

**RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE, CLIMA, SOLOS E  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, NA REGIÃO NOROESTE  
DO ESTADO DE SÃO PAULO.**

*Fábio Luís Ferreira Dias*

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Jairo Antônio Mazzola

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

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Fevereiro - 1997

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP**

Dias, Fábio Luís Ferreira

Relação entre produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na região noroeste do estado de São Paulo / Fábio Luís Ferreira Dias. - - Piracicaba, 1997.

61p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.

Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar 2. Produtividade 3. Relação solo-clima 4. São Paulo (região noroeste) 5. Variedade I. Título.

CDD 633.61

**RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE, CLIMA, SOLOS  
E VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, NA REGIÃO  
NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO.**

**FÁBIO LUÍS FERREIRA DIAS**

Aprovada em: 17.04.1997

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello

ESALQ/USP

Prof. Dr. José Carlos Casagrande

DBV/UFSCar



Prof. Dr. JAIRO ANTÔNIO MAZZA  
Orientador

Ao meu pai João (*in memoriam*)  
pelo incentivo e confiança  
sempre depositados em mim.

A querida esposa Luciana,  
pelos momentos de alegrias e de dificuldades,  
que juntos compartilhados, me encorajaram.

**DEDICO**

## HOMENAGEM ESPECIAL

Ao Professor Dr.

Jairo Antônio Mazza

pela amizade, compreensão, dedicação e pelos  
valiosos ensinamentos e orientações fornecidos  
durante esses anos de convivência.

**À minha gratidão**

## AGRADECIMENTOS

À COMISSÃO DE APOIO E PESQUISA (CAPES), pelo auxílio bolsa de mestrado concedida.

Ao Sizuo Matsuoka, e a todos do Departamento de Bioclimatologia Vegetal da UFScar - Campus de Araras, pelos fornecimentos dos materiais que possibilitaram a elaboração deste trabalho.

Aos Profs. Dr. Dilermando Perecin da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal e Tadeu dos Santos Dias da ESALQ/USP - Campus de Piracicaba, na ajuda prestada nos tratamentos de dados estatísticos.

Aos Profs. Dr. Quirino A. C. Carmello da ESALQ - Campus de Piracicaba, e José Carlos Casagrande da UFCar- Campus de Araras, pela participação na comissão julgadora e pelas críticas construtivas.

Aos amigos Rodrigo, Nagib e Lungas, pelo apoio e colaboração na condução deste trabalho.

Aos colegas de república, Marco, Manoel (Mané), Pétersom, Arnaldo, Enio, Pedro e Fábio (Fartura), pela convivência durante esse período de mestrado e, que essa amizade permaneça para sempre.

Aos colegas Clélia, Edilson (Dirpa), Sérgio, João Batista, Érica, Murbach e Daniela pela grande amizade e pelos momentos que juntos compartilhamos e que jamais serão esquecidos.

A todos do Departamento de Ciência do Solo, que de alguma forma colaboraram.

Aos demais colegas, professores e funcionários da ESALQ, pelos momentos de convivência e companheirismo.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

**Meu muito obrigado.**

# SUMÁRIO

	<b>PÁGINA</b>
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	xi
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	3
2.1. Graus-dia.....	3
2.2. Cana-de-açúcar e parâmetros de déficit de água.....	5
2.3. Evapotranspiração e balanço de água.....	7
2.4. Modelos matemáticos e parâmetros de solo.....	9
3. Material e Métodos.....	16
3.1. Caracterização pedológica, análises físicas, físico-hídricas e químicas dos solos.....	16
3.1.1. Caracterização pedológica.....	16
3.1.2. Análises físicas e físico-hídricas.....	16
3.1.3. Análises químicas.....	18
3.2. Caracterização climática.....	19
3.3. Seleção das áreas.....	19
3.3.1. Variedades utilizadas.....	21
3.3.2. Áreas selecionadas.....	21
3.4. Déficit hídrico.....	23
3.5. Estimativa de graus-dia.....	24
3.6. Análises estatísticas.....	25
4. Resultados e Discussão.....	26
4.1. Análises físicas, físico-hídricas e químicas dos solos.....	26
4.2. Déficit hídrico.....	26



