

CELSO D' ALBUQUERQUE TEIXEIRA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM CANA-SOCA, EM DOIS SOLOS DO
ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. D.Sc. Edelclaiton Daros

CURITIBA

2005

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso Pai;

Ao Prof. D.Sc. Edelclaiton Daros e o D.Sc. Heroldo Weber, pelas orientações conselhos e principalmente, pela compreensão;

À Prof^a. D.Sc. Lucimeris, pelo incentivo e ajuda ao ingresso no Mestrado;

Aos colegas e amigos do “Projeto Cana”, pelo agradável convívio, pelo apoio e ajuda na realização deste trabalho;

Aos demais professores e funcionários da UFPR, pela ajuda no período da Pós-Graduação;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

CELSO D'ALBUQUERQUE TEIXEIRA, filho de Alcides Barbosa Teixeira Junior e de Luizita Maria D'Albuquerque Teixeira, natural de Curitiba, capital do Estado do Paraná, nasceu aos 02 de maio de 1967.

Cursou o primeiro e o segundo grau em Curitiba, sendo conferido o grau de Engenheiro Agrônomo em 2002, pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC),

No mesmo ano (2002), foi chamado pela ONG, "Escola Tia Maria", para desenvolver trabalhos junto a alunos portadores de deficiências na área de olericultura, com ênfase em hidroponia.

Em março de 2003, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

BIOGRAFIA DO AUTOR	iii
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE ANEXOS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 NITROGÊNIO NA CANA-DE-AÇÚCAR	3
2.2 POTÁSSIO NAS PLANTAS E NA CANA-DE-AÇÚCAR	7
2.3 RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÕES NITROGENADA E POTÁSSICA	11
3 METODOLOGIA	13
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	16
4.1 NITROGÊNIO	16
4.2 POTÁSSIO	21
5 CONCLUSÃO	27
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação nos meses de janeiro a dezembro, Nova Londrina, PR.	13
FIGURA 2 - Temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação nos meses de janeiro a dezembro, Cambará, PR.	14
FIGURA 3 - Produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH) nos experimentos com doses de nitrogênio na COPAGRA, com a cultivar RB835486 em 2ª soca cultivadas em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, Nova Londrina – PR, 1999.....	17
FIGURA 4 - Produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH) nos experimentos com doses de nitrogênio na CASQUEL, com a cultivar RB72454 em 3ª soca cultivadas em solo Latossolo Vermelho, Cambará – PR, 1999.....	19
FIGURA 5 - .Produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH) nos experimentos com doses de potássio na COPAGRA, com a cultivar RB835486 em 2ª soca cultivadas em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, Nova Londrina – PR, 1999.	22
FIGURA 6 - Produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH) nos experimentos com doses de potássio na CASQUEL, com a cultivar RB72454 em 3ª soca cultivadas em solo Latossolo Vermelho, Cambará – PR, 1999.	24
FIGURA 7 - Representação gráfica das produtividades médias nos cultivares em relação aos tratamentos usados.	24

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Recomendação de adubação potássica.	11
TABELA 2 - Recomendações de adubação potássica para cana-planta e cana-soca. ..	11
TABELA 3 - Recomendação de adubação potássica para cana-planta e cana-soca na região Nordeste do Brasil, com base na análise de solo.	11
TABELA 4 - Recomendações de adubação nitrogenada para cana-de-açúcar.	12
TABELA 5 - Recomendação de adubação mineral na cana soca.....	12
TABELA 6 - Resultados das análises químicas dos solos, dos experimentos, na Destilaria CASQUEL, Cambará, PR, e Destilaria COPAGRA, Nova Londrina, PR.....	14
TABELA 7 - Doses testadas de fertilizantes utilizadas nas destilarias.....	15
TABELA 8 - Resultados obtidos nos experimentos de doses de nitrogênio, instalados em Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com RB835486 (2ª soca), na COPAGRA, Nova Londrina – PR, 1999.	16
TABELA 9 - Resultados obtidos nos experimentos de doses de nitrogênio, instalados em Latossolo Vermelho, cultivado com a RB72454 (3ªsoca), na CASQUEL, Cambará – PR, 1999.	18
TABELA 10 - Resultados obtidos nos experimentos de doses de potássio instalados em Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com a RB835486 (2ª soca), na COPAGRA, Nova Londrina – PR, 1999.	21
TABELA 11 - Resultados obtidos nos experimentos de doses de potássio instalados em Latossolo Vermelho, cultivado com a RB72454 (3ª soca), na CASQUEL, Cambará – PR, 1999.	23

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Croqui demonstrativo da unidade experimental de uma das quatro repetições feitas nos experimentos com doses de nitrogênio e potássio....	37
ANEXO 2 - Visualização da numeração dos tratamentos feitos com as doses de nitrogênio e potássio, para distribuição dos tratamentos nas parcelas experimentais.....	38
ANEXO 3 - Croqui demonstrativo da distribuição de fertilizantes de um dos experimentos com as quatro repetições e suas parcelas experimentais.....	39
ANEXO 4 - Demonstrativo da colheita dos colmos de cada parcela experimental feita nas três linhas centrais, desconsiderando as bordaduras para a colheita...	40
ANEXO 5 - Resultados de ganhos percentuais relativos as duas cultivares (RB835486 e RB72454) nos experimentos de doses de nitrogênio. 1999..	41
ANEXO 6 - Resultados de ganhos percentuais relativos as duas cultivares (RB835486 e RB72454) nos experimentos de doses de potássio. 1999.....	42
ANEXO 7 - Análise de variância dos resultados do experimento com doses de nitrogênio na COPAGRA.....	43
ANEXO 8 - Análise de variância dos resultados do experimento com doses de nitrogênio na CASQUEL.....	44
ANEXO 9 - Análise de variância dos resultados do experimento com doses de potássio na COPAGRA.....	45
ANEXO 10 - Análise de variância dos resultados do experimento com doses de potássio na CASQUEL.....	46

RESUMO

O presente projeto de pesquisa objetivou avaliar a resposta da adubação nitrogenada e potássica na cana-de-açúcar, em ciclo de cana-soca, gerando informações, até então pouco estudadas no Estado do Paraná, sobretudo tendo em vista que atualmente se pretende elevar a longevidade da cana-soca, aumentando a eficiência e diminuindo os custos do sistema de produção. O projeto foi conduzido nas localidades de Nova Londrina-PR e Cambará-PR, com clima Cfa em Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho, respectivamente. Avaliou-se, a produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH), o nº de colmos e a massa de um colmo (média de 60 colmos). O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso com quatro repetições cada. Foram analisados 2 experimentos com oito doses de nitrogênio e oito de potássio, 0 kg, 50 kg, 100 kg, 150 kg, 200 kg, 250 kg, 100 kg parcelados (50 + 50 kg.ha⁻¹ 60 dias após a colheita) e 100 kg.ha⁻¹ (60 dias após a colheita). A cana-soca responde à adubação nitrogenada na massa de um colmo e TCH nos dois cultivares estudados; A adubação potássica tem resposta na massa de um colmo para o cultivar RB835486 e na massa de um colmo e TCH no cultivar RB72454; O parcelamento das doses e a adubação tardia de N e K, não comprova ser eficiente na produtividade agrícola. A aplicação de N a partir de 50 kg.ha⁻¹ em dose única proporciona maior ganho de produtividade agrícola, independentemente do cultivar e do solo onde foi cultivado; A dose de 150 kg.ha⁻¹ proporciona resposta à adubação potássica na massa de um colmo, em Latossolo Vermelho-Amarelo, não obtendo resposta com os tratamentos em TCH. O cultivar RB72454 em Latossolo Vermelho apresenta resposta com a dose de 150 kg.ha⁻¹ na produtividade agrícola.

Palavras chaves: cana-de-açúcar; fertilizantes; nitrogênio; potássio; soqueiras.

ABSTRACT

The present project aimed to analyze nitrogen and potassium fertilization on sugarcane during the ratoon cycle. Thus generating low studied information in the state of Paraná, especially considering that ratoon sugarcane aftermath longevity, efficiency and reducing the production system costs. The project took place at Nova Londrina (PR) and Cambará (PR), which has a Cfa climate on a Red Yellow Latossol and a Red Latossol soil, respectively. The general objective was to evaluate the effect of nitrogen and potassium fertilization after the harvesting on a sugarcane ratoon crop. The following parameters evaluated were: productivity in tons per hectare (TCH), numbers of culms and mass of one culm (mean of 60 culms). The statistical design was random block with four repetitions. Two experiments were analyzed with eight different nitrogen and eight potassium doses, 0, 50, 100, 150, 200, 250 kg; 100 kg divided (50 + 50 kg.ha⁻¹ 60 days after harvesting) and 100 kg.ha⁻¹ (60 days after harvesting). The ratoon sugarcane acts in response to the nitrogen fertilization in the one culm mass and TCH in both cultivated studies. The potassium fertilization reacts also one culm mass to RB835486 cultivar and one culm mass in the of TCH to RB72454 cultivar. The proportion divided into two parts and the late N and K fertilization do not prove efficiency in the accomplishment of agricultural productivity, no matter its cultivar and soil. The proportion 150 kg.ha⁻¹ acts positive in one culm mass on Red-Yellow Latossol soil, but didn't react to TCH treatment. The RB72454 cultivar on Red Latossol soil displays a positive answer with 150 kg.ha⁻¹ proportion in the accomplishment of agricultural productivity.

Keywords: sugarcane; fertilizers; nitrogen; potassium, ratoon sugarcane.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar tem presença marcante na história do país, tendo contribuído durante séculos, de forma economicamente expressiva, como principal produto de exportação brasileira.

Atualmente o setor sucroalcooleiro constitui um segmento industrial importante, seja pelo peso relativo na pauta de exportações brasileiras, apenas o açúcar corresponde a 4% do total das exportações brasileiras, seja pelo impacto social na criação de 1,2 milhões de empregos em toda a cadeia produtiva – dados de 98/99 (Uller e Taupier, 1999).

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, responsável por 25% da produção mundial, com cerca de cinco milhões de hectares cultivados com essa cultura. A produção brasileira na safra 2002/2003 foi de 317 milhões de toneladas, com destaque para a região Centro-Sul, que produziu aproximadamente 267 milhões de toneladas, das quais 191 milhões foram produzidas no Estado de São Paulo (Alcopar, 2005). Devido ao elevado nível tecnológico, a média de produtividade da região Centro-Sul é de aproximadamente 90 t.ha⁻¹, sendo considerada alta em relação à média de outras regiões do país, responsáveis pela média nacional estar na faixa de 60-70 t.ha⁻¹ (Agrianual, 2001).

O Paraná ocupa o segundo lugar nacional em produção de cana com 333.000 ha de área plantada, ficando atrás apenas de São Paulo. O Estado do Paraná destaca-se na produtividade média da cana-de-açúcar de 85,5 t.ha⁻¹ (Alcopar, 2005). Visto que o estado possui uma grande extensão, aproximadamente 200 mil km², e sendo que a área canavieira distribuída em 136 municípios em diferentes condições climáticas, topográficas e de solos, é necessária a experimentação a nível local para dar sustentação e garantir o aumento da produção. Dentre os fatores de produção da cana-de-açúcar, a adubação, que representa até 30% do custo de produção, se destaca devido à grande produção e remoção de massa verde por área plantada necessitando a reposição de nutrientes por meio de fertilizantes.

Apesar da cana-soca revelar uma tendência para maior resposta à adubação nitrogenada e potássica, as recomendações de adubação têm sido pouco estudadas no Estado do Paraná, sobretudo levando-se em conta a necessidade de elevar a longevidade, aumentar a eficiência e diminuir os custos do sistema de produção.

Para tanto se formulou a seguinte hipótese: Se o nitrogênio e o potássio são importantes nutricionalmente e absorvido em grandes quantidades pela cana-soca, então

deverá haver uma resposta à aplicação destes nutrientes, bem como uma dose para melhor produtividade. Assim, é importante o uso de metodologias que realmente avaliem a quantidade de fertilizantes usada nesta cultura, permitindo recomendações de adubações racionais que visem aumentos de produtividade e preservem o meio ambiente.

O objetivo geral do trabalho foi avaliar a resposta da cana-soca á adubação nitrogenada e potássica em dois cultivares, em dois solos do Estado do Paraná.

O objetivo específico, foi avaliar a produtividade da cana em $t\ ha^{-1}$; quantificar o nº de colmos por metro linear e a massa de 1 colmo, por meio de oito tratamentos com doses de N e K, em única aplicação e parceladas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 NITROGÊNIO NA CANA-DE-AÇÚCAR

Apesar do Brasil ser o país de maior produção mundial de cana-de-açúcar, ainda há vários problemas a serem solucionados, pois tem-se uma produtividade média muito baixa, principalmente quando comparada com a de outros países, onde muito disto deve-se ao manejo inadequado da adubação, sendo que a adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais de maior demanda de pesquisas para esta cultura, pois os estudos sobre nitrogênio (N) apresentam resultados muito variáveis, muitas vezes até contraditórios (Orlando Filho e Rodella, 1996), dificultando uma recomendação adequada.

