

**PRODUÇÃO DE COLMOS E EXPORTAÇÃO DE
MACRONUTRIENTES PRIMÁRIOS POR CULTIVARES
DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)**

JORGE FERNANDO FÁVARO GOMES

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 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
Fevereiro - 2003

**PRODUÇÃO DE COLMOS E EXPORTAÇÃO DE
MACRONUTRIENTES PRIMÁRIOS POR CULTIVARES
DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)**

JORGE FERNANDO FÁVARO GOMES

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **QUIRINO AUGUSTO de CAMARGO CARMELLO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 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
Fevereiro - 2003

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Gomes, Jorge Fernando Fávoro

Produção de colmos e exportações de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) / Jorge Fernando Fávoro Gomes. - - Piracicaba, 2003.

65 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003.

Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar 2. Colmos 3. Exportação 4. Nutrientes minerais do solo
5. Variedades vegetais 6. Vinhaça I. Título

CDD 633.61

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Aos meus pais, Paulo e Maria,
pelo apoio em todos os momentos,

À Cândia,
querida irmã e grande amiga,

À Flávia, companheira nas lutas passadas e vindouras

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso pai;

Ao Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello, pela orientação, conselhos e compreensão;

Ao Prof. Dr. Jairo Antônio Mazza, pela grande amizade;

Ao Prof. Dr. Godofredo César Vitti, pelos preciosos ensinamentos;

Aos demais professores e funcionários da ESALQ, pela ajuda desde os tempos da graduação;

Ao Dr. Maurício Hardman Tavares de Melo e aos amigos da Usina Estivas S.A., pela compreensão e apoio;

Aos colegas da Usina Rafard, pelo apoio nos momentos que passamos juntos;

Aos amigos Alfredo (PK), Gláucia, Karina, Aline e Fuji, pelo agradável convívio;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

Aos funcionários da biblioteca, pela ajuda desde a revisão até a correção bibliográfica;

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

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
SUMMARY.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Produção de colmos de cana-de-açúcar.....	3
2.2 Concentração e exportação de nutrientes.....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Localização e clima.....	12
3.2 Solo.....	13
3.3 Cultivares.....	17
3.4 Práticas culturais adotadas.....	18
3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	19
3.6 Parâmetros avaliados.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Produção de colmos e açúcar total recuperável.....	21
4.2 Concentração e exportação de nutrientes nos colmos.....	37
5 CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

PRODUÇÃO DE COLMOS E EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES PRIMÁRIOS POR CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)

Autor: JORGE FERNANDO FÁVARO GOMES

Orientador: Prof. Dr. QUIRINO AUGUSTO de CARMARGO CARMELLO

RESUMO

A vinhaça é um resíduo que pode representar um problema ambiental, porém pode ser utilizado com fertilizante potássico na cultura da cana-de-açúcar, que apresenta uma grande importância na agricultura brasileira. A seleção de cultivares com um comportamento adequado às áreas que receberam esse resíduo, e o conhecimento das quantidades exportadas de macronutrientes primários pelos colmos, tem importância na melhoria da produtividade agrícola. Doze cultivares de cana-de-açúcar foram cultivadas em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico (LVA) e um NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico (NV), no município de Rafard, SP, em áreas com aplicação de vinhaça, durante três safras. As cultivares, em função das características genéticas, do ano agrícola, do estágio e do conjunto de práticas utilizadas, apresentaram diferenças de produção, dentro de cada solo. A cultivar RB 835089 apresentou uma boa adaptação, enquanto que as cultivares RB 72454, SP 80-1842 apresentaram desempenho intermediário, nos dois ambientes. Já as cultivares RB 835486, RB 845257 e RB 825336 adaptaram-se melhor ao LVA e as

cultivares SP 80-3280 e RB 855536 ao NV. As cultivares apresentaram concentrações diferentes de nutrientes em função do solo, do ano agrícola (estágio), das práticas culturais e da sua adaptabilidade ao ambiente e a ordem de exportação de macronutrientes primários obtida foi $K > N > P$. As exportações de nutrientes sofreram efeito do solo: LVA - 71; 14,2 (32,1 - P_2O_5); 141 (169 - K_2O) $kg\ ha^{-1}$ N, P e K, respectivamente e NV - 94; 9,2 (20,7 - P_2O_5) e 257 kg (310 - K_2O) N, P e K, respectivamente.

YIELD OF STALKS AND EXPORTATION OF MAJOR NUTRIENTS BY SUGARCANE (*Saccharum* spp.) VARIETIES

Author: JORGE FERNANDO FÁVARO GOMES

Adviser: Prof. Dr. QUIRINO AUGUSTO de CARMARGO CARMELLO

SUMMARY

The vinasse, a residue of sugarcane processing, can be an environmental risk. It is a potassium source that can be used for fertilization on sugarcane, which is a very important crop in Brazilian agriculture. The selection of varieties that shows high sugar yield per area unit and the determination of the amount of major nutrients in this crop has importance on achieving high yields. Twelve varieties were grown in a Hapludox and in a Kandiodalf soils in the state of São Paulo, Brazil, in vinasse application areas, during three harvests. The varieties presented yield differences, in each soil, as function of genetic characteristics, of the agricultural year and the set of management practices used. The variety RB 835089 presented a good adaptation, while the varieties RB 72454, SP 80-1842 had presented intermediate performance in the two soils used in the experiments. The varieties RB 835486, RB 845257 and RB 825336 adapted better in the Oxissol and the varieties SP 80-3280 and RB 855536 to the Alfisol. The varieties nutrients concentration varied with the soil, the agricultural year, the management practices and the adaptation environment. The order of exportation of primary macronutrients was $K > N > P$. The exportations of nutrients had soil effects:

in the Oxisol - 71; 14,2 (32,1 - P₂O₅); (169 - 141 K₂O) kg ha⁻¹ of N, P and K, respectively, and in the Alfisol - 94; 9,2 (20,7 - P₂O₅) and 257 kg (310 - K₂O) of N, P and K, respectively.

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da cana-de-açúcar tem grande importância no cenário sócio-econômico brasileiro. Ela é responsável por uma fatia expressiva do produto interno bruto, possibilita o uso de uma fonte de energia renovável, gera divisas com a exportação de açúcar e álcool, além de ser uma atividade de criação intensa de empregos. Para a manutenção da competitividade da cadeia, é imperativo que as áreas agrícola, industrial e administrativa apresentem ganhos de produtividade.

Os ganhos em produtividade na área agrícola podem ser obtidos com três objetivos: aumento da produção de colmos por unidade de área, aumento do teor de açúcar nos colmos e maior longevidade do canavial. Para se atingir esses objetivos, deve-se adequar os fatores relativos ao sistema solo-planta-atmosfera às práticas culturais, bem como incrementar o entendimento da interação entre esses fatores.

Com a pressão da sociedade, assim como uma melhor conscientização em geral, para a redução da carga poluidora dos mananciais e do solo, com a necessidade de se aumentar a produtividade agrícola, aliada à redução de custos, a fertilização com vinhaça tornou-se uma realidade na canavicultura atual. Soma-se, ainda, a incorporação de áreas com fertilidade marginal, crescendo a importância de se proceder a um manejo que vise o aumento da fertilidade desses solos e de se buscar o desenvolvimento de cultivares adequadas aos diversos ambientes.

Portanto, torna-se primordial a adequação de cultivares às áreas fertilizadas com vinhaça, tanto nas zonas canavieiras de expansão, que geralmente são de baixa fertilidade natural, como nas áreas que já são exploradas tradicionalmente com a cultura da cana-de-açúcar, geralmente em solos com maior fertilidade natural.

O presente trabalho tem como objetivos verificar o comportamento de doze cultivares de cana-de-açúcar, em áreas onde se faz a aplicação de vinhaça e que são caracterizadas por solos com potencial de produção bastante distintos. Para isso, foi selecionado um LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico psamítico, caracterizado por apresentar teor de argila baixo, uniformemente distribuída em todo o perfil, implicando em uma capacidade de troca catiônica baixa, um teor de matéria orgânica baixo e um estoque de nutrientes baixo, interpretado como de reduzido potencial para a produção de cana-de-açúcar. O outro solo selecionado foi um NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico, caracterizado por apresentar um teor de argila alto, implicando em uma capacidade de troca catiônica maior, um teor de matéria orgânica maior e um estoque de nutrientes maior em todo o perfil, sendo este interpretado como de elevado potencial para a produção da cana-de-açúcar. Os estudos foram conduzidos durante três safras, objetivando-se avaliar as produções de colmos e açúcar, bem como a adaptabilidade das cultivares para os dois solos citados, nas condições de cana-planta e também em soqueiras, submetidas às variações climáticas inerentes a cada ano agrícola. Também foram determinadas as concentrações dos macronutrientes primários e a sua exportação pelos colmos e é discutida a influência do material genético, do solo e do clima, sob um conjunto de práticas culturais, bem como as interações entre esses componentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de colmos de cana-de-açúcar

Em plantios comerciais, a cana-de-açúcar é multiplicada vegetativamente, através do método de plantio de pedaços do colmo, com um determinado número de gemas, chamados 'toletes' (Fauconnier & Brassereau, 1975). A reprodução sexuada da cana-de-açúcar somente tem importância para o melhoramento genético, onde, através de hibridação e da seleção de populações, tenta-se produzir clones ou variedades com maior aptidão ao cultivo comercial, ou seja, com maior produtividade final, e a um menor custo (Machado Júnior, 1987).

Gheller (1993) cita algumas das características desejáveis e/ou obrigatórias, que devem ser avaliadas na seleção de cultivares de cana-de-açúcar, tais como: uma produtividade agrícola elevada (Mg ha^{-1}), os altos teores de sacarose (kg Mg^{-1} de ATR), a precocidade de maturação, o longo período útil de industrialização, a boa brotação e longevidade das socas, o não florescimento excessivo, o baixo índice de tombamento, a facilidade de colheita mecanizada e a resistência satisfatória às principais pragas e doenças.

Nunes Júnior (1987) cita que a busca por novas cultivares se dá tanto pela necessidade de aumentos de produtividade como pela perda de produtividade das cultivares em uso, devido à degenerescência varietal. Braga Júnior & Sordi (2002) observaram uma substituição gradativa do plantel das cultivares utilizadas nas unidades sucroalcooleiras filiadas à COPERSUCAR; constataram também que nos, últimos vinte e dois anos, apenas cinco cultivares foram responsáveis por 54% da área cultivada nas referidas unidades, observando assim uma concentração do plantio de poucas cultivares.

Nesse contexto, deve ser considerado que as cultivares estão interagindo com o solo, a atmosfera e com o manejo ao qual é submetida a cultura e, dessa interação, resulta o grau de adaptabilidade da cultivar a esse ambiente (Matsuoka et al., 1998). Os mesmos autores destacam que, dado um mesmo conjunto de práticas culturais (manejo) a distintas cultivares, não é esperada a obtenção do máximo rendimento devido às diferenças de adaptabilidade. Nesse conjunto de práticas culturais, temos desde a época de plantio, tratamentos fitossanitários, doses de nutrientes, sistema de plantio e colheita até o ajuste a diferentes tipos de solos ou mesmo às unidades climáticas distintas, que caracterizam o território nacional. Destaca-se ainda, outra característica das cultivares, a estabilidade de produção ao longo do tempo, que associada à adaptabilidade, confere confiabilidade à cultivar, que é uma característica de efetiva necessidade para os produtores.

A cana-de-açúcar tem sido cultivada em escala comercial no Brasil desde a proximidade da linha do Equador, no estado do Amazonas, até regiões subtropicais, como no estado do Rio Grande do Sul, resultando numa extrema diversidade de unidades edafoclimáticas (FNP Consultoria & Comércio, 2002). Isso gera variabilidade na adaptação das cultivares nas diversas regiões de cultivo da cana-de-açúcar. Maule et al. (2001) concluíram que as cultivares apresentaram diferentes comportamentos de produção em função do ambiente de desenvolvimento.

As cultivares de cana-de-açúcar apresentam potenciais genéticos de produção muito mais elevados comparados aos que se tem sido obtido como média de produção, mesmo considerando-se as unidades de produção mais tecnificadas, nas quais a produção de colmos raramente ultrapassa 100 Mg ha^{-1} (Nunes Júnior et al., 2002). Essa defasagem entre o potencial genético e as produtividades obtidas relaciona-se aos diversos fatores de produção intrínsecos ao clima, solo, práticas culturais e às interações desses parâmetros com as características genéticas das cultivares.

O clima apresenta uma grande influência no desenvolvimento da cana-de-açúcar. Scardua (1985) afirmou que, das interações entre clima e produtividade agrícola, obteve-se a melhor correlação, quando se considerou o efeito conjunto dos graus-dia e da radiação líquida. Ide & Banchi (1984) demonstraram que, para a produção de um Mg

de colmos, são necessários 11,1 mm de água. Scarpari (2002) mostrou a possibilidade de confirmação e quantificação da influência da precipitação, graus-dia e graus-dia negativos sobre a maturação e a produtividade da cana-de-açúcar. Barbieri (1993) sugeriu que, além das características climáticas normalmente utilizadas na estimativa do potencial de produtividade, também devem ser considerados aspectos relacionados às cultivares para a previsão do potencial produtivo.

Dias (1997) concluiu que nem sempre os parâmetros climáticos (graus-dia e deficiência hídrica) apresentam correlações significativas com o rendimento da cultura, uma vez que o regime hídrico do solo pode ser relevante na resposta da cultura. Ribeiro et al. (1984), estudando as variações no rendimento da cana-de-açúcar na microrregião da mata norte de Pernambuco, concluíram que 44% das variações na equação de previsão de rendimentos foram devidas à carência hídrica. Os autores desenvolveram o estudo em solos com características bastante distintas, podendo-se verificar que foram obtidas produtividades que variavam de 40 a 80 Mg ha⁻¹ de colmos, para a mesma deficiência hídrica estimada pela metodologia descrita em 1955 por Thornthwaite & Mather (500 mm de deficiência hídrica estimada).

No mesmo trabalho de Ribeiro et al. (1984), também foi observado que 27% da produtividade estava relacionada aos valores da soma de bases dos horizontes A e B. Desta forma, pode-se inferir que na variação de produtividade observada de 40 para 80 Mg ha⁻¹ de colmos, de fato, não deve ter ocorrido para a cultura, no campo, a deficiência hídrica de 500 mm quando se obteve 80 Mg ha⁻¹ de colmos. Nesse caso, as características do perfil do solo, tais como a soma de bases no horizonte B, a condutividade hidráulica mais lenta, o desenvolvimento do sistema radicular mais profundo que 150 cm (uma vez que a CAD foi calculada para esta profundidade) e a água disponível em potenciais maiores que 0,33 atm (Reichardt, 1988), podem ter definido uma unidade edafoclimática com potencial maior para a cultura da cana-de-açúcar, como resultado da interação solo e clima.

Reforçando a importância das interações entre o clima e o solo, Dias (1997) também não obteve boas correlações entre a produtividade agrícola e a deficiência hídrica estimada, sendo que o autor atribuiu as maiores produtividades às características

químicas favoráveis na subsuperfície, as quais estariam relacionadas com um estímulo ao desenvolvimento maior do sistema radicular no perfil do solo. Também foi discutida a importância do regime hídrico dos solos, que seria o resultado da interação das características físicas, tais como a condutividade hidráulica e os atributos morfológicos associados, que influenciam assim a disponibilidade de água do solo. Desta forma, considerando-se a média de produtividade das seis cultivares estudadas, verificou-se que a influência das características do solo na produção de colmos da cana-de-açúcar é muito grande.

Num Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico areia/média (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico) a produtividade foi de 171 Mg ha⁻¹ de colmos, enquanto que na Areia Quartzosa álica (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico) obteve-se 84 Mg ha⁻¹, o que promoveu uma diferença de 86 Mg ha⁻¹. A diferença extremamente significativa foi devida à variação entre os solos, já que ambos encontravam-se sob deficiência hídrica estimada de 700 mm, com o mesmo elenco de cultivares. Sobre o comportamento das cultivares, o autor concluiu que no melhor ambiente, estas puderam expressar melhor seu potencial genético, já que a variação de rendimento no melhor solo foi de aproximadamente 50 Mg ha⁻¹, enquanto que no solo com menor potencial, para as mesmas cultivares consideradas, a variação foi de 14 Mg ha⁻¹ (Dias, 1997).

Demattê (1986) cita os atributos dos solos que podem levar a potenciais produtivos distintos, tais como: a classe textural do solo, a saturação e os teores absolutos de bases trocáveis, a saturação por alumínio, a saturação por sódio, os teores de fósforo assimilável, a capacidade de fixação de fósforo e a umidade disponível. Koffler & Donzelli (1987) citaram que, além desses caracteres do solo, devem ser consideradas características físicas, tais como: a profundidade do solo maior que um metro, a infiltração rápida no horizonte superficial, a drenagem satisfatória em profundidade e o armazenamento de água disponível maior que 150 mm m⁻¹, as quais são adequadas para a cana-de-açúcar. Apresentam ainda, como limitações dos solos arenosos, a baixa capacidade de armazenamento de água, a grande perda de nutrientes por lixiviação e a propensão ao desenvolvimento de populações grandes de nematóides.