	<b>PÁGINA</b>
4.3. Graus-dia .....	29
4.4. Relações entre rendimento agrícola, parâmetros de solo e clima.....	30
4.5. Regressão linear múltipla.....	34
4.6. Interação solo x clima x rendimento agrícola da cana-de-açúcar.....	37
4.7. Comportamento varietal ou interação variedades x ambientes.....	42
5. Conclusões.....	45
Referências bibliográficas.....	46
Apêndice 1.....	51
Apêndice 2.....	52
Apêndice 3.....	55

# RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE, CLIMA, SOLOS E VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO.

**Autor:** Fábio Luís Ferreira Dias

**Orientador:** Prof. Dr. Jairo Antônio Mazza

## RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com base em dados de solos, clima e produtividade de variedades de cana-de-açúcar, registrados na região noroeste do Estado de São Paulo, onde a área com cana-de-açúcar é bastante expressiva. Ele teve como objetivo, relacionar os parâmetros químicos, físicos, físico-hídricos do solo, e parâmetros climáticos com o rendimento agrícola, avaliando o comportamento destes em algumas variedades, nos distintos ambientes estudados.

Foram selecionadas 6 áreas experimentais de competição varietal, instaladas pelo Departamento de Biotecnologia Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos - Campus de Araras) no ano de 1995, e 6 variedades comuns em todas elas. Nessas áreas, foram coletados os dados de solos, clima, e os rendimentos agrícolas (referentes à cana-planta - safra 95/96).

Para determinar os parâmetros de solos e do clima que melhor se relacionam com a produtividade, análises conjuntas, correlações e regressões lineares múltiplas foram utilizadas para os diferentes conjuntos de dados de locais e variedades. Os parâmetros químicos e físicos dos solos foram

considerados nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B), juntamente com os parâmetros climáticos e os dados de produtividade.

Diante dos resultados obtidos, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- Parâmetros climáticos como graus-dia e deficiência hídrica, nem sempre apresentam correlações significativas com o rendimento agrícola da cana-de-açúcar;

- As características químicas, físicas e físico-hídricas do horizonte subsuperficial (B) apresentaram significativas correlações com o rendimento da cultura;

- O procedimento “stepwise” selecionou o Ca do horizonte B como a variável que mais correlacionou-se com o rendimento da cana;

- O regime hídrico dos solos constitui-se em parâmetro potencialmente importante na avaliação do potencial agrícola dos solos;

- Os solos Podzólicos eutróficos apresentaram-se como os de maior capacidade de produção na região considerada.

# RELATIONS BETWEEN PRODUCTIVITY, CLIMATE, SOILS AND SUGAR-CANE VARIETIES IN THE NORTHWEST REGION OF THE STATE OF SÃO PAULO

**Author:** Fábio Luís Ferreira Dias

**Advisor:** Prof. Dr. Jairo Antônio Mazza

## SUMMARY

This work was done based on data of soils, climate and productivity of different sugar-cane varieties, taken in the northwest region of the State of São Paulo, where large areas are planted with sugar-cane. The objective of this work was to relate the chemical, physical, physico-hydrical and climate parameters to yield, evaluating the behavior of these on some of the varieties, in different environments.

Six experimental areas of varietal competition and six common varieties in all of them, were chosen. These were installed by the Departamento de Biotecnologia Vegetal of the Centro de Ciências Agrárias of UFSCar (São Carlos Federal University - Araras Campus) during 1995. Soil, climate and sugar-cane yield (95/96 harvest) data were collected in these areas.