A necessidade da cana-de-açúcar por nitrogênio é em parte suprida pelo fornecimento do nutriente por meio de fertilizantes (Penatti e Forti, 1994), sendo que o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), recomenda a dose média de 100 kg de N.ha⁻¹ em soqueiras de cana-de-açúcar, independente de qualquer fator (Zambelo Junior e Orlando Filho, 1981). Desse modo pode-se presumir que, em diversas condições, essa recomendação de adubação nitrogenada ora é subestimada ou superestimada.

Embora a cultura da cana-de-açúcar retire do solo elevadas quantidades de nitrogênio (IAA/Planalsucar, 1983), a cana-planta normalmente não responde à adubação nitrogenada, enquanto a cana-soca apresenta maiores possibilidades de respostas positivas à essa adubação (Zambelo Junior e Orlando Filho, 1981).

A maior compactação nas soqueiras, além das condições de baixa temperatura e umidade, resulta numa menor atividade microbiana. Além disso, a decomposição de matéria orgânica (M.O.) de alta relação C/N (restos de culturas e raízes), num período de grande exigência em N pela cultura, faz com que qualquer adição de N à soqueira seja acompanhada por uma rápida resposta, em termos de crescimento e aumento de produtividade. Entretanto, nem sempre isto acontece (Anjos, 1995).

Estudos realizados no Hawaii mostraram que a cana-planta necessitou de 0,9 kg de N para cada tonelada produzida, ao passo que a cana-soca necessitou de 1,3 kg de N. Assim, a cana-soca apresenta maior resposta à adubação nitrogenada em relação à cana-planta. Dentre as possíveis causas da ausência de resposta da cana-planta à adubação

nitrogenada, ressalta-se a maior fixação biológica e a maior disponibilidade de N proporcionada pela mineralização do resíduo vegetal resultante da reforma do canavial (Carnaúba, 1990).

Espinorelo (1987) cita trabalhos em que não se encontrou resposta da cana-planta à adubação nitrogenada, sendo que a menor necessidade de nitrogênio foi encontrada em solos que já haviam sido cultivados com cana. Tal observação foi explicada pelo maior teor de matéria orgânica do solo, decorrente do acúmulo de raízes da própria cana de cultivos anteriores, associados ao maior número de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico.

Os mecanismos de resposta ao N, principalmente para a cana-planta, não estão ainda suficientemente elucidados. Inúmeros são os fatores que contribuem para a falta de resposta à adubação nitrogenada tais como: sistema radicial mais eficiente na absorção do N, isto é, o vigor do sistema radicial da cana-planta é maior do que o da soqueira; estímulo da mineralização da matéria orgânica do solo acumulada durante o período da soqueira pela mobilização do solo (aração e gradagem) por ocasião da reforma do canavial e antes do plantio (maior atividade microbiana estimulada pela maior aeração do solo); e principalmente, pela presença de microorganismos fixadores na rizosfera da cana. A fixação do N, nesse caso, deve desempenhar um papel importante na auto-suficiência em N. Embora seja amplamente aceito que, quanto mais nutridos estiverem os toletes de cana-de-açúcar na ocasião do plantio, melhor será a brotação e o desenvolvimento inicial da cana-planta, todavia, pouco se conhece a respeito da utilização das reservas acumuladas nos toletes e sua distribuição na planta (Korndörfer et al, 2002).

Carneiro et al (1995) demonstraram que a reserva de N do tolete foi fundamental no suprimento deste nutriente para a cana-planta e que 50% desta reserva foi translocada para os tecidos da cana-soca.

Segundo Costa (2001) citando Das¹ o N aumenta o comprimento dos colmos da cana-de-açúcar, o que provoca redução na espessura da parede celular, podendo levar à redução na porcentagem de fibras na planta. Existem relatos de que ocorre aumento linear na quantidade de açúcar produzida por hectare com as doses de N, apesar de resultar, também, em elevação no teor de umidade de colmos, levando à redução no teor de sacarose (Korndörfer e Martins, 1992).

Segundo Carnaúba (1990), a fixação biológica do nitrogênio em cana-de-açúcar pode ser influenciada por fatores genéticos e climáticos. Experimentos com diferentes variedades de cana-de-açúcar têm mostrado que sempre há algumas mais aptas que outras em desempenhar este processo. Porém, há um consenso entre uma grande parte dos

¹ DAS, U. R. Nitrogen nutrition of sugarcane. **Plant Physiology**. V.5, n.11, p. 251-317, 1936.

pesquisadores de que a quantidade de N extraído pela cultura é em função da variedade, do solo e do estágio de desenvolvimento da cultura (Orlando Filho e Rodella, 1996).

Diversos trabalhos na literatura mostram a importância do N na cultura da cana-de-açúcar. Mesmo estando em apenas 1% da massa seca total da cana-de-açúcar, havendo deficiência de N a planta apresenta redução na síntese de clorofila, de aminoácidos essenciais e da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos (Malavolta e Haag, 1964; Epstein, 1975 e Silveira, 1980).

Elevando-se o teor de N, a cana-de-açúcar responde produzindo mais fitomassa, e o aumento no conteúdo desse nutriente nas folhas e entrenós está correlacionado com o aumento de seu conteúdo no solo (Costa, 2001). No quarto mês do ciclo, as quantidades de N extraídas do solo por colmos e folhas já são elevadas, sugerindo a necessidade de adição de N no solo logo no início do ciclo de produção (Orlando Filho et al., 1980).

Segundo Stevenson (1982), da totalidade de nitrogênio encontrado na camada superficial da maioria dos solos, 90% está combinado organicamente e o restante é o nitrogênio inorgânico que pode ser aproveitado pelas plantas. Nem sempre o N aplicado ao solo será totalmente absorvido pelas plantas. Parte dele poderá ser imobilizado por microorganismos, ou ainda, ser perdida do sistema solo por diversos mecanismos (Costa, 2001). Como importante meio de perda do N aplicado, tem-se a forma gasosa, ou seja, NH_3 , N_2 , N_2O e NO .

Holtan-Hartwig e Bockman (1994), diz que o N assimilado pelos vegetais pode, em parte, perder-se tanto pelas raízes, por exsudação, como pela parte aérea, por volatilização, principalmente na forma de amônia, por lixiviação de compostos solúveis na água das chuvas, ou mesmo por gutação, o que acarreta subestimativas nas determinações da sua utilização de fertilizantes (^{15}N), feitas na maturidade. Durante a senescência foliar o aumento da hidrólise de proteínas é acompanhado pela redução nas atividades das enzimas glutamina sintetase (GS) e glutamato sintetase (GOGAT), principais responsáveis pela assimilação da amônia no metabolismo do N nas plantas superiores. A redução na atividade dessas enzimas resulta em perdas de NH_3 e a iônica NH_4^+ , que é influenciado pela temperatura e pelo pH do meio.

Diversos fatores afetam a volatilização de N-NH_3 , como temperatura, umidade, trocas gasosas, taxa de evaporação da água, conteúdo de água no solo, pH, poder tampão, capacidade de troca catiônica (CTC), classe textural e atividade da uréase. Valores elevados de pH conduzem a volatilização de N-NH_3 da uréia aplicada em superfície. Entretanto, fontes como sulfato de amônio, diamônio fosfato e nitrato de amônio, são menos susceptíveis às perdas por volatilização, pois não possuem característica de aumentar o pH

do local onde são aplicados (Penatti e Donzelli, 2001). O N-NH_3 perdido por volatilização será proveniente da mineralização da matéria orgânica (M.O.) ou do fertilizante aplicado, sendo esse fenômeno mais intenso mediante aumento no pH do solo (Melo, 1978).

Devido a ocorrência de perdas, a eficiência de aproveitamento de N pelas plantas é de 40% a 50%. Tem-se pesquisado meios para reduzir perdas e aumentar a eficiência de uso do N, como, por exemplo, controle na época de aplicação, uso de revestimentos nos fertilizantes para controlar a liberação de N, além de melhorias nos métodos de aplicação. Para fontes nitrogenadas mais susceptíveis às perdas, a prática de incorporação possibilita considerável redução na volatilização (Cantarella et al., 1999).

2.2 POTÁSSIO NAS PLANTAS E NA CANA-DE-AÇÚCAR

O potássio é um elemento essencial tanto para as plantas quanto para os animais (Malavolta, 1996), sendo, de maneira geral, o segundo nutriente mais exigido pelas culturas, depois do nitrogênio (Faquin, 1994). Na ordem de extração de nutrientes pela cultura da cana-de-açúcar, verifica-se que o potássio é extraído em maior quantidade que o nitrogênio ($K > N > Ca > Mg > P$), o mesmo é constatado na exigência de macronutrientes para produzir 100 toneladas de cana, onde são necessários 143 kg de nitrogênio (N), 175 kg de potássio (K), 87 kg de cálcio (Ca), 49 kg de magnésio (Mg), 44 kg de enxofre (S) e 19 kg de fósforo (P) (Orlando Filho et al., 1980).

Padilha (1998), relata que, quando o solo apresenta um elevado teor de potássio, sua absorção pela planta pode ser quatro vezes maior que a de nitrogênio, podendo caracterizar o consumo de luxo.

As plantas absorvem os elementos da solução do solo. Consideram-se, entretanto, como disponíveis para as plantas o K^+ trocável e o K^+ na solução do solo. Admite-se que 45 mg kg^{-1} de K^+ no solo indiquem um conteúdo baixo para as plantas. As análises de terra feitas em diferentes regiões do País mostraram as seguintes porcentagens de valores aquém desse limite: Amazônia – 40; Nordeste – 30; Centro – 40; Sul – 10 (Malavolta, 1980).

Nachtigall e Vahl (1991) estudando a dinâmica de liberação de potássio para as plantas observaram que o K-trocável tende a diminuir até níveis mínimos, que variam com o tipo de solo, a partir do qual a forma não trocável passa a controlar a disponibilidade. Já Mielniczuk e Selbach (1995) destacam que a depleção de potássio no solo cultivado é concomitante nessas duas formas, mesmo quando há adições periódicas. Silva et al. (1995) admitem que o suprimento de potássio às plantas não é exercido unicamente pelas formas prontamente disponíveis.

Quanto ao potássio, a cana-de-açúcar responde intensamente à sua aplicação (Raij, 1974), se destacando dentre os nutrientes usados na adubação, pois este é exportado em maior quantidade por essa cultura, além de influenciar sua qualidade. Um princípio normalmente usado para orientar a recomendação de adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar é a avaliação da disponibilidade desse nutriente no solo. Normalmente, são determinados os teores considerados trocáveis no solo, e as interpretações dessas análises são baseadas em faixas de fertilidade, admitindo-se valores mínimos críticos, abaixo dos quais o desenvolvimento vegetal é limitado (Orlando Filho e Rodella, 1996).

Existem vários autores na literatura, que estudaram o nível crítico de K no solo, Raij, (1974), indicou como nível crítico $2,1 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ enquanto que Orlando Filho et al. (1981) o valor é de $2,3 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$.

No trabalho de Orlando Filho et al. (1993) os autores observaram que a saturação de K em relação à CTC foi sempre superior a 5% em lavouras de alta produtividade. Rossetto et al. (2004) supõe que devido à existência das relações entre Ca e K e alta produtividade da cana-de-açúcar, que a adubação potássica poderia interferir na resposta da cultura à calagem. Entretanto, Castro e Meneghelli (1989) constataram que alguns solos com baixos teores de K^+ trocável não respondem à adubação potássica, enquanto outros, com teores de K^+ considerados satisfatórios, respondem à aplicação de adubo potássico. Esse critério tradicionalmente usado não é totalmente satisfatório e diversos autores tentaram melhorá-lo com a introdução da relação entre K, Ca e Mg no solo (Prezzotti e Defelipo, 1987).

Malavolta et al.(1964), citam que as canas deficientes em K apresentam um teor mais baixo de açúcar, o que pode ser devido a uma diminuição na atividade fotossintética ou na translocação das folhas para o colmo – ou ambas as coisas. Burr et al.², citados por Malavolta et al. (1964), mostraram que a intensidade fotossintética das folhas da cana-de-açúcar diminui à medida que aumenta a severidade dos sintomas de deficiência potássica; uma folha sem deficiência visível, mas com 0,91% de K, fixava 10% menos gás carbônico que uma folha normal (1,70 – 1,89% K); por sua vez, as folhas com secamento das margens e das pontas, apresentando 0,40% de K, mostraram uma diminuição de 84 – 98% de sua atividade fotossintética. Mediante o uso de C^{14}O_2 , que provocou a formação de açúcares marcados, verificou-se que a falta de K determinou uma diminuição na translocação daqueles compostos das folhas, onde foram produzidos – para os colmos – onde se acumulariam, sendo que o caldo encerra até 80% de K do colmo. A deficiência deste elemento intensifica-se quando a cultura apresenta entre 7 e 9 meses de idade, pois o potássio se acumula mais nos órgãos novos; estes podem retirar K das folhas velhas e do colmo; quando, entretanto as folhas começam a se tornar, fisiologicamente, inativas, ocorre ao que parece, migração do elemento que se dirige aos colmos, sendo que, as plantas deficientes em potássio se apresentam com o crescimento reduzido e os colmos se tornam finos (Malavolta et al., 1964).

Em relação à quantidade de água que pode ser armazenada no tecido, depende largamente do suprimento celular de potássio, de modo que, o aumento na disponibilidade

² BURR, G. O.; HARTT, C. E.H. W.; TANIMOTO, T.; KOSTSCHAK, H. P.; TAKAHASHI, D.; ASHTON, F. M.; COLEMAN, R. E. The sugarcane plant. **Annual Review of Plant Physiology**, v.8, p.275-308, 1957.

do K faz com que a célula possua mais água; isto cria condições favoráveis para as reações da fotossíntese e outros processos metabólicos (Malavolta, 1980).

