o NO_3^- e NH_4^+ (MENGEL et al., 1987).

A avaliação do balanço de N na cultura de cana de açúcar, segundo RUSCHEL & VOSE (1982), é muito difícil por várias razões: o nitrogênio pode ser reciclado de raízes em decomposição de cortes anteriores; o nitrogênio pode ser originário do solo, isto é, pela própria mineralização da matéria orgânica ou de restos de folha da cana; pode ser originário do fertilizante; também pode ser de exudados das próprias raízes da planta; ser originário da própria lavagem das folhas com água da chuva, ou até mesmo da fixação biológica.

As principais formas de absorção do N pelas raízes são NO_3^- e NH_4^+ . Quase todo amônio tem de ser incorporado em compostos orgânicos nas raízes, enquanto o nitrato é móvel no xilema e pode também ser armazenado nos vacúolos das raízes e órgãos de acúmulo. O acúmulo de

nitrato nos vacúolos tem função de balanço iônico e de osmorregulador em determinados organismos. No entanto, antes de ser incorporado na estrutura orgânica da planta para cumprir sua função de nutriente, o nitrato tem que ser reduzido para amônio (MARSCHNER, 1986).

Com o advento da técnica dos isótopos naturais (^{15}N), é que se conseguiu determinar qual o aproveitamento do nitrogênio como fertilizante para as plantas e o rastreamento deste elemento no solo e na planta,

Em ensaios com ^{15}N em cana planta, BITTENCOURT et al. (1986) encontraram eficiências de utilização de 0,20% a 2,68% do N aplicado nas doses de 0, 60 e 120 kg N/ha em 10 variedades cultivadas em latossolo roxo, valores muito baixos quando comparados aos obtidos por outros autores, que estão entre 20 e 30% do total colocado no solo.

SAMPAIO & SALCEDO (1987) acompanharam a absorção do ^{15}N na variedade CO-997 em solo podzólico vermelho amarelo Álico-textura arenosa, em Pernambuco, e concluíram que a eficiência de utilização em cana planta e primeira soca foi de 39 e 47%, e na segunda e terceira soca de 27 e 32%. Nesse mesmo trabalho, os autores evidenciaram a importância do N adicionado ao solo para a cultura como fertilizante, mas a retirada de 650 kg/ha de N nos 4 ciclos, de um solo com reserva total de 4.000 kg/ha de N

(até 1 m de profundidade) aponta para um rápido esgotamento dessa reserva, a menos que outros mecanismos de reposição no solo e ou absorção pelas plantas ocorram, como o efeito residual do nitrogênio no solo e a fixação biológica do N pela planta. CHAPMAN et al. (1983), com o objetivo de estudar o efeito residual do nitrogênio em cana de açúcar, instalaram 3 ensaios com doses crescentes do nutriente durante 4 anos. Concluíram que o efeito residual não é significativo na produção de açúcar por hectare, nem no acúmulo de nitrogênio no perfil do solo até uma profundidade de 2 metros. Já a fixação biológica do nitrogênio na nutrição da cana de açúcar foi estudada por URQUIAGA et al. (1987) em diversas variedades cultivadas em vasos com nitrogênio marcado. Os resultados obtidos permitem concluir que, num solo pobre em N disponível, a contribuição da fixação biológica do nitrogênio variou de 37 a 56% do total de N acumulado pelas plantas, equivalente a 33 a 163 kg/ha de N por ano, e o efeito positivo da fixação biológica foi muito influenciado pela variedade. Muito embora a fixação biológica ainda precise de mais estudos, há que ser considerada nos estudos de nitrogênio na cana de açúcar.

2.2.2. Adubação nitrogenada

A adubação nitrogenada em cana de açúcar no Brasil vem desde 1940, quando utilizava-se principalmente o

nitrato de sódio como fonte de N e naquela época já eram registrados pequenos ganhos de produção com essa prática (RUSHEL, 1982).

Com relação às recomendações, ESPIRONELO (1989) resumiu os resultados de trabalhos publicados e não publicados e obteve as seguintes recomendações, em kg/ha de N, acompanhando a evolução da produtividade da cana de açúcar na década de 50, 15 a 30; posteriormente nas décadas de 60 e 70, 40 a 90; e, atualmente, as doses giram em torno de 50 a 100.

Mesmo a cultura da cana de açúcar retirando do solo elevadas quantidades de N, de 0,7 a 0,9 kg de N por tonelada de colmo, a cana planta de modo geral tem menor frequência de resposta a esse nutriente do que a cana soca, a qual responde a doses maiores principalmente em solos argilosos (ORLANDO, 1983).

Para conseguir aumentar a eficiência da adubação nitrogenada, o parcelamento e a época de adubação são técnicas utilizadas para diminuir as perdas e aumentar a absorção.

SAMPAIO et al. (1987), em ensaio de campo em Pernambuco, testaram o parcelamento de nitrogênio e a eficiência dos fertilizantes através do ^{15}N . Não obtiveram resposta para aplicação de nitrogênio em cana planta com ou sem parcelamento, tanto em relação à produção (130 t/ha de cana), quanto em relação ao N total absorvido (250 kg/ha).

Dos 60 kg/ha de N aplicados como uréia, 23 kg/ha foram absorvidos pelas plantas, correspondendo a 39% de utilização do N do fertilizante, mas representando menos de 10% do N total retirado pela cultura. Praticamente todo N proveniente do fertilizante foi absorvido até os 3 meses de idade.

NG KEE KWONG & DEVILLE (1987), em estudos realizados em Mauricius investigando a influência da época de aplicação de 100 kg/ha N com ^{15}N , em solo argiloso com cana de açúcar, concluiram que todo nitrogênio aplicado na época de maior crescimento da cana foi mais eficientemente absorvido e seu resíduo no solo foi menor que o da adubação realizada na época mais seca.

Outros fatores também devem ser levados em consideração quando se deseja o maior aproveitamento da fonte de nitrogênio, tais como o potencial de mineralização do solo, sua granulometria, o teor de matéria orgânica, tipo de horizontes e estrutura (MEYER et al., 1986).

2.2.3. Lixiviação do nitrogênio

O fenômeno da lixiviação é indesejável nas adubações nitrogenadas pois implica na perda do fertilizante e portanto na sua menor absorção pelas plantas. A dinâmica normalmente é estudada em relação as perdas de N-NO_3^- .

KINJO et al. (1978) estudaram a movimentação do NO₃ em colunas de terra de um latossolo após a passagem de 8 a 16 litros de água, equivalentes à metade e ao volume de poros respectivamente. Com 8 litros o nitrato acumulou-se de 50 a 70 cm de profundidade, indicando um atraso do caminhamento deste íon devido à adsorção; já com 16 litros o acúmulo foi maior de 90 a 100 cm.

A redução da lixiviação também pode ser obtida pelo parcelamento da adubação, possibilitando um aproveitamento melhor do nitrogênio, já que aplicações elevadas são mais susceptíveis à lixiviação de nitratos, que ocorre com o carreamento de cátions através do perfil do solo.

PACHECO et al. (1988), num andept da Costa Rica com plantação de café, analisaram os teores de Ca, Mg e K nas profundidades de 15, 30, 60 e 90 cm após aplicação de 300 kg/ha de N na forma de sulfato de amônio aplicado de 3 modos: parcelado em duas e três vezes com intervalos de 2 meses e sem fracionamento. Os autores concluíram que o fracionamento da fertilização nitrogenada induziu perdas menores de NO₃, Ca, Mg e K, e o fertilizante aplicado influiu diferencialmente no movimento de cátions, na seguinte ordem: Mg > Ca > K.

Muito embora considerar-se a lixiviação sob aspectos de perdas, o arraste de bases para horizontes

inferiores é de certa forma benéfico para as plantas pois permite o aprofundamento do sistema radicular e consequentemente a planta sofrerá menos por déficits hídricos.

A extensão pela qual a acidez do subsolo pode ser melhorada pela aplicação de calcário analisada em conjunto com acidez residual de nitrogênio, foi estudada em solo podzólico vermelho amarelo e num latossolo em Porto Rico. O uso de altas doses de nitrogênio causaram apreciáveis níveis de lixiviação de bases no perfil, que aumentaram com aumento das doses de calcário. O cálcio e o magnésio que moveram-se da superfície para profundidades de 15 a 60 cm foram equivalentes a 14,75 t de CaCO₃ por hectare. Na profundidade de 45 a 60 cm metade das bases acumuladas estavam na forma trocável e havia apreciáveis quantidades de cálcio e sulfato de magnésio presente. A taxa de lixiviação de cálcio e magnésio também aumentou com o aumento da acidez da fonte nitrogenada (PEARSON et al. 1962).

3. MATERIAL E MÉTODOS.

3.1. Caracterização do local

Os experimentos foram instalados em áreas da Cia. Agrícola Luiz Zillo e Sobrinhos e Cia. Agrícola Zillo Lorenzetti, respectivamente nos municípios de Lençóis Paulista e Macatuba com as seguintes características:

Lençóis Paulista: Ensaio 1 (E-1)

Latitude 22°36'55" Sul

Longitude 48°48'01" Oeste

Altitude 565,735 metros

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Precipitação	269	199	154	90	114	87	15	48	91	96	159	197
Tº C MAX	30,9	31,2	30,0	28,4	25,3	24,3	25,4	26,9	27,0	29,6	30,3	29,4
MIN	19,5	19,3	17,9	16,2	13,6	10,3	10,0	11,1	13,3	16,0	17,7	18,8

I = 7 anos

Macatuba: Ensaio 2 (E-2)

Latitude 22°30'09" Sul

Longitude 48°42'45" Oeste

Altitude 530,587 metros

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Precipitação	199	189	119	89	86	54	15	44	63	96	151	234
Tº C MAX	34,0	34,9	33,6	31,7	29,4	26,4	27,1	29,1	29,8	31,9	34,0	32,4
MIN	19,8	19,8	19,1	16,9	14,2	10,7	10,3	11,7	13,9	16,5	18,0	19,5

I = 7 anos

Obs.: Os dados de temperatura e precipitação foram fornecidos por estações meteorológicas próximas aos locais do ensaio.

Os ensaios foram instalados num latossolo vermelho escuro argiloso distrófico (E-2) e em areia quartzoza (E-1).

3.2. Adubação básica

A necessidade de calagem foi calculada segundo o método de saturação por bases, elevando-se o teor inicial do solo para 60% da CTC. A recomendação da dose foi feita separadamente para as camadas de 0-20cm e 20-40cm, sendo o total de calcário aplicado a soma das doses obtidas pelo método em cada profundidade.