To determine which parameters were better related to the productivity, group analysis and multiple linear regressions and correlations were used for the different groups of site and variety data. The soil chemical and physical parameters were considered in the superficial (A) and subsuperficial (B) horizons, together with the climatic parameters and productivity data.

From the results, the following conclusions can be inferred:

- Climatic parameters as degrees-day and water deficiency, not always presented significant correlations with the sugar-cane yield;
- The chemical, physical and physico-hidrical characteristics of the subsuperficial (B) horizon presented significant correlations with the crop yield;
- The “stepwise” procedure selected Ca from the B horizon as the variable that best correlated with the sugar-cane yield;
- The water regime of the soils constitutes an important parameter in the evaluation of the soil potential;
- The eutrofic Podzolic soils were found to be the ones with the highest production capacity in that region.

# 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, procura-se atingir três objetivos básicos na produção canavieira através do adequado manejo da cultura: a) alta qualidade da matéria prima (sacarose), b) grande quantidade de matéria-prima (t de colmos ou t de açúcar) e c) longevidade do canavial.

A cana-de-açúcar é cultivada em diferentes regiões sob a ação de regimes climáticos diversos, bem como diferentes tipos de solo e manejo. Desta forma, vários são os fatores que podem afetar a produtividade agrícola canavieira, podendo-se citar: manejo varietal, preparo da área agrícola, produção de mudas saudáveis, clima x épocas de plantio x variedades, épocas de plantio x maturação varietal, solo x desenvolvimento e rendimento, manejo da instalação da cultura, manejo da condução da cultura, ocorrência de pragas, ocorrência de doenças, manejo da nutrição mineral da cultura (calagem e adubação), entre outras.

Deste modo, a influência do conjunto dos fatores que podem alterar o comportamento das plantas, é um assunto que normalmente tem preocupado os responsáveis pela produção da cana-de-açúcar. A necessidade de se obter altas produtividades a baixos custos, implica em um estudo mais detalhado do ambiente em que a cultura em exploração se insere, de forma a maximizar seu aproveitamento. O conhecimento do clima, dos teores de nutrientes e de alguns parâmetros físicos e/ou físico-hídricos do solo e suas

relações com o rendimento agrícola é uma meta importante para o setor de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia.

A partir dessa premissa, torna-se imperativo para a pesquisa agrônômica, tentar determinar os parâmetros que, posteriormente possam compor um modelo matemático, de forma a relacionar níveis de influências distintos das variáveis, representadas pelos parâmetros químicos, físicos e físico-hídricos, com a produtividade da cana-de-açúcar.

O presente trabalho teve como objetivo, além do relacionamento dos parâmetros de solos com o rendimento agrícola, a avaliação do comportamento destes, em relação a algumas variedades, nos distintos ambientes estudados.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Graus-dia

É sabido, que as condições climáticas tem profundas influências sobre o crescimento e a produção das culturas. Há uma grande variação na produção vegetal de ano para ano e de local para local. Essa variação pode ser atribuída principalmente às diferenças nas condições meteorológicas, à fertilidade do solo, à uma exigência intrínseca da variedade, além de outras características.

O crescimento da cana-de-açúcar é governado por complexos fatores internos e externos. Muitos pesquisadores têm procurado desenvolver modelos que relacionem a influência dos elementos do clima sobre o comportamento da cana-de-açúcar.

Ryker & Edgerton<sup>1</sup>, citado por Dillewijn (1952), relataram que a temperatura mínima para o crescimento da cana-de-açúcar é de aproximadamente 12,2°C, embora o brotamento possa ocorrer em temperaturas inferiores a 6,1°C. Ayyar *et al.* (1965), considerou 21°C como a temperatura abaixo da qual não haveria crescimento apreciável da cana-de-açúcar, esse autor utilizou-se somente da diferença entre a temperatura média diária e a temperatura base de 21°C.

---

<sup>1</sup> RYKER, T.C.; EDGERTON, C.W. *Studies on sugar cane roots*. Louis. Agric. Exp. Sta., 1931. 36p. (Bulletin, 223).