Entre as várias funções que o potássio exerce nas plantas, cita-se a melhor eficiência de uso da água, em consequência do controle da abertura e fechamento dos estômatos, maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para os outros órgãos da planta, maior eficiência enzimática e melhoria da qualidade comercial da planta (Yamada, 1995; Malavolta et al., 1997).

Considerando que, a nutrição adequada em K^+ aumenta a tolerância das plantas à geada – no Brasil isso tem sido observado na cana e no cafeeiro – e que as plantas bem supridas de potássio toleram mais a seca, com um aumento na eficiência de conversão água/massa seca, com maior fechamento dos estômatos, já um alto teor de K^+ na célula aumenta a resistência da salinidade pelo NaCl por exclusão do Na e por maior retenção de água no tecido. Na cana-de-açúcar o K aumenta a resistência ao acamamento; o efeito é particularmente significativo na presença de altas doses de N; o K acelera a liquificação das células esclerequimáticas e aumenta a espessura das paredes celulares do colmo, especialmente na parte inferior o que explica a maior resistência oferecida pela planta ao tombamento pelo vento (Malavolta, 1980).

Em terras pobres em K, a falta de adubação conduzirá fatalmente a produções muito baixas e de qualidade inferior. As necessidades variam com o tipo e a fertilidade do solo e com seu uso, isto é, com tempo de cultivo e os elementos recebidos anteriormente. O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC.) estabeleceu para os solos do Estado de São Paulo os limites de cada elemento a ser empregado na adubação. Para o nitrogênio (N), de 20 a 100 $kg.ha^{-1}$; para o fósforo (P_2O_5), de 40 a 120 $kg.ha^{-1}$; para potássio (K_2O), de 80 a 100 $kg.ha^{-1}$. Como se verifica, a faixa de cada elemento é larga e a determinação das necessidades de cada elemento vai depender do solo (Passos et al., 1987).

Rossetto et al. (2004), revelam que o aumento do pH do solo pela calagem pode elevar a capacidade de adsorção de potássio, diminuindo perdas por lixiviação. Doses excessivas de calcário podem provocar desequilíbrios com a adubação potássica. Existem, porém, contradições. Bittencourt e Sakai (1975) concluíram que a adição de calcário pode provocar maior mobilização de potássio, mesmo nas formas não trocáveis, permitindo que seja lixiviado com maior facilidade. Nos experimentos de Cordeiro et al. (1988), verificaram que a calagem causou redução de 19% na disponibilidade de K para a cana em Latossolo Roxo e 10% em Latossolo Vermelho - Amarelo.

Weber e Azeredo (1997), revelam que para a região canavieira do Estado do Espírito Santo, as doses de 80 $kg.ha^{-1}$ de N e de 80 $kg.ha^{-1}$ de K_2O resultaram em aumentos da

ordem de 21% na produtividade das soqueiras, entretanto, Albuquerque e Marinho (1983) relatam que as soqueiras apresentam maiores perspectivas de resposta ao potássio, recomendando doses maiores para este nutriente, enquanto que Azeredo et al. (1984) não obtiveram respostas consistentes das soqueiras à adubação potássica, em Podzólico-Amarelo do Espírito Santo.

De acordo com Orlando Filho et al., (1994), para a adubação potássica a fonte mais empregada é o cloreto de potássio (KCl), pois dentre as quatro fontes de potássio, ele tem um papel dominante na agricultura, respondendo por cerca de 95% de todo o potássio usado. A razão para essa dominância de KCl é a sua alta concentração do nutriente (60 – 62% de K_2O) e seu abundante suprimento. É solúvel em água, portanto se houver umidade adequada no solo, o fertilizante se dissolverá na solução do solo, permitindo pronta absorção pelas plantas.

Segundo os autores Rappaport e Axley (1984), Fenn et al. (1990), Gameh et al. (1990) e Christianson et al. (1995); relatam que o uso do KCl como fertilizante aplicado conjuntamente com a uréia para reduzir as perdas de amônia por volatilização tem mostrado resultados positivos comprovados em literatura, e que, quando utiliza-se KCl aplicado à uréia, a complementação da mistura com fertilizante fosfatado pode alterar a eficiência do KCl no controle das perdas de amônia por volatilização.

A aplicação de fosfatos de K exibe a tendência de redução do efeito do KCl sobre as perdas, mostrando que o efeito é dependente da reação de dissociação do cátion acompanhante do ânion fosfato ser ácida ou alcalina, quando o cátion é o amônio, os trabalhos têm revelado a contribuição do fertilizante (MAP) na redução das perdas de amônia por volatilização, porque o amônio apresenta efeito acidificante (Sengik e Kiehl, 1995).

O potássio também é requerido para a síntese protéica em plantas. Quando deficientes estas apresentam menor síntese de proteínas e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, como aminoácidos, amidas e nitrato (Faquim, 1994). Zambello Júnior e Azeredo (1983), relatam que a reação da cana-soca ao potássio, normalmente é da mesma ordem de grandeza da observada para a cana-planta. Assim, o adequado aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados depende, também, de um eficiente suprimento de potássio às plantas (Lopes e Guilherme, 1992).

O nitrogênio usualmente é o nutriente vegetal universalmente mais deficiente, mas não se pode substituir um elemento pelo outro. Tem sido dito que o N é o mais importante nutriente das plantas para aumentar as produções, porém o potássio é o mais expressivo em estabilizar as produções (Orlando Filho et al., 1994).

2.3 RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÕES NITROGENADAS E POTÁSSICA

Apesar da representatividade da cana-de-açúcar no Brasil, recomendações de adubações em soqueiras, no Estado do Paraná, têm sido pouco estudada. Na década de 1990 foram escassos os trabalhos que tiveram este objetivo. Informações nesse sentido tiveram maior divulgação nas décadas de 1970 e 1980, produzindo algumas recomendações para cultura da cana-de-açúcar visualizadas nas TABELAS 1, 2, 3, 4 e 5.

Na Tabela 1, extraído de Rodella et al. (1983), com relação à adubação de potássio em cana-soca, basea-se nos teores de K, classificado em classes muito baixas (<40 mg.kg⁻¹ de K), classe baixa (40 - 80 mg.kg⁻¹ de K), classe média (81 - 130 mg.kg⁻¹ de K), classe alta (131 - 260 mg.kg⁻¹ de K) e classe alta (>260 mg.kg⁻¹ de K), com doses variando de 50 a 200 kg de K₂O.ha⁻¹

TABELA 1 - Recomendação de adubação potássica.

Classes de fertilidade ¹				
Muito baixa < 40 mg.kg ⁻¹ K	Baixa 40 – 80 mg.kg ⁻¹ K	Média 81 – 130 mg.kg ⁻¹ K	Alta 131 – 260 mg.kg ⁻¹ K	Muito alta > 260 mg.kg ⁻¹ K
-----K ₂ O (kg.ha ⁻¹)-----				
170	140	90	60	0-50
190	160	100	70	0-50
200	170	110	80	0-50

¹Extrator de K = H₂SO₄ 0,5N.
Fonte: Rodella et al. , (1983).

Raij et al. (1985), propõe na Tabela 2, recomendação baseada em três níveis de K no solo em meq.100ml⁻¹; a) 0,00 - 0,15; b) 0,16 - 0,30 e c) > 0,30, com doses de 80 a 120 kg.ha⁻¹ de K₂O

TABELA 2 - Recomendações de adubação potássica para cana-planta e cana-soca¹.

Cana-planta		Cana-soca	
K no solo meq.100ml ⁻¹	K ₂ O Kg.ha ⁻¹	K no solo meq.100ml ⁻¹	K ₂ O Kg.ha ⁻¹
0,00 – 0,07	140	0,00 – 0,15	120
0,08 – 0,15	120	0,16 – 0,30	100
0,16 – 0,30	100	> 0,30	80

¹Extrator de K = H₂SO₄ 0,5N.
Fonte: Raij et al., (1985)

Observa-se na Tabela 3, que Marinho (1981), para a região Nordeste do Brasil, propõe três níveis de K no solo em mg.kg^{-1} : a) 00 - 40, b) 41 - 80 e c) 81 - 160, com doses de 100 a 140 kg.ha^{-1} de K_2O .

TABELA 3 - Recomendação de adubação potássica para cana-planta e cana-soca na região Nordeste do Brasil, com base na análise de solo¹.

K ¹ no solo (mg.kg^{-1})	Cana-planta		Cana-soca
	----- k_2O (kg.ha^{-1})-----		
00 - 40	140		140
41 - 80	100		120
81 - 160	60		100

¹Extrator de K = H_2SO_4 0,5N.
Fonte: Marinho, (1981).

Na Tabela 4, verifica-se a recomendação da adubação nitrogenada da cana-soca, com variação de doses de 60 a 100 kg.ha^{-1} de nitrogênio.

TABELA 4 - Recomendações de adubação nitrogenada para cana-de-açúcar.

Instituição	Cana-planta		
	Sulco	Cobertura	Soqueiras
	-----N (kg.ha^{-1})-----		
PLANALSUCAR ¹	0 - 60	-	60 - 100
IAC ²	20	40 - 80	100
COPERSUCAR ³	20	até 40	100

Fontes: ¹ Orlando Filho (1985), ² Rajj et al. (1985), ³ Penatti et al. (1989).

Rajj et al. (1996), através do Boletim Técnico 100 (IAC), levam em consideração para recomendação de adubação mineral da cana-soca, a produtividade de colmo esperada, estabelecendo quatro níveis de produção: a) < 60; b) 60 - 80; c) 80 - 100 e d) > 100 t.ha^{-1} de colmos. Para o potássio acrescenta-se três níveis de K no solo em $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$: a) 0 - 1,5; b) 1,5 - 3,0 e c) >3,0, com doses em função da produtividade esperada de 30 a 150 kg.ha^{-1} de k_2O , podendo ser visualizados na Tabela 5.

TABELA 5 - Adubação mineral da cana-soca.

Produtividade esperada t.ha^{-1}	Nitrogênio N, kg.ha^{-1}	P resina, mg.dm^{-3}		¹ K ⁺ trocável, $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$		
		0 - 15	> 15	<1,5	1,5-3,0	> 3,0
		P ₂ O ₅ , kg.ha^{-1}		K ₂ O, kg.ha^{-1}		
< 60	60	30	0	90	60	30
60 - 80	80	30	0	110	80	50
80 - 100	100	30	0	130	100	70
> 100	120	30	0	150	120	90

¹Extrator de K = H_2SO_4 0,5N.
Fonte: Rajj et al., 1996.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em dois municípios do Estado do Paraná, Nova Londrina e Cambará. O município de Nova Londrina conta com uma área de 269,6 km². A altitude média da região é 400 m e o clima, segundo a classificação de Köppen, como Cfa (subtropical úmido, com chuva em todas as estações). A temperatura máxima é 28,5° C, e a mínima, 13,3° C. A precipitação média anual é 1.651 mm; os meses mais chuvosos são dezembro e janeiro, e o de menor pluviosidade, agosto (IAPAR, 1994), podendo os dados de temperatura e precipitação ser visualizado na Figura 1.

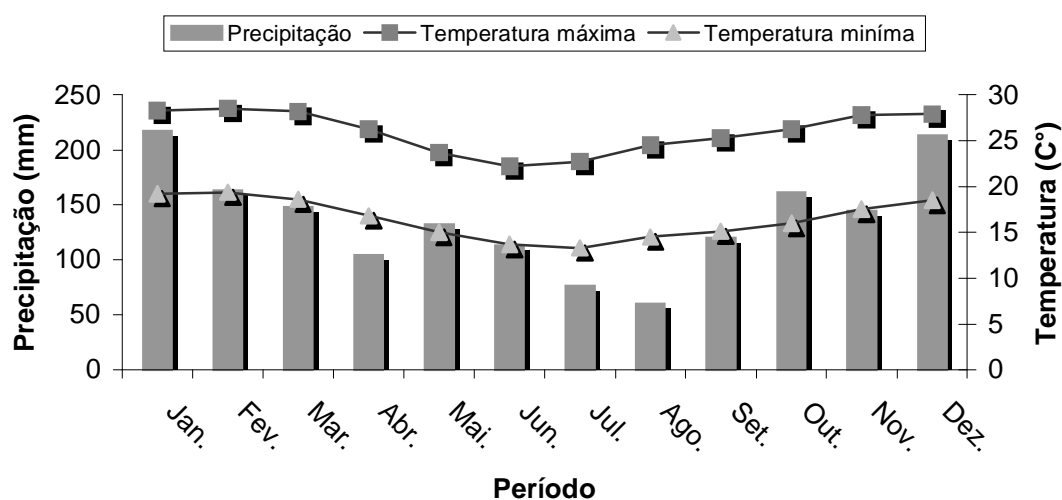


FIGURA 1 – Temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação nos meses de janeiro a dezembro, Nova Londrina, PR.