O calcário utilizado, subproduto da fabricação de fosfatos em Jacupiranga, tinha as seguintes características, segundo análises químicas e físicas obtidas para cada ensaio:

E-1

E-2

CaO	= 44,9%	CaO	= 42,1%
MgO	= 6,5%	MgO	= 11,3%
PRNT	= 66,8%	PRNT	= 65,7%
P ₂ O ₅ total	= 2,2%	P ₂ O ₅ total	= 0,7%

No ensaio E-1 foram aplicadas 7,0 t/ha de calcário no mês de novembro de 1988, e no ensaio E-2, em virtude do extenso período de chuvas ocorrido de meados de dezembro de 1988 a fevereiro de 1989, as 13,6 t/ha recomendadas só foram aplicadas em março de 1989.

Foi realizada fosfatagem em área total na dose de 10 kg P₂O₅ para cada 1% de argila, considerando a camada de 0-20 cm, na forma de superfosfato simples, com a finalidade de garantir um teor de F na solução do solo de 0,2 mg/l (LOPES, 1983). O superfosfato simples foi aplicado junto com o KCl na metade do experimento que recebeu a aplicação desse adubo em área total. O ensaio E-1 recebeu portanto 600 kg/ha de superfosfato simples e o ensaio E-2 recebeu 3.000 kg/ha.

Foram aplicados também para ambos os ensaios no sulco de plantio 100 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo e 50 kg/ha de FTE BR 12 (micronutrientes).

3.3. Delineamento experimental

No experimento utilizou-se um delineamento fatorial (3x2x2), em blocos ao acaso com 3 doses de

potássio (KCl com 60% de K₂O), 2 doses de nitrogênio na forma de nitrato de amônio (NH₄NO₃ com 33,5% de N) e dois métodos de aplicação; cada tratamento foi instalado com duas repetições (Tabela 1).

Cada área experimental foi dividida em duas partes. Uma delas não recebeu correção com potássio; na outra foram incorporados 100 kg/ha de K₂O em área total.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos

Nº	DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS		
	NITROGENIO SULCO COBERTURA	kg/ha	POTASSIO SULCO COBERTURA
1	75	--	50
2	75	--	25
3	75	--	150
4	75	--	75
5	75	--	250
6	75	--	125
7	37,5	37,5	50
8	37,5	37,5	25
9	37,5	37,5	150
10	37,5	37,5	75
11	37,5	37,5	250
12	37,5	37,5	125
13	150	--	50
14	150	--	25
15	150	--	150
16	150	--	75
17	150	--	250
18	150	--	125
19	75	75	50
20	75	75	25
21	75	75	150
22	75	75	75
23	75	75	250
24	75	75	125

As doses de K₂O utilizadas foram 50, 150 e 250 kg/ha de K₂O e de nitrogênio 75 e 150 kg/ha de N. Os dois métodos de aplicação utilizados foram aplicação total no sulco e aplicação metade no sulco e metade 60 dias após plantio ao lado da linha, sendo incorporada com enxada.

Os croquis dos experimentos e a descrição dos tratamentos podem ser observados nas figuras 1 e 2.

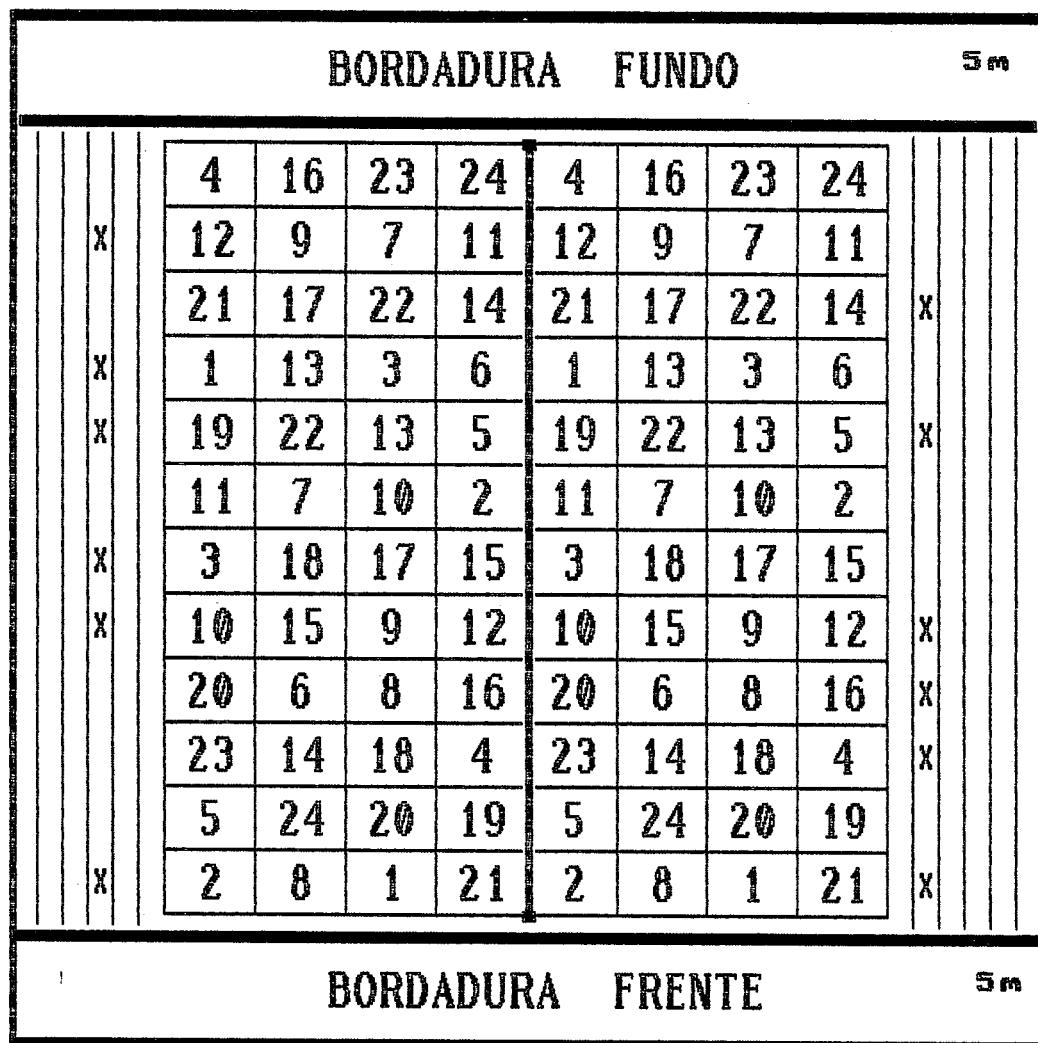


Figura 1 . Croqui do ensaio E-1, com a divisão central da área com e sem aplicação de K₂O na área total.

BORDADURA				FUNDO				5m
	R - 2		R - 2					
x	1	2	9	24				
x	19	10	17	21				
x	7	18	16	15				
x	5	23	13	6				
x	4	22	8	3				
x	11	14	20	12				
x	19	9	18	13				
x	6	24	15	3				
x	17	7	5	16				
x	12	2	21	11				
x	4	23	8	14				
x	22	20	10	1				
9 SULCOS R - 1				R - 1 5m				
BORDADURA FRENTE								

Figura 2 . Croqui do ensaio E-2, com a divisão central da área com e sem aplicação de K_2O na área total.

A análise de variância seguiu o seguinte esquema:

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL
- Blocos	1
- N	1
- K	2
- Modo de aplicação (M)	3
- N x K	2
- N x M	3
- K x M	6
- N x K x M	6
- Resíduo	23
Total	47

Dentro de cada ensaio foram analisadas separadamente os tratamentos que receberam complementação com potássio em área total, E-1 A e E-1 B (Fig. 1) e E-2 A e E-2 B (Fig. 2).

As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa de computador SANEST II.

3.4. Instalação

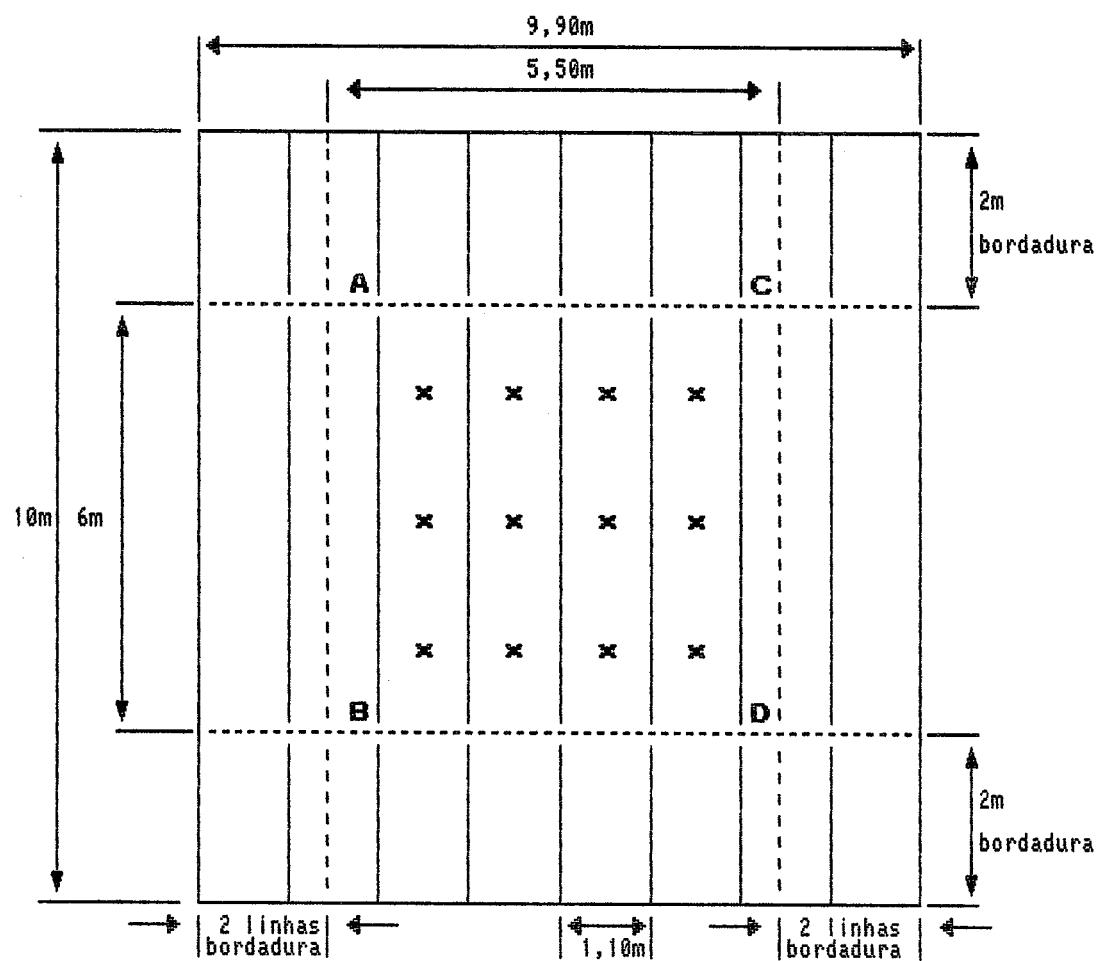
O preparo de solo em E-1 teve a seguinte sequência: eliminação mecânica de soqueira com o erradicador (modelo Copersucar), aplicação de calcário, aração com aiveca a 40 cm de profundidade, fosfatagem e potassagem na metade prevista com posterior incorporação de grade a 10 cm. Em E-2 ao invés de erradicador de soqueira utilizou-se grade aradora para eliminação da soca anterior.