Sreenivasan & Banerjee (1957) estudando o efeito dos elementos de clima sobre o desenvolvimento da cana-de-açúcar, desde o plantio até a colheita, concluíram que a temperatura tem grande influência na fase de crescimento.

Temperatura, luz e umidade são os principais elementos climáticos que controlam o crescimento da cana-de-açúcar. Ela é uma planta tropical, que se desenvolve melhor em áreas quentes e ensolaradas. Mängelsdorf<sup>2</sup>, citado por Humbert (1968), caracteriza um clima ideal para a produção de cana-de-açúcar, como sendo o seguinte: a) um período de crescimento com verão longo, quente e precipitação adequada; b) fase de amadurecimento e colheita razoavelmente seca, ensolarada e fria, mas livre de geadas; c) ausência de furacão e tempestades.

Estudando o crescimento da cana-de-açúcar, Borden & Denison<sup>3</sup>, citado por Humbert (1968), concluíram que há uma boa correlação entre o crescimento e a temperatura efetiva, medida em graus-dia. Esse trabalho evidenciou claramente a influência que os elementos de clima têm sobre a produção. A aplicação do princípio de graus-dia, no Havaí, tem dado uma série de resultados interessantes e, muitos agricultores tem adotado esse método.

Demétrio (1978) ajustou aos dados de graus-dia acumulados, curvas de Função Logística, concluindo que as mesmas correlacionavam-se perfeitamente aos dados de crescimento do colmo, constituindo-se em importante elemento, para estimar tal característica e, conseqüentemente, o potencial de produção de uma região, com relação ao seu valor térmico.

O método de unidades de calor vem sendo utilizado há mais de duzentos anos e, representa um esquema para estudo das relações planta-temperatura, por acúmulo da temperatura média diária acima de uma

---

<sup>2</sup> MANGELSDORF, A.J. Sugar-cane - as seen from Hawaii. **Ecom. Botany**, n.4,p. 150-176, 1950.

<sup>3</sup> BORDEN, R.J.; DENISON, F.C. A study of optimum crop length. **Hawaian Planter's**, n. 46, p. 119-137, 1942.

temperatura limite, durante a estação de crescimento. A soma térmica, requerida por uma determinada variedade, é considerada constante, sendo denominada constante varietal. Conhecendo-se essa constante, pode-se prever a data na qual uma determinada cultura deve ser colhida. Essa relação linear, conhecida como “método do índice residual”, deu origem a expressões como graus-dia, unidades de calor, unidades de crescimento e muitas outras.

Thom<sup>4</sup>, citado Maniero (1980), introduziu uma equação para o cálculo de graus-dia, utilizando-se da temperatura média do mês e do desvio padrão das médias mensais. Esse modelo não apresenta restrições para valores térmicos extremos.

Maniero (1980), correlacionou o desenvolvimento de algumas variedades de cana-de-açúcar com as unidades de calor acumulados, utilizando três modelos de estimativa para graus-dia, e verificou uma grande relação entre tamanho da planta e temperatura, constituindo-se os graus-dia como elemento importante para o desenvolvimento da cana-de-açúcar e, possivelmente, para a determinação do potencial de produção de uma localidade, quando correlacionado com o índice térmico da mesma.

## **2.2. Cana-de-açúcar e parâmetros de déficit de água**

Temperatura, radiação e precipitação são os principais fatores climáticos que controlam o crescimento da planta.

A grande influência da umidade na cultura da cana-de-açúcar tem sido demonstrada em inúmeros trabalhos. Humbert (1968), relatou que a taxa de alongação da cana foi uniforme, quando a umidade do solo estava entre a capacidade de campo e 4 MPa de tensão, sendo reduzida, acima desta. Em

---

<sup>4</sup> THOM, H.C.S. The relational relationship between heating degree days and temperature. **Monthly Weather Review**, v. 82, p. 1-6, 1954.