O município de Cambará situado em uma altitude média de 545 m e conta com uma área de 269,6 km². O clima, segundo a classificação de Köppen, é Cfa, subtropical úmido, com chuva em todas as estações. A temperatura máxima da região é 31,0° C, e a mínima, 10,6° C, tendo sua precipitação média anual de 1.365 mm; os meses mais chuvosos são dezembro, janeiro e fevereiro, e o de menor índice pluviométrico, agosto (IAPAR, 1994), sendo visualizado os dados de precipitação e temperatura na Figura 2.

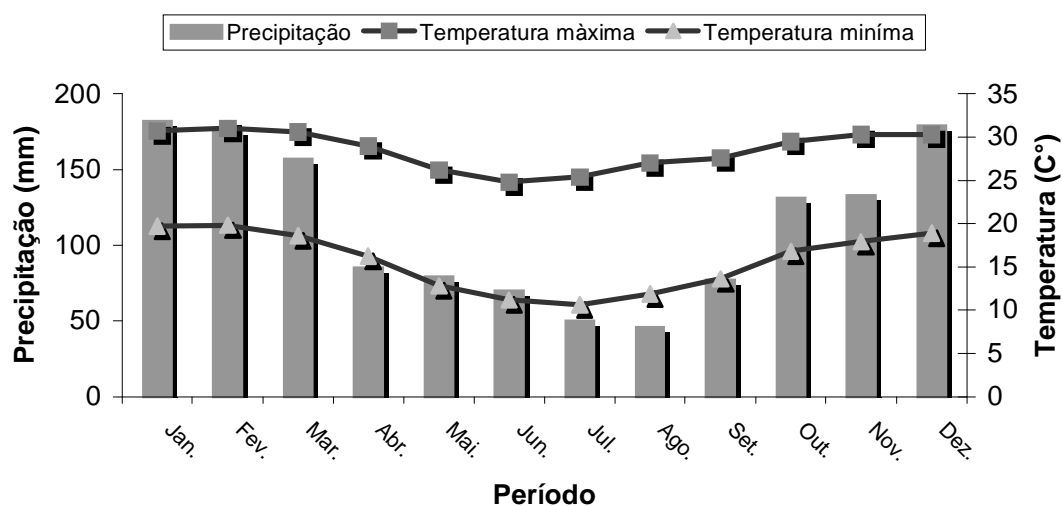


FIGURA 2 - Temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação nos meses de janeiro a dezembro, Cambará, PR.

Os experimentos foram instalados em duas áreas de soqueiras comerciais, uma na Destilaria CASQUEL, situada no município de Cambará, e a outra na Destilaria COPAGRA, situada no município de Nova Londrina.

Foram instalados 2 experimentos em cada localidade, sendo na COPAGRA em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, e na CASQUEL em solo Latossolo Vermelho (Prado, 2003 e Embrapa, 1999).

No experimento com doses de nitrogênio as adubações foram feitas com $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O e nos experimentos com potássio (K), teve a sua adubação com $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, sendo que a adubação fosfatada foi em da cana-planta, com $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 .

As análises químicas de solo das áreas experimentais são apresentadas na Tabela 6, sendo que as determinações destas análises (executadas no Departamento de Solos e Engenharia Agrícola do Setor de Ciências Agrárias da UFPR), seguiram metodologia preconizada pela Embrapa/SNLCS (1979).

TABELA 6 - Resultados das análises químicas dos solos, dos experimentos de N e K, na Destilaria CASQUEL, Cambará, PR e Destilaria COPAGRA, Nova Londrina, PR, 1998.

Local	pH (H_2O)	P ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	K -----	Ca		Mg	Al
				(cmolc. dm^{-3})		($\text{cmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$)	
CASQUEL	5,0	4,0	0,09	4,9		1,8	0
COPAGRA	5,1	3,1	0,06	0,5		0,3	0,1

A fonte de fertilizante nitrogenado utilizado foi a uréia [CO(NH₂)₂] e como fonte de potássio, o cloreto de potássio (KCl), sendo que os tratamentos com as doses testadas foram incorporados lateralmente à linha de cana, logo após o corte, com exceção do tratamento com 100 kg.ha⁻¹ adubado tardiamente (60 dias após o corte).

Utilizou-se o cultivar RB835486 em 2ª soca, na COPAGRA, e o cultivar RB72454 em 3ª soca, na CASQUEL.

Os tratamentos com as doses testadas são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 - Doses testadas de fertilizantes utilizadas nas destilarias.

Local	Cultivar	Nutrientes	Tratamentos							
			(kg.ha ⁻¹)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
COPAGRA	RB835486	N	0	50	100	150	200	250	100*	100**
		K	0	50	100	150	200	250	100*	100**
CASQUEL	RB72454	N	0	50	100	150	200	250	100*	100**
		K	0	50	100	150	200	250	100*	100**

*50 kg.ha⁻¹, aplicados após o corte e 50 kg.ha⁻¹ aplicados 60 dias após o corte.

**100 kg.ha⁻¹ aplicados 60 dias após o corte

O delineamento estatístico foi de blocos ao acaso com 4 repetições, com parcelas de 5 sulcos e 20 metros (m) de comprimento cada, com um espaçamento de 1,40 m entre os sulcos, resultando em uma área total de 140 m² (metros quadrados) por parcela (Anexo 1 e 3). A área útil de cada parcela foi constituída dos 3 sulcos centrais de 18 metros cada, onde foram analisados pelo método de biometria os números de colmos por metro linear, massa de 1 colmo (Anexo 4) e a produtividade em TCH (Toneladas de cana por hectare), sendo considerado para os resultados a média de sessenta colmos colhidos nas três linhas centrais de cada parcela (10 colmos por sulco), podendo ser visualizados no Anexo 1, 2, 3, e.4.

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância empregando-se o programa MSTAT-C. As variáveis se mostraram homogêneas pelo teste de Bartlett e quando os tratamentos apresentaram significância a 5% de probabilidades, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, no mesmo nível.

Para a melhor visualização dos resultados as médias foram transformadas em ganhos, expressos em porcentagem (%) proporcionados pelos tratamentos com doses dos nutrientes em relação ao tratamento sem o nutriente (testemunha), podendo ser visualizados nos Anexos 5 e 6.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 NITROGÊNIO

Os resultados apresentados na Tabela 8 e Anexo 5, para o experimento de doses de nitrogênio, cultivado em solo Latossolo Vermelho-Amarelo com o cultivar RB835486 em 2ª soca, na COPAGRA, revelaram resposta à adubação nitrogenada para os parâmetros massa de um colmo e TCH.

TABELA 8- Resultados obtidos nos experimentos de doses de nitrogênio, para os parâmetros de nº de colmos, massa de 1 colmo e TCH, instalados em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com RB835486 em 2ª soca, na COPAGRA, Nova Londrina – PR, 1999.

Tratamentos N (Kg.ha ⁻¹)	Produção		
	Nº de colmos m ⁻¹	Massa de 1 colmo (g)	TCH
0	5,98 a	1373 f	58,74 b
50	6,61 a	1554 a b	73,45 a
100	6,45 a	1510 b c	69,64 a b
150	6,27 a	1529 a b c	68,48 a b
200	6,38 a	1493 c d	68,08 a b
250	6,69 a	1573 a	75,25 a
50 + 50*	6,31 a	1450 d e	65,52 a b
100*	6,44 a	1414 e f	65,20 a b
CV%**	4,95	5,01	8,77

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey <5%).

*Cobertura aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

**As análises de variância se encontram no Anexo 7.

Em relação ao número de colmos, observa-se que embora não tenha sido significativa a diferença entre os tratamentos, a dose de 250 kg.ha⁻¹, proporcionou 6,69 colmos por metro linear de sulco contra 5,98 da testemunha, tendo a dosagem citada um ganho de 11,87% em número de colmos, comparativamente à testemunha, sugerindo uma tendência para o aumento de massa dos colmos, em resposta à aplicação do nitrogênio.

Quanto à massa de um colmo, os tratamentos com as doses de 50 kg.ha⁻¹, 150 kg.ha⁻¹ e 250 kg.ha⁻¹ foram estatisticamente iguais e superiores aos demais tratamentos. Os

três tratamentos citados (50, 150 e 250 kg.ha⁻¹ nitrogênio), foram os que proporcionaram maiores ganhos de massa em relação à testemunha com 13,18%, 11,36% e 14,57%, respectivamente.

Em relação à TCH, os tratamentos com doses de 50 e 250 kg.ha⁻¹, foram os únicos que diferiram estatisticamente da testemunha, e que proporcionaram os melhores resultados, com ganhos de rendimento acima da testemunha de 25,04% e 28,11%, respectivamente, sendo representados pelo Figura 3, onde observa-se que houve uma tendência nas doses de 50 e 250 kg.ha⁻¹ de N apresentarem uma resposta superior aos demais tratamentos.

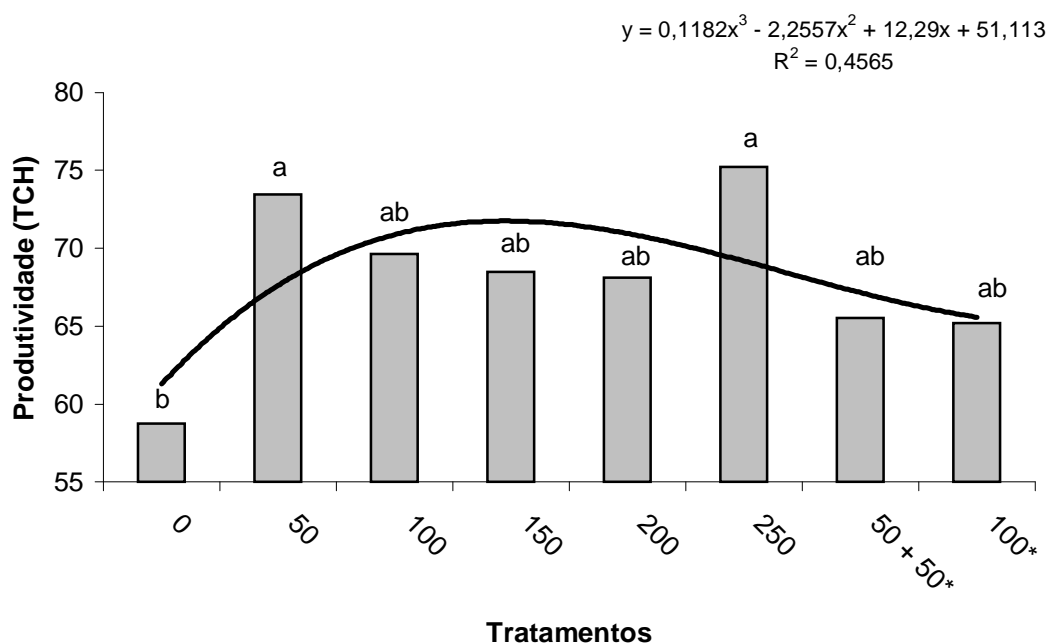


FIGURA 3 – Produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH) nos experimentos com doses de nitrogênio na COPAGRA, com o cultivar RB835486 em 2ª soca cultivadas em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, Nova Londrina – PR, 1999.

Os resultados do experimento com doses nitrogênio, na CASQUEL, cultivado em Latossolo Vermelho com o cultivar RB72454 em 3ª soca, são apresentados na Tabela 9 e Anexo 5 e revelam que houve resposta à adubação nitrogenada para os parâmetros de massa de um colmo e TCH.

TABELA 9 - Resultados obtidos nos experimentos de doses de nitrogênio, para os parâmetros de n° de colmos, massa de 1 colmo e TCH, instalados em solo Latossolo Vermelho, cultivado com a RB72454 em 3ªsoca, na CASQUEL, Cambará – PR, 1999.

Tratamentos N (kg.ha ⁻¹)	Produção		
	N° de colmos m ⁻¹	Massa de 1 colmo (g)	TCH
0	9,76 a	1048 c	78,58 b
50	10,41 a	1313 b	105,00 a b
100	10,93 a	1344 a b	113,00 a
150	11,23 a	1348 a b	116,60 a
200	10,84 a	1373 a b	114,90 a
250	10,34 a	1510 a	120,30 a
50 + 50*	10,73 a	1375 a b	113,20 a
100*	10,55 a	1301 b	105,40 a
CV%**	7,36	5,93	10,61

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, (Tukey <5%).

*Cobertura aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

**As análises de variância se encontram no Anexo 8.

Para o número de colmos, observa-se que embora não tenha sido significativa a diferença entre os tratamentos, a dose de 150 kg.ha⁻¹, proporcionou 11,23 colmos por metro linear de sulco contra 9,76 da testemunha, tendo a dosagem citada apresentado um ganho de 15,06% em número de colmos, comparativamente à testemunha.

Em relação à massa dos colmos, a testemunha diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. As doses testadas revelam uma resposta significativa à adubação nitrogenada, sendo que a dosagem de 250 kg.ha⁻¹ foi a que proporcionou o maior ganho de massa em relação à testemunha com 44,08%, influenciando diretamente na produtividade final da cana-soca.

Na produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH), a testemunha diferenciou estatisticamente dos demais tratamentos acima de 50 kg.ha⁻¹. Todos os tratamentos, com doses de N, proporcionaram ganhos de 33 a 53% acima da testemunha, tendo a dosagem de 250 kg.ha⁻¹ proporcionado o melhor resultado. De acordo com Nunes Júnior (1999), a redução média esperada de produtividade está em torno de 30% para solos de boa e média fertilidade.