As variedades escolhidas para o ensaio foram SP 71-1406 em E-1 e SP 71-6163 em E-2 que segundo COPERSUCAR (1989) são variedades de alta produção de açúcar por hectare. As mudas tinham 10 meses de idade e para manter um número uniforme em todas as parcelas, as gemas foram contadas mantendo-se a distribuição de 15 unidades por metro de sulco. Após a colocação no sulco os colmos foram picados em toletes de 3 gemas e aplicaram-se 0,8 kg/ha de heptacloro e 4 kg/ha de carbofuran para controlar a interferência de cupins e nematóides, respectivamente. A sulcação foi realizada com sulcador convencional de 3 linhas a uma profundidade de 30 cm. Finalizada a distribuição das mudas e insumos o sulco foi fechado com enxada, cobrindo-se as mudas. O plantio em E-1 foi realizado dia 06/01/89 e em E-2 dia 28/03/89. Durante todo o ensaio as parcelas foram conduzidas na ausência total de ervas daninhas.

A parcela experimental constitui-se de 9

sulcos de 1,10 m, com um comprimento de 10 metros, totalizando 99 m² por parcela (Fig. 3). A área efetiva de cada parcela para condução do experimento foi considerada a partir da segunda linha divisória e dois metros do início e fim de cada parcela, ficando portanto 5 linhas x 6 metros centrais para amostragem de folha, reamostragem do solo e produtividade (Fig. 3). As bordaduras de E-1 e E-2 apenas não receberam adubações nitrogenada e potássica, com a finalidade de um comparativo para análises de solo e foliar, mantendo-se constante todos os demais fatores.

Os dados de precipitação foram coletados após cada chuva através de pluviômetros localizados no local do ensaio correspondendo ao período da instalação até a colheita.



ABCD Área efetiva

x - Pontos de amostragem de solo a 20 cm da linha para compor uma amostra composta

Figura 3 - Descrição da parcela e parcela efetiva

3.5. Análises químicas.

3.5.1. Análise foliar.

Foi feita uma amostragem em cada parcela nos dois ensaios; sendo E-1 amostrada em maio/89 (4 meses após plantio), e E-2 em dezembro/89 (9 meses após plantio).

Foram utilizadas para amostragem somente a área útil conforme fig. 3. Nessas 5 linhas centrais coletaram-se 10 folhas +3 por linha apenas dos colmos primários, totalizando 50 folhas por parcela. As folhas foram coletadas sem bainha, levando-se para análise os 20 cm medianos. Nas bordaduras foram retiradas de cada lado do ensaio 50 folhas, mantendo a amostragem na mesma linha.

As folhas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório da Açucareira Zillo Lorenzetti S.A., onde procederam-se as determinações segundo BATAGLIA et al. (1983).

3.5.2. Análises químicas e físicas do solo

As análises foram realizadas pelo laboratório da Açucareira Zillo Lorenzetti S.A.; os métodos químicos estão conforme RAIJ et al. (1987); e a análise granulométrica foi realizada segundo o método da pipeta.

As amostras em pré plantio foram retiradas de 20 em 20 cm até a profundidade de 80 cm com trado tipo

holandes. A cada tradagem as amostras foram raspadas cuidadosamente com espátula, retirando-se a parte superior e inferior para evitar contaminação entre camadas. Foram coletadas 15 amostras simples por parcela em outubro de 1988 em E-1 e E-2.

As reamostragens foram feitas segundo os mesmos cuidados no pré plantio, porém somente reamostrou-se a área efetiva levada em consideração na fig. 3 (15 pontos a 20 cm das linhas de cana). A reamostragem foi executada em agosto de 1989 no E-1 e em novembro no E-2. As amostras da bordadura (sem adubação N e K) foram retiradas nos dois lados do ensaio, totalizando 30 amostras simples a 20 cm, sendo metade de cada lado, acompanhando a mesma linha (fig 1 e 2).

No mesmo dia de coleta foram separadas subamostras dos tratamentos com 150 kg/ha de K_2O , com e sem complementação em área total, deixando-se secar ao ar e enviando ao laboratório do Instituto Agronômico de Campinas para análise de NO_3^- .

3.5.3. Análise de Pol

Antes da queima e colheita foram retirados colmos de cana segundo COPERSUCAR (1981) em cada parcela, na área efetiva de amostragem, determinando-se os parâmetros de Pol tecnológicos da matéria prima segundo FERNANDES (1986).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da adubação N K na produtividade agrícola.

As produções do ensaio E-1, apresentados nas tabelas 2 e 3, respectivamente para área sem e com adubação corretiva de potássio, não apresentaram respostas a doses de nitrogênio, conforme análise de variância (tabelas 4 e 5).

Tabela 02 - Produções médias de cana de açúcar no ensaio E-1, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

N kg/ha	K ₂ O modo		K ₂ O (kg/ha)		
			50	150	250
75	S	S	138,0	156,5	150,7
75	S	S+C	134,8	151,4	156,2
75	S+C	S	137,8	144,3	151,3
75	S+C	S+C	134,2	147,3	157,8
150	S	S	132,9	144,9	151,3
150	S	S+C	135,3	150,7	140,7
150	S+C	S	144,9	156,8	146,0
150	S+C	S+C	147,1	143,1	141,3

S - Sulco C - Cobertura

Tabela 03 - Produções médias de cana de açúcar no ensaio E-1, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

N kg/ha	modo	K ₂ O modo	K ₂ O (kg/ha)		
			50	150	250
75	S	S	143,7	153,8	160,0
75	S	S+C	154,2	153,4	159,1
75	S+C	S	148,2	151,0	157,1
75	S+C	S+C	150,6	155,3	151,1
150	S	S	154,2	152,6	155,8
150	S	S+C	155,1	164,2	157,1
150	S+C	S	145,4	155,2	152,1
150	S+C	S+C	149,1	152,9	160,9

S - Sulco C - Cobertura

Tabela 04 - Análise de variância das produções de cana de açúcar (t/ha), no ensaio E-1, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	27.6184729			
N	1	98.4700739	98.4700739	1.2077	0.27874
NCOB	1	0.0247516	0.0247516	0.0003	0.98362
K	2	1088.3214025	544.1607013	6.6739	0.00374
KCOB	1	3.7575852	3.7575852	0.0461	0.82563
N*NCOB	1	202.3354500	202.3354500	2.4815	0.12024
N*K	2	232.1791138	116.0895569	1.4238	0.25307
K*KCO	2	40.8940043	20.4470022	0.2508	0.78252
RESIDUO	36	2935.2932320	81.5359231		
TOTAL	47	4628.8940862			
MÉDIA GERAL	=	146.083500			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	6.181 %			

Tabela 05 - Análise de variância das produções de cana de açúcar (t/ha), no ensaio E-1, com aplicação de 100 kg/ha K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	134.0342745			
N	1	24.1258720	24.1258720	0.8512	0.63478
NCOB	1	98.6421263	98.6421263	3.4803	0.06700
K	2	370.1965604	185.0982802	6.5306	0.00411
KCOB	1	95.7392331	95.7392331	3.3779	0.07099
N*NCO	1	12.8650742	12.8650742	0.4539	0.51163
N*K	2	20.9352582	10.4676291	0.3693	0.69889
K*KCO	2	27.1546822	13.5773411	0.4790	0.62877
RESIDUO	36	1020.3525691	28.3431269		
TOTAL	47	1804.0456501			
MÉDIA GERAL	=	153.820600			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	3.461 %			

Sendo cana de 18 meses, os resultados concordam com os dados de literatura pois, segundo RUSCHEL & VOSE (1982), o preparo da terra que antecede o plantio induz alta taxa de mineralização da matéria orgânica, liberando parte do nitrogênio do solo para as plantas. Além disso solos arenosos apresentam no geral menor frequência de respostas a esse nutriente, mesmo com a grande quantidade de N absorvido pela planta da ordem de 0,7 a 0,9 Kg de N por tonelada de colmo (ORLANDO, 1983).

O parcelamento da adubação nitrogenada também não atingiu significância (Tabelas 4 e 5), mesmo tratando-se de um solo com baixa CTC, baixa capacidade de

retenção de água e o adubo aplicado em período de grande incidência de chuvas. Resultados semelhantes foram obtidos por SAMPAIO et al. (1984) em resposta ao parcelamento para cana planta em Pernambuco. Todo o nitrogênio aplicado na época de maior crescimento vegetativo da planta pode ter sido mais eficientemente absorvido do que com parcelamento; resultados obtidos por NG KEE KWONG et al. (1987), confirmam uma absorção mais eficiente quando o N foi aplicado em época de maior crescimento vegetativo da cana. SAMPAIO et al. (1984) observaram em ensaios com ^{15}N , que todo N proveniente do fertilizante em cana planta praticamente havia sido absorvido até os 3 meses de idade.

Na Tabela 6, referente as produtividades obtidas em E-2 sem potássio na área total, obteve-se resultado significativo conforme análise de variância da Tabela 7, para doses de nitrogênio na dose de 50 kg/ha de K_2O . Esse efeito é mostrado na Tabela 8.

Tabela 06 - Produções médias de cana de açúcar, no ensaio E-2, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

N kg/ha modo	K ₂ O modo	K ₂ O (kg/ha)		
		50	150	250
75 S	S	164,2	180,9	168,4
75 S	S+C	161,5	171,2	171,2
75 S+C	S	156,9	166,8	171,2
75 S+C	S+C	162,6	164,8	176,1
150 S	S	176,4	167,4	171,5
150 S	S+C	170,7	174,6	174,9
150 S+C	S	167,6	169,0	175,0
150 S+C	S+C	166,5	170,3	168,5

S - Sulco C - Cobertura

Tabela 07 - Análise de variância das produções de cana de açúcar (t/ha), no ensaio E-2, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	4.0833689			
N	1	94.6406448	94.6406448	2.8859	0.09434
NCOB	1	99.7632805	99.7632805	3.0421	0.08609
K	2	319.0084653	159.5042327	4.8639	0.01333
KCOB	1	0.0133329	0.0133329	0.0004	0.98175
N*NCOB	1	1.0799945	1.0799945	0.0329	0.85117
N*K	2	230.6256144	115.3128072	3.5163	0.03918
K*KCO	2	20.6804003	10.3402001	0.3153	0.73591
RESIDUO	36	1180.5775146	32.7938199		
TOTAL	47	1950.4726164			
MÉDIA GERAL	=	169.412500			
COEFICIENTE DE VARIACAO	=	3.380 %			

Tabela 08 - Produções médias de cana de açúcar, para duas doses de N em presença de 50 kg/ha de K₂O, no ensaio E-1, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

Dose N (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t/ha)	1%
75	8	161,32	A
150	8	170,32	B

- Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
- DMS 1% TUKEY = 7,79 t/ha.