Por outro lado, os solos argilosos seriam mais susceptíveis à ocorrência de adensamentos, compactações e uma menor aeração das raízes.

Para a cana-de-açúcar, Demattê (1986) propõe um critério que leva em consideração, principalmente, as características da fertilidade dos solos, separando-os em grupos de manejo: Grupo 1 – solos argilosos eutróficos e epiutróficos; Grupo 2 – solos argilosos distróficos e/ou álicos; Grupo 3 – solos de textura média; Grupo 4 – solos com teor de argila de 15 a 25%, e Grupo 5 – solos arenosos com menos de 15% de argila. O potencial produtivo desses solos seria decrescente do grupo 1 ao 5. Uma proposta similar foi discutida por Joaquim et al. (1994) e tem sido utilizada no meio canavieiro pela COPERSUCAR, referindo-se aos ambientes de produção designados como de A a E, semelhantes aos grupos de 1 a 5 citados por Demattê (1986).

Assim, observa-se que a produtividade da cultura da cana-de-açúcar é regida por diversos fatores intrínsecos à cultivar (aspectos genéticos), bem como por fatores do clima, do solo e das práticas de manejo aplicadas na cultura. Ressalte-se, ainda, que todos esses fatores estão interagindo entre si, e que cabe aos profissionais ligados à cultura a integração dos efeitos desses fatores, para se obter as maiores produtividades econômicas.

2.2 Concentração e exportação de nutrientes

A cana-de-açúcar é uma cultura que se caracteriza por apresentar uma elevada produção de material seco, tanto na parte subterrânea como na parte aérea. Isso se deve ao fato de a planta promover a fixação do gás carbônico do ar pela via C_4 , o que lhe confere uma maior eficiência fotossintética quando comparada às plantas C_3 (Machado Júnior, 1987; Marschner, 1995).

No que se refere à proporção entre os componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (folhas e colmos), podem ser encontrados valores oscilando entre 25 a 40% do material seco (material seco de folhas:material seco da parte aérea), segundo dados extraídos, respectivamente, de Orlando Filho et al. (1980) e Sampaio & Salcedo (1991).

Quando a produtividade apresenta-se menor, há uma tendência da relação citada aumentar, chegando a alcançar valores próximos a 40% para as folhas. Quanto à composição dos colmos, dados dos mesmos autores mostraram valores de umidade oscilando entre 64 a 75%, sendo que os valores menores foram obtidos por Sampaio & Salcedo (1991) na região nordeste do Brasil, enquanto que os valores maiores foram obtidos por Orlando Filho et al. (1980) no estado de São Paulo. Assim, pode-se questionar se uma parte da produtividade média maior da cana-de-açúcar na região sudeste pode estar relacionada ao teor de umidade maior nos colmos observado nessa região.

Ainda com relação à influência dos fatores de produção sobre a composição dos colmos, os dados obtidos por Orlando Filho et al. (1980) mostram que as produções de material seco na cana-planta, em três solos bastante distintos, a saber, Latossolo Roxo (LATOSSOLO VERMELHO Férrico), Latossolo Vermelho-Escuro-orto (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argiloso) e Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras (ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico), foram, respectivamente, de 31,4; 35,7 e 35,7 Mg ha⁻¹, enquanto que na primeira soca estes foram, respectivamente, de 34,3; 31,2 e 25,5 Mg ha⁻¹, podendo-se concluir que tanto o solo como o estágio e/ou ano agrícola, assim como as interações de ambos, também influenciam na produção de material seco dos colmos. No Latossolo Roxo, ocorreu um aumento de 2,9 Mg ha⁻¹ na produção de material seco dos colmos do primeiro para o segundo cortes (9,2% a mais), enquanto que no Latossolo Vermelho Escuro-orto a produção de material seco reduziu 4,5 Mg ha⁻¹ (redução de 12,6%) e no Podzólico Vermelho-Amarelo essa redução chegou a alcançar 10,2 Mg ha⁻¹ (redução de 28,6%). Em função dessas interações, houve uma amplitude de variação na produtividade ao redor de 38% (Orlando Filho et al., 1980).

Em função do exposto, verifica-se que na cana-de-açúcar ocorre a remoção de aproximadamente 2/3 da parte aérea, assim a composição dos colmos constitui-se em um parâmetro de elevada importância para a determinação da exportação de nutrientes. Raij et al. (1996) citam exportações de nutrientes, em kg Mg⁻¹ de colmos, de 0,9 para nitrogênio; 0,2 para fósforo e 1,1 para potássio, em canaviais com uma produtividade variando entre 60 e 120 Mg ha⁻¹ de colmos. Nessa mesma linha, Malavolta et al. (1997)

citam exigências de 90 kg de nitrogênio, 10 kg de fósforo (P) e 65 kg de potássio (K), para uma produção de 100 Mg de colmos. Porém, essas quantidades citadas são valores médios, oriundos de diversos locais, solos, cultivares e anos agrícolas, sendo que esses fatores, além da produtividade agrícola e da qualidade, afetam ainda o teor e a exportação de nutrientes. Além dessas influências, Dillewijn (1952) cita a influência da idade, da produtividade e da adubação, onde também podemos incluir a fertilização com vinhaça.

A vinhaça é um resíduo amplamente utilizado na cultura da cana-de-açúcar, sendo sua aplicação realizada de diversas formas, como por exemplo, por caminhões-tanque, por sulcos de infiltração, por aspersão (Leme, 1993) e, atualmente, existe a possibilidade da aplicação desse resíduo diluído por meio de pivôs centrais. A riqueza da vinhaça em nutrientes varia de acordo com o tipo de mosto utilizado na destilaria, sendo a quantidade alta de potássio, uma das principais razões do seu uso como fertilizante. Assim, da aplicação de vinhaça resultam efeitos benéficos no aumento da produtividade agrícola, sendo mais pronunciado em solos arenosos, principalmente quando eles se caracterizam por apresentar baixo conteúdo de nutrientes (Coelho & Azevedo, 1986). Por outro lado, nos locais onde são feitas aplicações de doses elevadas podem ocorrer problemas devido ao aumento no teor de cinzas do caldo (prejudicando a cristalização do açúcar), reduzindo a pureza do caldo, mostrando assim um efeito negativo da vinhaça sobre a maturação da cana (Silva et al., 1978).

Devido aos altos teores de potássio da vinhaça, normalmente dispensa-se a aplicação desse nutriente nas áreas onde o resíduo é aplicado. Então, nas áreas fertilizadas com vinhaça e devido inconstância na obtenção de respostas positivas à adubação nitrogenada da cana-planta (Carnaúba, 1990), usualmente, as unidades de produção sucroalcooleira aplicam apenas o fertilizante fosfatado no sulco do plantio de cana. Nas soqueiras, mesmo com a adição de quantidades significativas de nitrogênio junto com a vinhaça, respostas positivas são observadas devida à complementação nitrogenada, sendo então usual a aplicação de fertilizantes nitrogenados nas soqueiras (Glória et al., 1996; Rodrigues et al., 1996; Espironello et al, 1981).

O solo tem grande influência na concentração de nutrientes nos colmos da cultura da cana-de-açúcar. Assim, Ayres¹, citado por Dillewijn (1952), estudando o efeito do solo na composição química da cana-de-açúcar, observou que as concentrações de P e K variavam 1,5 a 3,0 vezes de um solo para outro. Também Golden (1961) confirma a variação em função da diversidade dos solos, sendo que a quantidade de nutrientes em kg Mg⁻¹ de colmos variou de 0,46 a 0,82 no caso do N, de 0,32 a 0,68 para fósforo (P₂O₅, equivalentes a 0,14 a 0,30 de P) e de 1,11 a 1,89 para potássio (K₂O, equivalentes a 0,93 a 1,57 de K).

Ainda com relação ao efeito dos solos na composição química dos colmos, Orlando Filho et al. (1980) mostraram que a concentração de nutrientes na cultivar CB 41-76 em cana-planta, em kg Mg⁻¹ de colmos para os solos Latossolo Roxo (LATOSSOLO VERMELHO Férrico), Latossolo Vermelho Escuro-orto (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argiloso) e Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras (ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico), foi, respectivamente, 0,87, 0,87 e 1,02 para o nitrogênio; 0,10, 0,06 e 0,15 para o fósforo (P); 0,65, 0,48 e 0,80 para o potássio (K). Em cana-soca, os mesmos autores constataram valores de concentração nos colmos, para a mesma seqüência de solos, de 0,66, 0,65 e 0,85 para o nitrogênio; 0,13, 0,07 e 0,19 para o fósforo; 0,84, 0,48 e 0,82 para o potássio.

Na cana-soca da cultivar SP 80-1842, plantada sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Prado et al. (2002) observaram valores de exportação de nutrientes da ordem de 87,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 4,1 kg ha⁻¹ de fósforo (P) e 53,6 kg ha⁻¹ de potássio (K), produzindo em torno de 70 Mg ha⁻¹ de colmos. Coleti et al. (2002) observaram exportações nos colmos, para cana-planta e cana-soca, respectivamente, de 146 e 84 kg ha⁻¹ de nitrogênio; 14,1 e 9,8 kg ha⁻¹ de fósforo (P) e 160 e 118 kg ha⁻¹ de potássio (K).

No caso do fósforo, Korndorfer et al. (1989), trabalhando com a cultivar SP 71-1406 em cana-planta, observaram acúmulo de fósforo (P) variando de 10,3 a 14,4

¹ AYRES, A. Effect of age upon the absorption of mineral nutrientes by sugar cane under field conditions. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.28, n.11, p.871-886, 1936.

kg ha⁻¹. Nessa mesma cultivar, Ferreira et al. (1989) observaram esses valores variando de 11,0 a 17,9 em plantas com 16 meses de idade.

Dillewijn (1952) não propõe valores para a exportação de potássio nos colmos devido à facilidade de ocorrência de consumo de luxo desse elemento em condições de elevada disponibilidade no solo. Nesse contexto, Beauclair (1994) observou exportações nos até 3,8 kg Mg⁻¹ nos colmos, determinado no caldo, em solos tratados com vinhaça.

Outro aspecto que influencia a concentração e a exportação de nutrientes pelos colmos são as cultivares adotadas. Nesse contexto, Coleti et al. (2002) observaram diferenças entre duas cultivares e constataram que a SP 81-3250 apresentava teores de nitrogênio maiores e teores de potássio menores que a RB 835486, sugerindo que esse aspecto poderia estar influenciando as qualidades agroindustriais. Guimarães & Silva (1984) observaram valores de fósforo no caldo de diversas cultivares, obtendo valores entre 87 e 263 mg L⁻¹ P₂O₅. Afirmaram que os valores baixos desse elemento afetam negativamente a qualidade do açúcar produzido, por dificultar o processo de clarificação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e clima

Os experimentos foram realizados em áreas cultivadas pela Usina Rafard, no município de Porto Feliz (SP). O clima da região é classificado como Cwa, segundo o sistema de Koëppen, com verão quente (temperatura média do mês mais quente acima de 22°C e temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C) e inverno seco (precipitação pluvial total do mês mais seco menor que 30 mm). A altitude da região situa-se ao redor de 600 metros (São Paulo, 1972).

A precipitação anual caracteriza-se por médias em torno de 1.100 a 1.400 mm, sendo que nos anos com precipitação pluvial baixa, ela pode alcançar valores anuais em torno de 800 mm e nos anos com precipitação alta, 1.700 mm (Monteiro, 1973). Durante o período do experimento, a precipitação alcançou 1.311 mm na safra 1999/2000, 971 mm na safra 2000/2001 e 1.321mm na safra 2001/2002, sendo que as precipitações mensais constam da Figura 1.

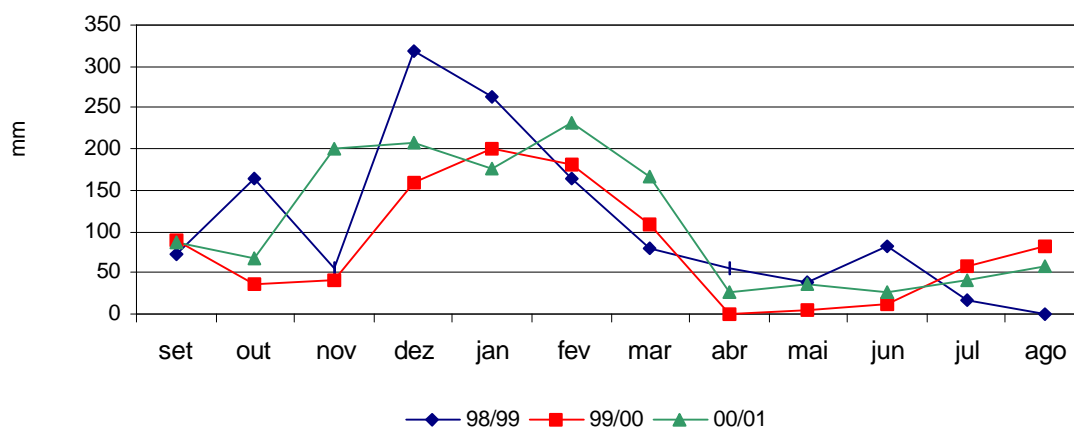


Figura 1 - Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do experimento.

3.2 Solo

Os solos utilizados nesse estudo foram classificados como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico, segundo normas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999). Pelos critérios para classificação anteriormente adotados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997), os perfis seriam classificados como Areia Quartzosa intermediário para Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura arenosa-média e Terra Roxa Estruturada eutrófica textura argilosa/muito argilosa. As descrições morfológicas dos dois solos constam da Tabela 1.

Os teores de areia, silte e argila dos solos são apresentados na Tabela 2. Os valores de água disponível em cada intervalo entre os pontos de tensão e a água disponível total (tensões 100-3000 cm), conforme proposto e discutido por Reichardt (1988), são apresentados na Tabela 3. A distribuição do volume dos poros está apresentada na Tabela 4. A densidade dos solos pode ser observada na Tabela 5.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados das análises químicas, cujas amostras foram retiradas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, de ambos os solos, sendo a extração do boro em água quente e do zinco em DTPA-TEA.

Tabela 1. Descrição morfológica de perfis dos solos estudados.

Horiz.	Prof. cm	Textura	Estrutura			Consistência			Cor (úmido)
			Tipo	Classe	Grau	Seco	Úmido	Molhado	
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico									
Ap	0-30	média	blocos subang.	média	fraco	macia	friável	não plast., lig pegaj.	7,5 YR 3/4
Bw 1	31-75	média	blocos subang.	média	fraco	macia	friável	não plast., lig pegaj.	5,0 YR 5/8
Bw 2	76-105	média	blocos subang.	média	fraco	macia	friável	não plast., lig pegaj.	5,0 YR 6/8
Bw 3	106 +	média	blocos subang.	média	fraco	macia	friável	não plast., lig pegaj.	5,0 YR 6/8
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico									
Ap	0-30	argilosa	blocos angulares	média	forte	duro	friável	muito plast., muito pegaj.	10 R 3/2
Bt 1	31-55	argilosa	blocos angulares	grande	forte	muito duro	friável	muito plast., muito pegaj.	10 R 3/6
Bt 2	56-75	argilosa	blocos subang.	grande	forte	duro	friável	muito plast., muito pegaj.	10 R 3/6
Bw	76 +	argilosa	blocos subang.	grande	fraco	lig. duro	muito friável	muito plast., muito pegaj.	10 R 4/4

Tabela 2. Resultados das análises granulométricas de amostras dos solos estudados.

Horizonte	Prof. cm	Areia -----g kg ⁻¹ -----	Silte	Argila
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico				
Ap	0-30	83	5	12
Bw 1	31-75	79	9	12
Bw 2	76-105	79	6	15
Bw 3	106 +	81	4	15
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico				
Ap	0-30	40	9	51
Bt 1	31-55	28	7	65
Bt 2	56-75	30	8	62
Bw	76 +	23	15	62

Tabela 3. Valores de água disponível entre os pontos de tensão e a água disponível total (cm³ cm⁻³) dos solos estudados .

Tensão (cm)	20	40	100
	-----Profundidade (cm)-----		
LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico psamítico			
20-100	0,178	0,142	0,221
100-330	0,044	0,053	0,031
330-1000	0,024	0,022	0,028
1000-3000	0,024	0,022	0,021
100-3000	0,092	0,098	0,080
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
20-100	0,098	0,091	0,149
100-330	0,031	0,036	0,065
330-1000	0,029	0,027	0,027
1000-3000	0,021	0,017	0,017
100-3000	0,082	0,080	0,109

Tabela 4. Distribuição do volume de poros ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) para cada profundidade dos solos estudados.