Na Figura 4, observa-se a curva de resposta à adubação nitrogenada da soqueira, sendo que o tratamento com dose de 250 kg.ha⁻¹ de N apresenta a melhor resposta.

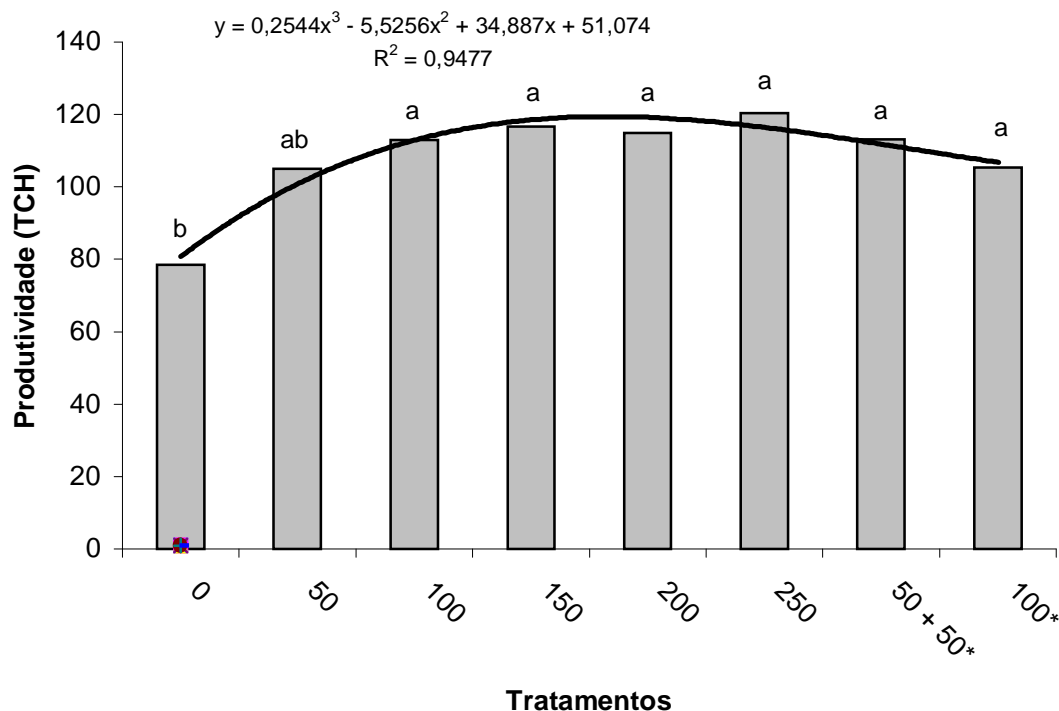


FIGURA 4 – Produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH) nos experimentos com doses de nitrogênio na CASQUEL, com o cultivar RB72454 em 3ª soca cultivadas em solo Latossolo Vermelho, Cambará – PR, 1999.

Os tratamentos com 100 kg.ha⁻¹ aplicados após o corte, 100 kg.ha⁻¹ parcelados (50 + 50 kg.ha⁻¹) e 100 kg.ha⁻¹ aplicados em cobertura aos 60 dias após o corte, não demonstraram diferença estatística significativa na produção (TCH) nos dois cultivares estudados, diversos autores (Silveira, 1985; Azeredo et al., 1986; Silva, 1989) relatam, que a cana-planta necessita e acumula o nitrogênio na fase inicial de desenvolvimento, sugerindo que o mesmo ocorra na cana-soca.

Os resultados nos dois cultivares, referentes ao número de colmos, apesar de não terem diferenças estatísticas entre si, sugerem que as adubações nitrogenadas proporcionem um aumento no número de colmos por metro linear de sulco. Pena e Figueiredo (1984), concluíram que os acréscimos obtidos na produção final de colmos, nas áreas de soqueiras, foram proporcionais às doses de nitrogênio aplicadas.

Nas duas cultivares os melhores resultados de ganhos de produção com 28,11% para a RB835486 (2ªsoca) e 53,09% para a RB72454 (3ªsoca), foram obtidos com a

dosagem de 250 kg.ha^{-1} de N, demonstrando assim que a cana-soca necessita de uma grande disponibilidade deste nutriente. De acordo com Golden³, citado por Weber et al. (2001), as soqueiras de cana-de-açúcar, até a décima semana de idade, absorvem 77% do nitrogênio, sendo que, com sucessivos cortes, as soqueiras apresentam uma maior amplitude de resposta ao nitrogênio aplicado via fertilizante (Azeredo et al., 1984). Raij et al. (1996) recomendam que a aplicação de nitrogênio em cana-soca seja baseada na produtividade esperada, indicando que se aplique um quilograma de nitrogênio por tonelada estimada de colmos.

Estes resultados revelam o potencial da cultura na conversão do N em massa seca, podendo ser maior nos ciclos de cana-soca (Prado et al., 2002). Também Gava et al. (2001), cita que a adubação mineral promove ganhos significativos de produtividade em soqueiras de cana-de-açúcar. Resultados similares foram observados por Weber e Azeredo (1997), que obtiveram aumentos na produtividade das soqueiras em 21%, aplicando doses de 80 kg.ha^{-1} de N e de 80 kg.ha^{-1} de K_2O , na região canavieira do Estado do Espírito Santo.

³ GOLDEN, L. E. Nutrient uptake by sugarcane Louisiana. **Sugar Journ.** v.23, n.2, p.22-24, 1961

4.2 POTÁSSIO

Os resultados obtidos no experimento com doses de potássio, instalados na COPAGRA, cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo com o cultivar RB835486 em 2ª soca, apresentados na Tabela 10 e Anexo 6, revelam que houve resposta à adubação potássica no parâmetro massa de um colmo.

TABELA 10 - Resultados obtidos nos experimentos de doses de potássio, para os parâmetros de nº de colmos, massa de 1 colmo e TCH, instalados em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com a RB835486 em 2ª soca, na COPAGRA, Nova Londrina – PR, 1999.

Tratamentos K ₂ O (Kg.ha ⁻¹)	Produção		
	Nº de colmos m ¹	Massa de 1 colmo (g)	TCH
0	6,52 a	1350 b	62,85 a
50	6,37 a	1441 a b	65,64 a
100	6,17 a	1505 a b	66,25 a
150	6,31 a	1603 a	72,91 a
200	6,23 a	1491 a b	66,48 a
250	6,22 a	1480 a b	65,68 a
50 + 50*	6,52 a	1429 a b	66,47 a
100*	6,47 a	1480 a b	68,35 a
CV%**	2,95	5,38	6,53

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, (Tukey <5%).

*Cobertura aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

**As análises de variância se encontram no Anexo 9.

Quanto ao número de colmos, estes não apresentaram respostas estatísticas significativas (em resposta à aplicação de potássio).

Em relação à massa do colmo, os resultados obtidos com a aplicação da adubação potássica, demonstram que a testemunha não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Embora todas as doses de K aplicadas tenham apresentado maior massa dos colmos. Para o tratamento com a dosagem de 150 kg.ha⁻¹ de K₂O, obteve-se o melhor resultado de ganho de massa com 18,74% em relação à testemunha, refletindo -se assim na produtividade.

Quanto à produção de TCH, apesar de não haver diferença estatística entre os tratamentos, verifica-se um ganho mínimo de 4,44% (50 kg.ha⁻¹ de K₂O) e máximo de 16,01% (150 kg.ha⁻¹ de K₂O) em relação à testemunha, podendo ser visualizado na Figura 5, onde observa-se que houve uma tendência da dose de 150 kg.ha⁻¹ de K₂O ser superior aos demais tratamentos.

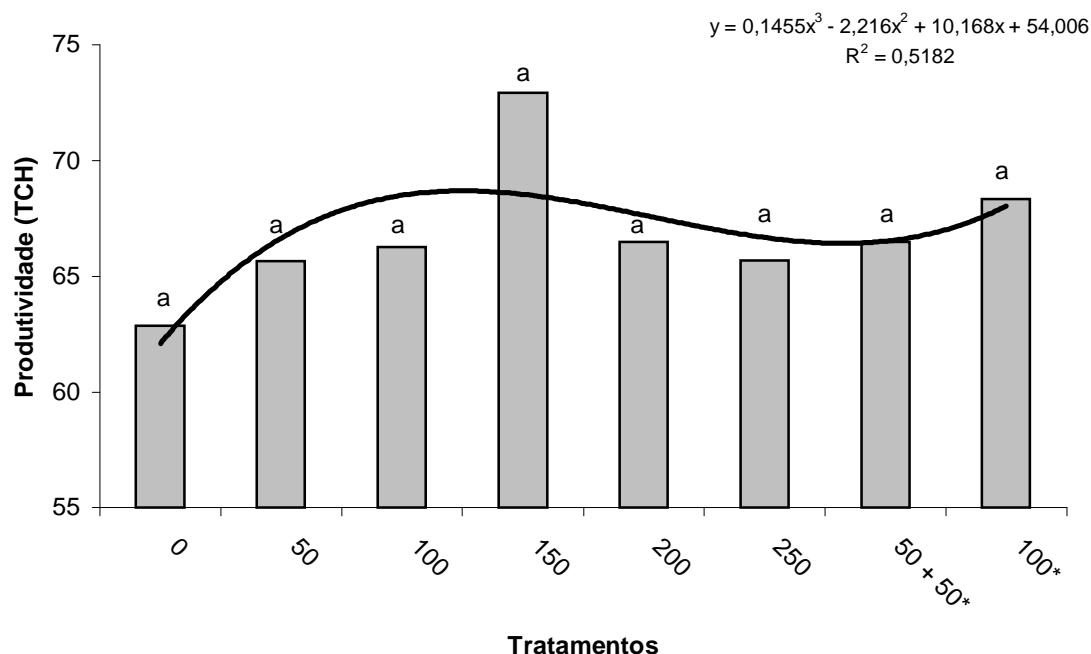


FIGURA 5 – Produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH) nos experimentos com doses de potássio na COPAGRA, com o cultivar RB835486 em 2ª soca cultivadas em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, Nova Londrina – PR, 1999.

Na Tabela 11 e Anexo 6, são apresentados os resultados do experimento com doses de potássio, instalado na CASQUEL, cultivado em Latossolo Vermelho com o cultivar RB72454 em 3ª soca, onde observa-se resposta à adubação potássica nos parâmetros massa de um colmo e TCH.

Verifica-se que o resultado referente ao número de colmos, não diferiram estatisticamente entre si, tendo a dosagem com 250 kg.ha⁻¹ de K₂O com 4% de ganho em relação à testemunha, proporcionando o maior número destes por metro cultivado.

Quanto à massa de um colmo, houve diferença estatística da testemunha para os demais tratamentos, com exceção das doses de 50 kg.ha⁻¹ de K₂O e 100 kg.ha⁻¹ de K₂O adubado tardiamente (60 dias após o corte). O tratamento com 250 kg.ha⁻¹ de K₂O proporcionou a maior resposta em relação à testemunha, com 55,00% de ganho, refletindo este resultado na produtividade final.

O tratamento com 250 kg.ha⁻¹ de K₂O, com ganho de 60,75%, foi o mais expressivo na produtividade agrícola, como observado na massa dos colmos. Os demais tratamentos também responderam a adubação potássica, tendo ganhos superiores a 15% de produtividade em relação à testemunha, estando de acordo com Raij (1974), que relata que

a cana-de-açúcar responde intensamente à aplicação de potássio, e que de acordo com Albuquerque e Marinho (1983), as soqueiras apresentam maiores perspectivas de resposta ao potássio recomendando doses maiores para este nutriente.

TABELA 11 - Resultados obtidos nos experimentos de doses de potássio, para os parâmetros de n° de colmos, massa de 1 colmo e TCH, instalados em solo Latossolo Vermelho, cultivado com a RB72454 em 3ª soca, na CASQUEL, Cambará – PR, 1999.

Tratamentos K (Kg.ha ⁻¹)	Produção		
	N° de colmos m ⁻¹	Massa de 1 colmo (g)	TCH
0	11,24 a	940 c	81,68 c
50	10,91 a	1152 b c	96,62 b c
100	10,73 a	1202 a b	99,27 b c
150	11,34 a	1337 a b	116,30 a b
200	10,20 a	1342 a b	109,40 a b c
250	11,69 a	1457 a	131,30 a
50 + 50*	9,98 a	1230 a b	94,63 b c
100*	10,77 a	1166 b c	96,48 b c
CV%	7,34	8,96	12,18

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, (Tukey <5%).

*Cobertura aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

**As análises de variância se encontram no Anexo 10.

Na Figura 6, observa-se que houve uma resposta à adubação potássica, sendo que o tratamento com dose de 250 kg.ha⁻¹ de K₂O a que apresentou resposta superior aos demais tratamentos.