A medida que aumentou-se a dose de K₂O nos tratamentos esse mesmo efeito não ocorreu, como pode ser observado na Tabela 6, mas constatamos a significância da interação dos dois nutrientes conforme Tabela 7, concordando com as observações de SILVEIRA et al. (1987).

A Tabela 9 mostra as produtividades obtidas em E-2 com potássio em área total e neste caso obtivemos resposta significativa para doses de nitrogênio conforme análise de variância da Tabela 10. Pelo teste de médias de Tukey há significância ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11).

Tabela 09 - Produções médias de cana de açúcar, no ensaio E-2, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

N kg/ha	K ₂ O modo	modo	K ₂ O (kg/ha)		
			50	150	250
75	S	S	161,1	172,9	165,6
75	S	S+C	170,5	168,7	174,1
75	S+C	S	174,0	155,7	168,7
75	S+C	S+C	184,7	174,1	161,4
150	S	S	177,9	175,7	176,6
150	S	S+C	170,4	171,2	172,7
150	S+C	S	177,8	176,7	176,1
150	S+C	S+C	174,7	171,1	177,8

S - Sulco C - Cobertura

Tabela 10 - Análise de variância das produções de cana de açúcar (t/ha), no ensaio E-2, com aplicação 100 Kg/ha K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB. > F
BLOCO	1	144.5603248			
N	1	375.7602254	375.7602254	4.3647	0.04138
NCOB	1	19.6352044	19.6352044	0.2281	0.64089
K	2	83.8054271	41.9027136	0.4867	0.62409
KCOB	1	13.1251988	13.1251988	0.1525	0.70033
N*NCOB	1	1.3668719	1.3668719	0.0159	0.89592
N*K	2	64.6929807	32.3464903	0.3757	0.69461
K*KCO	2	14.0654318	7.0327159	0.0817	0.92123
RESIDUO	36	3099.2331182	86.0898088		
TOTAL	47	3816.2447831			
MÉDIA GERAL	=	172.110400			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	5.391 %			

Tabela 11 - Produções médias de cana de açúcar, para duas doses de N, no ensaio E-2, com aplicação de 100 kg/ha K₂O em área total.

Dose N (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t/ha)	5%
75	24	169,31	A
150	24	174,91	B

- Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
- DMS 5% TUKEY = 5,44 t/ha.

Conforme ORLANDO (1983), resultados significativos para doses de nitrogênio são mais frequentemente obtidos em solos argilosos.

Neste ensaio, não ocorreu resposta significativa para o parcelamento de nitrogênio.

No E-1 obteve-se resposta significativa a doses de potássio, tanto na área sem a complementação de 100 kg/ha de K₂O em área total, como na área que recebeu complementação (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Os desdobramentos dos efeitos do potássio são mostrados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 - Produções médias de cana de açúcar para três doses de K, no ensaio E-1 sem aplicação de 100 Kg/ha de K₂O em área total.

Dose K ₂ O (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t/ha)	1%
50	16	139,35	A
150	16	149,38	B
250	16	149,51	B

- Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
- DMS 1% TUKEY = 7,09 t/ha.

Tabela 13 - Produções médias de cana de açúcar, para três doses de K, no ensaio E-1, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

Dose K ₂ O (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t/ha)	5%	1%
50	16	150,04	a	A
150	16	154,79	b	A
250	16	156,63	b	B

- Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
- DMS 1% TUKEY = 5,86 t/ha.
- DMS 5% TUKEY = 4,60 t/ha.

As respostas significativas obtidas para as doses de potássio confirmam as observações de KORNDORFER (1990). E, mesmo com a complementação em área total, também obteve-se respostas ao nutriente pela baixo teor de K disponível no solo e, provavelmente, por um melhor

aproveitamento da combinação lanço e sulco, conforme MIELNICZUK (1980).

Neste caso, se utilizássemos a tabela de recomendação de adubação segundo COPERSUCAR (1992), a dose recomendada de 140 kg/ha de K₂O para teores menores que 0,08 meq/100 cm³ na camada arável, seria menor que a dose de maior resposta.

Em nenhuma área obteve-se resposta significativa ao parcelamento (Tabelas 4 e 5, análise de variância), o que está de acordo com os resultados obtidos por ALBUQUERQUE et al. (1982) e na maior parte dos ensaios realizados por PENNA et al. (1987).

Para E-2 obter-se resposta significativa para as doses de potássio apenas na área sem complementação com K₂O em área total, conforme demonstrado no quadro de análise de variância, Tabela 7. Os desdobramentos desse efeito, estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Produções médias de cana de açúcar, para três doses de K, no ensaio E-2, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

Dose K ₂ O (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t/ha)	5%
50	16	165,82	A
150	16	170,64	A
250	16	171,82	B

- Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
- DMS 5% TUKEY = 4,95 t/ha.

Houve aumento da produtividade até próximo da dose de 150 kg/ha, assim como ocorreu no E-1 com e sem complementação.

Como neste solo o teor inicial da camada arável de K era de 0,12 meq/100 cm³, a recomendação segundo COPERSUCAR (1992) para teores entre 0,09 meq/100 cm³ e 0,15 meq/100 cm³ é 110 kg/ha de K₂O bem abaixo da dose de maior resposta obtida.

Confirmando o relatado anteriormente na revisão da literatura, também podemos constatar a interação N x K para produtividades médias de potássio, para as duas doses de nitrogênio (Tabela 15).

Tabela 15 - Produções médias de cana de açúcar, para três doses de K em presença de 75 e 150 Kg/ha de N, no ensaio E-2, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

Dose K ₂ O (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t/ha)	5%	1%
75 e 150 Kg/ha de N				
50	16	165,82	A	a
150	16	170,64	B	b
250	16	171,77	B	a
75 Kg/ha de N				
50	8	161,32	A	a
150	8	170,92	A	a
250	8	171,77	B	b
150 Kg/ha de N				
50	8	170,32	A	a
150	8	170,36	A	a
250	8	171,76	A	a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
 DMS 75 e 150 kg/ha de N 75 kg/ha de N 150 kg/ha de N
 1% TUKEY 6,30 t/ha 8,92 t/ha 8,92 t/ha
 5% TUKEY 4,95 t/ha 7,00 t/ha 7,00 t/ha

A medida que aumentamos a dose de nitrogênio, houve um aumento de produtividade na dose mais baixa de potássio.

Na subdivisão do ensaio que recebeu potássio em área total, não houve resposta significativa para doses de potássio conforme análise de variância da Tabela 10.

4.2. Efeito da adubação N K na produção de açúcar.

Não houve efeito significativo em nenhum dos ensaios na POL cana por nenhum dos fatores estudados (análise de variância, Tabelas 16, 17, 18 e 19), resultados que concordam com KORNDORFER (1990), no caso do potássio. Segundo o autor, o potássio aumenta a produtividade e consequentemente o açúcar produzido por área. No E-1 a produção de açúcar aumentou significativamente com a dose de potássio (análise de variância Tabelas 20 e 21), mas a POL não foi afetada.

Existem casos em que a Pol da cana pode até ser afetada negativamente isto é, área que recebem altas doses de potássio, pois há uma maior permanência da planta em estágio de crescimento vegetativo retardando o acúmulo de açúcar. Estes casos podem ser bem observados em áreas com aplicação de vinhaça nas usinas.

Tabela 16 - Análise de variância (POL cana), no ensaio E-1, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB. > F
BLOCO	1	1.3601327	1.3601327	3.6677	0.06394
N	1	0.3333330	0.3333330	0.8989	0.64553
NCOB	1	0.1452004	0.1452004	0.3915	0.54381
K	2	1.5484291	0.7742145	2.0878	0.14345
KCOB	1	0.0114083	0.0114083	0.0308	0.85632
N*NCO	1	0.0154082	0.0154082	0.0415	0.83429
N*K	2	0.1049292	0.0524646	0.1415	0.86883
N*KCO	1	0.1976333	0.1976333	0.5329	0.52133
NCO*K	2	0.4741629	0.2370815	0.6393	0.54049
NCO*KCO	1	0.0008333	0.0008333	0.0022	0.96152
K*KCO	2	0.0505793	0.0252896	0.0682	0.93388
N*NCO*K	2	1.0644290	0.5322145	1.4352	0.25621
N*NCO*KCO	1	0.1850078	0.1850078	0.4989	0.50685
NCO*K*KCO	2	0.2645793	0.1322897	0.3567	0.70820
N*NCO*K*KCO	2	0.4840287	0.2420143	0.6526	0.53367
RESÍDUO	25	9.2708966	0.3708359		
TOTAL	47	15.5109910			
MÉDIA GERAL	=	14.017920			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	4.344 %			

Tabela 17 - Análise de variância (POL cana), no ensaio E-1, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em Área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	0.0682524	0.0682524	0.2916	0.60009
N	1	0.0180188	0.0180188	0.0770	0.77998
NCOB	1	0.1507520	0.1507520	0.6440	0.56466
K	2	0.6014625	0.3007313	1.2847	0.29416
KC0B	1	0.3553528	0.3553528	1.5180	0.22754
N*NCO	1	0.2566686	0.2566686	1.0964	0.30571
N*K	2	0.1858624	0.0929312	0.3970	0.68162
N*KCO	1	0.0315189	0.0315189	0.1346	0.71726
NCO*K	2	0.0132541	0.0066271	0.0283	0.97279
NCO*KCO	1	0.1291686	0.1291686	0.5518	0.52910
K*KCO	2	0.0399290	0.0199645	0.0853	0.91800
N*NCO**K	2	0.2966376	0.1483188	0.6336	0.54345
N*NCO*KCO	1	0.3120187	0.3120187	1.3329	0.25824
NCO*K*KCO	2	0.3073874	0.1536937	0.6566	0.53167
N*NCO***KCO	2	0.0075875	0.0037938	0.0162	0.98482
RESIDUO	25	5.8523088	0.2340924		
TOTAL	47	8.6261802			
MÉDIA GERAL	=	14.135630			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	3.423 %			