Natal, Thompson *et al.* (1967) encontraram um aumento linear, para culturas irrigadas, Thompson & Wood (1967) observaram rendimentos médios de 110 e 46 t.ha<sup>-1</sup> em duas estações sucessivas de 12 meses como uma conseqüência de diferentes distribuições de precipitação. De acordo com Salter & Goode (1967), a imposição lenta da seca perto da colheita e, durante a fase de amadurecimento, melhoraria qualitativamente o acúmulo de sacarose.

A precipitação somente, não é um bom indicador de estimativa de produção e respostas de crescimento para as plantas. Desse modo, fatores como: a capacidade de armazenamento de água no solo, evapotranspiração, profundidade do sistema radicular, entre outros, exercem influência sobre a proporção de precipitação, bem como período de disponibilidade às plantas.

Após a introdução do conceito de evapotranspiração potencial Thornthwaite (1948), o déficit de água tem sido relatado para as somas das precipitações e armazenamento de água no solo para encontrar a demanda de evapotranspiração potencial. A relação entre produção de material seco e transpiração foi demonstrada por Chang *et al.*<sup>5</sup> citado por Oguntoyinbo (1966), obtendo três implicações práticas:

- A máxima produtividade foi obtida, quando o suprimento de água era igual ao potencial de evapotranspiração.

- O problema da estimativa de produtividade pode ser reduzido para uma estimativa de transpiração, desde que as práticas culturais e outros fatores não sejam limitantes.

- Se uma seca não afetar seriamente o metabolismo das plantas, uma longa seca pode ter o mesmo efeito que vários períodos de secas curtas, já que a deficiência total de água por um longo período é igual ao de curtos períodos.

---

<sup>5</sup> CHANG, J.H.; CAMPBELL, R.B.; ROBINSON, F.E. On the relationship between water and sugarcane yield in Hawaii. **Agronomy Journal**, v. 55, p. 450-453, 1963.

Desse modo, uma melhora na relação entre a produtividade e a água disponível pode ser conseguido com êxito, pela determinação da evapotranspiração atual e potencial, durante o ciclo da cultura.

### **2.3. Evapotranspiração e balanço de água**

Tubelis & Nascimento (1979) definem três tipos de métodos para determinar o potencial de evapotranspiração: mensurações diretas, métodos analíticos e fórmulas empíricas. A mensuração direta usa lisímetros e evaporímetros. Os métodos analíticos são baseados nos processos de transferência física de vapor e no estoque aproximado de energia. Os métodos empíricos são baseados em fórmulas, usando um ou mais fatores climáticos comuns. O método da estimativa de evapotranspiração foi disposto em grupos de duas classes por Oguntoyinbo (1966) e de acordo com seus usos: como ferramenta de pesquisa, para entender os processos físicos ou como ferramenta operacional, as quais podem ser aplicadas para uma larga área, para a operação atual das plantações da região. O método operacional usa instrumentos de campo ou dados climáticos disponíveis e não possuem acurácia, como nos métodos de pesquisa. Entretanto, eles podem ser usados com razoável acurácia para avaliar a cultura, déficit de água em níveis regionais, como necessidade deste estudo.

O método de Thornthwaite & Mather (1955) para calcular a evapotranspiração, foi usado neste trabalho para a estimativa do parâmetro de deficiência de água, pois possui vasta aplicação no Brasil e em todo o mundo, baseando-se na temperatura, precipitação e comprimento do dia. O método sempre calcula os valores de evapotranspiração potencial e atual, água armazenada, água disponível, deficiência de água no solo e excedente de água.