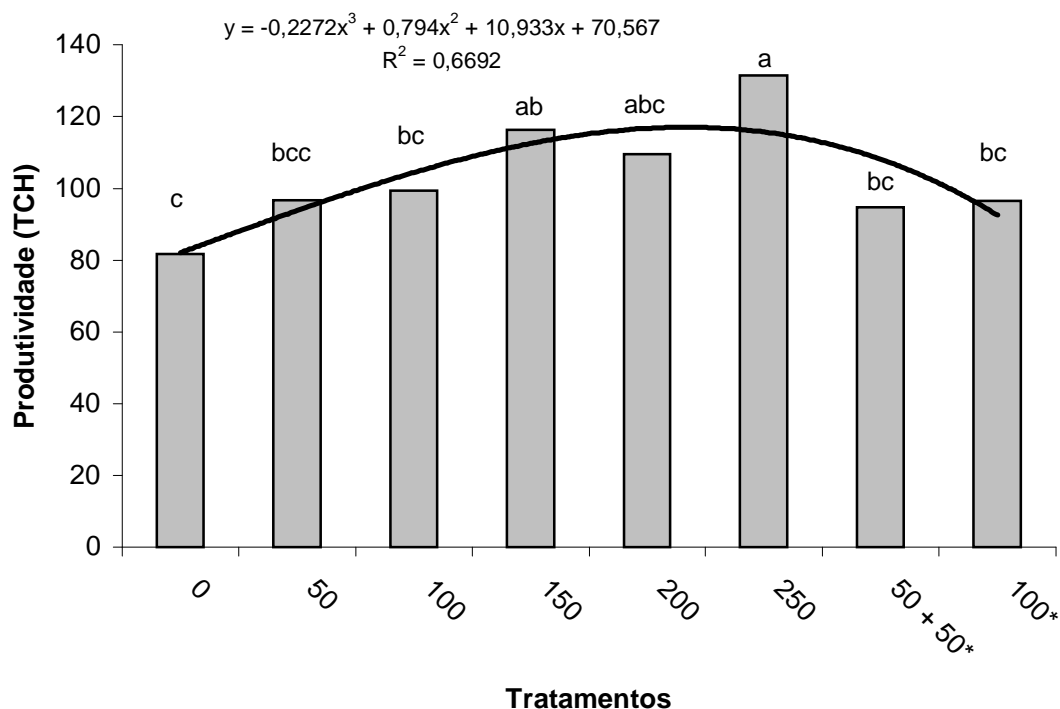


FIGURA 6 – Produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH) nos experimentos com doses de potássio na CASQUEL, com o cultivar RB72454 em 3ª soca cultivadas em solo Latossolo Vermelho, Cambará – PR, 1999.

Em relação a resposta à adubação potássica no cultivar RB72454 em solo Latossolo Vermelho, os resultados revelam ganhos em produtividade, estando de acordo com Weber et al. (2001), que relatam que o potássio apresenta efeito significativamente positivo no aumento da produtividade, sendo também confirmado por Rossetto et al. (2004), que obtiveram respostas lineares ao potássio em sete de dez avaliações, tanto para cana-planta como em cana-soca. Azeredo et al. (1984) não conseguiram respostas consistentes das soqueiras à adubação potássica, em Podzólico Amarelo do Espírito Santo.

No cultivar RB72454, as dosagens a partir de 150 kg.ha⁻¹ de K₂O foram as que proporcionaram os melhores resultados em TCH, com ganhos máximos em relação à testemunha de 60,75% com a dosagem de 250 kg.ha⁻¹ de K₂O.

Nos resultados dos estudos nos dois cultivares e com os dois nutrientes (N e K), em relação ao parcelamento das doses de 100 kg.ha⁻¹ (50 + 50 kg.ha⁻¹) e 100 kg.ha⁻¹ adubados 60 dias após o corte, além de não diferirem estatisticamente do tratamento feito com 100 kg.ha⁻¹ em cobertura, também não foram eficientes, sugerindo que a adubação tardia ou parcelada, em cobertura, não revela benefícios nas soqueiras. Weber e Azeredo (1997),

relatam que embora o parcelamento de 80 kg.ha^{-1} de K_2O não tenha apresentado retorno semelhante ao obtido com a dose de 80 kg.ha^{-1} de K_2O aplicada de uma só vez após o corte, a soqueira reagiu ao parcelamento das doses de potássio.

Na Figura 7 pode ser visualizado o rendimento pela média de TCH dos cultivares, em relação ao tratamento usado, revelando uma maior produtividade do cultivar RB72454.

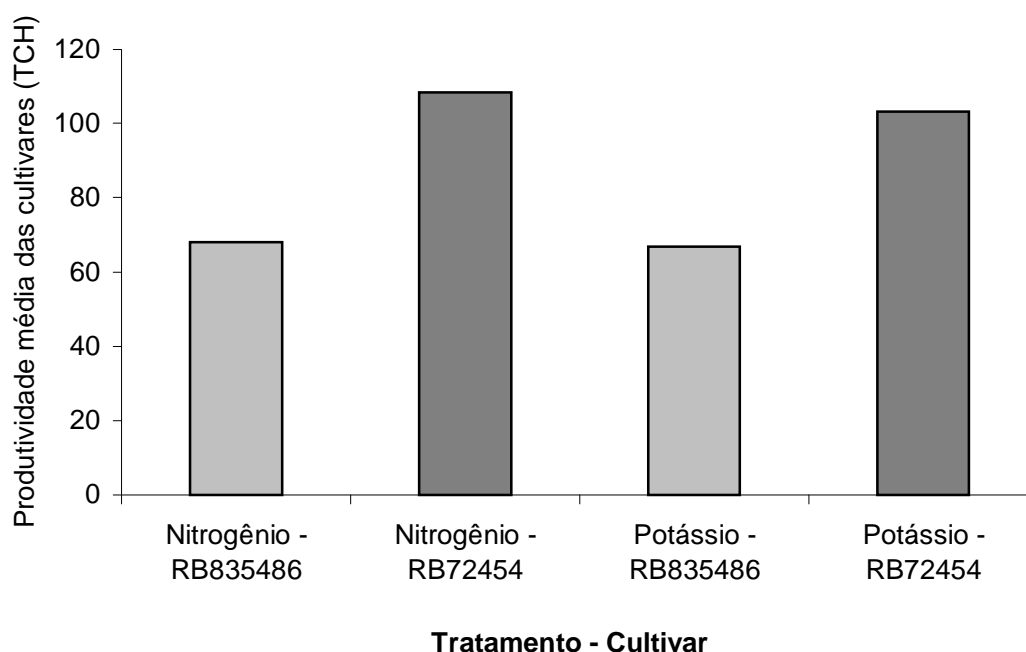


FIGURA 7 – Representação gráfica das produtividades médias nos cultivares em relação aos tratamentos usados.

O baixo potencial de rendimento do cultivar RB835486, comparativamente ao cultivar RB72454, deve-se em parte, ao local onde foram instalados os experimentos.

A instalação do primeiro cultivar citado, situou-se em solo arenoso de baixa fertilidade e menor retenção de água, sendo que, devido à baixa fertilidade destes solos, sugere que devido a estes fatores, o número de colmos nos experimentos de N e K ficaram muito abaixo dos valores convencionais (10 colmos m^{-1}), refletindo-se na produtividade final da cana-soca.

O segundo cultivar citado, teve a sua instalação em solo com maior capacidade de retenção de nutrientes e de água (maior teor de argila), revelando assim, um maior rendimento de produção em TCH comparativamente ao primeiro cultivar citado.

Os resultados demonstram que o manejo inadequado da adubação pode alterar drasticamente a produtividade da cultura, visto que, observa-se que o N e K interferem

diretamente sobre a massa do colmo, refletindo diretamente na produtividade agrícola. Estes fatores podem induzir precocemente à reforma de canaviais em áreas que poderiam apresentar maiores longevidades.

5 CONCLUSÕES

Houve resposta na massa de um colmo e na produtividade com a adubação nitrogenada em soqueiras, nos dois cultivares;

A adubação potássica apresenta resposta na massa de colmos, no cultivar RB835486, em Latossolo Vermelho-Amarelo;

No cultivar RB72454 em Latossolo Vermelho, observa-se resposta à adubação potássica sobre a massa de um colmo e na produtividade;

O parcelamento das doses (50 kg.ha^{-1} após o corte + 50 kg.ha^{-1} 60 dias após corte) e a adubação tardia (100 kg.ha^{-1} 60 dias após o corte) de N e K não comprova ser eficiente sobre a produtividade agrícola das soqueiras de cana-de-açúcar;

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGRIANUAL 01: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p.176, 2001.
2. ALBUQUERQUE, G. A. C.; MARINHO, M. L. Adubação na Região Norte-Nordeste. In: ORLANDO FILHO, J. (coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba. IAA/PLANALSUCAR. SUPER. 1983, p.265-286.
3. ALCOPAR http://www.alcopar.org.br/histprod_br/index.htm Capturado em 24/01/2005
4. ANJOS, I. A. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (cana-soca), sob diferentes doses de nitrogênio**. Lavras:UFLA, 1995. 59p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).
5. AZEREDO, D. F.; BOLSANELLO, J.; WEBER, H.; VIEIRA, J. Nitrogênio em cana-planta. Doses e fracionamento. **STAB**, Piracicaba, v.4, n.5, p.26-33, mai/jun. 1986.
6. AZEREDO, D. F.; ROBAINA, A. A.; ZANOTTI, N. E. Adubação mineral em cana-de-açúcar no Estado do Espírito Santo. **Saccharum – STAB.**, São Paulo, v.7, n.30, p.39-43, 1984.
7. BERGAMASCO, A. F.; SILVA, F. C.; RODRIGUES, L. H. A.; TRIVELIN, P.C.O. **Aplicabilidade do Modelo de Balanço de Nitrogênio para Previsão de Resposta da cana-de-Açúcar ao Fertilizante Nitrogenado** - Comunicado Técnico, 28. Embrapa Informática Agropecuária Área de Comunicação e Negócios (ACN), Campinas, SP. dez., 2002
8. BITTENCOURT, W. C.; SAKAI, M. **Lixiviação do K nativo de solos tropicais**. Piracicaba: Cena, 21p., 1975.
9. CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M. J.; RESENDE, L.C.L. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada, em sistema de colheita de cana sem queima prévia. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.18, n1, p.25, set/out., 1999.

10. CARNAÚBA, B. A. A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.8, n.3/4. p.24-41. jan/abr. 1990.
11. CARNEIRO, A. E. V.; TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L.. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, p.199-209, 1995.
12. CASTRO, A. F.; MENEGHELLI, N. A. As relações $K^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})^{1/2}$ e $K^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ no solo e as respostas a adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.6, p.751-760, jun.1989.
13. CHRISTIANSON, C.B.; CARMONA, G.; KLEIN, M.O.; HOWARD, R.G. Impact on ammonia volatilization losses of mixing KCl of high pH with urea. **Fertilizer Research**, v.40, n.2, p.89-92, 1995.
14. CORDEIRO, D.A.; BATISTA, L. F.; GURGEL, M.N.; e BITTENCOURT, V.C. Study by means of labeling techniques on the K-liming relation in soils cultivated with sugarcane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., 1987, São Paulo. **Proceedings**. São Paulo: The Executive Committee of ISSCT, 1988. v.2. p.1011-1025.
15. COSTA, M. C. G. **Eficiência de fontes nitrogenadas na cultura da cana-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo**. Piracicaba, 2001. 79p.:il. Dissertação (Mestrado).
16. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.
17. EMBRAPA/SNLCS, Rio de Janeiro. **Manual de métodos de análises de solo**, Rio de Janeiro: 1979.
18. EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. Trad. de E. Malavolta. São Paulo: EDUSP; Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, p.341, 1975.
19. ESPINORELLO, A. Aplicação de aquamônia, uréia, nitrato de amônio e cloreto de potássio em cinco níveis, em três socas de cana-de-açúcar. In CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 4., Olinda, 1987. **Anais**. Piracicaba: STAB, p.94-102, 1987.

20. FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1994. 227p.
21. FENN, L.B.; TATUM, G.; HORST, G. Ammonia losses from surface-placed mixtures of ureacalcium- potassium salts in the presence of phosphorus. **Fertilizer Research**, v.21, n.3, p.125-131, 1990.
22. GAMEH, M.A.; ANGLE, J.S.; AXLEY, J.H. Effects of urea-potassium chloride and nitrogen transformations on ammonia volatilization from urea. **Soil Science Society of America Journal**, v.54, n.6, p.1768-1772, 1990.
23. GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; PENATTI, C. P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.36, n.11, 2001.
24. HOLTAN-HARTWIG, L.; BOCKMAN, O.C. Ammonia exchange between crops and air. **Norwegian Journal of Agricultural Sciences**, Aas, v.14, p.1-41, 1994. Supplement.
25. IAA/PLANALSUCAR, Superintendência Geral, Piracicaba, SP. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba, 1983. 369p. (Coleção PLANALSUCAR, v.2).
26. IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná, 49p.1994.
27. KORNDÖRFER, G. H.; COLOMBO, C. A.; CHIMELLO, M. A.; LEONI, P. L. C. 8º Congresso Nacional da STAB: **Desempenho de variedades de cana-de-açúcar cultivadas com e sem nitrogênio**. Pernambuco.p.234-238, 2002.
28. KORNDORFER, G. H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.10, n.3, p.26-31, jan/fev.1992.
29. LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas**: aspectos agrônomicos. 2.ed. rev.e atual. São Paulo: ANDA, 1992. 64p. (ANDA. Boletim Técnico, 4).
30. MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo : Ed. Agronômica Ceres, 1980. 256p.
31. MALAVOLTA, E. Potássio, é uma realidade; o potássio é essencial para todas as plantas. **Informações agrônomicas**, Piracicaba, n.73, p.5-6, mar.1996.