Tabela 18 - Análise de variância (POL cana), no ensaio E-2, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	0.0168751	0.0168751	0.0876	0.76672
N	1	0.1302084	0.1302084	0.6763	0.57622
NCOB	1	0.0352084	0.0352084	0.1829	0.65574
K	2	0.3087499	0.1543750	0.8018	0.53659
KCOB	1	0.7752082	0.7752082	4.0262	0.05299
N*NCO	1	0.0168750	0.0168750	0.0876	0.76672
N*K	2	0.6904163	0.3452082	1.7929	0.18578
N*KCO	1	0.2852086	0.2852086	1.4813	0.23325
NCO*K	2	0.2329163	0.1164582	0.6048	0.55860
NCO*KCO	1	0.5002085	0.5002085	2.5979	0.11605
K*KCO	2	0.7804169	0.3902085	2.0266	0.15128
N*NCO*K	2	0.5712495	0.2856247	1.4834	0.24520
N*NCO*KCO	1	0.0018750	0.0018750	0.0097	0.91904
NCO*K*KCO	2	0.8679170	0.4339585	2.2538	0.12429
N*NCO*K*KCO	2	0.7962501	0.3981251	2.0677	0.14596
RESIDUO	25	4.8135402	0.1925416		
TOTAL	47	10.8231234			
MÉDIA GERAL	=	15.731250			
COEFICIENTE DE VARIACAO	=	2.789 %			

Tabela 19 - Análise de variância (POL cana), no ensaio E-2, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	0.2133334	0.2133334	0.8970	0.64503
N	1	0.2133332	0.2133332	0.8970	0.64503
NCOB	1	0.0008334	0.0008334	0.0035	0.95202
K	2	0.6879168	0.3439584	1.4463	0.25362
KCOB	1	0.1200003	0.1200003	0.5046	0.50931
N*NCO	1	0.1633335	0.1633335	0.6868	0.57991
N*K	2	0.3179160	0.1589580	0.6684	0.52571
N*KCO	1	0.0074999	0.0074999	0.0315	0.85460
NCO*K	2	0.4279166	0.2139583	0.8997	0.57776
NCO**KCO	1	0.0833335	0.0833335	0.3054	0.56575
K**KCO	2	0.0487501	0.0243750	0.1025	0.90247
N*NCO**K	2	0.8629161	0.4314581	1.8142	0.18230
N*NCO**KCO	1	0.0208334	0.0208334	0.0876	0.76677
NCO**K**KCO	2	0.4004168	0.2002084	0.8419	0.55391
N*NCO**K**KCO	2	0.0654168	0.0327084	0.1375	0.87214
RESIDUO	25	5.9454186	0.2378167		
TOTAL	47	9.5791684			
MÉDIA GERAL	=	15.604170			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	3.125 %			

Tabela 20 - Análise de variância (t POL/ha), no ensaio E-1, sem 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	0.4162693			
N	1	4.0891689	4.0891689	1.9559	0.16727
NCOB	1	0.0760019	0.07600194	0.0364	0.84401
K	2	48.6568176	24.3284088	11.6364	0.00028
KCOB	1	0.5918521	0.5918521	0.2831	0.60417
N*NCO	1	1.8841688	1.8841688	0.9012	0.64902
N*K	2	9.4914505	4.7457253	2.2699	0.11612
K*KCO	2	0.3071172	0.1535586	0.0734	0.92888
RESIDUO	36	75.2657137	2.0907143		
TOTAL	47	140.7785600			
MÉDIA GERAL	=	20.426040			
COEFICIENTE DE VARIACAO	=	7.079 %			

Tabela 21 - Análise de variância (t POL/ha), no ensaio E-1, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	1.8960761			
N	1	1.1844080	1.1844080	1.4447	0.23551
NCOB	1	2.9205343	2.9205343	3.5623	0.06399
K	2	14.4081485	7.2040743	9.7070	0.00107
KCOB	1	3.9790093	3.9790093	4.8533	0.03212
N*NCO	1	2.4120300	2.4120300	2.9420	0.09127
N*K	2	1.0130171	0.5065086	0.6178	0.54946
K*KCO	2	1.0791169	0.5395585	0.6581	0.52840
RESIDUO	36	29.5147849	0.8198551		
TOTAL	47	58.4071253			
MÉDIA GERAL	=	21.718750			
COEFICIENTE DE VARIACAO	=	4.169 %			

Na área sem aplicação de potássio em área total, a produção de açúcar cresceu significativamente até 150 kg/ha de K₂O ao passo que na área com complementação as produções médias foram maiores, dentro das respectivas doses, em relação à área sem complementação, atingindo níveis de significância na maior dose de potássio (Tabela 22).

Tabela 22 - Produções médias de POL/ha, para três doses de K, no ensaio E-1, com e sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

Dose K ₂ O (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t POL/ha)	5%	1%
Sem 100 kg/ha de K ₂ O				
50	16	19,00	A	a
150	16	21,03	B	b
250	16	21,23	B	b
Com 100 kg/ha de K ₂ O				
50	16	21,03	A	a
150	16	21,74	AB	ab
250	16	22,37	B	b

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

* DMS sem 100 kg/ha de K₂O com 100 kg/ha de K₂O

1% TUKEY	1,59 t POL/ha	0,99 t POL/ha
5% TUKEY	1,25 t POL/ha	0,78 t POL/ha

O parcelamento do potássio em E-1 com complementação em área total para produção de açúcar, deu resultado significativo conforme análise de variância

(Tabela 21), concordando com os dados obtidos por ALBUQUERQUE et al. (1982) nos tabuleiros de Alagoas. As produções médias obtidas estão na Tabela 23.

Tabela 23 - Produções médias de POL/ha, para modo de aplicação com ou sem parcelamento de K, no ensaio E-1 com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

Parcelamento	Repetições (Nº)	Médias (t POL/ha)	5%
sem	24	21,43	A
com	24	22,01	B

- Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
- DMS TUKEY 5% = 0,53 t POL/ha.

No E-1 não houve resposta significativa ao nitrogênio quanto à produção de açúcar.

No E-2 na área sem complementação com K₂O em área total, o efeito significativo para produção de açúcar ocorreu pela interação N x K conforme análise de variância (Tabela 24) e valores médios das Tabelas 25 e 26.

Tabela 24 - Análise de variância (t POL/ha), no ensaio E-2, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	0.0533334			
N	1	1.0208328	1.0208328	0.8600	0.63733
NCOB	1	1.9200002	1.9200002	1.6174	0.20919
K	2	4.5950000	2.2975000	1.9355	0.15734
KCOB	1	2.9008339	2.9008339	2.4437	0.12306
N*NCO	1	0.0675004	0.0675004	0.0569	0.80784
N*K	2	13.4516719	6.7258360	5.6660	0.00740
K*KCO	2	1.3066651	0.6533325	0.5504	0.58669
RESÍDUO	36	42.7341740	1.1870604		
TOTAL	47	68.0500115			
MÉDIA GERAL	=	26.675000			
COEFICIENTE DE VARIACAO	=	4.084 %			

Tabela 25 - Produções médias de POL/ha, para duas doses de N, em presença de 50 kg/ha K₂O, no ensaio E-2, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

Dose N (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t POL/ha)	1%	5%
75	8	25,37	A	a
150	8	27,10	B	b

- Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
- DMS TUKEY 5% = 0,85 t POL/ha.
- DMS TUKEY 1% = 0,63 t POL/ha

Tabela 26 - Produções médias de POL/ha, para três doses de K, na presença de 75 kg/ha de N, no ensaio E-2, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

Dose N (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t POL/ha)	5%	1%
50	8	25,37	A	a
150	8	26,92	B	ab
250	8	27,28	B	b

- Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
- DMS TUKEY 1% = 1,20 t POL/ha.
- DMS TUKEY 5% = 0,94 t POL/ha

Da mesma forma que ocorreu na produtividade de cana, a produção de açúcar seguiu a mesma tendência, aumentando a dose de nitrogênio houve um aumento da produção de açúcar na dose mais baixa de potássio. Não ocorreu diferença para doses de potássio na dose mais alta de N e também não houve diferença para doses de N a partir da dose de 150 kg/ha K₂O.

Na área que recebeu potássio em área total, houve resposta significativa para produção de açúcar apenas para doses de nitrogênio, conforme a análise de variância (Tabela 27). As produções médias estão na Tabela 28.

Tabela 27 - Análise de variância (t POL/ha) no ensaio E-2 com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	1.1408332			
N	1	14.0833313	14.0833313	5.1631	0.02747
NCOB	1	0.4799995	0.4799995	0.1760	0.68043
K	2	0.0112501	0.0056250	0.0021	0.99796
KCOB	1	1.4008342	1.4008342	0.5136	0.51502
N*NCOB	1	0.8008321	0.8008321	0.2936	0.59761
N*K	2	2.7254169	1.3627084	0.4996	0.61637
K*KCOB	2	0.9129171	0.4564585	0.1673	0.84731
RESIDUO	36	98.1970671	2.7276963		
TOTAL	47	119.7524814			
MÉDIA GERAL	=	26.862500			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	6.148 %			

Tabela 28 - Produções médias de POL/ha, para duas doses de N, no ensaio E-2, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

Dose N (kg/ha)	Repetições (Nº)	Médias (t POL/ha)	5%
50	24	26,32	A
150	24	27,40	B

- Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.
- DMS TUKEY 5% = 0,97 t POL/ha

Esses resultados mostram que o aumento da produção de açúcar foi o resultado do acréscimo de

produtividade, confirmando observações feitas por ORLANDO (1983).

4.3. Nitrogênio e potássio nas folhas.

No E-1, os teores foliares de N e K nas amostras da variedade SP 71-1406 utilizada no presente trabalho, estão apresentados nas Tabelas 29 e 30 para a área com e sem complementação de K.

Tabela 29 - Teores foliares de N e K, do ensaio E-1, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

N kg/ha modo	K ₂ O modo		K ₂ O (kg/ha)		
			50	150 (N%)	250 (K%)
75 S	S		2,31 1,17	2,28 1,35	2,34 1,39
75 S	S+C		2,41 1,27	2,36 1,30	2,34 1,39
75 S+C	S		2,33 1,17	2,30 1,30	2,32 1,44
75 S+C	S+C		2,46 1,35	2,33 1,48	2,30 1,44
150 S	S		2,14 1,17	2,32 1,35	2,23 1,45
150 S	S+C		2,28 1,26	2,10 1,21	2,23 1,57
150 S+C	S		2,25 1,17	2,31 1,39	2,35 1,39
150 S+C	S+C		2,32 1,35	2,35 1,44	2,34 1,53

S - Sulco C - Cobertura

Tabela 30 - Teores foliares de N e K, do ensaio E-1, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

N kg/ha	modo	K ₂ O modo	K ₂ O (kg/ha)		
			50	150 (N%)	250 (K%)
75	S	S	2,26 1,21	2,28 1,39	2,29 1,48
75	S	S+C	2,37 1,30	2,30 1,48	2,36 1,53
75	S+C	S	2,25 1,30	2,29 1,39	2,25 1,48
75	S+C	S+C	2,34 1,48	2,23 1,53	2,39 1,66
150	S	S	2,17 1,26	2,23 1,53	2,21 1,53
150	S	S+C	2,34 1,39	2,22 1,44	2,34 1,57
150	S+C	S	2,32 1,39	2,33 1,44	2,19 1,44
150	S+C	S+C	2,25 1,39	2,24 1,44	2,29 1,53

S - Sulco C - Cobertura

Em ambos os casos com ou sem complementação os teores foliares de nitrogênio não apresentaram variação significativa, porém as análises feitas do potássio apresentaram efeito significativo para dose e parcelamento de potássio, conforme a análise de variância (Tabela 31 e 32), concordando com ESPIRONELLO (1986), que constatou dentre os nutrientes somente o potássio com correlação positiva entre o teor na folha e produção.