A equação do balanço de água no sistema solo-planta é geralmente escrita:

$$(\text{Precipitação} - \text{Escoamento} - \text{Profundidade de drenagem} - \text{Evapotranspiração}) = \text{Troca de água armazenada no solo}$$

No cálculo do balanço de água de Thornthwaite & Mather (1955), o escoamento e a percolação em profundidade são considerados juntos como água excedente, as quais só começam a ocorrer, quando o solo alcança a capacidade de campo. Esta é uma limitação que pode levar a um falso resultado nas áreas onde a precipitação foi intensa, dependendo do tipo de cultura, da capacidade de infiltração e da contribuição da topografia para alto escoamento superficial. Entretanto, o alto índice de cobertura da cana-de-açúcar e a capacidade de intercepção, juntamente com as altas taxas de infiltração, fazem com que minimizem o escoamento superficial da área e, o excesso de água é perdido pela percolação em profundidade. Além disso, plantas de cana-de-açúcar tem uma surpreendente capacidade de absorver umidade do solo.

A cana-de-açúcar é caracterizada por um sistema radicular profundo de pelo menos 200 cm em solos arenosos, como foi relatado por Thompson *et al.* (1967), ainda, eles observaram que o sistema radicular em solos argilosos atingem 120 cm sob condições irrigadas, entretanto, em condições de solos arenosos, esta profundidade pode exceder 180 cm.

Ribeiro *et al.* (1984), usaram a relação da taxa de evapotranspiração real e potencial ( $ET_r/ET_m$ ) para avaliar a influência do suprimento de água na produção de cana-de-açúcar. Para a mesma proposta, Reis (1978) usou a deficiência hídrica anual. Com o uso destas taxas tem-se evitado a hipótese feita pelo índice de umidade de Thornthwaite, onde o excedente de 6 cm em uma estação pode ser compensado por um déficit de 10

cm em outro, porque a profundidade das raízes das plantas perenes pode fazer uso parcial da umidade do subsolo e desse modo minimizar o efeito da seca.

Assim, o balanço hídrico normalmente é elaborado para um caso padrão, em que o  $K_c$  e a profundidade do sistema radicular são constantes, e em que se usa somente dados climatológicos mensais. Embora esse balanço hídrico dê uma idéia geral sobre períodos de déficit e excedente hídrico ao longo do ano, a sua aplicação na prática é limitada. O programa BHÍDRICO, (elaborado por Dourado Neto & Lier, 1991), utilizado neste trabalho é baseado no método de Thornthwaite & Mather (1955) com algumas modificações, o qual permite elaborar o balanço hídrico com variação de  $K_c$  e de profundidade do sistema radicular para qualquer distribuição de dados climatológicos disponíveis.

#### **2.4. Modelos matemáticos e parâmetros de solo**

Butler (1964) descreveu que a maximização da produção requer entre outras coisas, uma avaliação prévia dos fatores que influenciam a produtividade. Grohman (1975) e Oliveira *et al.*(1968) enfatizaram o valor da determinação de vários parâmetros como diagnósticos das condições de solo, prejudiciais ao desenvolvimento das culturas.

Deste modo, métodos paramétricos, com o propósito de identificar as características do solo que afetam o crescimento das plantas, entendem as interações entre esses parâmetros e desenvolvem equações de previsão de rendimentos, que foram utilizados por Loveday (1964) com alfafa, e Tomaneng (1977), Ibrahim (1978), Ribeiro (1984) e Beauclair (1991) com cana-de-açúcar, e por Carmello (1991) com amendoim e milho.

Huschke<sup>6</sup> citado por Maas (1993), afirmou que a parametrização é uma técnica de modelagem muito útil na aproximação das respostas de um sistema físico a determinadas condições ambientais, e que o uso de equações empíricas simplifica os requerimentos de entrada dos dados para fins operacionais.

A análise de regressão, uma das ferramentas estatísticas mais amplamente utilizadas, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, consiste em um conjunto de técnicas para o estudo do relacionamento entre as variáveis, de grande interesse teórico e também prático pela metodologia relativamente simples (Mattioli, 1983).