Tipo de poros	20	40	100
	-----Profundidade (cm)-----		
LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico psamítico			
Macroporos	0,14	0,11	0,17
Mesoporos	0,12	0,11	0,11
Microporos	0,11	0,12	0,09
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
Macroporos	0,07	0,07	0,11
Mesoporos	0,09	0,09	0,13
Microporos	0,30	0,32	0,27

Tabela 5. Densidade aparente (g cm^{-3}) dos dois solos nas profundidades 20, 40 e 100 cm.

	20	40	100
	-----Profundidade (cm)-----		
LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico psamítico			
	1,47	1,51	1,42
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
	1,41	1,34	1,22

Tabela 6. Resultados das análises químicas de amostras dos solos nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm.

Prof. cm	pH	P mg dm^{-3}	M.O. g dm^{-1}	K ----- mmolc dm^{-3} -----	Ca	Mg	T	V%	B ----- mg dm^{-3} -----	Zn
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico										
0-20	5,2	15	22	2,4	10,8	4,2	52,1	31	0,22	0,42
20-40	4,5	15	18	1,8	9,1	3,5	48,5	29	0,20	0,30
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico										
0-20	5,0	14	32	5,1	22,5	9,2	78,4	47	0,14	0,70
20-40	4,2	11	29	3,0	22,4	7,5	73,1	48	0,10	0,54

3.3 Cultivares

As principais características agroindustriais das cultivares estudadas no presente trabalho são apresentadas a seguir (Universidade Federal de São Carlos, 2002; Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 1993, 1995 e 1997):

RB 72454: Destaca-se por apresentar produtividade alta em cana-planta e cana-soca, rendimento agroindustrial alto, exigência em fertilidade do solo baixa, adaptabilidade ampla e estabilidade de produção alta, apresentando potencial médio de brotação de soqueira e, por isso, sua colheita não é recomendada nos meses secos e frios, especialmente nos solos argilosos.

RB 785148: Apresenta produtividade alta em cana-planta e cana-soca, exigência baixa em fertilidade do solo e teor de sacarose mediano, apresentando, como destaque, a rusticidade e o perfilhamento bom.

RB 825336: A cultivar apresenta produtividade alta e um bom teor de açúcar nos colmos, ela é especialmente indicada para os locais com problemas de brotação de soqueira, por exemplo, locais com colheita mecanizada e seca acentuada em solos argilosos, ela apresenta bom teor de fibra, o que favorece o balanço energético da unidade produtora, sendo por isso indicada para o início de safra, quando precisa ser tratada com maturadores.

RB 835089: O potencial para produtividade elevada dessa variedade é o principal destaque, apesar ter de um teor de sacarose mediano, apresenta produção alta de açúcar por hectare, ela é pouco exigente em solo, adaptando-se bem em diversas regiões.

RB 835486: Apresenta boa produtividade agrícola, com teor alto de açúcar nos colmos, adapta-se bem aos diversos locais, com exigência mediana em fertilidade do solo.

RB 845257: Caracteriza-se por ter um potencial de produtividade elevado em cana-planta e cana-soca, um perfilhamento excelente e uma brotação de soqueira ótima, tem um teor de sacarose bom, resultando em rendimento industrial alto.

RB 855536: Apresenta uma produtividade agrícola elevada e rendimento industrial alto, apresenta boa brotação de soqueira, mesmo sob palha.

SP 80-1816: Apresenta uma produtividade agrícola boa, com teor de açúcar alto, são os destaques desta cultivar, apresentando boa brotação de soqueiras.

SP 80-1842: Tem como características produtividade uma agrícola boa, um alto teor de açúcar, além de ser precoce.

SP 80-3280: Apresenta uma produção de colmos alta, com teor de açúcar bom e boa brotação de soqueira.

SP 81-3250: Apresenta produtividade agrícola alta, teor de açúcar bom e boa brotação de soqueira, sendo pouco exigente em fertilidade do solo.

SP 83-5073: Ela é uma cultivar extremamente rica, apresentando produções de colmos medianas e precocidade boa, sendo exigente em fertilidade do solo.

3.4 Práticas culturais adotadas

Os experimentos foram iniciados em agosto de 1998, com o plantio antecipado de cana de 12 meses, chamado “plantio de inverno”, conforme descrição efetuada por Vitti & Mazza (2002). A escolha dessa época ocorreu em função de se ter boas produtividades agrícolas, sem se perder um ano de safra, como ocorre no plantio de 18 meses. Por outro lado, esse plantio somente pode ser efetuado nos locais onde existe a possibilidade de irrigação.

Os experimentos foram plantados de acordo com o espaçamento usual da unidade produtora, de 1,40 m entre-linhas para os solos com alta fertilidade natural (NITOSSOLO VERMELHO) e de 1,10 m entre-linhas nos solos com baixa fertilidade natural (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO). O plantio foi realizado com a adição de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco, na forma de superfosfato triplo. Os locais receberam anualmente a aplicação de vinhaça pelo sistema de canhão hidráulico auto-propelido, com uma dose aproximada de 150 m³ ha⁻¹. Essa aplicação foi suficiente para fornecer, segundo valores médios obtidos na unidade produtora, aproximadamente 100

kg ha⁻¹ de N, 22 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 600 kg ha⁻¹ de K₂O. Os principais objetivos dessa operação foram suprir o potássio e favorecer a brotação, tanto no plantio, como nas soqueiras. No cultivo das soqueiras utilizou-se 90 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, durante a tríplice operação. Para o controle das ervas daninhas, foi utilizada uma mistura de clomazona e ametrina (Sinerge – 5 L ha⁻¹ no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e 7 L ha⁻¹ no NITOSSOLO VERMELHO), em pré-emergência.

3.5 Delineamento experimental e análise estatística

Foram instalados dois experimentos, um em cada solo, sendo que o delineamento foi o de blocos completos ao acaso, com 12 tratamentos (cultivares) e quatro repetições. A análise estatística realizada constou da análise da variância, com a aplicação do teste de Tukey, quando o teste F foi significativo, utilizando-se o programa SAS.

3.6 Parâmetros avaliados

Produção de colmos

Realizou-se a avaliação da produção de colmos em parcelas com 55 m² para o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, e parcelas com 70 m² para o NITOSSOLO VERMELHO, ou seja, em 5 sulcos com 10 metros de comprimento, sendo esses valores convertidos para Mg ha⁻¹.

Açúcar total recuperável

Determinou-se o teor de açúcar total recuperável (ATR) através da coleta de amostras de colmos em cada parcela e avaliando-se pelo método da prensa hidráulica, dentro dos padrões para o pagamento de cana pelo teor de sacarose (PCTS), sendo o resultado expresso em kg Mg⁻¹ de colmos.

Açúcar total recuperável por ha

Esse parâmetro é resultante do produto da produção de colmos (Mg ha^{-1}) pelo teor de açúcar total recuperável (kg Mg^{-1}), que após conversão é expresso em Mg ha^{-1} de ATR.

Concentração de nutrientes no colmo

No material desfibrado e seco dos colmos efetuou-se a determinação dos nutrientes. No caso do nitrogênio, foi realizada a digestão sulfúrica e a determinação pelo método semi-micro Kjeldhal. Para os demais nutrientes, a digestão foi nítrico-perclórica. A determinação do fósforo foi por colorimetria com vanadato e molibdato de amônio e a determinação do potássio foi feita por fotometria de chama. Os resultados foram expressos em kg Mg^{-1} de colmos. Calculando o valor da concentração nos colmos frescos por correção através da umidade.

Exportação de nutrientes pelos colmos

Foi calculada através do produto da concentração de nutrientes no colmo pela produção de colmos, expresso em kg ha^{-1} .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de colmos e açúcar total recuperável

Na Tabela 7 são apresentados os resultados das produções de colmos da cana-planta, cana-soca e ressoca (Mg ha^{-1}), colhidas, respectivamente, em 1999, 2000 e 2001. Esses resultados foram submetidos à análise estatística o que permitiu a classificação do comportamento das cultivares em cada solo. Na cana-planta, observa-se que a cultivar RB 835089 apresentou o melhor desempenho em ambos os solos. A RB 845257 também obteve um desempenho satisfatório nesses dois solos. As cultivares RB 72454, SP 80-3280, RB 785148, RB 855536 e RB 825336 somente obtiveram um bom desempenho no LATOSSOLO VERMELHO. Na cana-soca, colhida em 2000, somente a SP 83-5073 apresentou diferença estatística da cultivar RB 825336, no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. No outro experimento, a RB 835486 e a SP 835073 foram as menos produtivas, diferindo significativamente da RB 855536. Na ressoca, colhida em 2001, foram observadas boas produções de colmos nos dois solos. No LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, as cultivares RB 835089, RB 835486 e RB 825336 somente diferiram estatisticamente das cultivares SP 83-5073 e SP 80-3280. No outro solo, a cultivar RB 835089 foi a mais produtiva, seguida pelas cultivares RB 72454, RB 855536 e SP 80-3280, estas diferindo estatisticamente das cultivares SP 80-1816, RB 825336, SP 81-3250, SP 83-5073 e RB 835486.

Para facilitar a discussão dos resultados obtidos, foi elaborada a Figura 2, que mostra a média da produtividade nos três cortes para as doze cultivares, nos dois solos. A cultivar RB 835089 apresentou adaptação grande a ambos os solos, mesmo com as características extremamente distintas entre eles. As cultivares SP 80-3280 e RB 855536 apresentaram um bom desempenho no NITOSSOLO VERMELHO e pouca adaptação ao LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. Por outro lado, neste solo, as cultivares RB 825336, RB 835486 e RB 845257 apresentaram um comportamento relativamente melhor. Ainda com relação à cultivar RB 835486, considerando-se o potencial de produção baixo do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, classifica-se no bloco intermediário no primeiro e segundo cortes, e entre as melhores no terceiro corte, porém não se adaptou ao outro solo, onde se apresentou como a pior cultivar em todos os anos agrícolas.

As razões para uma adaptação melhor da SP 80-3280 ao NITOSSOLO VERMELHO devem estar ligadas ao potencial maior desse solo; no entanto, as razões para a adaptação melhor da RB 835486 ao solo de menor potencial devem ser melhor discutidas. Na Tabela 4 observa-se que no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO os valores de macroporosidade encontram-se ao redor de $0,14 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ na camada superficial; enquanto no NITOSSOLO VERMELHO, o volume de macroporos na superfície foi de $0,07 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, muito abaixo dos $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ preconizados por Barbieri (1995). Deve-se observar, também, que a quantidade de água disponível do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, em relação ao outro solo, é 11% maior na profundidade de 20 cm e 18% maior na profundidade de 40 cm (Tabela 3). Assim, a interação da maior macroporosidade com a maior água disponível do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO estaria implicando num aumento da friabilidade e conseqüentemente da permeabilidade às raízes, favorecendo assim a RB 835486. Nesse contexto, a recomendação desta cultivar para a região oeste do estado de São Paulo, feita por Matsuoka et al. (1999), pode estar relacionada com a predominância, nessa região, de solos arenosos, facilitando assim a sua adaptação. Mamede (2001) também observou um bom desempenho dessa cultivar em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico textura média, na região de Araraquara.

Tabela 7. Produção de colmos (Mg ha^{-1}), em ordem decrescente na cana-planta, das doze cultivares avaliadas nos dois solos para os três anos agrícolas.

Cultivar	Cana-planta	Cana-soca	Ressoca
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico			
RB 835089	145 a	61 ab	107 a
RB 845257	125 ab	58 ab	94 ab
RB 72454	115 bc	39 ab	92 abc
RB 835486	112 bc	50 ab	105 a
RB 825336	111 bc	65 a	103 a
RB 785148	109 bc	52 ab	94 ab
SP 80-1842	101 bcd	50 ab	95 ab
SP 80-1816	100 bcd	39 ab	84 abc
SP 81-3250	99 cd	53 ab	90 abc
RB 855536	98 cd	54 ab	91 abc
SP 80-3280	93 cd	35 ab	72 c
SP 83-5073	83 d	29 b	77 bc
Média	107	49	92
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
RB 835089	141 a	72 abc	157 a
RB 72454	137 ab	70 abc	148 ab
SP 80-3280	134 abc	79 ab	144 ab
RB 785148	133 abc	56 abc	134 bc
RB 855536	129 abc	87 a	147 ab
RB 845257	128 abc	69 abc	137 bc
RB 825336	124 abc	69 abc	127 cd
SP 80-1842	120 bcd	69 abc	134 bc
SP 81-3250	114 cde	66 abc	126 cd
SP 80-1816	113 cde	60 abc	128 cd
SP 83-5073	102 de	49 bc	113 de
RB 835486	97 e	42 c	108 e
Média	123	66	134

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

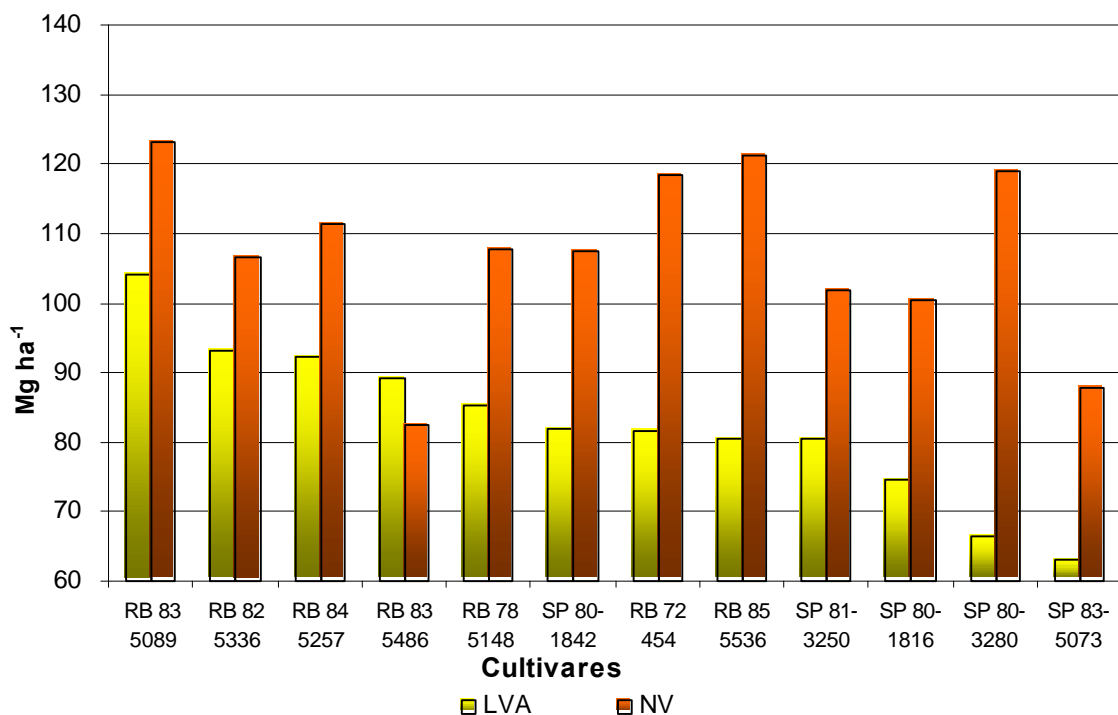


Figura 2 - Produtividade média de três cortes das doze cultivares no NITOSSOLO VERMELHO e no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

Outras cultivares apresentaram comportamento intermediário para os dois solos. Destaque-se a RB 825336 e a RB 845257 no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e a RB 85536 e RB 72454 no segundo solo, no entanto, sem a extrema diferença de adaptabilidade verificada para a RB 835486 e SP 80-3280 nos dois solos estudados.

Ainda com relação à produtividade de colmos, verifica-se uma influência muito grande da distribuição das chuvas (ano agrícola), essa influência foi muito mais drástica do que o número do corte ou o estágio em que se encontrava a cultura, e ainda possibilitou um diferencial no comportamento quando se analisa esses resultados nos dois solos, como se observa na Figura 3. Os valores médios obtidos por ano agrícola, para os dois solos, mostraram uma queda acentuada de 1999 para 2000, seguido de acréscimo também acentuado de 2000 para 2001.

Os valores de precipitação apresentados na Figura 1 mostram uma grande variação entre os anos, tanto no total da precipitação, como na sua distribuição. Assim, no primeiro ano agrícola, que compreendeu ao período de setembro de 1998 a agosto de 1999, o qual influenciou a produção de 1999, observa-se a ocorrência de uma variabilidade elevada na distribuição das chuvas, com falta de água em novembro de 1998 e excessos em dezembro de 1998 e janeiro de 1999, porém pode-se interpretar como um ano com um bom potencial, possibilitando assim, boas produtividades, com médias na cana-planta de 107 Mg ha^{-1} no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e de 123 Mg ha^{-1} no NITOSSOLO VERMELHO.