Tabela 31 - Análise de variância dos teores de K nas folhas
no ensaio E-1, sem aplicação de 100 kg/ha de
total. K_2O em área

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	0.0000750	0.0000750	0.0057	0.93847
N	1	0.0036750	0.0036750	0.2798	0.60743
NCOB	1	0.0270750	0.0270750	2.0613	0.16031
K	2	0.3602626	0.1801313	13.7137	0.00022
KCOB	1	0.0616333	0.0616333	4.6922	0.03787
N*NCO	1	0.0000750	0.0000750	0.0057	0.93847
N*K	2	0.0151125	0.0075562	0.5753	0.57467
N*KCO	1	0.0001333	0.0001333	0.0102	0.91730
NCO*K	2	0.0207375	0.0103687	0.7894	0.53111
NCO*KCO	1	0.0280333	0.0280333	2.1342	0.15324
K*KCO	2	0.0313542	0.0156771	1.1935	0.32012
N*NCO*K	2	0.0126375	0.0063188	0.4811	0.62902
N*NCO*KCO	1	0.0001333	0.0001333	0.0102	0.91730
NCO*K*KCO	2	0.0206292	0.0103146	0.7853	0.52928
N*NCO*K*KCO	2	0.0003792	0.0001896	0.0144	0.98656
RESIDUO	25	0.3283792	0.0131352		
TOTAL	47	0.9103252			
MÉDIA GERAL	=	1.348750			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	8.497 %			

Tabela 32 - Análise de variância dos teores de K nas folhas
no ensaio E-1, com aplicação de 100 kg/ha de
K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	0.0168750	0.0168750	2.3452	0.13479
N	1	0.0027000	0.0027000	0.3752	0.55233
NCOB	1	0.0060750	0.0060750	0.8443	0.63004
K	2	0.3169125	0.1584562	22.0216	0.00003
KC0B	1	0.0546750	0.0546750	7.5985	0.01042
N*NCO	1	0.0168750	0.0168750	2.3452	0.13479
N*K	2	0.0124875	0.0062437	0.8677	0.56474
N*KC0	1	0.0168750	0.0168750	2.3452	0.13479
NCO*K	2	0.0192375	0.0096188	1.3368	0.28037
NCO*KC0	1	0.0027000	0.0027000	0.3752	0.55233
K*KC0	2	0.0070875	0.0035438	0.4925	0.62216
N*NCO*K	2	0.0064125	0.0032062	0.4456	0.65073
N*NCO*KC0	1	0.0027000	0.0027000	0.3752	0.55233
NCO*K*KC0	2	0.0145125	0.0072562	1.0084	0.38086
N*NCO*K*KC0	2	0.0043875	0.0021938	0.3049	0.74387
RESIDUO	25	0.1798875	0.0071955		
TOTAL	47	0.6803999			
MÉDIA GERAL	=	1.440000			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	5.891 %			

No E-2 os teores foliares de N e K são de uma variedade diferente, SP 71-6163 e os teores obtidos estão apresentados nas Tabelas 33 e 34.

Tabela 33 - Teores foliares N e K₂O do ensaio E-2, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

N kg/ha	modo	K ₂ O modo	K ₂ O (kg/ha)		
			50	150 (N%)	250 (K%)
75	S	S	1,80 1,00	1,84 1,12	1,82 0,97
75	S	S+C	1,84 0,96	1,83 0,90	1,85 0,87
75	S+C	S	1,79 0,70	1,83 1,31	1,86 1,07
75	S+C	S+C	1,88 0,76	1,90 1,09	1,88 1,02
150	S	S	1,94 1,05	1,87 1,21	1,81 1,21
150	S	S+C	1,86 0,87	1,88 1,21	1,84 1,31
150	S+C	S	1,82 0,85	1,89 1,11	1,84 1,31
150	S+C	S+C	1,85 0,85	1,83 1,00	1,82 1,31

S - Sulco C - Cobertura

Tabela 34 - Teores foliares de N e K do ensaio E-2, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

N kg/ha	modo	K ₂ O modo	K ₂ O (kg/ha)		
			50	150 (N%)	250 (K%)
75	S	S	1,80	1,67	1,77
			1,39	1,37	1,67
75	S	S+C	1,81	1,60	1,83
			1,22	1,32	1,52
75	S+C	S	1,72	1,75	1,75
			1,27	1,39	1,42
75	S+C	S+C	1,79	1,75	1,77
			1,02	1,37	1,52
150	S	S	1,83	1,76	1,75
			1,29	1,39	1,52
150	S	S+C	1,82	1,76	1,75
			1,29	1,37	1,62
150	S+C	S	1,77	1,65	1,69
			1,27	1,52	1,62
150	S+C	S+C	1,80	1,75	1,74
			1,22	1,37	1,52

S - Sulco C - Cobertura

A análise de variância obtida para a área sem potássio em área total (Tabela 35), está com o coeficiente de variação um pouco elevado para as avaliações consideradas, afetando a significância. Porém, na análise de variância da área do E-2, (Tabela 36) do solo que recebeu o potássio em área total, o coeficiente de variação foi menor e o teor de K na folha +3 é influenciado

significativamente pela dose de potássio.

Tabela 35 - Análise de variância dos teores de K nas folhas no ensaio E-1, sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	0.1064083	0.1064083	3.9021	0.05652
N	1	0.1950750	0.1950750	7.1535	0.01249
NCOB	1	0.0060750	0.0060750	0.2228	0.64568
K	2	0.6501125	0.3250562	11.9200	0.00041
KC0B	1	0.0456333	0.0456333	1.6734	0.20525
N*NCO	1	0.0270750	0.0270750	0.9929	0.67032
N*K	2	0.1880375	0.0940187	3.4477	0.04644
N*KC0	1	0.0120333	0.0120333	0.4413	0.51925
NCO*K	2	0.1512875	0.0756438	2.7739	0.08014
NCO*KC0	1	0.0012000	0.0012000	0.0440	0.82978
K*KC0	2	0.0343792	0.0171896	0.6304	0.54514
N*NCO*K	2	0.1168625	0.0584312	2.1427	0.13678
N*NCO*KC0	1	0.0021333	0.0021333	0.0782	0.77836
NCO*K*KC0	2	0.0212375	0.0106187	0.3894	0.68656
N*NCO*K*KC0	2	0.0086292	0.0043146	0.1582	0.85494
RESÍDUO	25	0.6817459	0.0272698		
TOTAL	47	2.2479249			
MÉDIA GERAL	=	1.046250			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	=	15.784 %			

Tabela 36 - Análise de variância dos teores de K nas folhas, no ensaio E-2, com aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M	VALOR F	PROB.>F
BLOCO	1	0.0494083	0.0494083	3.3434	0.07616
N	1	0.0184083	0.0184083	1.2457	0.27454
NCOB	1	0.0216750	0.0216750	1.4667	0.23556
K	2	0.7757167	0.3878583	26.2462	0.00001
KCOB	1	0.0546750	0.0546750	3.6998	0.06286
N*NCO	1	0.0200083	0.0200083	1.3540	0.25449
N*K	2	0.0008167	0.0004083	0.0276	0.97346
N*KCO	1	0.0060750	0.0060750	0.4111	0.53391
NCO*KK	2	0.0568500	0.0284250	1.9235	0.16556
NCO*KCO	1	0.0044083	0.0044083	0.2983	0.59595
K*KCO	2	0.0279500	0.0139750	0.9457	0.59582
N*NCO*KK	2	0.0046167	0.0023083	0.1562	0.85659
N*NCO*KCO	1	0.0330750	0.0330750	2.2382	0.14380
NCO*K*KCO	2	0.0068167	0.0034083	0.2306	0.79799
N*NCO*K*KCO	2	0.0240500	0.0120250	0.8137	0.54182
RESÍDUO	25	0.3694417	0.0147777		
TOTAL	47	1.4739917			
MÉDIA GERAL	=	1.392917			
COEFICIENTE DE VARIACAO	=	8.727 %			

4.4. Alterações químicas no perfil do solo.

Nos ensaios E-1 e E-2 as médias dos resultados das análises de solo, de amostras representando as áreas totais dos ensaios, obtidas em quatro profundidades, antes e após a instalação dos ensaios, são mostradas nas Tabelas 37, 38, 39 e 40.

Tabela 37 - Análise química média e teor de argila de amostras de solo do ensaio E-1 coletadas antes do plantio.

		Profundidade			
		0-20cm	20-40cm	40-60cm	60-80cm
pH	CaCl ₂	4,2	4,1	4,1	4,1
MO (%)		1,5	1,1	0,9	0,9
P	ppm	5	5	5	5
Al	meq/100cm ³	0,74	0,80	0,74	0,78
K	meq/100cm ³	0,04	0,02	0,02	0,01
Ca	meq/100cm ³	0,25	0,13	0,09	0,08
Mg	meq/100cm ³	0,12	0,07	0,05	0,05
H+Al	meq/100cm ³	3,53	2,90	2,60	2,42
SB	meq/100cm ³	0,41	0,22	0,16	0,14
CTC	meq/100cm ³	3,94	3,12	2,76	2,54
V %		10,4	7,05	5,8	5,5
Argila %		13	12,5	13	15

Tabela 38 - Análise química média de todas as parcelas do E-1 6 meses após o plantio.

		Profundidade			
		0-20cm	20-40cm	40-60cm	60-80cm
pH	CaCl ₂	4,3	4,3	3,9	3,9
MO (%)		1,4	1,1	0,8	0,7
P	ppm	15	6	3	2
Al	meq/100cm ³	0,15	0,26	0,54	0,57
K	meq/100cm ³	0,01	0,01	0,01	0,01
Ca	meq/100cm ³	1,70	1,34	0,37	0,21
Mg	meq/100cm ³	0,39	0,14	0,06	0,03
H+Al	meq/100cm ³	2,02	2,20	2,31	2,07
SB	meq/100cm ³	2,1	1,49	0,44	0,25
CTC	meq/100cm ³	4,12	3,69	2,75	2,32
V %		50,97	40,38	16	10,77

Tabela 39 - Análise química média e teor de argila de amostras de solo do ensaio E-2 coletadas antes do plantio.