32. MALAVOLTA, E.; HAAG, N. P. Nutrição e adubação. In MALAVOLTA, E. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, p.237-278, 1964.
33. MALAVOLTA, E.; SEGALLA, A. L.; PIMENTEL, F. G.; BRIEGER, F. O.; PARANHOS, S. B.; RANZANI, G.; VALSECHI, O.; JUNQUEIRA, A. A. B.; CAMARGO, A. P.; BERGAMIN, J.; TOFFANO, W. B.; PEIXOTO, A. M.; LIMA, U. A.; DANTAS, B. A.; ORTOLANI, A.; HAAG, H. P.; LIMA, C. C. A.; OLIVEIRA, E. R. Cultura e adubação da cana-de-açúcar. **Instituto Brasileiro de potassa**. São Paulo : editora Peri Ltda. 1964. 368p.
34. MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. ver.atual. Piracicaba: POTAFÒS, 1997. 319p. Cap.3, p.76-77.
35. MARINHO, M. L. **Nutrição e adubação de cana-de-açúcar**. Rio Largo, IAA/PLANALSUCAR, COONE, 1981. 44p.
36. MELO, W. J. Matéria orgânica, nitrogênio e enxofre: curso de atualização em fertilidade do solo. Jaboticabal: **ANDA**, p.66, 1978.
37. MIELNICZUK, J.; SELBACH, P. A. **Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3 ed., Passo Fundo, SBCS – Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.
38. NACHTIGALL, G. R.; VAHAL, L. C. Dinâmica da liberação de potássio dos solos da Região Sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. Campinas, v.15, n.1, p.43-47, 1991.
39. NUNES JÚNIOR, D. A redução da adubação e a produtividade. **STAB**, Piracicaba, v.17, n.3, p.16, 1999.
40. OLIVEIRA, F. A.; BERNARDI, A. C. C.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1027-1033, out./1999.
41. ORLANDO FILHO, J. Deficiências minerais em cana-de-açúcar. São Paulo, **ANDA**, p.8, 1985.

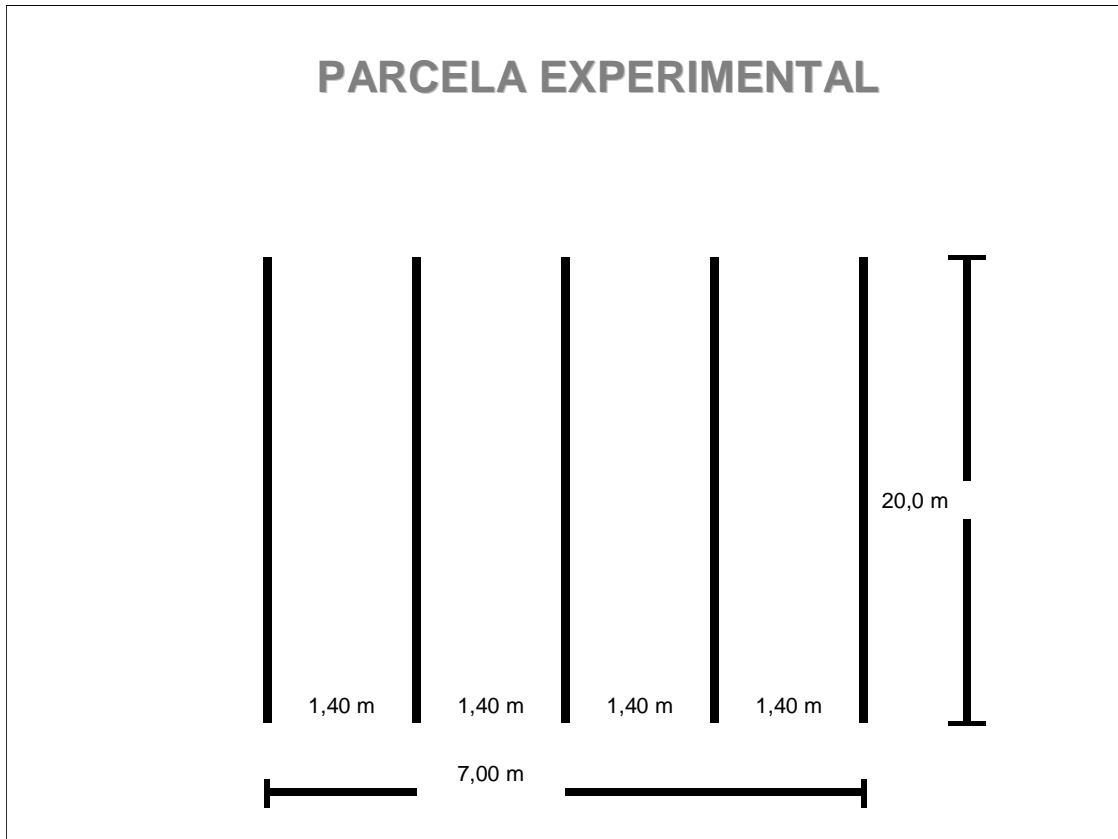
42. ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H. P.; ZAMBELLO JR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar variedade CB41-76, em função da idade em solos do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico Planalsucar**, v.2, n.1, p.1-128, fev.1980.
43. ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja o doutor do seu canavial. Arquivo do agrônomo, v.6. **Instituto Brasileiro de Potassa**; Informações agronômicas, n. 67, set. 1994.
44. ORLANDO FILHO, J.; MURAOKA, T.; RODELLA, A. A.; ROSSETTO, R. Fontes de potássio na adubação da cana-de-açúcar: KCl e K₂SO₄. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL. 5., 1993, Águas de São Pedro. **Anais**. Piracicaba: STAB, 1993, p.39-43.
45. ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. Doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio em cana-planta em solo arenoso sob primeiro cultivo. **STAB**, v.15, n.1, p.34-35, 1996.
46. ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; RODELLA, A. A. Calibração de potássio no solo e recomendação de adubação para a cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.97, n.1, p.18-24, 1981.
47. ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.14, n.5, p.13-17, 1996.
48. PADILHA, W. A. **Curso internacional de fertirrigacion em cultivos protegidos**. Quito: Equador, 1998. 120p.
49. PASSOS, S. M. G; CANÉCHIO FILHO, V.; JOSÉ, A. **Principais culturas**. 2 ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987. 633p.:il.
50. PENATTI, C. P.; DONZELLI, J. L. **Avaliação nutricional em cana colhida sem queima da palha**. Piracicaba: COPERSUCAR, 2001. 18p. (Relatório final do projeto nº 620– Fase P1 safras 99/00 e 00/01).
51. PENATTI, C. P.; FORTI, J. A. Adubação nitrogenada em soqueiras de cana de açúcar. Resultados preliminares. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 6., 1994, Piracicaba, SP. **Sexto...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1994. p.99-104.
52. PENATTI, P. C.; ZOTARELLI, E. M. M.; BENEDINI, M. S.; CHALITA, R.; FERREIRA, E. da S.; KORNDORFER, G. H.; CACERES, N. T.; CAMBRIA, S. Recomendação de

- adubação para a cultura da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, São Paulo, SP. **quarto**...., Piracicaba: Copersucar, 1989. p.103-13.
53. PENNA, M. J.; FIGUEIREDO, A. A. M. Aquamônia x Uréia em soqueiras de cana-de-açúcar fertilizadas com vinhaça. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 2., 1984, Piracicaba, SP. **Segundo**... Piracicaba: COPERSUCAR, P.180-186, 1984.
54. PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo agrícola e geotécnico**. 3 ed. ver. amp. Piracicaba – SP, 2003.
55. PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v.59, n.1, p.129-135, 2002.
56. PREZZOTI, L. C.; DEFELIPO, B. V. Formas de potássio em solos do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.11, p.109-114, 1987.
57. RAIJ, B. Calibração do potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.26, n.6, p. 575-576, 1974.
58. RAIJ, G. J. C; CANTARELLA,H.; QUAGGIO, JA & FURLANI, A.M.C., ed. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo .2 ed. Campinas, **Instituto Agrônomo & Fundação IAC**, 1996. 255p. (Boletim Técnico, 100).
59. RAIJ, B. van; SILVA, N. M. da; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **IAC: Boletim Técnico, n.100**. Campinas, p. 107,1985.
60. RAPPAPORT, B. D.; AXLEY, J.H. Potassium chloride for improved urea fertilizer efficiency. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, n.2, p.399-401, 1984.
61. RODELLA, A. A.; ZAMBELLO JR., E.; ORLANDO FILHO, J. Calibração das análises de fósforo e potássio do solo em cana-de-açúcar; 2ª aproximação. **Saccharum STAB**, São Paulo, n.28, p.39-42, 1983.
62. ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Bragantia, Campinas, v.63, n.1, p.105-119, 2004.

63. SENGIK, E; KIEHL, J. C. Controle da volatilização de amônia em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.3, p.455-461, 1995.
64. SILVA, D. N.; MEURER, E.; KAMPF, N.; BORKET, C. M. Mineralogia e formas de potássio em dois latossolos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.19, n.3, p.433-439, 1995.
65. SILVA, E. F. Efeito da adubação nitrogenada sobre a variação estacional das frações nitrogenadas, atividade da nitrato-redutase carboidratos solúveis em cana-de-açúcar (*Saccharum Spp*, cv.NA 56-79) em condições de campo. Itaguaí: 1989. p.163, Tese (Mestrado) UFRRJ.
66. SILVEIRA, J. A. G. **Aspectos bioquímicos e fisiológicos da relação K:N em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cv. NA 56-79 cultivada em solução nutritiva**. Piracicaba, 1980. 127p. dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
67. SILVEIRA, J. A. G. **Aspectos bioquímicos e fisiológicos da relação K:N em cana-de-açúcar (*Saccharum spp* cv. NA 56-79) cultivada em condições de campo**. Piracicaba, 1985. 152p. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
68. STEVENSON, F. J. **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: ASA: SSA, 1982. 940p.
69. ULLER, A. ; TAUPIER, L. O.G.. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar : diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia**. Brasília: Brasília – DF: ABTI, 1999. 474p
70. WEBER, H.; AZEREDO, D. F. Adubação nitrogenada e potássica em diferentes ciclos da cana-soca e épocas durante a safra. In: SEMINÁRIO BIENAL DE PESQUISA DA UFRRJ, 8, Seropédica. **Resumos**. Seropédica: Imprensa Universal, 1997. p. 28.dez. 1997. Suplemento.
71. WEBER, H.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; IDO, O. T.; BARELA, J. D. Recuperação da produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar com adubação NPK. Editora: UFPR. **Scientia Agrária**, v.2, n.1-2, p.73-77, 2001.

72. YAMADA, T. **Potássio: funções na planta, dinâmica no solo, adubos e adubação potássica**. Uberlândia: UFU, 1995.
73. ZAMBELLO JR.; ORLANDO FILHO, J. A adubação da cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, v.3, n.3, mar. 1981.
74. ZAMBELLO JÚNIOR, E.; AZEREDO, D. F. Adubação na Região Centro-Sul. In: ORLANDO FLHO, J. (coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, Super, 1983. p. 287-313.

ANEXOS

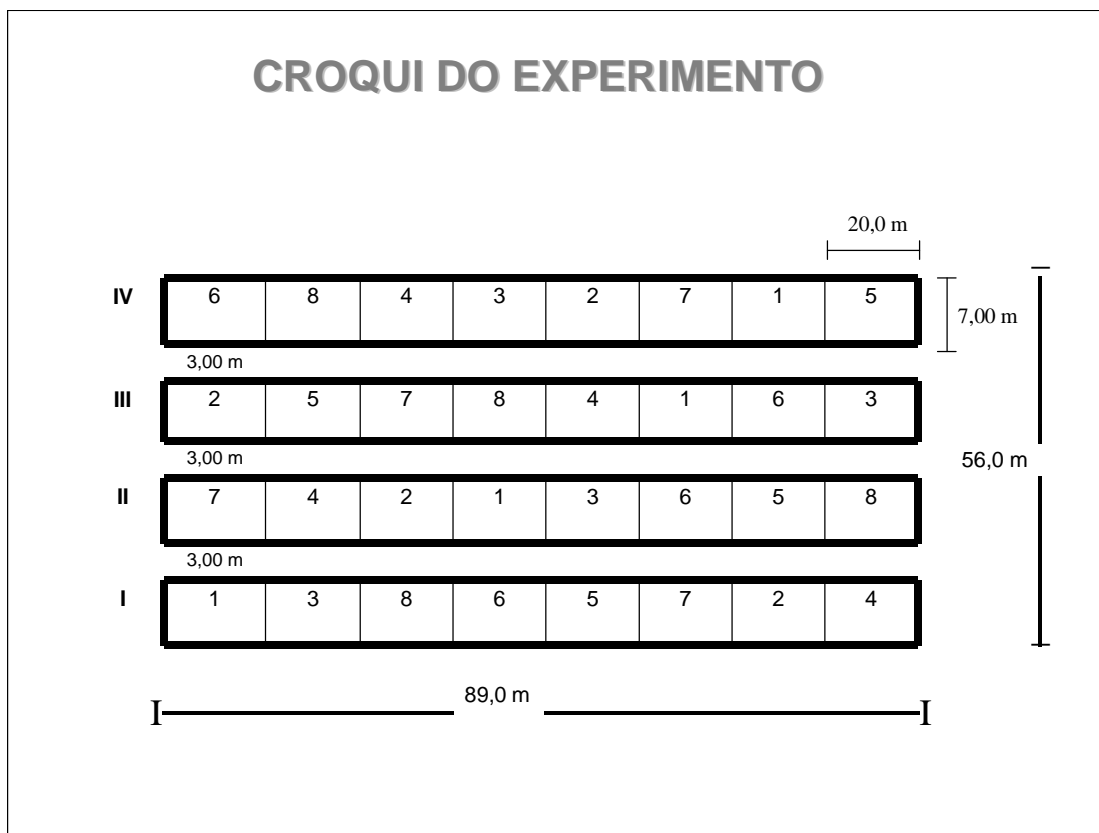


ANEXO 1 – Croqui demonstrativo da unidade experimental de uma das quatro repetições feitas nos experimentos com doses de nitrogênio e potássio.