No ano agrícola que compreende ao período de setembro de 1999 a agosto de 2000, verifica-se um longo período de déficit entre setembro e novembro de 1999, seguido de quatro meses úmidos, dezembro de 1999 e janeiro, fevereiro e março de 2000 (note-se que, nesses quatro meses, a precipitação não ultrapassou 200 mm mensais e sendo que no mês de março foi de apenas 100 mm), seguido dos meses de abril, maio e junho secos, com retomada das precipitações em julho, com valores ao redor de 50 mm, resultando numa quantidade e uma distribuição muito aquém das necessidades (Alexander, 1973; Ide & Banchi, 1984; Fernandes, 1984), o que resultou nas menores produtividades em ambos os solos (Figura 3). Mamede (2001) também constatou redução acentuada nas produtividades no ano 2000, atribuindo essa redução à distribuição inadequada da precipitação. Reduções acentuadas na produção, para esse ano agrícola, também foram encontradas por Nunes Júnior et al. (2002) na região de Piracicaba.

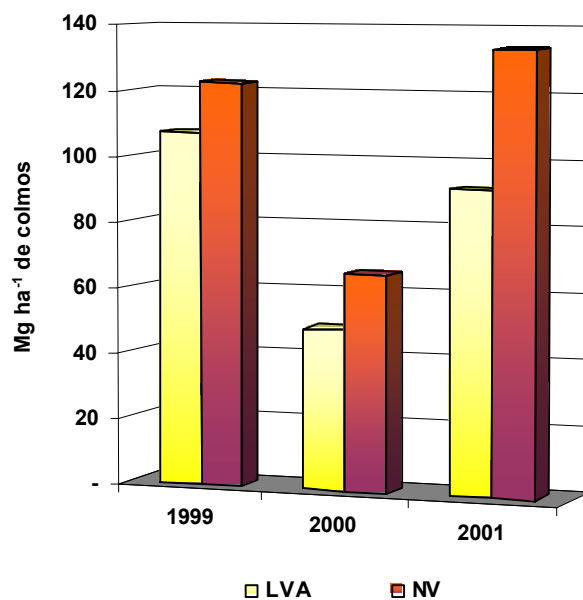


Figura 3 - Produtividade média de colmos obtida NITOSSOLO VERMELHO e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO nos três anos agrícolas avaliados.

Com relação ao ano agrícola de 2000-2001, embora as precipitações nos meses de setembro e outubro de 2000 estivessem ao redor de 75 mm mensais, como neste período ocorre o início de brotação das soqueiras, a quantidade torna-se suficiente. A partir daí, novembro e dezembro de 2000 e janeiro, fevereiro e março de 2001, as precipitações situaram-se ao redor de 200 mm mensais, suficientes para o desenvolvimento dos colmos no período quente, com crescimento máximo, seguindo-se, nos meses de temperaturas mais amenas (abril a agosto), com precipitações pequenas, ao redor de 50 mm mensais, porém com distribuição regular, suficientes também para se ter um crescimento pequeno, mas contínuo (Glover, 1974). Assim, neste ano agrícola, considerado excelente, as cultivares puderam expressar uma maior parte do seu potencial genético de desenvolvimento, resultando em produtividades semelhantes ou superiores às obtidas no primeiro corte, ou seja, em condição de cana-planta (Figura 3).

Ressalte-se, neste aspecto, que no NITOSSOLO VERMELHO, devido ao seu maior potencial, os valores médios de produtividade dos colmos atingidos no ano agrícola de 2001 foram superiores aos obtidos no ano de 1999, enquanto que no outro solo, em função de seu menor potencial, estes valores foram inferiores aos obtidos em 1999. No ano de 1999, ou seja, em condição de cana-planta, a diferença de produtividade média entre os dois solos foi de 16 Mg ha⁻¹ maior no NITOSSOLO VERMELHO. Enquanto que no ano de 2001 essa diferença aumentou para 42 Mg ha⁻¹, sendo maior no mesmo solo, o que confirma seu maior potencial de longevidade.

Ainda para de ressaltar a grande adaptabilidade da cultivar RB 835486 ao LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, convém observar que mesmo no cenário de grande diferença do potencial produtivo dos solos, e em um ano agrícola favorável para que essas diferenças fossem evidenciadas, esta cultivar apresentou produtividade semelhante nos dois solos, por não responder ao potencial químico elevado do NITOSSOLO VERMELHO, e/ou por adaptar-se ao menor potencial do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

Os resultados dos teores de ATR nos colmos das doze cultivares na cana-planta (1999), cana-soca (2000) e ressoca (2001) são apresentados na Tabela 8. Na cana-planta observa-se que as cultivares RB 835089 e RB 785148 são as mais pobres, nos dois solos, embora no NITOSSOLO VERMELHO, devido à grande variação entre os dados, não tenha sido detectada diferença estatística. Na cana-soca e na ressoca, novamente essas cultivares situaram-se entre as que apresentavam menores teores de ATR, sendo que nesses anos as diferenças entre as cultivares foram estatisticamente significativas nos dois solos.

Ainda com relação ao desempenho das cultivares, para a quantidade de ATR por tonelada de colmos, verificou-se que, em ambos os solos e nos três anos agrícolas avaliados, observa-se uma estabilidade significativa. Assim, a SP 80-1842, SP 80-1816, e RB 835486, por exemplo, sempre se mantiveram entre as mais ricas (Tabela 8), enquanto que a RB 835089 e a RB 785148 permaneceram regularmente entre as mais pobres. Essa menor interação entre genótipo e ambiente foi também observada por

Raizer (1998), que, devido à estabilidade do teor de açúcar, conseguiu estabelecer grupamentos, de acordo com os valores observados de ATR.

Com relação ao teor de açúcar (ATR em kg Mg^{-1} nos colmos), verificou-se uma diferença maior no comportamento das cultivares no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, basta observar que, nos três anos agrícolas, as cultivares desenvolvidas nesse solo apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Na Figura 4, verifica-se que para os três anos agrícolas, o teor de umidade nos colmos produzidos nesse solo foi sempre menor que o teor de umidade nos colmos produzidos no NITOSSOLO VERMELHO, favorecendo assim, um maior teor de açúcar. Cabe discutir nesse ponto, que apesar dos maiores teores de água disponível no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e, possivelmente, uma maior facilidade de desenvolvimento do sistema radicular das cultivares neste solo (maior macroporosidade e maior friabilidade), em função de uma nutrição melhor devido a maior fertilidade do NITOSSOLO VERMELHO, a umidade dos colmos das cultivares desenvolvidas neste foi maior nos três anos agrícolas estudados (Carnaúba, 1990; Marschner, 1995; Malavolta et al., 1997; Silva & Casagrande, 1983).

O comportamento das cultivares no NITOSSOLO VERMELHO, com relação ao teor de açúcar, não apresentou diferenças estatísticas entre as cultivares no primeiro corte, apresentando uma diferença pequena no terceiro corte. As diferenças somente acentuaram-se no ano agrícola mais seco, o que sugere que o nível de estresse hídrico natural, obtido com maior intensidade e frequência no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, em todos os anos agrícolas estudados, somente foi atingido pelas cultivares no NITOSSOLO VERMELHO, no pior ano agrícola. Observa-se que no ano de 2000 o teor médio de umidade nos colmos produzidos nesse solo foi semelhante ao teor médio de umidade nos colmos atingido no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO no ano de 1999, o que justificaria, neste caso, a maior diferenciação nos teores de açúcar entre as cultivares (Figura 4).

Tabela 8. Concentração de ATR nos colmos (kg Mg^{-1}), em ordem decrescente na cana-planta, das doze cultivares avaliadas nos dois solos para os três anos agrícolas.

Cultivar	Cana-planta	Cana-soca	Ressoca
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico			
SP 80-1842	165,6 a	143,6 abc	159,2 ab
RB 835486	161,7 ab	141,5 abc	159,6 ab
SP 80-1816	161,0 ab	147,0 ab	155,0 abc
SP 83-5073	159,2 abc	138,3 abc	162,5 a
SP 81-3250	158,3 abc	139,9 abc	152,8 abc
RB 845257	156,5 abc	149,6 a	153,7 abc
SP 80-3280	156,4 abc	140,3 abc	153,2 abc
RB 855536	156,1 abc	138,5 abc	154,4 abc
RB 72454	155,5 bc	134,0 bc	152,2 bc
RB 825336	153,4 bcd	135,6 bc	145,5 c
RB 835089	149,3 cd	133,2 c	148,4 c
RB 785148	143,4 d	135,7 bc	145,5 c
Média	156,4	139,7	153,7
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
SP 80-1842	161,4 ns	151,9 a	159,8 a
SP 81-3250	159,7 ns	147,9 ab	153,4 ab
RB 825336	158,7 ns	129,1 cd	140,8 b
SP 83-5073	157,4 ns	151,2 ab	152,1 ab
RB 72454	155,5 ns	142,5 abc	144,7 ab
SP 80-3280	155,3 ns	137,5 bcd	155,3 ab
RB 855536	153,4 ns	139,7 abcd	143,3 ab
SP 80-1816	153,3 ns	146,9 ab	153,4 ab
RB 845257	153,2 ns	144,6 ab	150,2 ab
RB 835486	152,0 ns	150,7 ab	158,2 a
RB 835089	148,6 ns	126,6 d	144,3 ab
RB 785148	145,8 ns	128,6 cd	143,8 ab
Média	154,5	141,4	149,9

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

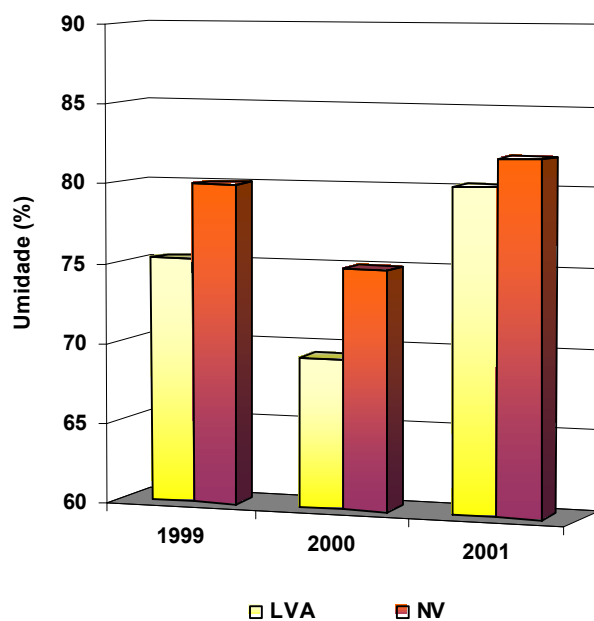


Figura 4 - Teor médio de umidade nos colmos produzidos no NITOSSOLO VERMELHO (NV) e no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA) nos três anos agrícolas avaliados.

Neste estudo não se avaliou a curva de maturação das variedades nos dois solos, avaliando-se apenas o teor de açúcar na colheita, que foi realizada em setembro. No entanto, o menor teor de umidade, observado nos colmos produzidos no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, sugere uma maturação mais precoce das cultivares se comparada ao NITOSSOLO VERMELHO, ou seja, as unidades de solos também estariam interferindo na velocidade de maturação da cana. Esse fato está de acordo com o proposto por Stupiello (1987).

Embora o desempenho agrícola (Mg ha^{-1} de colmos) e o teor de açúcar (ATR em kg Mg^{-1} nos colmos) devam ser sempre observados e analisados separadamente, a interação desses dois parâmetros, ou seja, a produção de açúcar por hectare (Mg ha^{-1} de ATR) apresenta grande importância econômica para o setor canavieiro. Assim, através

da multiplicação da produção de colmos pelo teor de ATR, obteve-se os resultados dispostos na Tabela 9. Os resultados da análise estatística confirmam, ao nível de 5% de probabilidade, as diferenças de adaptação das cultivares em cada um dos solos estudados.

Na cana-planta, a RB 835486 situou-se entre as melhores no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, produzindo ao redor de 18 Mg ha⁻¹ de ATR. Todavia, no outro solo, de maior potencial de produção, essa cultivar produziu ao redor de 15 Mg ha⁻¹ de ATR, ou seja, o menor valor. A SP 80-3280, no NITOSSOLO VERMELHO, obteve produção ao redor de 21 Mg ha⁻¹ de ATR, e no outro solo produziu apenas 14,5. Se consideradas, então, somente as diferenças de adaptabilidade entre a SP 80-3280 e a RB 835486 no solo com potencial maior, o incremento em ATR atinge valores ao redor de 50% a favor da SP 80-3280. Da mesma forma, a RB 835486 apresenta um incremento ao redor de 25% em relação a SP 80-3280 no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

Na cana-soca, sob condições bastante desfavoráveis, as diferenças percentuais entre as cultivares tenderam a crescer acentuadamente, basta comparar a performance da SP 83-5073 (4,1 Mg ha⁻¹ de ATR) com a da RB 825336 (8,9 Mg ha⁻¹ de ATR) no primeiro solo, ou ainda a performance da RB 835486 (6,3 Mg ha⁻¹ de ATR) com a RB 855536 (12,2 Mg ha⁻¹ de ATR) no NITOSSOLO VERMELHO. Na ressoca, a RB 835486 produziu 16,8 Mg ha⁻¹ de ATR no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO contra 17,2 Mg ha⁻¹ de ATR no NITOSSOLO VERMELHO, não apresentando resposta, em termos de produção, que era esperado devido ao potencial elevado do segundo solo e/ou contornando as adversidades do primeiro solo.

Para possibilitar uma melhor visualização dos resultados obtidos, foi elaborada a Figura 5, que apresenta a produção de ATR por hectare média, dos três cortes, nos dois solos estudados. Observando a Figura 5, percebe-se que algumas cultivares apresentaram diferenças extremamente grandes quanto ao desempenho nos dois solos, destaque-se nesse caso as cultivares SP 80-3280, a RB 855536 e a RB 72454. Por outro lado, temos também cultivares onde essa diferença foi menor como a RB

825336, RB 835089 e RB 845257, ou até inversa, ou seja, o solo com potencial menor produziu mais que o solo com maior potencial, no caso da cultivar RB 835486.

Nesse ponto, cabe salientar também, o efeito do conteúdo de ATR nos colmos influenciando negativamente na performance das cultivares pobres. Assim, a RB 835089, que produziu a maior quantidade de colmos no NITOSSOLO VERMELHO, não foi a cultivar que produziu mais ATR por hectare, sendo passada pelas cultivares SP 80-3280 e RB 855536. Comportamento semelhante também foi observado no outro solo, onde as cultivares mais ricas como a RB 845257 e RB 835486 e RB 825336 se aproximaram do desempenho em ATR por hectare da RB 835089.

Para possibilitar uma melhor visualização da adaptação das cultivares aos dois solos estudados foram elaboradas as Figuras 6, 7, 8 e 9. A Figura 6 ilustra as diferenças de produção de colmos (Mg ha^{-1}) entre o NITOSSOLO VERMELHO e o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO para as cultivares SP 80-3280, RB 835486, RB 825336 e RB 835089 no primeiro (cana-planta), segundo e terceiro cortes (soqueiras), ocorridas respectivamente em 1999, 2000 e 2001. A Figura 7 ilustra as diferenças acumuladas de 1999 a 2001, portanto, considerando-se os três estágios e/ou anos agrícolas.

Nos três cortes, a diferença na SP 80-3280 foi de 156 Mg ha^{-1} a favor do NITOSSOLO VERMELHO, enquanto que para a RB 835486, somados os três cortes, a produção foi menor em 20 Mg ha^{-1} nesse mesmo solo. Assim, a adoção da RB 835486 no NITOSSOLO VERMELHO, ao invés da SP 80-3280, neste mesmo solo, resultaria em uma redução da produção de 111 Mg ha^{-1} . Pode-se dizer que, considerando uma média paulista de produtividade agrícola ao redor de 80 Mg ha^{-1} (Nunes Júnior et al., 2002), a opção da SP 80-3280 no NITOSSOLO VERMELHO significaria pelo menos um corte a mais, ou seja, em três cortes obter-se-ia a produção de quatro cortes.

Tabela 9. Produção de ATR por hectare (Mg ha^{-1}), em ordem decrescente na cana-planta, das doze cultivares avaliadas nos dois solos para os três anos agrícolas.