O relacionamento entre as variáveis, pode ser expresso na forma de uma equação, na qual se associa uma variável dependente  $Y$ , a uma ou mais variáveis independentes  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , tendo na forma linear a seguinte expressão:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_pX_p ,$$

onde  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_p$  são chamados de coeficientes de regressão e são estimados em função dos dados.

Esta ferramenta vem sendo utilizada nos poucos trabalhos existentes em que se procura relacionar a produtividade de uma cultura com os teores de nutrientes ou propriedades do solo. Esses valores por serem variáveis aleatórias, exigem alguns cuidados na análise de regressão, mas são passíveis de serem analisados por essa metodologia (Hoffman & Vieira, 1977).

Vários procedimentos vem sendo propostos para a seleção do melhor modelo matemático para relacionar essas variáveis, porém segundo Draper & Smith (1966), as soluções encontradas são muitas vezes iguais .

---

<sup>6</sup> HUSCHKE, R.E. **Glossary of Meteorology**. American Meteorol Society. 1959.

Os principais procedimentos são:

- 1) Todas as regressões possíveis (AR)
- 2) Eliminação 'backward' (BE)
- 3) Seleção 'forward' (FS)
- 4) Procedimento 'stepwise' (SW)

Mattioli (1983) recomendou o procedimento “todas equações possíveis” (AR), que tem o inconveniente de apresentar muitas equações para a análise final, mas confere maior exatidão ao modelo. Nesse procedimento as equações de regressão são avaliadas, fazendo-se a escolha das equações mais promissoras, utilizando-se a estatística  $C_p$ , também conhecida como Erro Quadrado Total Padronizado, que é definida como uma função simples da soma de quadrados residuais, para cada equação ajustada. As equações selecionadas são então submetidas à análise de resíduos, antes de se determinar a escolha final.

A eliminação “backward” (BE) consiste na obtenção de um modelo, onde todas as variáveis estão incluídas e, a partir dele, elimina-se uma a uma as variáveis que em cada passo, apresentam o nível de significância do valor de F mais alto, dentre as variáveis incluídas, até que o nível de significância do valor de F de todas as variáveis do modelo seja menor que um valor pré-estabelecido (Hocking, 1976).

A seleção “forward” (FS) é o inverso da anterior, ou seja, inicia-se com a equação que só tem  $b_0$  e vai-se acrescentando à equação as variáveis, uma a uma, iniciando-se pela variável que promover um decréscimo mais significativo na soma de quadrados do resíduo e, que apresente um nível de significância do valor de F, menor que um valor pré estabelecido, até que todas as variáveis com nível de significância do valor de F menores do que esse valor estejam dentro do modelo (Hocking, 1976).



O procedimento “stepwise” (SW) é uma evolução desse último modelo, pois permite que a cada inclusão de uma nova variável, as variáveis do modelo sejam avaliadas, segundo os critérios de eliminação “backward” (BE). O procedimento se completa, quando todas as variáveis incluídas no modelo apresentam um nível de significância do valor de F menor que o valor pré-estabelecido para a eliminação de variáveis, e todas as variáveis fora do modelo têm nível de significância do valor de F maiores que o valor pré-estabelecido para a inclusão de variáveis. Esse procedimento é melhor que os dois anteriores, pois permite uma avaliação do modelo a cada inclusão de uma nova variável.

Diversas funções têm sido utilizadas para a seleção das equações que melhor explicam o efeito das variáveis independentes em estudo, sendo as mais usadas:

- a comparação entre as somas de quadrados dos desvios da regressão ( $\sum (Y - \hat{Y})^2$ ),
- o quadrado médio do resíduo,
- o  $R^2$ ,
- a estatística  $C_p$ .

No primeiro caso, quanto menor a soma de quadrados do desvios, melhor a equação. Para o segundo caso, a melhor equação, é a que apresenta menor quadrado médio do resíduo. Quanto ao  $R^2$ , a melhor equação é a que apresenta o valor mais alto e, para a estatística  $C_p$ , a melhor estimativa é a expressa pela regressão com  $C_p = K+1$ .