		Profundidade			
		0-20cm	20-40cm	40-60cm	60-80cm
pH	CaCl ₂	3,8	3,9	3,9	4,0
MO (%)		2,4	1,9	2,0	1,5
P	ppm	11,0	8,0	4,0	3,0
Al	meq/100cm ³	1,67	1,60	1,59	1,61
K	meq/100cm ³	0,12	0,06	0,04	0,03
Ca	meq/100cm ³	0,17	0,13	0,13	0,15
Mg	meq/100cm ³	0,03	0,03	0,02	0,02
H+Al	meq/100cm ³	10,2	10,0	10,3	10,4
SB	meq/100cm ³	0,32	0,22	0,19	0,2
CTC	meq/100cm ³	10,52	10,22	10,49	10,6
V %		3,04	2,15	1,8	1,8
Argila %		56	56	58	58

Tabela 40 - Análise química média de todas as parcelas do E-2, 9 meses após o plantio.

		Profundidade			
		0-20cm	20-40cm	40-60cm	60-80cm
pH	CaCl ₂	4,6	4,1	3,9	3,9
MO (%)		2,7	2,6	2,5	2,5
P	ppm	58	25	14	19
Al	meq/100cm ³	0,34	1,40	2,12	2,14
K	meq/100cm ³	0,03	0,03	0,03	0,02
Ca	meq/100cm ³	4,65	1,86	0,84	0,75
Mg	meq/100cm ³	0,98	0,45	0,18	0,12
H+Al	meq/100cm ³	5,4	8,2	10,5	11,9
SB	meq/100cm ³	5,66	2,34	1,05	0,89
CTC	meq/100cm ³	11,06	10,54	11,55	12,79
V %		51,17	22,20	9,09	6,96

Comparando os dados de amostras coletados antes do plantio, (Tabelas 37 e 39) com os dados das amostras coletadas após o plantio, (Tabelas 38 e 40), pode-se observar uma melhora considerável na composição química após a aplicação dos insumos.

O potássio trocável, analisado em profundidade, diminuiu nos dois ensaios na média das análises de todas as parcelas em relação ao teor inicial obtido antes da instalação dos ensaios.

No E-1, para ambas as áreas com e sem complementação, obtivemos os resultados de K trocável na profundidade de 60 a 80 cm, mostrados nas Tabelas 41 e 42.

Tabela 41 - Teores de potássio na camada de 60 a 80 cm do

E-1 sem 100 kg/ha de K₂O em área total, para os diferentes tratamentos de adubação.

N kg/ha modo	K ₂ O modo	K ₂ O (kg/ha)		
		50 meq/100cm ³	150 meq/100cm ³	250 meq/100cm ³
75	S	S	0,01	0,01
75	S	S+C	0,01	0,01
75	S+C	S	0,02	0,01
75	S+C	S+C	0,01	0,01
150	S	S	0,02	0,01
150	S	S+C	0,02	0,01
150	S+C	S	0,02	0,01
150	S+C	S+C	0,02	0,02

S - Sulco C - Cobertura

Tabela 42 - Teores de potássio na camada de 60 a 80 cm do E-1 com 100 kg/ha de K₂O em área total, para os diferentes tratamentos de adubação.

N kg/ha	modo	K ₂ O modo	K ₂ O (kg/ha)		
			50	150 meq/100cm ³	250
75	S	S	0,01	0,02	0,02
75	S	S+C	0,01	0,01	0,03
75	S+C	S	0,03	0,03	0,02
75	S+C	S+C	0,02	0,02	0,02
150	S	S	0,02	0,01	0,01
150	S	S+C	0,03	0,02	0,02
150	S+C	S	0,03	0,02	0,03
150	S+C	S+C	0,04	0,03	0,02

S - Sulco C - Cobertura

Tabela 43 - Teores de potássio na camada de 60 a 80 cm do E-2 sem 100 kg/ha de K₂O em área total, para os diferentes tratamentos de adubação.

N kg/ha	modo	K ₂ O modo	K ₂ O (kg/ha)		
			50	150 meq/100cm ³	250
75	S	S	0,01	0,01	0,01
75	S	S+C	0,02	0,01	0,01
75	S+C	S	0,01	0,02	0,01
75	S+C	S+C	0,01	0,01	0,01
150	S	S	0,01	0,01	0,01
150	S	S+C	0,01	0,01	0,01
150	S+C	S	0,01	0,01	0,01
150	S+C	S+C	0,01	0,02	0,02

S - Sulco C - Cobertura

Tabela 44 - Teores de potássio na camada de 60 a 80 cm do E-1 com 100 kg/ha de K₂O em área total, para os diferentes tratamentos de adubação.

N kg/ha modo	K ₂ O modo	50	K ₂ O (kg/ha)		
			150 meq/100cm ³	250	
75	S	S	0,04	0,03	0,04
75	S	S+C	0,03	0,04	0,03
75	S+C	S	0,02	0,07	0,01
75	S+C	S+C	0,02	0,04	0,04
150	S	S	0,02	0,04	0,02
150	S	S+C	0,04	0,03	0,04
150	S+C	S	0,03	0,02	0,03
150	S+C	S+C	0,04	0,09	0,04

S - Sulco C - Cobertura

No E-1 não foi obtida nenhuma diferença para nitrito nos tratamentos analisados, em amostras retiradas da área que recebeu 150 kg/ha de K₂O. As quantidades médias no perfil de NO₃, analisado para todas as profundidades amostradas, nas duas doses de nitrogênio, corresponderam aos seguintes valores em kg/ha de N: 32,8; 30,4; 33,6; 25,6; 28,8; 30,4; 21,2; 36,8; 24; respectivamente para os seguintes tratamentos bordadura, 3, 4, 9, 10, 15, 16, 21 e 22.

Não foi possível obter-se análises de NO₃ para o ensaio E-2.

As precipitações obtidas do plantio à data de amostragem, somaram 806 mm (19/01/89 à 07/08/89) no E-1 e 671 mm (29/03/89 à 13/12/89) no ensaio E-2.

5- CONCLUSÕES

1. O aumento na quantidade de açúcar produzido por área foi reflexo do aumento na produtividade, pois não houve efeito nenhum na PDL cana.
2. As respostas de aumento de produção com nitrogênio ocorreram no solo argiloso nas parcelas do ensaio com a aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total, ao passo que no solo arenoso somente ocorreu na menor dose de potássio (50 kg/ha de K₂O) e sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.
3. As respostas de aumento de produção com o potássio ocorreram no solo argiloso somente nas parcelas sem aplicação de 100 kg/ha de K₂O em áreas total, ao passo que para o solo arenoso ocorreram tanto na área que não recebeu como na área que recebeu aplicação de 100 kg/ha de K₂O em área total.
4. A forma de aplicação parcelada do nitrogênio e potássio

não interferiu na produtividade, portanto toda a adubação pode ser realizada de uma vez no plantio.

5. Para os dois ensaios, as doses de N e K que devem ser recomendadas são em torno de 75 kg/ha de N e 150 kg/ha de K₂O aplicadas de uma vez no sulco de plantio.

6- SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS

1. Estudar a adubaçāo NxK em cana-de-açucar de ano e meio, sem o parcelamento, com doses menores de nitrogēnio e a dose máxima de potássio em 200 kg/ha de K₂O.
2. Estudar as mesmas correlações nos solos podrolizados.
3. Estudar as correlacōes de doses com o teor do potássio no caldo.
4. Nas correções de fósforo utilizar o superfosfato simples somente para suprir a cultura com enxofre, e complementar com superfosfato triplo para evitar interferências do sulfato nas perdas de potássio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALBERTS, E.E.; BURWELL, R.E. & SHUMAN, G.E. Soil nitrate nitrogen determined by coring and solution extraction techniques. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison 41: 90-2, 1977.

ALBUQUERQUE, G.A. & MARINHO, M.L. Efeitos do parcelamento e épocas de adubação da cana de açúcar em Alagoas. *Brasil Açucareiro*, Piracicaba (2): 17-23, 1982.

ALVARENGA, M.I.N. Efeito de doses e métodos de aplicação de KCl na movimentação do potássio no perfil de um latossolo roxo distrófico, fase cerrado, cultivado com milho (*Zea mays*, L.). Lavras, 1983, 159 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras).

ALVARENGA, M.I.N. & LOPES, A.S. Influência da adubação potássica no equilíbrio de cátions em latossolo roxo distrófico, fase cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 23 (4): 347-55, 1988.

BALIGAR, V. C. Potassium uptake by plants, as characterized by density, species and K/Rb ratio. *Plant and Soil*, The Hague, 85: 43-53, 1985.

BARBIERI, V.; O.S.S.BACCHI & N.A. VILLA NOVA. Estudo da densidade de plantio na produtividade da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2, Rio de Janeiro, 1981. *Anais*. Piracicaba, STAB, 1981. 247-245.

BARTHOLOMEW, W.V. El nitrógeno y la materia orgánica de los suelos. In: DROSDOFF, M. et al, Buenos Aires, 1981. *Suelos de las regiones tropicales húmedas*. Buenos Aires, Marymar, 1975. p. 81-107.

BATAGLIA, O. C.; FURLAN; A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.; FURLANI P.R.; GALLO, J.R.. *Métodos de Análise Química de Plantas*. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico 78).

BIGGAR, J.W. & NIELSEN, D.R.. Spacial variability of the leaching characteristics of a field soil. *Water Resour. Res.*, 12: 78-84, 1976.

BITTENCOURT, Y.C.; FAGANELLO, B.F.; SALATA, J.C.. Eficiência da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar

(planta), Stab. Açúcar Álcool e subprodutos, Piracicaba,
5 (1): 25-29, set-out, 1986.

BRADY, N.C.. Natureza e propriedade dos solos. 6 ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1983. 647 p..

CHAPMAN, L.S.; HOGARTH, D.M. & LEVERRINGTON, K.C. The nitrogen fertilizer carry over to succeding crops The Sugar Journal, New Orleans, 46 (5): 17-19, OCT. 1983.

CLEMENTS, H.F. Sugarcane crop logging and crop control: principles and practices. Honolulu, University Press of Hawaii, 1980. 520 p..

COLETI, J.T.; WALDER, L.A.M. & RODRIGUES, J.C.S. Estudo de espaçamento em duas variedades de cana-de-açúcar: SP70-1143 e NA56-79. In: CONGRESSO NACIONAL DE STAB, 4, Olinda, 1987. Anais. Piracicaba, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1988. p 34-37.

COPERSUCAR. Controle de cana-de-açúcar como matéria prima na fabricação do açúcar e do álcool. Piracicaba, Copersucar, 1981. 3: 1-20. (Série agronômica).

COPERSUCAR. Reunião com Diretores das Usinas Cooperadas em 10 de abril de 1987. Centro de Tecnologia Copersucar, Piracicaba, 1987, v.2.

COPERSUCAR. Estimativas de redução de custos agrícolas nas Usinas Cooperadas. Centro de Tecnologia Copersucar, Piracicaba. 1988 a (Relatório preparado para o Banco Mundial).

COPERSUCAR. Tecnologias agronômicas dominadas que implicam em potencial de elevação da produtividade agrícola ou redução de custos na produção de cana de açúcar. Centro de Tecnologia Copersucar, Piracicaba, 1988 b (Relatório preparado para o Banco Mundial).