Cultivar	Cana-planta	Cana-soca	Ressoca
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico			
RB 835089	21,6 a	8,2 ab	15,8 ab
RB 845257	19,5 ab	8,6 ab	14,5 abc
RB 835486	18,1 abc	7,1 ab	16,8 a
RB 72454	17,8 abc	5,3 ab	13,9 abc
RB 825336	16,9 bcd	8,9 a	15,2 ab
SP 80-1842	16,7 bcd	7,2 ab	15,1 ab
SP 80-1816	16,2 bcd	5,8 ab	13,0 bc
RB 785148	15,7 bcd	7,1 ab	13,7 abc
SP 81-3250	15,6 bcd	7,4 ab	13,8 abc
RB 855536	15,2 cd	7,5 ab	14,0 abc
SP 80-3280	14,5 cd	4,9 ab	11,0 c
SP 83-5073	13,2 d	4,1 b	12,6 bc
Média	16,8	6,8	14,1
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
RB 72 454	21,3 a	10,0 ab	21,4 ab
RB 83 5089	21,0 a	9,0 ab	22,6 a
SP 80-3280	20,8 a	10,9 ab	22,4 a
RB 85 5536	19,9 ab	12,2 a	21,0 ab
RB 82 5336	19,7 ab	8,9 ab	18,0 bc
RB 84 5257	19,6 ab	10,1 ab	20,6 abc
RB 78 5148	19,4 ab	7,2 b	19,3 abc
SP 80-1842	19,3 ab	10,4 ab	21,5 ab
SP 81-3250	18,1 abc	9,8 ab	19,3 abc
SP 80-1816	17,4 abc	8,8 ab	19,5 abc
SP 83-5073	16,0 bc	7,4 b	17,2 c
RB 83 5486	14,7 c	6,3 b	17,2 c
Média	18,9	9,2	20,0

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

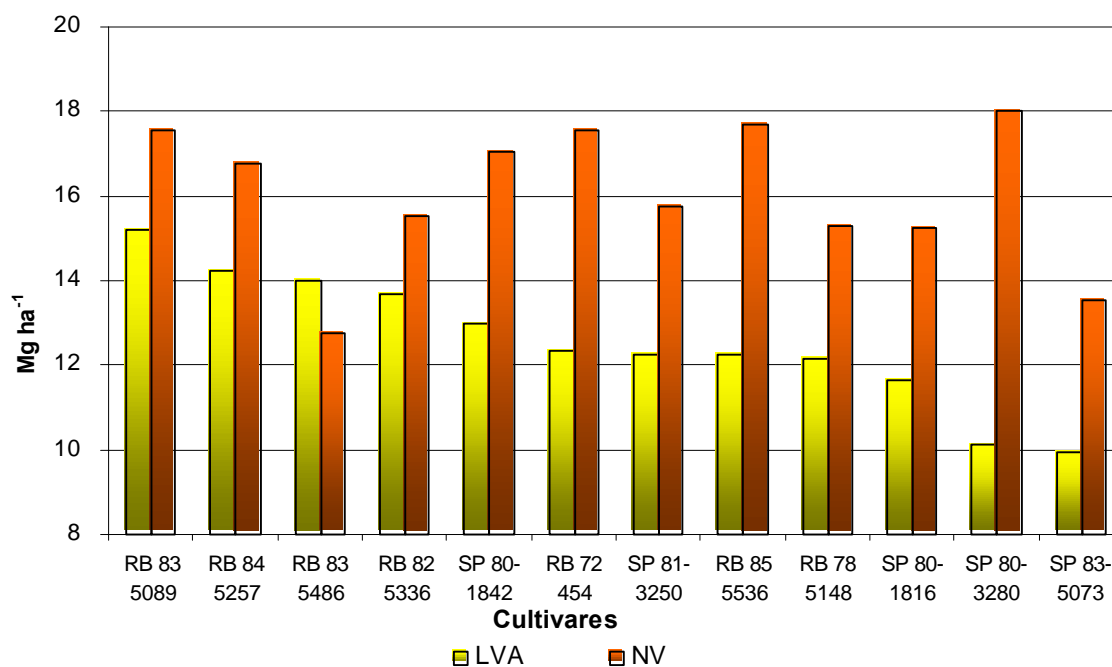


Figura 5 - Produção média de três cortes de ATR por hectare para as doze cultivares no NITOSSOLO VERMELHO (NV) e no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA).

Nas Figuras 8 e 9 também são apresentadas, respectivamente, as diferenças em Mg ha⁻¹ de ATR por ano agrícola e a diferença acumulada entre os valores obtidos nos dois experimentos nos três anos consecutivos. O contraste permanece com melhor desempenho da SP 80-3280 no NITOSSOLO VERMELHO, se for comparada à sua produção no outro solo, ou seja, 23,7 Mg ha⁻¹ de ATR a mais. Na mesma comparação para a RB 835486, a diferença seria de 3,8 Mg ha⁻¹ de ATR a menos.

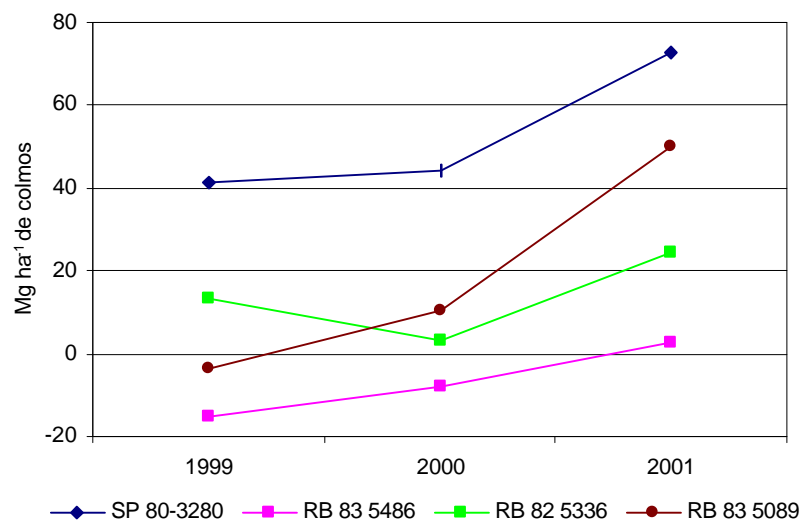


Figura 6 - Diferença de produção de colmos (Mg ha^{-1}), por corte, entre o NITOSSOLO VERMELHO e o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

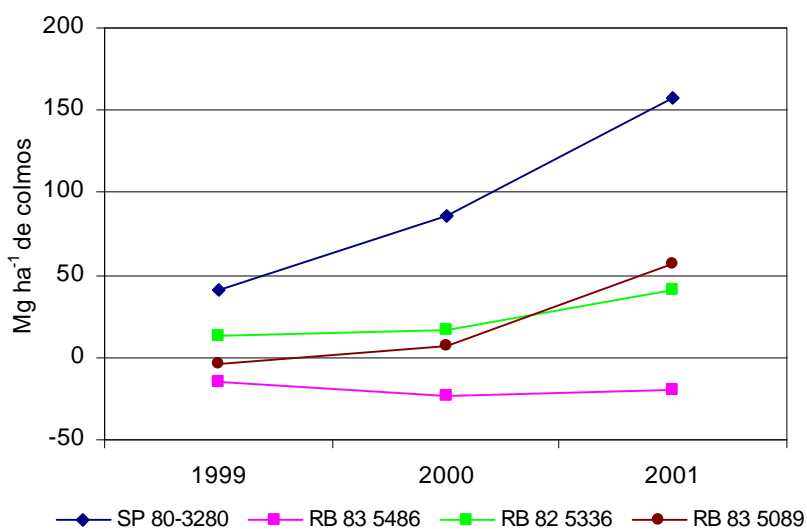


Figura 7 - Diferença de produção de colmos acumulada (Mg ha^{-1}), em três cortes entre, o NITOSSOLO VERMELHO e o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

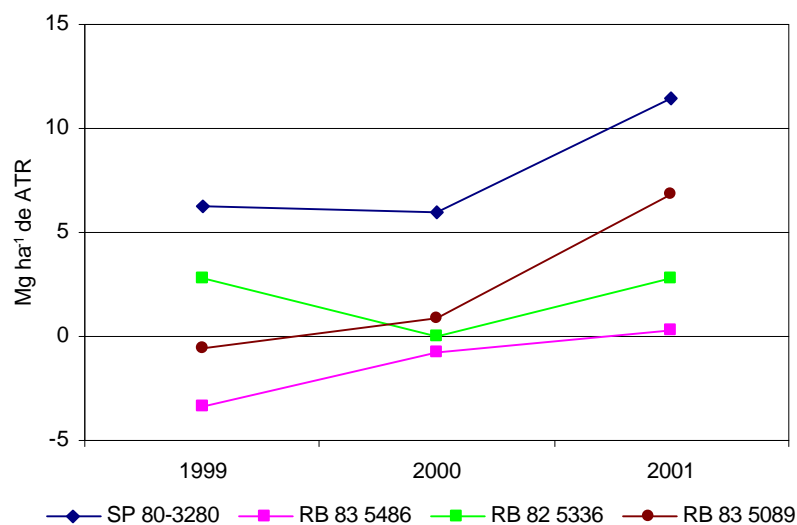


Figura 8 - Diferença de produção de ATR (Mg ha^{-1}), por corte entre o NITOSSOLO VERMELHO E O LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

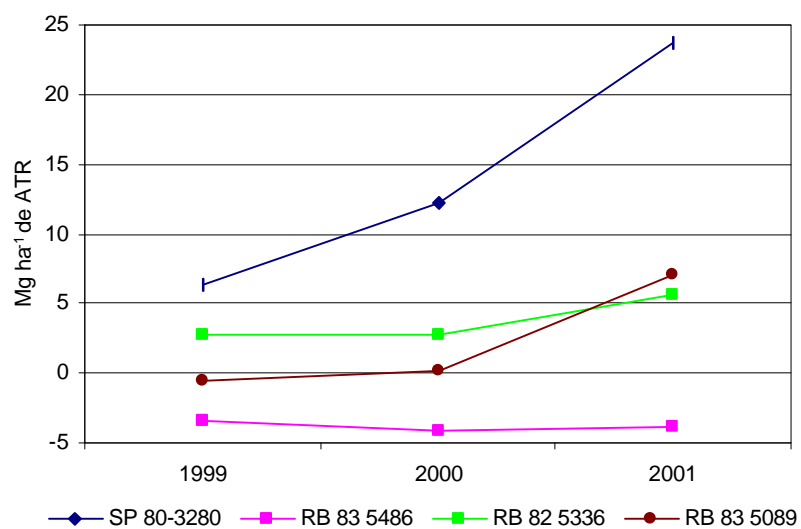


Figura 9 - Diferença de produção de ATR acumulada (Mg ha^{-1}), nos três cortes entre o NITOSSOLO VERMELHO E O LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

Para a RB 835089, nos dois primeiros anos praticamente apresentou o mesmo desempenho em ambos os solos, enquanto que a RB 825336 apresentou-se ligeiramente superior no NITOSSOLO VERMELHO. No melhor ano agrícola, as duas cultivares em questão apresentaram-se superiores no NITOSSOLO VERMELHO, mostrando uma boa adaptação a ambos os solos. Neste ponto, cabe salientar que, embora os espaçamentos entre os dois locais fossem diferentes, observa-se a tendência dos cultivos com espaçamento reduzido apresentarem produtividades de colmos iguais ou ligeiramente superiores aos locais com espaçamento convencional (Coleti et al., 1987; Graziano, 1988; Coleti, 1994; Galvani et al., 1997; Korndorfer et al., 1998; Figueiredo Filho, 2002). Então, no caso da ocorrência de resultados positivos ao adensamento de plantio, este estaria beneficiando o desempenho do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, potencializando ainda mais as diferenças entre os dois solos.

4.2 Concentração e exportação de nutrientes nos colmos

Os resultados das concentrações de nitrogênio (kg Mg^{-1}) nos colmos da cana-planta (1999), cana-soca (2000) e ressoca (2001), nos dois solos são apresentados na Tabela 10. No LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas em todos os cortes. Já no outro solo a cultivar SP 80-1816 foi significativamente diferente das cultivares RB 835089 e RB 835486. na cana-planta. Para a cana-soca, no NITOSSOLO VERMELHO, essas diferenças ocorreram, desta vez entre a RB 785148 e as cultivares RB 835486 e RB 845257, sendo que esta última diferiu também da SP 80-3280. Para a ressoca, no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, apresentou diferença absoluta entre a média da cultivar mais rica em nitrogênio, ou seja, a SP 80-1842 ($0,99 \text{ kg Mg}^{-1}$), e a menos rica, RB 845257 ($0,70 \text{ kg Mg}^{-1}$), menor que nos anos anteriores, não sendo novamente detectadas diferenças significativas. No caso do NITOSSOLO VERMELHO, a cultivar RB 835336 foi mais rica em nitrogênio nos colmos que as cultivares RB 72454, RB 845257, RB 835089 e RB 785148.

O nitrogênio apresentou-se com teores maiores nos colmos no NITOSSOLO VERMELHO em relação ao outro solo, em condição de cana-planta, enquanto que em soqueiras ocorreu o inverso. Tal resultado pode se justificar pelas diferenças entre as características desses dois solos, ou seja, o NITOSSOLO VERMELHO apresenta teor de matéria orgânica maior e teores de cátions trocáveis maiores (Tabela 6). Assim, o teor de matéria orgânica maior, associado à condição de disponibilidade de bases (maior pH), estaria propiciando uma maior atividade biológica. Dessa forma, proporcionando uma maior disponibilidade de nitrogênio através da mineralização da matéria orgânica. Soma-se ainda o fato de o preparo de solo, favorecer ainda mais essa mineralização, devido ao aumento da aeração do solo, em condições de cana-planta no NITOSSOLO VERMELHO (Carnaúba, 1990).

Em condições de cana-soca a concentração média de nitrogênio maior nos colmos produzidos no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO poderia ser explicada pela menor produtividade obtida nesse solo, ou seja, em se produzindo menos, com uma disponibilidade de nutrientes semelhante, dadas a mesma dose de nitrogênio do fertilizante e aproximadamente a mesma quantidade aplicada junto com a vinhaça, ocorreu uma concentração do nutriente nos colmos. Ocorre também o efeito das umidades menores observadas nos colmos produzidos neste solo (Figura 4), resultando assim em uma quantidade de matéria seca maior em relação à quantidade de colmos, o que acarreta em quantidade maior do nutriente para uma mesma quantidade de colmos.

A Tabela 11 apresenta as concentrações de fósforo nos colmos (kg Mg^{-1}) da cana-planta, colhida em 1999, cana-soca, colhida em 2000 e ressoca, colhida em 2001. No primeiro corte, a cultivar SP 83-5073 apresentou os teores maiores de fósforo nos dois solos. Essa cultivar, somada a RB 855536, RB 825336 e SP 81-3250 apresentaram diferenças significativas das cultivares RB 835486 e RB 835089 no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. No outro solo, as diferenças significativas ocorreram entre a SP 83-5073, junto com a RB 825336, comparadas às cultivares RB 835486, SP 80-3280, RB 72454 e RB 835089.

Tabela 10. Concentração de nitrogênio nos colmos (kg Mg^{-1}), em ordem decrescente na cana-planta, das doze cultivares avaliadas nos dois solos para os três anos agrícolas.

Cultivar	Cana-planta	Cana-soca	Ressoca
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico			
SP 80-1816	0,92 ns	1,21 ns	0,85 ns
RB 855536	0,86 ns	1,24 ns	0,81 ns
SP 83-5073	0,86 ns	1,17 ns	0,77 ns
SP81-3250	0,81 ns	1,12 ns	0,80 ns
RB 785148	0,77 ns	1,12 ns	0,93 ns
SP 80-1842	0,77 ns	1,33 ns	0,99 ns
SP 80-3280	0,76 ns	1,41 ns	0,97 ns
RB 825336	0,76 ns	1,06 ns	0,84 ns
RB 835089	0,69 ns	0,99 ns	0,80 ns
RB 835486	0,68 ns	0,99 ns	0,81 ns
RB 72454	0,67 ns	1,06 ns	0,81 ns
RB 845257	0,66 ns	0,97 ns	0,70 ns
Média	0,77	1,14	0,84
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
SP 80-1816	1,24 a	1,25 abc	0,76 ab
SP 80-3280	1,14 ab	1,33 ab	0,72 ab
RB 825336	1,12 ab	0,96 abc	0,98 a
SP 80-1842	1,10 ab	1,15 abc	0,73 ab
RB 855536	1,07 ab	1,21 abc	0,76 ab
RB 785148	0,96 ab	1,38 a	0,53 b
SP 81-3250	0,93 ab	1,04 abc	0,73 ab
SP 83-5073	0,92 ab	0,94 abc	0,61 ab
RB 72454	0,91 ab	1,07 abc	0,57 b
RB 845257	0,90 ab	0,83 c	0,57 b
RB 835089	0,74 b	0,92 abc	0,54 b
RB 835486	0,72 b	0,88 bc	0,63 ab
Média	0,98	1,08	0,68

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

Tabela 11. Concentração de fósforo nos colmos (kg Mg^{-1}), em ordem decrescente na cana-planta, das doze cultivares avaliadas nos dois solos para os três anos agrícolas.