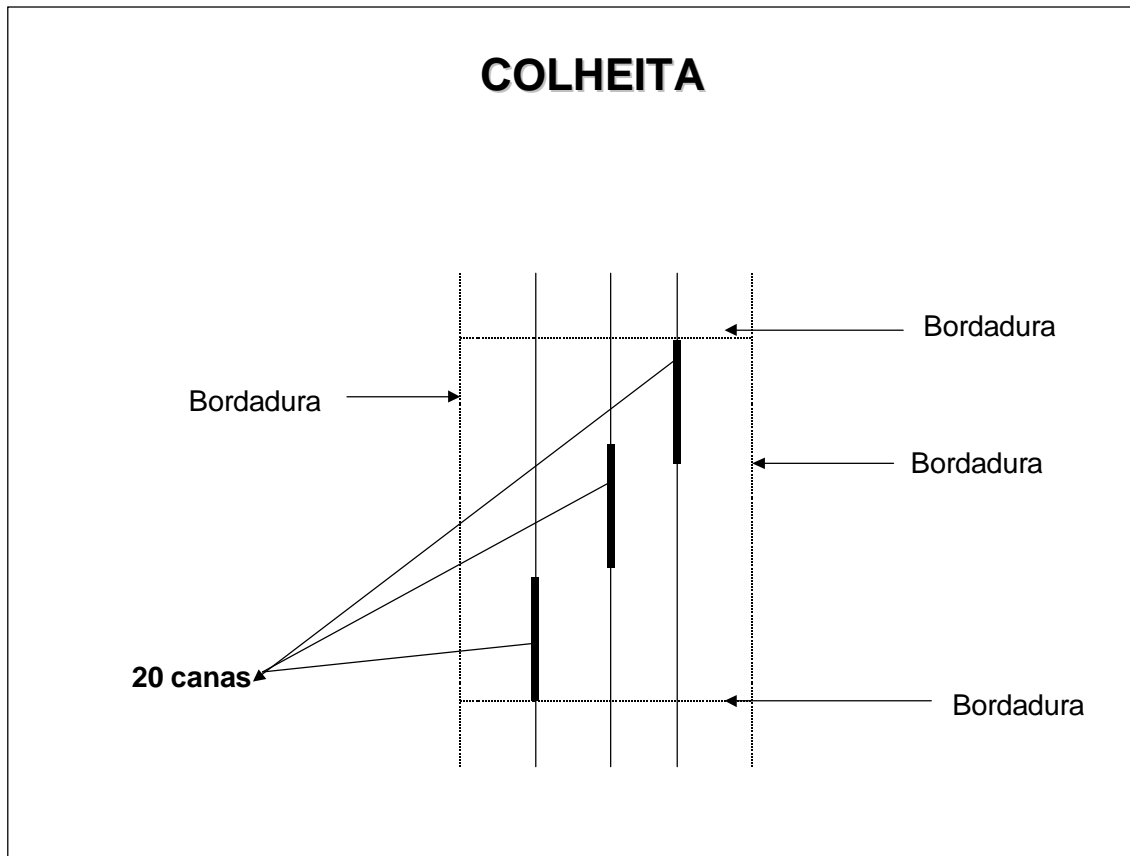
Tratamentos	Doses de N	Doses de K₂O
1	0	0
2	50	50
3	100	100
4	150	150
5	200	200
6	250	250
7	50 + 50*	50 + 50*
8	100*	100*

* adubação feita 60 dias após o corte

ANEXO 2 – Visualização da numeração dos tratamentos feitos com as doses de nitrogênio e potássio, para distribuição dos tratamentos nas parcelas experimentais.



ANEXO 3 – Croqui demonstrativo da distribuição de fertilizantes de um dos experimentos com as quatro repetições e suas parcelas experimentais.



ANEXO 4 – Demonstrativo da colheita dos colmos de cada parcela experimental feitas nas três linhas centrais, desconsiderando as bordaduras para a colheita.

ANEXO 5 - Resultados de ganhos percentuais relativos aos dois cultivares (RB835486 e RB72454) nos experimentos de doses de nitrogênio. 1999.

Tratamentos N (Kg.ha ⁻¹)	Produção (%)					
	RB835486			RB72454		
	Nº de colmos	Massa de 1 colmo	TCH	Nº de colmos	Massa de 1 colmo	TCH
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	1,67	13,18	25,04	6,66	25,29	33,62
100	7,86	9,98	18,56	11,99	28,24	43,80
150	4,85	11,36	16,58	15,06	28,63	48,38
200	6,69	8,74	15,90	11,07	31,01	46,22
250	11,87	14,57	28,11	5,94	44,08	53,09
50 + 50*	5,52	5,61	11,54	9,94	31,20	44,06
100*	7,69	2,99	11,00	8,09	24,14	34,13

*Cobertura aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

ANEXO 6 - Resultados de ganhos percentuais relativos aos dois cultivares (RB835486 e RB72454) nos experimentos de doses de potássio. 1999.

Tratamentos K (Kg.ha ⁻¹)	Produção (%)					
	RB835486			RB72454		
	Nº de colmos	Massa de 1 colmo	TCH	Nº de colmos	Massa de 1 colmo	TCH
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	-2,30	6,74	4,44	-2,94	22,55	18,29
100	-5,37	11,81	5,41	-4,54	27,87	21,54
150	-3,22	18,74	16,01	0,89	42,23	42,39
200	-4,45	10,44	5,78	-9,25	42,76	33,94
250	-4,60	9,63	4,50	4,00	55,00	60,75
50 + 50*	0,0	5,85	5,76	-11,21	30,85	15,86
100*	-0,77	9,63	8,75	-4,18	24,04	18,12

*Cobertura aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos.

ANEXO 7 – Análise de variância dos resultados do experimento com doses de nitrogênio na COPAGRA.

Function: ANOVA-2
Data case 1 to 32

Two-way Analysis of Variance over
variable 2 (BLOCO) with values from 1 to 4 and over
variable 1 (TRATAMENTO) with values from 1 to 8.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Variable 5: N° de colmos.m¹

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	0.13	0.344	0.44	0.7299
TRATAMENTO	7	1.32	0.189	1.89	0.1230
Error	21	2.10	0.100		
Non-additivity	1	0.11	0.105	1.05	0.3177
Residual	20	2.00	0.100		
Total	31	3,56			

Grand Mean= 6.393 Grand Sum= 204.567 Total Count= 32
Coefficient of Variation= 4,95%
lsd at 0.05 alpha level = 0.466

Variable 6: Massa de 1 colmo

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	11976.06	3992.020	0.72	0.5511
TRATAMENTO	7	135621.94	19374.563	3.50	0.0121
Error	21	116404.50	5543.071		
Non-additivity	1	9279.63	9279.626	1.73	0.2030
Residual	20	117124.87	5356.244		
Total	31	264002.50			

Grand Mean= 1487.187 Grand Sum= 47.590.000 Total Count= 32
Coefficient of Variation= 5.01%
lsd at 0.05 alpha level = 109.482

Variable 7: TCH

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	45.53	15.176	0.43	0.7361
TRATAMENTO	7	739.50	105.643	2.97	0.0250
Error	21	747.26	35.584		
Non-additivity	1	22.68	22.684	0.63	
Residual	20	724.57	36.229		
Total	31	1532.28			

Grand Mean= 68.046 Grand Sum= 2177.483 Total Count= 32
Coefficient of Variation= 8.77%
lsd at 0.05 alpha level = 8.772

ANEXO 8 - Análise de variância dos resultados do experimento com doses de nitrogênio na CASQUEL.

Function: ANOVA-2
Data case 1 to 32

Two-way Analysis of Variance over
variable 2 (BLOCO) with values from 1 to 4 and over
variable 1 (TRATAMENTO) with values from 1 to 8.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Variable 5: N° de colmos.m¹

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	8.57	2.858	4.70	0.0116
TRATAMENTO	7	5.51	0.787	1.29	0.3009
Error	21	12.77	0.608		
Non-additivity	1	0.21	0.206	0.33	
Residual	20	12.57	0.628		
Total	31	26.85			

Grand Mean= 10.599 Grand Sum= 339.183 Total Count= 32
Coefficient of Variation= 7.36%
lsd at 0.05 alpha level = 1.147

Variable 6: Massa de 1 colmo

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	0.01	0.005	0.80	0.5058
TRATAMENTO	7	0.47	0.067	10.82	0.0000
Error	21	0.13	0.006		
Non-additivity	1	0.00	0.002	0.24	
Residual	20	0.13	0.006		
Total	31	0.61			

Grand Mean= 1.327 Grand Sum= 42.450 Total Count= 32
Coefficient of Variation= 5.93%
lsd at 0.05 alpha level = 0.116

Variable 7: TCH

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	739.97	246.657	1.87	0.1664
TRATAMENTO	7	4825.20	689.314	5.21	0.0015
Error	21	2776.53	132.216		
Non-additivity	1	4.39	4.391	0.03	
Residual	20	2772.14	138.607		
Total	31	8341.70			

Grand Mean= 108.379 Grand Sum= 3468.137 Total Count= 32
Coefficient of Variation= 10.61%
lsd at 0.05 alpha level = 16.909

ANEXO 9 - Análise de variância dos resultados do experimento com doses de potássio na COPAGRA.

Function: ANOVA-2

Data case 33 to 64

Two-way Analysis of Variance over
variable 2 (BLOCO) with values from 1 to 4 and over
variable 1 (TRATAMENTO) with values from 1 to 8.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Variable 5: N° de colmos.m¹

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	0.42	0.141	4.02	0.0209
TRATAMENTO	7	0.56	0.079	2.27	0.0691
Error	21	0.74	0.035		
Non-additivity	1	0.05	0.045	1.31	0.2651
Residual	20	0.69	0.034		
Total	31	1,71			
Grand Mean= 6.350 Grand Sum= 203.200 Total Count= 32					
Coefficient of Variation= 2,95%					
lsd at 0.05 alpha level = 0.275					

Variable 6: Massa de 1 colmo

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	52364.95	14121.651	2.25	0.1127
TRATAMENTO	7	145952.47	20850.352	3.32	0.0154
Error	21	132010.11	6286.196		
Non-additivity	1	128428.46	3581.658	0.56	
Residual	20	117124.87	6421.423		
Total	31	320327.53			
Grand Mean= 1472.604 Grand Sum= 47123.334 Total Count= 32					
Coefficient of Variation= 5.38%					
lsd at 0.05 alpha level = 116.590					

Variable 7: TCH

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	62.62	20.874	1.10	0.3721
TRATAMENTO	7	204.88	29.268	1.54	0.2085
Error	21	399.39	19.018		
Non-additivity	1	29.21	29.205	1.58	0.2235
Residual	20	370.18	18.509		
Total	31	666.89			
Grand Mean= 66.752 Grand Sum= 2136.058 Total Count= 32					
Coefficient of Variation= 6.53%					
lsd at 0.05 alpha level = 6.413					

ANEXO 10 - Análise de variância dos resultados do experimento com doses de potássio na CASQUEL.

Function: ANOVA-2
Data case 33 to 64

Two-way Analysis of Variance over
variable 2 (BLOCO) with values from 1 to 4 and over
variable 1 (TRATAMENTO) with values from 1 to 8.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Variable 5: N° de colmos.m¹

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	0.96	0.322	0.50	0.6851
TRATAMENTO	7	7.66	1.094	1.71	0.1615
Error	21	13.46	0.641		
Non-additivity	1	0.15	0.152	0.23	
Residual	20	13.30	0.665		
Total	31	22.08			
Grand Mean=	10.908	Grand Sum=	349.067	Total Count=	32
Coefficient of Variation=	7.34%				
lsd at 0.05 alpha level =	1.177				

Variable 6: Massa de 1 colmo

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	0.01	0.002	0.14	0.9342
TRATAMENTO	7	0.68	0.097	8.01	0.0001
Error	21	0.25	0.012		
Non-additivity	1	0.00	0.000	0.00	
Residual	20	0.25	0.013		
Total	31	0.94			
Grand Mean=	1.228	Grand Sum=	39.308	Total Count=	32
Coefficient of Variation=	8.96%				
lsd at 0.05 alpha level =	0.162				

Variable 7: TCH

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	Prob
BLOCO	3	281.91	93.970	0.59	0.6256
TRATAMENTO	7	6555.29	936.470	5.92	0.0007
Error	21	3320.21	158.105		
Non-additivity	1	407.20	407.204	2.80	0.1101
Residual	20	2913.00	145.650		
Total	31	10157.41			
Grand Mean=	103.211	Grand Sum=	3302.764	Total Count=	32
Coefficient of Variation=	12.18%				
lsd at 0.05 alpha level =	18.490				