COPERSUCAR. Proálcool: Fundamentos e Perspectivas. São Paulo, Ave Maria, 1989. 121 p.

COPERSUCAR. Alteração na recomendação de adubação para cana plnata e soca (tabela de adubação copersucar). In: COPERSUCAR. INFORMATIVO DO CTC. 69. Piracicaba, Copersucar, 1992. 2

ESPINOZA, W. & EDUARDO, A.G.R. Lixiviação de Ca, K e Mg em latossolo vermelho escuro (LE) de cerrados. Pesq. bras., Brasília; 17 (2): 229-317; 1977.

ESPIRONELO, A. Adubação da cana-de-açúcar. Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1979. 34 p. (Boletim Técnico nº 118).

ESPIRONELO, A.; GALLO, J.R.; LAVORENTI, A.; IGUE, T. & HIROCE, R. Efeitos da adubação N P K nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana soca) *Bragantia*, Campinas, 45 (2): 377-383, 1986.

ESPIRONELO, A. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. In: CALAGEM, ESTUDOS INICIAIS, NITROGENIO E POTASSIO EM CANA PLANTA, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, Piracicaba, 07 (3/4 e 5): 17-28, 1989.

FERNANDES, A.C. Qualidade tecnológica da cana de açúcar. Piracicaba, Centro de Tecnologia Copersucar, 1986. 60 p

FRANCO, C.M. & MEDINA, H.P. Arrastamento de potássio e fósforo pela água de infiltração do solo. *Bragantia*, Campinas, 19: LXXIII - LXXVI, 1960.

GASCHO, G.J. Improving the fertilizer efficiency of urea ammonium nitrate solutions by adding other nutrients. *Journal of Fertilizer Issues*, Tifton, 3(2): 62-65. 1986.

GIANELLO, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas e físicas de solo que afetam a absorção de potássio por plantas de milho. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 5:109-114 1981.

GOEDERT, W.J.; COREY, R.B. & SYERS, J.K. The effects on potassium equilibria in soils of Rio Grande do Sul, Brasil. *Soil Sci.*, Madison, 120:107-111. 1975.

GOEDERT, W.J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel; Brasilia - EMBRAPA; CPAC, 1985. 422p.

KINJO, T.; KIEHL, E.J.; PRATT, P.J. Movimento do nitrato em colunas de terra de um latossolo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 2: 106-109, 1978.

KOFOED, A.D. The potassium cycle in cropping systems. In: CONGRESS OFF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 11, Bern, 1978. *Proceedings: Potassium Research - Review and Trends*. Bern, International Potash Institute, 1979. p. 435-449.

KORNDORFER, H.G. O potássio e a qualidade da cana-de-açúcar. *Informações Agronômicas*, Piracicaba (nº 49),

01-03, março de 1990.

LOBATO, E. & RITCHIEY, K.D. Manejo do solo visando melhorar o aproveitamento da água. In: SIMPOSIO SOBRE CERRADO, 5, Brasilia, DF, 1979. *Cerrado; uso e manejo*. Brasilia, Editerre, 1980. p. 645-671.

LOPES, A.S. *Solos sob "cerrados"*. Piracicaba, Ed. Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162 p.

MALAVOLTA, E. & USHERWOOD, N.R. *Adubos e adubação potássica*. Piracicaba, Ed. Franciscana, 1978. 56p. (Boletim Técnico 3).

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola. Adubos e Adubação*. 3a.ed., São Paulo, Ceres, 1981. p 31-95.

MALAVOLTA, E. & CROCOMO, J. Funções do potássio nas plantas. In: SIMPOSIO SOBRE POTASSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. *Anais*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.95-162.

MARCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. Florida, Academia Press, 1986. 674p.

MCKENZIE, A.F.; PHILLIP, L.E.; KIRBY, P.C. Effect of added urea and potassium chloride on yields of corn over four

years and on soil potassium. *Agronomy Journal*, Madison, 80 (5): 773-777, 1988.

MENGEL, K. & VON BRUNSCHWEIG, L.C. The effect of soil moisture upon the availability potassium and its influence on the growth of young maize plants (*Zea Mays L.*). *Soil Science*, Madison, 114 (2): 142-148, 1972.

MENGEL, K. & KIRBY, E. A. *Principles of plant nutrition*. 4th. ed, Bern, International Potash Institute, 1987. 677p.

MEYER, J.H.; WOOD, R.A. & LEIBRANDT, N.B. Recent advances in determining the N requirement of sugarcane in the South African sugar industry. *The South African Sugar Technologists Association*, 60. Durban and Mount Edgecombe, Jun 16-19, 1986. Proceeding p.205.

MIELNICZUK, J. Formas de potássio em solos do Brasil. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas: 55-61. 1977.

MIELNICZUK, J. O potássio no solo. Piracicaba, Ed. Franciscana, 1980. 80p. (Boletim Técnico 2).

NG KEE KWONG, K.F. & DEVILLE J. Residual fertilizer

nitrogen as influenced by timing and nitrogen forms in a silty clay under sugarcane in Mauritius. *Fertilizer Research*, Netherlands, 14 :219 - 216. 1987.

OLIVEIRA, L. B. de & OLIVEIRA, H de F. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÉNCIA DO SOLO 15, Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciéncia do Solo, 1976 p. 89-94

ORLANDO, J. F. Nutrição e adubaçào da cana de açúcar no Brasil. Piracicaba, Planalsucar, 1983, 367 p

PACHECO, R.; GONZALEZ, M.A. & BRICENO, J.A. Efecto del fraccionamiento de la fertilizacion nitrogenada in la lixiviaçào de nitrato, potássio, cálcio y magnésio en un andept de Costa Rica. *Agronomia Costarricense*, Costa Rica, 10 (1/2): 129-139, 1988.

PADOVESE, P.P. Movimento e perdas de nitrogénio e potássio num solo com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, 1988. 119p (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP).

PEARSON, R.W.; ABRUNA, F. & VICENT-CHANDLER, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movement of

calcium and magnesium in two humid tropical soils of Puerto Rico. *Soil Sci.*, Madison, 93: 77-82, 1962.

PENNA, M.J.; CHALITA, R.; MANECHINI, C.; PENATTI, C.P.; RIBEIRO, D.L. & FERREIRA, S.G. Parcelamento no nitrogênio e potássio na adubaçāo da cana-de-açúcar. In: BOLETIM TÉCNICO COPERSUCAR 36/87. São Paulo, Copersucar, 1987 p.08.

PLOEG, R.R. Vander & BEESE, F. Model calculation for the extraction of soil water ceramic cups and plates. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 41: 466-70, 1977.

PUSHPARAJAH, H.; NG SIEW KEE & PATNARINGAM, K. Leaching losses of nitrogen, potassium and magnesium on peninsular Malasian Soil. In: CONFERENCE IN CHEMISTRY AND FERTILITY OF TROPICAL SOILS, Kuala Lumpur, Malaysia, 1977 p.121-9.

QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R. & RAIJ, B.VAN. Efeitos da aplicāo de calcário e gesso sobre a produçāo de amendoim e lixiviaçāo de bases no solo. *R. Bras. C. Solo*, Campinas, 6: 189-194, 1982.

RAIJ, B. VAN & CAMARGO, O.A. de. Influēncia das bases trocáveis na lixiviaçāo de potássio em colunas de solo.

In: ANAIS XIV CONGRESSO BRASILEIRO CIENCIA DO SOLO,
Santa Maria. 1973 p. 263-269.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P. de & SOARES, E.
Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio
de calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 6:33-37, 1982.

RAIJ, B. VAN & QUAGGIO, J.A. Disponibilidade de potássio
em solos para capim Braquiária cultivado em vasos.
Bragantia, Campinas, 43(2): 531-539, 1984.

RAIJ, B. VAN; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.;
HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, R.J.; DECHEN,
A.R.; TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem
para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto
Agronômico, 1985, 197p. (Boletim Técnico, 100).

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

RITCHIEY, K.D.; SOUZA, D.M.G. & LOBATO, E. Fótiássio em solo
de cerrado. I. Resposta à adubação potássica.
R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 3: 29-32, 1979.

RITCHIEY, K.D. O potássio nos oxisolos e ultissolos dos trópicos úmidos. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1982. 67p (Boletim Técnico nº 7).

RODRIGUES, M.B. & KIEHL, J.C. Volatilização de amônia após emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 10: 37-43, 1986.

ROTH, C.H.; PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MEYER, B. & FREDE, H.G. Efeitos das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltrabilidade de água em um latossolo roxo cultivado com cafeeiro. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 10: 163-166, 1986.

RUSCHEL, A.P. & VOSSE, P.B. Nitrogen cycling in sugarcane. *Plant and Soil*, The Hague, 67: 139-146, 1982.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, J.H. Eficiência de utilização de uréia ^{15}N em cana planta e três socas em tabuleiro costeiro de Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 4. Pernambuco, 1987, Anais. Pernambuco, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1987, p. 46-49.

SANZONOWICZ, C. & MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio

no perfil de um solo, influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubos. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 9: 45-50, 1985.

SILVA, J.E. da & RITCHIEY, K.D. Adubação potássica em solos do Cerrado. In: SIMPOSIO SOBRE POTASSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982, Anais. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982 a.

SILVA, J.E. da & RITCHIEY, K.D. Acumulação diferencial de potássio em oxisolos devido a lavagem do nutriente das plantas de milho para o solo. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 6: 183-188, 1982 b.

SILVA, J.R.T. & MEURER, E.J. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do Rio Grande do Sul em função da capacidade de troca de cátions. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 12(2): 137-42, 1988.

SILVEIRA, J.A.G. da & CROCOMO, O.J. Interação entre K x N e o crescimento de cana de açúcar (*Saccharum spp*) cultivada em solução nutritiva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FISIOLOGIA VEGETAL, 1, LONDRINA, 1987: Resumos p. 75.

SOUZA, D.M.G.; RITCHIEY, K.D.; LOBATO, E. & GOEDERT, W.J. Potássio em solo de cerrado. II. Balanço no solo.

R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 3, 33-36, 1979.

URIBE, E. & COX, F.R. Soil properties affecting the availability of potassium in highly weathered soils.

Soil Sci Soc. Am. J., Madison, 52(1): 148-152, 1988.

URQUIAGA, S.P.; BOTTEON, T.L.; LIMA, E.; BODDEY, R.M.; DOBEREINER, J. Fixação biológica de nitrogênio: uma importante fonte de nitrogênio na cultura de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 4. Pernambuco, 1987, Anais. Pernambuco. Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1987, p.64-75.

WEBER, H. Avaliação das formas de potássio utilizadas para recomendação de adubação potássica em cana-de-açúcar. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 106(3): 36-40, 1988.

YAMADA, T. Potássio: Funções na Planta, Dinâmica no Solo, Adubos e Adubação Potássica. "s.n.t.". (1988).