Cultivar	Cana-planta	Cana-soca	Ressoca
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico			
RB 855536	0,29 a	0,18 ns	0,11 abc
SP 83-5073	0,29 a	0,23 ns	0,15 ab
RB 825336	0,28 a	0,13 ns	0,15 ab
SP 81-3250	0,26 a	0,18 ns	0,17 a
RB 785148	0,23 ab	0,16 ns	0,13 abc
SP 80-1816	0,23 ab	0,19 ns	0,08 c
SP 80-3280	0,23 ab	0,21 ns	0,13 abc
RB 72454	0,22 ab	0,14 ns	0,13 abc
SP 80-1842	0,21 ab	0,17 ns	0,15 ab
RB 845257	0,19 ab	0,10 ns	0,12 abc
RB 835486	0,16 b	0,15 ns	0,09 bc
RB 835089	0,14 b	0,13 ns	0,10 bc
Média	0,23	0,16	0,13
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
SP 83-5073	0,18 a	0,13 ab	0,07 ab
RB 825336	0,18 a	0,09 ab	0,11 a
SP 81-3250	0,16 ab	0,12 ab	0,06 ab
RB 785148	0,14 abc	0,15 a	0,05 b
SP 80-1816	0,13 abc	0,07 ab	0,03 b
SP 80-1842	0,13 abc	0,06 ab	0,04 b
RB 845257	0,12 abc	0,08 ab	0,05 b
RB 855536	0,12 abc	0,09 ab	0,06 ab
RB 835486	0,10 bc	0,05 b	0,05 b
SP 80-3280	0,09 bc	0,10 ab	0,03 b
RB 72454	0,09 bc	0,07 ab	0,04 b
RB 835089	0,07 c	0,05 b	0,04 b
Média	0,13	0,09	0,05

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

No segundo corte, não ocorreram diferenças significativas no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, por outro lado, no outro solo a cultivar RB 785148 apresentou teores maiores desse nutriente que as cultivares RB 835089 e RB 835486. No terceiro corte, a cultivar SP 81-3250 foi diferente das cultivares RB 835089, RB 835486 e SP 80-1816 no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. No outro solo, a RB 825336 somente não apresentou diferença estatística para as cultivares SP 83-5073, RB 855536 e SP 81-3250, diferindo das demais.

A concentração de potássio nos colmos para os dois solos pode ser visualizada na Tabela 12. Observa-se na cana-planta, que a cultivar RB 855536 apresentou uma concentração maior dos nutrientes nos colmos quando comparada com as cultivares SP 80-1842, RB 825336, RB 835089, RB 835486 e RB 845257 no solo arenoso. Por outro lado, no solo argiloso não foram observadas diferenças estatísticas entre as cultivares.

Na cana-soca, foi observado o contrário, ou seja, no NITOSSOLO VERMELHO foram observadas diferenças estatísticas entre as cultivares, ao passo que no outro solo, não foram observadas essas diferenças. Note-se que no primeiro solo, as cultivares RB 785148, SP 80-3280 e RB 835089 diferiram estatisticamente das cultivares RB 845257 e RB 835486.

Na ressoca, foram observadas diferenças estatísticas significativas na concentração de potássio apenas no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, sendo que nesse caso, a cultivar SP 80-3280 apresentou concentrações de potássio maiores que as cultivares RB 825336 e RB 845257. Quanto a esse nutriente, constatou-se os teores mais elevados nos colmos desenvolvidos no NITOSSOLO VERMELHO para todos os estágios da cultura. Isso provavelmente se deve ao teor maior no solo (Tabela 6), bem como a maior capacidade de troca catiônica, que caracteriza esse solo, o que reduziria as perdas por lixiviação, possibilitando o acúmulo maior do nutriente. Note-se que mesmo com as elevadas produções observadas nesse solo, ainda assim, a concentração do potássio nos colmos foi alta.

Tabela 12. Concentração de potássio nos colmos (kg Mg^{-1}), em ordem decrescente na cana-planta, das doze cultivares avaliadas nos dois solos para os três anos agrícolas.

Cultivar	Cana-planta	Cana-soca	Ressoca
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico			
RB 855536	1,82 a	1,90 ns	2,34 ab
RB 785148	1,58 ab	1,80 ns	2,25 ab
SP 80-3280	1,50 abc	2,16 ns	2,72 a
SP 83-5073	1,37 abc	1,60 ns	2,00 ab
RB 72454	1,36 abc	1,62 ns	2,58 ab
SP 80-1816	1,30 abc	1,63 ns	2,03 ab
SP 81-3250	1,27 abc	1,43 ns	2,37 ab
SP 80-1842	1,22 bc	1,61 ns	2,21 ab
RB 835486	1,11 bc	1,63 ns	2,15 ab
RB 835089	1,11 bc	1,63 ns	2,07 ab
RB 825336	1,10 bc	1,47 ns	1,89 b
RB 845257	0,98 c	1,30 ns	1,85 b
Média	1,31	1,65	2,20
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
RB 825336	2,49 ns	2,83 bcd	2,35 ns
RB 855536	2,14 ns	3,19 bc	2,45 ns
SP 80-1816	2,12 ns	2,96 bcd	3,26 ns
RB 835089	2,03 ns	3,60 ab	2,61 ns
RB 72454	1,90 ns	2,85 bcd	2,27 ns
SP 81-3250	1,90 ns	3,00 bcd	2,38 ns
SP 83-5073	1,85 ns	2,93 bcd	2,36 ns
SP 80-3280	1,78 ns	3,62 ab	2,68 ns
RB 785148	1,74 ns	4,24 a	2,80 ns
RB 845257	1,74 ns	2,41 cd	2,31 ns
SP 80-1842	1,63 ns	3,01 bcd	2,73 ns
RB 83-5486	1,63 ns	2,23 d	2,21 ns
Média	1,91	3,07	2,54

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

A fim de facilitar a discussão dos resultados dos efeitos do ano agrícola (estágio) e do solo sobre a concentração de nutrientes nos colmos da cana-de-açúcar foi elaborada a Figura 10, que mostra a concentração média de nutrientes das doze cultivares, nos três anos agrícolas e nos dois solos. Nessa figura, observa-se, em ambos os solos, que a concentração de nitrogênio nos colmos apresentou uma tendência de aumento da cana-planta para a primeira soca e de redução desta para a segunda soca. O que pode ser explicado pela baixa produção de colmos na primeira soca e pela elevada produção da segunda soca. Estes resultados divergem dos obtidos por Orlando Filho et al. (1980) e por Coleti et al. (2002), os quais observaram reduções nas concentrações do elemento nas soqueiras.

Discutindo conjuntamente o nitrogênio e o potássio, a aplicação de vinhaça resultou em uma alteração bastante pronunciada na relação N:K quando comparado com o trabalho de Orlando Filho et al. (1980), sendo que eles observaram valores por volta de 0,7:1 a 1,8:1, contrastando com os resultados obtidos neste trabalho, onde observou-se relações N:K variando de 0,36:1 até 0,67:1. Embora com relações N:K maiores que neste trabalho (variando de 1:1 até 0,7:1), Coleti et al. (2002) também observou uma maior exportação de potássio.

Essa riqueza maior de potássio, relacionada a um aumento de cinzas no caldo, pode ter implicações negativas no processo de fabricação do açúcar, devido ao seu efeito melassigênico (Rosseto, 1987) bem como influencia na maturação da cana, embora dosagens de até 600 kg ha^{-1} de K_2O provoquem pequeno aumento nos teores de açúcares redutores, cinzas e potássio no caldo (Leme, 1993). Os valores observados de ATR nos colmos no estudo em questão são considerados normais, não se observando possíveis efeitos negativos no teor de sacarose. Coleti et al. (2002) citam que a menor relação N:K verificada na cultivar RB 835486, quando comparada a SP 80-3250, sugere uma relação entre essa maior riqueza em potássio (0,62:1 N:K₂O, equivalente a 0,77:1 N:K) e uma maior aptidão agroindustrial.

Ainda com relação à influência do solo na concentração dos nutrientes, verifica-se que para o fósforo ocorreu o contrário do observado para o potássio. Apesar dos teores de fósforo determinado por extração com resina serem parecidos nos dois

solos, a concentração de fósforo nos colmos foi muito maior no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. Orlando Filho et al. (1980) também observaram comportamento semelhante, ou seja, os colmos desenvolvidos no Podzólico Vermelho Amarelo areia/média apresentaram maiores teores de fósforo nos colmos, quando comparados aos desenvolvidos em solos argilosos, sendo que, nesse caso, os teores no solo arenoso eram bem maiores que nos solos argilosos.

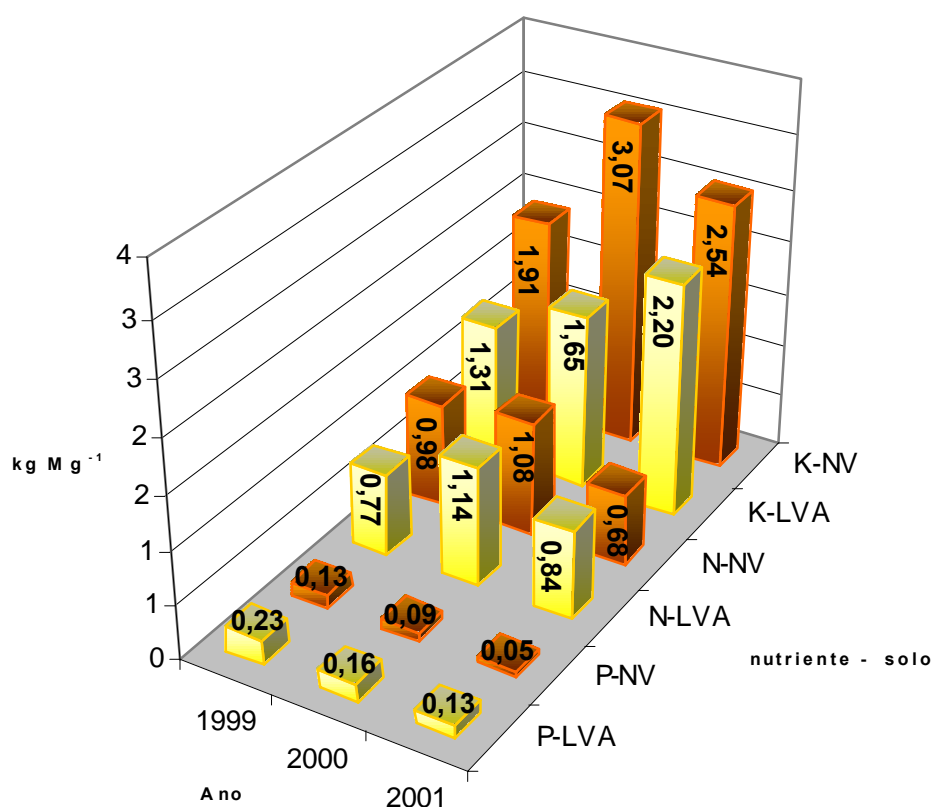


Figura 10 - Teores médios de fósforo, nitrogênio e potássio dos colmos em kg Mg⁻¹ de doze cultivares de cana-de-açúcar nas condições de cana-planta (1999), cana-soca (2000) e ressoça (2001) no NITOSSOLO VERMELHO e no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

A quantidade de nitrogênio exportada é apresentada na Tabela 13. Para a cana-planta, observa-se que apenas no NITOSSOLO VERMELHO ocorreram diferenças estatísticas significativas. Assim, a SP 80-3280, SP 80-1816, RB 825336 e RB 855536 apresentaram exportações maiores que a cultivar RB 835486. Na cana-soca, a quantidade de nitrogênio exportada pelos colmos foi menor que a quantidade exportada na cana-planta. Foram observadas exportações significativamente diferentes somente no NITOSSOLO VERMELHO, sendo que as cultivares RB 855536 e SP 80-3280 exportaram mais que as cultivares RB 845257, SP 83-5073 e RB 835486. Note-se que no outro solo as diferenças foram muito grandes, mas devido ao coeficiente de variação alto entre os dados não foi detectada diferença estatística. As exportações de nitrogênio na ressoca foram maiores que no corte anterior. Novamente foram detectadas diferenças estatísticas significativas, apenas no NITOSSOLO VERMELHO, entre as cultivares RB 825336 e as cultivares SP 83-5073 e RB 835486.

As exportações de fósforo, para os dois solos, apresentaram diferenças estatísticas significativas para a cana-planta e a ressoca. A Tabela 14 mostra os resultados por cultivar. Na cana-planta, a cultivar RB 825336 exportou mais que a cultivar RB 835486 no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. No outro solo a cultivar RB 825336 apresentou exportações maiores que as cultivares RB 72454, SP 80-3280, RB 835089 e RB 835486.

Na cana-soca, as exportações de fósforo reduziram-se, não sendo observada diferença estatística em nenhum dos solos estudados. Por outro lado, na ressoca, foram novamente detectadas diferenciação entre as cultivares nos dois experimentos. No LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, as cultivares RB 825336, SP 81-3250 e SP 80-1842 apresentaram quantidades de fósforo exportadas através dos colmos, maiores que a SP 80-1816. No outro experimento, a cultivar RB 825336 somente não apresentou exportações de fósforo nos colmos maiores que as cultivares RB 855536, SP 81-3250 e SP 835073.

Tabela 13. Exportação de nitrogênio nos colmos (kg ha^{-1}), em ordem decrescente na cana-planta, das doze cultivares avaliadas nos dois solos para os três anos agrícolas.

Cultivar	Cana-planta		Cana-soca		Ressoca	
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico						
RB 835089	98,93	ns	59,96	ns	84,05	ns
SP 80-1816	92,92	ns	46,95	ns	72,11	ns
RB 825336	85,38	ns	70,56	ns	86,49	ns
RB 785148	83,96	ns	57,74	ns	87,62	ns
RB 855536	83,71	ns	63,12	ns	72,47	ns
RB 845257	82,53	ns	56,45	ns	66,00	ns
SP 81-3250	80,54	ns	59,26	ns	72,13	ns
SP 80-1842	77,64	ns	67,03	ns	93,61	ns
RB 835486	76,90	ns	49,47	ns	85,17	ns
RB 72454	76,53	ns	42,41	ns	74,36	ns
SP 83-5073	74,12	ns	34,86	ns	60,20	ns
SP 80-3280	70,53	ns	50,29	ns	69,59	ns
Média	81,97		54,84		76,98	
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico						
SP 80-3280	153,84	a	104,59	a	103,89	ab
SP 80-1816	140,19	a	74,17	ab	96,84	ab
RB 825336	138,18	a	65,93	ab	124,83	a
RB 855536	137,91	a	104,86	a	112,09	ab
SP 80-1842	131,72	ab	79,19	ab	97,86	ab
RB 785148	127,99	ab	75,75	ab	71,90	ab
RB 72454	125,54	ab	74,80	ab	94,95	ab
RB 845257	114,28	ab	57,86	b	77,48	ab
SP 81-3250	104,99	ab	70,21	ab	91,87	ab
RB 835089	103,92	ab	64,04	ab	94,74	ab
SP 83-5073	92,68	ab	46,28	b	69,18	b
RB 835486	70,13	b	38,64	b	68,32	b
Média	120,12		71,36		90,33	

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

Tabela 14. Exportação de fósforo nos colmos (kg ha^{-1}), em ordem decrescente na cana-planta, das doze cultivares avaliadas nos dois solos para os três anos agrícolas.

Cultivar	Cana-planta	Cana-soca	Ressoca
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico			
RB 825336	30,10 a	8,53 ns	15,31 a
RB 855536	28,20 ab	9,53 ns	10,50 ab
SP 81-3250	25,48 ab	9,47 ns	15,05 a
RB 72454	25,25 ab	4,85 ns	12,00 ab
RB 785148	24,95 ab	8,32 ns	12,10 ab
RB 845257	23,72 ab	5,81 ns	10,74 ab
SP 80-1816	23,20 ab	8,03 ns	6,71 b
SP 83-5073	22,97 ab	6,57 ns	11,88 ab
SP 80-3280	21,45 ab	7,26 ns	9,12 ab
SP 80-1842	21,00 ab	8,53 ns	13,69 a
RB 835089	20,25 ab	8,24 ns	10,56 ab
RB 835486	17,41 b	7,45 ns	9,67 ab
Média	23,66	7,72	11,44
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico			
RB 825336	22,21 a	6,20 ns	14,19 a
SP 81-3250	18,57 ab	8,31 ns	7,99 ab
SP 83-5073	18,48 ab	6,47 ns	7,86 ab
RB 785148	18,24 ab	7,86 ns	6,48 b
RB 845257	15,04 ab	6,12 ns	6,26 b
SP 80-1842	15,00 ab	3,66 ns	4,98 b
RB 855536	14,92 ab	8,07 ns	9,51 ab
SP 80-1816	14,68 ab	3,89 ns	4,43 b
RB 72454	12,40 b	5,22 ns	5,63 b
SP 80-3280	11,94 b	7,47 ns	3,84 b
RB 835089	9,66 b	3,09 ns	5,75 b
RB 835486	9,49 b	2,16 ns	5,07 b
Média	15,05	6,83	6,83

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

Quanto a exportação de potássio (Tabela 15), somente foi observada diferença estatística entre as cultivares no NITOSSOLO VERMELHO na cana-planta e na cana-soca. Na cana-planta, as cultivares RB 785148 e SP 80-1816 apresentaram exportações maiores que a cultivar RB 835486. Na cana-soca, a cultivar SP 80-3280 apresentou as maiores exportações de potássio, diferindo estatisticamente das cultivares RB 845257, SP 83-5073 e RB 835486.

Para facilitar a discussão dos resultados de exportação de nutrientes, assim como as implicações relativas aos diferentes anos agrícolas (estágios) e os efeitos do solo, as médias das exportações dos três nutrientes pelas doze cultivares foram apresentadas na Figura 11. Observando-se a figura, percebe-se que, mesmo com produtividades menores, o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO apresentou exportações de fósforo bem maiores que o outro solo. Uma explicação possível para as concentrações e exportações maiores desse nutriente nos colmos desenvolvidos nesse solo pode estar relacionada ao fato desse solo apresentar uma maior facilidade de desenvolvimento radicular, possibilitando assim uma maior área de contato com as raízes da cana-de-açúcar. Isso favoreceria a absorção do fósforo, que devido à baixa mobilidade no solo é absorvido principalmente por difusão (Malavolta et al., 1997). Acrescente-se ainda, a menor fixação do nutriente nesse solo, devido à menor quantidade de colóides (óxidos de ferro e alumínio), quando comparado ao segundo solo.

No caso do nitrogênio e do potássio, nota-se que ocorreu uma tendência de queda nas exportações da cana-planta para a cana-soca, mesmo com o aumento das concentrações nos colmos. Na ressoca, ocorreu o contrário, ou seja, mesmo com a redução do conteúdo desses nutrientes nos colmos (exceto o potássio, no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO), houve um aumento da exportação.

Tabela 15. Exportação de potássio nos colmos (kg ha^{-1}), em ordem decrescente na cana-planta, das doze cultivares avaliadas nos dois solos para os três anos agrícolas.

Cultivar	Cana-planta		Cana-soca		Ressoca	
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico psamítico						
RB 855536	178,95	ns	101,46	ns	211,02	ns
RB 785148	173,55	ns	101,27	ns	212,32	ns
RB 835089	161,35	ns	107,27	ns	218,91	ns
RB 72454	157,38	ns	62,84	ns	238,48	ns
SP 80-3280	140,87	ns	76,73	ns	195,63	ns
SP 80-1816	131,66	ns	64,06	ns	170,28	ns
SP 81-3250	127,43	ns	78,11	ns	212,51	ns
RB 835486	124,84	ns	81,33	ns	226,14	ns
RB 845257	122,74	ns	72,28	ns	173,61	ns
SP 80-1842	122,39	ns	88,18	ns	206,01	ns
RB 825336	121,45	ns	107,72	ns	193,74	ns
SP 83-5073	111,79	ns	47,47	ns	152,46	ns
Média	139,54		83,39		200,92	
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico latossólico						
RB 785148	375,93	a	231,33	abcd	235,19	ns
SP 80-1816	370,22	a	177,02	abcd	271,84	ns
SP 80-3280	356,43	ab	285,50	a	258,12	ns
RB 835089	347,71	ab	257,57	abc	319,80	ns
RB 855536	336,69	ab	279,39	ab	315,97	ns
SP 80-1842	325,80	ab	206,21	abcd	217,19	ns
RB 72454	312,94	ab	203,21	abcd	281,38	ns
RB 845257	294,20	ab	168,00	bcd	237,41	ns
RB 825336	291,37	ab	196,47	abcd	315,63	ns
SP 81-3250	270,51	ab	202,13	abcd	237,45	ns
SP 83-5073	239,70	ab	143,32	cd	209,13	ns
RB 835486	214,32	b	93,98	d	176,60	ns
Média	311,32		203,68		256,31	

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

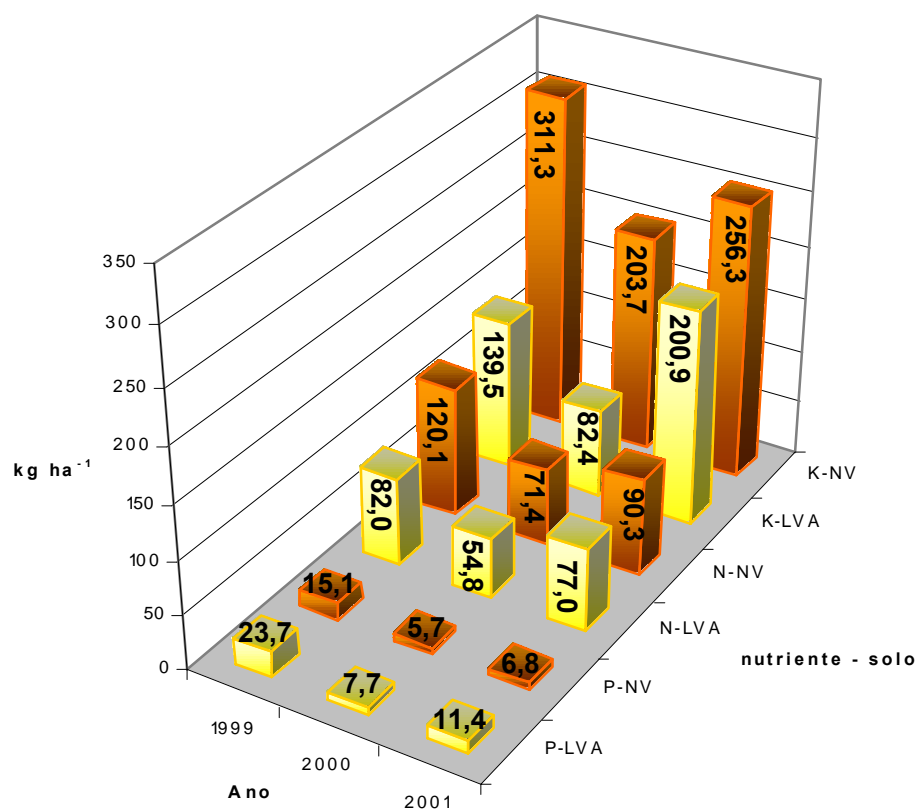


Figura 11- Quantidades médias exportadas nos colmos de fósforo, nitrogênio e potássio de doze cultivares de cana-de-açúcar nas condições de cana-planta (1999), cana-soca (2000) e ressoca (2001) no NITOSSOLO VERMELHO e no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

Os resultados obtidos também permitem observar que ocorreu uma influência acentuada do ano agrícola. Saliente-se que no ano de 1999 tratava-se do estágio de cana-planta, e nos anos de 2000 e 2001 de soqueiras. Assim, na cana-planta, devido ao preparo do solo que proporcionou condições melhores para o crescimento vigoroso do sistema radicular e mineralização da matéria orgânica (Freitas, 1987; Carnaúba, 1990), observou-se, de uma maneira geral, uma maior exportação de nutrientes através dos colmos, embora as concentrações de nutrientes não fossem as maiores observadas

(Figuras 10 e 11). Isso ocorreu provavelmente devido à produtividade alta obtida no primeiro corte (efeito diluição).

Com relação às soqueiras, normalmente ocorre uma redução no potencial de produção, com o decorrer dos cortes. Isso se deve a diversos fatores, tais como compactação do solo, transmissão de doenças e redução do vigor das soqueiras (Fauconnier & Bassereau, 1975). Além disso, na primeira soca, colhida no ano de 2000, observou-se que a quantidade e distribuição de chuvas durante o desenvolvimento da cultura foram extremamente desfavoráveis (Figura 1), influenciando negativamente a produção de colmos. Assim, devido à baixa produtividade observada, ocorreu uma menor exportação dos nutrientes, embora os teores nos colmos tenham sido maiores no caso do nitrogênio e do potássio.

Na ressoca, colhida em 2001, a quantidade e a distribuição das chuvas proporcionou condições excelentes para o desenvolvimento da cultura favorecendo assim a absorção de nutrientes, tendo como resultado uma maior exportação de nutrientes pelos colmos, porém, com queda nas concentrações dos nutrientes nos colmos (efeito diluição). No potássio foi observado um incremento bastante nítido na concentração e exportação para o ano de 2001 no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. Neste caso a distribuição de chuvas adequada estaria reduzindo a lixiviação do elemento no perfil do solo, o que favoreceu assim sua absorção (Figura 1). Também pode ter ocorrido um acúmulo desse nutriente devido a aplicações continuadas de vinhaça e baixa exportação no ano anterior.

As exportações de fósforo apresentaram uma tendência de queda nos dois solos. Pode-se supor que essa quantidade menor de fósforo esteja associada a uma redução do crescimento do sistema radicular, causado tanto pela compactação do solo inerente ao sistema de colheita da cana-de-açúcar quanto pela perda de vigor das soqueiras (Barbieri, 1995; Fauconnier & Bassereau, 1975) Note-se que, as quantidades adicionadas de fósforo junto com a vinhaça, por volta de 22 kg ha^{-1} , tendem a ser suficientes para repor as quantidades exportadas do nutriente.

Com relação ao efeito das cultivares sobre a concentração e a exportação de nutrientes nos colmos, foram elaboradas as Figuras 12, 13 e 14. Na Figura 12 podem ser

visualizadas as diferenças entre as cultivares RB 835089, RB 835486, SP 80-3280 e RB 845257 nos três cortes e nos dois solos. Observa-se uma concentração elevada de nitrogênio nos colmos da SP 80-3280 nos dois solos, porém a exportação do nutriente foi reduzida no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO devido a baixa produtividade de colmos observada nesse solo. As demais cultivares apresentam concentrações mais baixas.

Na Figura 13 observa-se que a SP 80-3280 apresentou altos teores de fósforo no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, ocorrendo o inverso no NITOSSOLO VERMELHO. No caso do fósforo a RB 845257, na média dos anos e solos, foi mais exportadora que as demais. No caso da exportação de potássio, a SP 80-3280 volta a se destacar, dessa vez seguida pela RB 835089, sendo que as demais cultivares apresentaram valores intermediários (Figura 14). Deve-se ressaltar que a umidade dos colmos teve, em todos os anos, um efeito de diluição diferenciado nos teores de nutrientes se comparados à base seca. Assim, os teores em base seca dos nutrientes dos colmos cultivados no NITOSSOLO VERMELHO tenderam a ser relativamente maiores que os do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

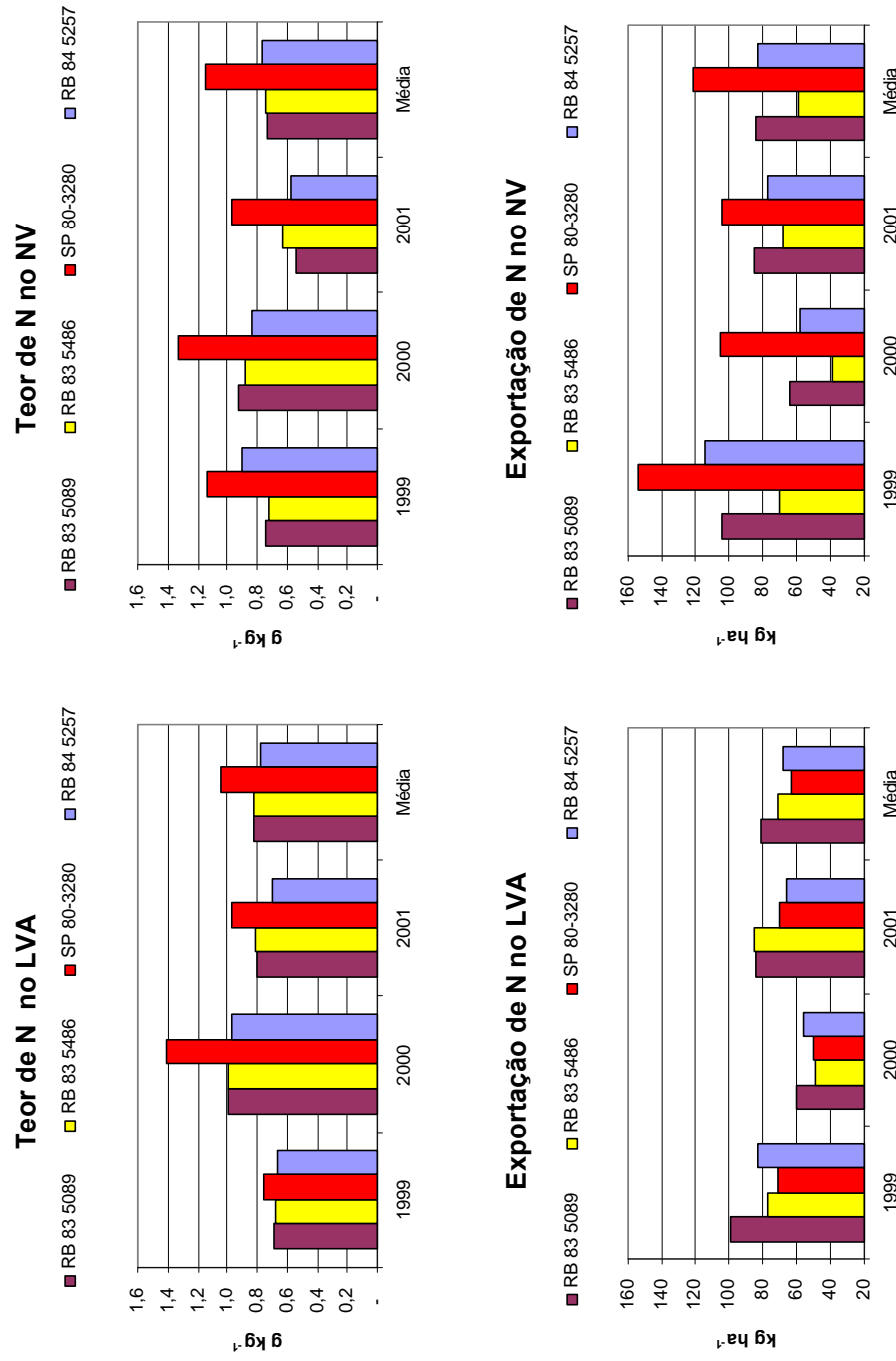


Figura 12 - Variação nos teores e exportação de nitrogênio das cultivares RB 835089, RB 835486, SP 80-3280 e RB 845257 na cana-planta (1999), soca (2000) e ressoca (2001) no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA) e no NITOSSOLO VERMELHO (NV).

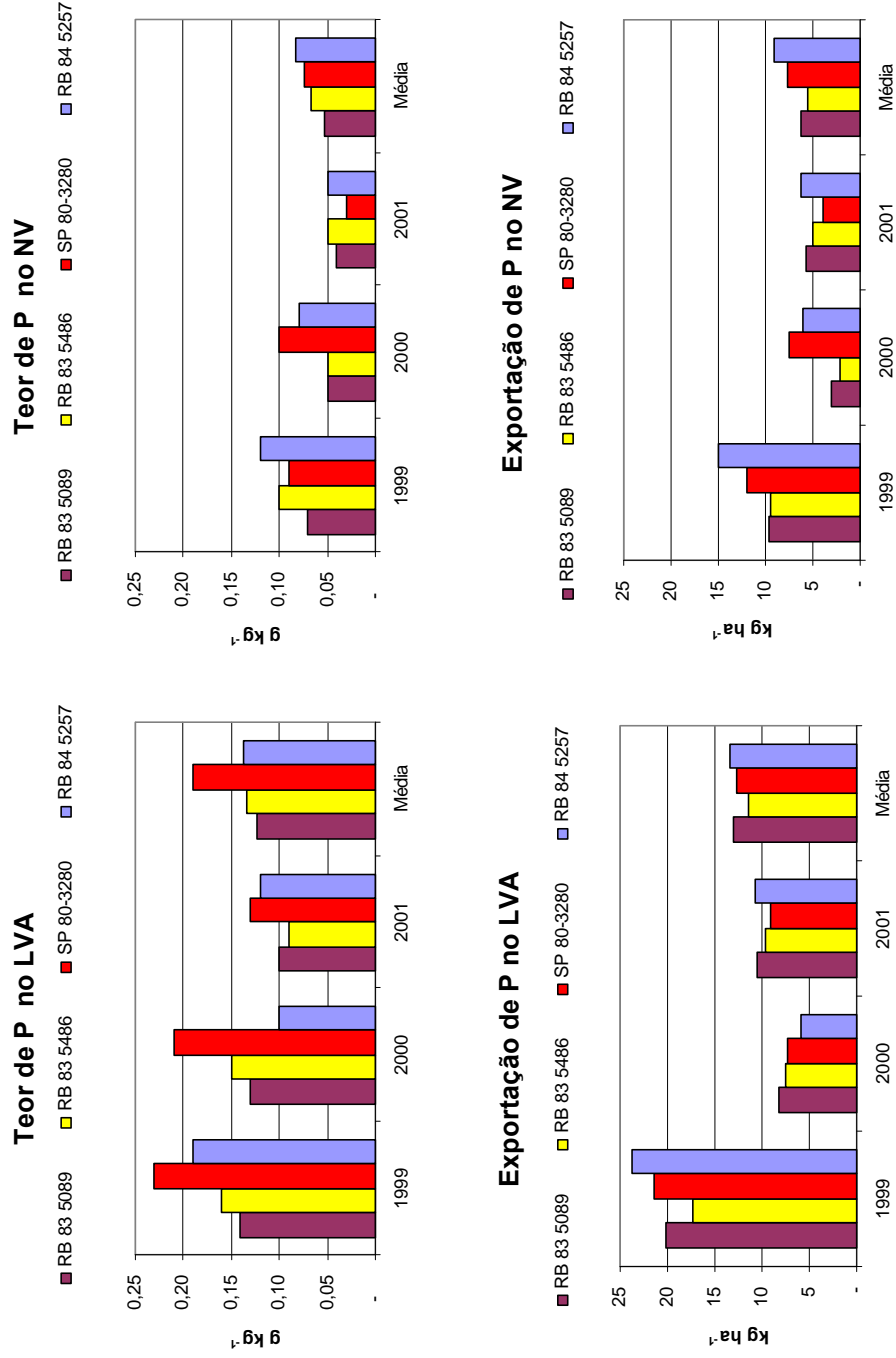


Figura 13 - Variação nos teores e exportação de fósforo das cultivares RB 835089, RB 835486, SP 80-3280 e RB 845257 na cana-planta (1999), soca (2000) e ressoca (2001) no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA) e no NITOSSOLO VERMELHO (NV).

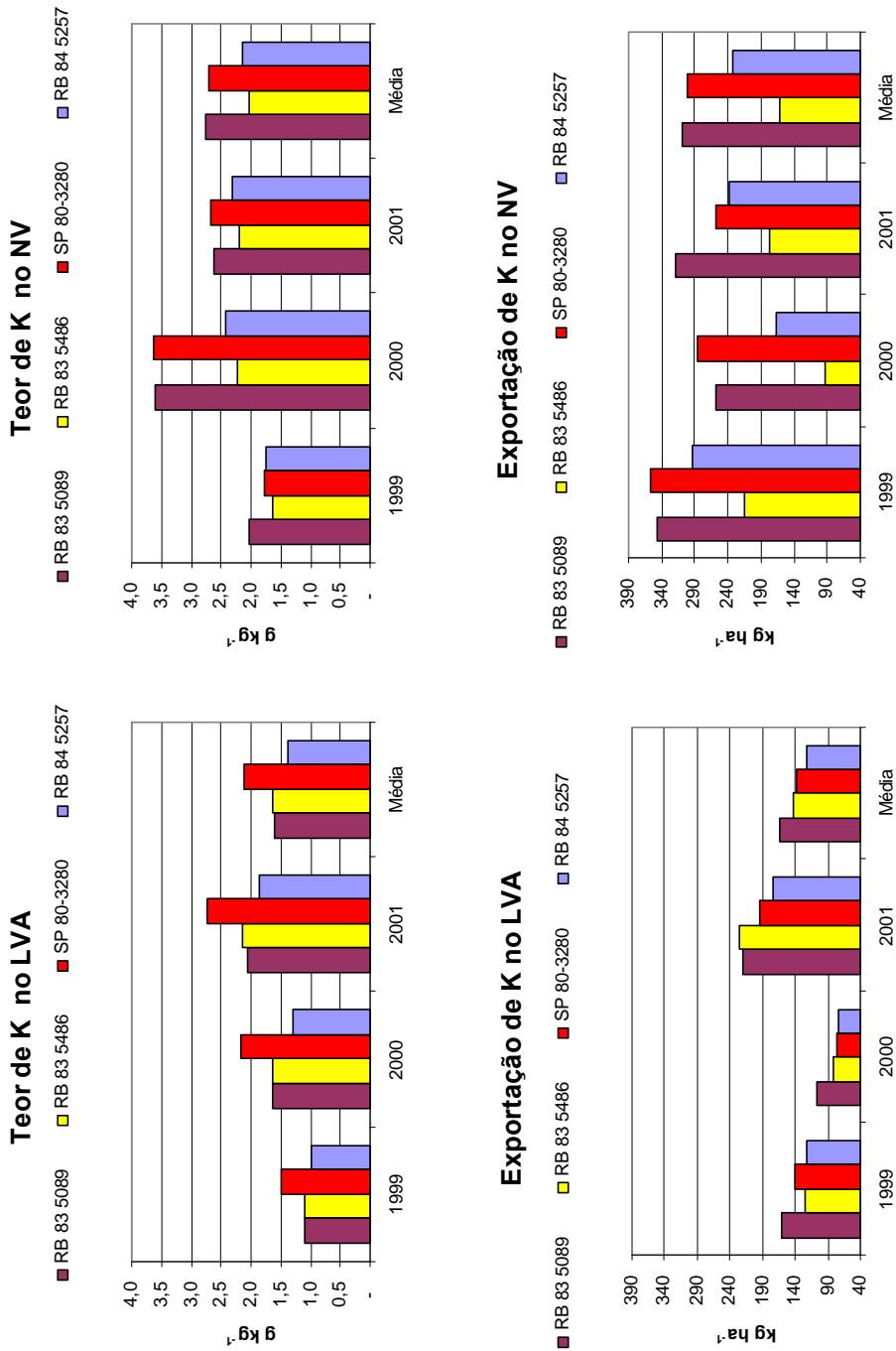


Figura 14 - Variação nos teores e exportação de potássio das cultivares RB 835089, RB 835486, SP 80-3280 e RB 845257 na cana-planta (1999), soca (2000) e ressoca (2001) no LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA) e no NITOSSOLO VERMELHO (NV).

5 CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos, nas condições em que o trabalho foi conduzido e em função da metodologia empregada, pode se concluir que:

As cultivares, em função de suas características genéticas, do ano agrícola, do estágio e pelo conjunto de práticas ao qual foram submetidas, apresentaram diferenças de produção, dentro de cada solo.

A cultivar RB 835089 apresentou uma boa adaptação, enquanto que as cultivares RB 72454, SP 80-1842 apresentaram desempenho intermediário nos dois ambientes utilizados nos experimentos. Já as cultivares RB 835486, RB 845257 e RB 825336 se adaptaram melhor ao LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e as cultivares SP 80-3280 e RB 855536 ao NITOSSOLO VERMELHO.

As cultivares apresentaram concentrações diferentes de nutrientes em função do solo, do ano agrícola (estágio), das práticas culturais e da sua adaptabilidade ao ambiente e a ordem de exportação de macronutrientes primários obtida foi $K > N > P$.

As exportações de nutrientes sofreram efeito do solo: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO 71; 14,2 (32,1 - P_2O_5); 141 (169 - K_2O) $kg\ ha^{-1}$ N, P e K, respectivamente e NITOSSOLO VERMELHO 94; 9,2 (20,7 - P_2O_5) e 257 kg (310 - K_2O) N, P e K, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, A. G. **Sugarcane physiology**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752p.

BARBIERI, V. Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.): um modelo matemático-fisiológico de estimativa. Piracicaba, 1993. 142p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BARBIERI, V. Compactação dos solos: diagnóstico e correção. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIAS DE MANEJO DO SOLO E ADUBAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 1., Ribeirão Preto, 1995. **Anais**. Ribeirão Preto: IDEA, 1995. p.14-27.

BEAUCLAIR, E. G. F. Relações entre algumas propriedades químicas do solo e a produtividade da cana-de-açúcar através de regressão linear múltipla. Piracicaba, 1994. 90 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BRAGA JUNIOR, R. L. C.; SORDI, R. A. Censo de variedades nas usinas cooperadas à Copersucar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., Recife, 2002. **Anais**. Recife: STAB, 2002. p. 410-414.

- 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.
- COELHO, M. B.; AZEVEDO, H. J. Utilização da vinhaça na irrigação da cana-de-açúcar. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.4, n.5, p. 49-52, maio/jun. 1986.
- COLETI, J. T. Uma avaliação de espaçamentos reduzidos em cana-de-açúcar. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.12, n.4, p. 18-23, mar./abr. 1994.
- COLETI, J. T.; WALDER, L. A. M. Estudo de espaçamentos em duas variedades de cana-de-açúcar: SP 70-1143 e NA 56-79. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.5, n.2, p. 32-34, nov./dez. 1987.
- COLETI, J. T.; STUPIELLO, J. J.; OLIVEIRA, G. R. D.; CASAGRANDE, J. C.; RIBEIRO, L. D. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos, variedades RB 835486 e SP 81-3250. . In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., Recife, 2002. **Anais**. Recife: STAB, 2002. p. 316-321.
- COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Quarta geração de variedades de cana-de-açúcar Copersucar**. Piracicaba, 1993. 16p. (COPERSUCAR. Boletim técnico. Número especial).
- COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Quinta geração de variedades de cana-de-açúcar Copersucar**. Piracicaba, 1995. 21p. (COPERSUCAR. Boletim técnico. Número especial).

COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sexta geração de variedades de cana-de-açúcar Copersucar**. Piracicaba, 1997. 27p. (COPERSUCAR. Boletim técnico. Número especial).

DEMATTÊ, J. L. I. Potencial de produtividade do solo. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, Piracicaba, 1986. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 137-179.

DIAS, F. L. F. Relação entre produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na região noroeste do estado de São Paulo. Piracicaba, 1997. 61p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

DILLEWIJN, C. van. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos: quarta aproximação**. Rio de Janeiro, 1997. 169p.

ESPIRONELO, A.; CAMARGO, A. P.; NAGAI, V.; LEPSCH, I. F. Efeitos de nitrogênio e fósforo como complementação de vinhaça em soca de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 2., Rio de Janeiro, 1981. **Anais**. Rio de Janeiro: STAB. 1981. p. 128-139.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La canã de azucar**. trad. de E. Bosa. Barcelona: Editorial Blume, 1975. 433p.

- FERNANDES, A. J. **Manual da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livroceres, 1984. 196p.
- FERREIRA, E. S.; CACERES, M. T.; KORNDORFER, G. H.; MARTINS, J. MATHIESEN, L. A. Uso do multifosfato magnésiano na adubação de plantio da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, n.46/49, p.6-11. 1989.
- FIGUEIREDO FILHO, C. P. Efeito da redução de espaçamento na produtividade da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., Recife, 2002. **Anais**. Recife: STAB, 2002. p.533-537.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2002**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2002. 536p.
- FREITAS, G. R. Preparo do solo. In: PARANHOS, S. B. (Coord). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.271-283.
- GALVANI, E.; BARBIERI, V.; PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A. Efeitos de diferentes espaçamentos entre sulcos na produtividade agrícola da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Scientia Agricola**, v.54, n.1/2, p.62-68, jan./ago. 1997.
- GHELLER, A. C. A. Características desejáveis e manejo comercial de variedades de cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. de (Ed). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.65-82.
- GLÓRIA, N. A. da; FONTANARI, N.; ALONSO, O.; HENRIQUE, J. L. P.; GERALDI FILHO, L.; ALBUQUERQUE, F. C. Complementação nitrogenada de soqueiras de cana-de-açúcar fertilizadas com vinhaça. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 3., São Paulo, 1984. **Anais**. São Paulo: STAB, 1984. p.74-77.

- GLOVER, J. The rate of apparent photosynthesis of whole sugar-cane plants. **Annals of Botany**, v.38, p.909-920, 1974.
- GOLDEN, L. E. Nutrient uptake by sugarcane in Louisiana. **The Sugar Journal**, v.23, n.11, p.22-24, 1961.
- GRAZIANO, J. R. Espaçamento reduzido de plantio de cana na usina Palmeiras S.A. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.6, n.1/2, p.28-32, set./out. 1988.
- GUIMARÃES, E.; SILVA, G. M. A. Estudo de variedades de cana-de-açúcar quanto ao teor de fósforo no caldo – ensaio preliminar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA. 2., Piracicaba, 1984. **Anais**. Piracicaba:Copersucar, 1984. p.41-43.
- IDE, B.; BANCHI, A. D. Influência do clima na cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 2., Piracicaba, 1984. **Anais**. Piracicaba: Copersucar, 1984. p.196-204.
- JOAQUIM, A.C.; BELLINASSO, I. F.; DONZELLI, J.L.; QUADROS, A. C.; BARATA, M. Q. F. Potencial e Manejo de solos cultivados com cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 6., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: Copersucar, 1994. p.1-9.
- KOFFLER, N. F.; DONZELLI, P.L. Avaliação dos solos brasileiros para a cultura de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.19-41.
- KORNDORFER, G. H.; VIEIRA, G. G.; MARTINS, J.; MATHIESEN, L. A. Resposta da cana-planta a diferentes fontes de fósforo. **Boletim Técnico Copersucar**, n.45, p.31-37, 1989.

- KORNDORFER, G. H.; COLOMBO, C. A.; LEONE, P. L. C.; COLANTONI, C. A. Competição de variedades de cana-de-açúcar em dois espaçamentos. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.17, n.2, p.34-37, nov./dez. 1998.
- LEME, E. J. A. Uso e tratamento de resíduos agroindustriais no solo. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. de (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.147-173.
- MACHADO JUNIOR, G. R. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.165-182.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MAMEDE, R. Q. Avaliação de variedades e clones RB – Série 86 de cana-de-açúcar, na região de Araraquara. Jaboticabal, 2001. 75p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTA JÚNIOR, G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p. 295-301, abr/jun. 2001.
- MATSUOKA, S.; ARIZONO, H.; MASUDA, Y. Variedades de cana: Minimizando os riscos na adoção. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.17, n.2, p.18-19, nov./dez. 1998.

- MATSUOKA, S.; LAVORENTI, N. A.; MENEZES, L. L.; SALIBE, A. C.; GHELLER, A. C. A.; ARIZONO, H. Novas variedades de cana-de-açúcar para a região oeste do estado de São Paulo. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.18, n.1, p.22, ago./set. 1999.
- MONTEIRO, C.A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo: USP, Instituto de Geografia, 1973. 130 p.
- NUNES JUNIOR, D. Variedades de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.187-259.
- NUNES JUNIOR, D.; PINTO, R. S. A.; KIL, R. A. **Indicadores de desempenho da agroindústria canavieira safra 2001-2002**. Ribeirão Preto: IDEA, 2002. 117p.
- ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H. P.; ZAMBELLO JUNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB 41-76, em função da idade, em solos do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico Planalsucar**, v.2, n.1. p.3-127, fev. 1980.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 1996. 285p (IAC.Boletim Técnico, 100)
- RAIZER, A. J. Interações genótipos x ambientes e estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Piracicaba, 1998. 103p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

- REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.211-216, 1988.
- RIBEIRO, M. R.; HALSTEAD, E. H.; DE JONG, E. Rendimento da cana-de-açúcar e características das terras da microrregião da mata norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.209-213, 1984.
- RODRIGUES, J. C. S.; MORAES, R. S.; GIACOMINI, G. M. Necessidade de nitrogênio em complementação à vinhaça. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA: MANEJO E ADUBAÇÃO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR, São Paulo, 1984. **Anais**. São Paulo: Copersucar, 1984. p.70-74.
- ROSSETO, A. J. Utilização agrônômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. . In: PARANHOS, S. B. (Coord). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2, p.435-504.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. V. Balanço de K em quatro ciclos de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.9, p.1323-1335, set. 1991.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Serviços e Obras Públicas. **Atlas pluviométrico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1972. 83 p.
- SCARDUA, R. Clima e a irrigação na produção agroindustrial da cana-de-açúcar. Piracicaba, 1985. 122p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SCARPARI, M. S. Modelos para a previsão da produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) através de parâmetros climáticos. 79p. Piracicaba, 2002. Dissertação (Mestrado)) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SILVA, G. M. A.; CASTRO, L. J. P. de; SANCHES, A. C.; GUIMARÃES, E.; GURGEL, M. N. A. Efeitos da vinhaça como fertilizante em cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, n.7, p.9-14, nov. 1978.

SILVA, L. C. F. da; CASAGRANDE, J. C. Nutrição Mineral da cana-de-açúcar (macronutrientes). In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA, Planalsucar, 1983. p.77-102.

STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria prima. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2, p.759-804.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS.
<http://pmgca.dbv.ufscar.br/Infopublica/catalogo>. (3 set. 2002).

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, n.97, p.1-16, 2002.