Nos estudos agrônômicos, o procedimento “stepwise” (SW) tem tido maior aceitação, como mostram os trabalhos de Laird & Cady (1969) em seu estudo com experimentos de fertilização; Scholz *et al.* (1983), para a estimativa da idade dos solos e da gênese de sedimentos, também estudada por Berg (1980). Por sua vez, também utilizaram essa metodologia, Loveday (1964) com alfafa, Tomaneng (1977), Pauler & Neumann (1989) para relacionar

dados de ensaio de trigo com parâmetros físicos e químicos do solo e, Carmello (1991) utilizou a regressão linear múltipla para a seleção de dados das análises químicas de terra e folhas e verificou que o procedimento “stepwise”, em relação ao “forward” e “backward”, possibilitou selecionar de forma mais eficiente as variáveis mais relacionados com as produtividades de amendoim e milho.

Em cana-de-açúcar, modelos matemáticos com regressão linear múltipla, pelo método “stepwise”, já foram utilizados para tentar explicar as variações da produtividade, em função de algumas variáveis.

Ibrahim (1978) em estudos realizados na África, relacionando a produtividade agrícola com parâmetros do solo (0 - 20 cm de profundidade), em áreas de baixo e altos rendimentos, obteve correlações positivas para o teor de potássio trocável (0,69) e conteúdo de argila (0,63), e negativas para o sódio em percentagem (-0,58); para a regressão linear múltipla, considerando a profundidade de 0-20 cm, obteve 0,799 de coeficiente de correlação, indicando que 64% da variabilidade observada sobre o rendimento da cana, foi devida aos parâmetros: condutividade elétrica (CE), pH, K, Na%, C/N e conteúdo de argila e de 0,694 para a regressão linear múltipla para os parâmetros: K, conteúdo de argila e Na%, mostrando 48% da variabilidade observada, sendo que o K e conteúdo de argila contribuíram com 43%, indicando ser o conteúdo de argila o parâmetro mais importante que determinou o rendimento da cana naquelas áreas.

Ometto (1974) obteve boas correlações entre produtividade e evapotranspiração potencial, resultados também obtidos por Ide & Bianchi (1984) e Ide & Oliveira (1986) com regressão linear simples.

Ribeiro *et al.* (1984), analisando as características das terras nas condições do Nordeste, selecionaram sete talhões em diferentes unidades de solo e clima, de forma a conter uma grande amplitude de variação nas suas propriedades físicas e químicas. Desse modo, obteve boas relações com o

clima, sendo a deficiência hídrica, representada pela relação evapotranspiração real e evapotranspiração potencial ( $E_{Tr}/E_{Tm}$ ), a limitação mais importante à produção de cana-de-açúcar na região. A relação  $E_{Tr}/E_{Tm}$  variou de 0,62 a 0,82, com deficiências de 248 a 506 mm e os rendimentos de 40,5 a 112,0 t.ha<sup>-1</sup>, assim obteve-se correlação significativa e positiva entre os rendimentos de cana e a relação  $E_{Tr}/E_{Tm}$  ( $r=0,69^{**}$ ), e negativa entre rendimentos e deficiência hídrica anual ( $r=-0,69^{**}$ ). Essas relações sugerem, que a produção de cana-de-açúcar aumenta quando a evapotranspiração real se aproxima da potencial, ou quando a deficiência hídrica anual é minimizada, em consequência do aumento ou melhor distribuição das precipitações e, em menor proporção, pela alta capacidade de armazenamento de água dos solos, deste modo, a relação  $E_{Tr}/E_{Tm}$  pode ser considerada uma característica diagnóstica do grau de limitação com relação à deficiência de água.

Ainda, Ribeiro *et al.* (1984), relacionando os rendimentos médios e as propriedades químicas e físicas dos solos, obtiveram boas relações com as propriedades dos horizontes A e B. A soma de bases trocáveis (S) e a capacidade de troca de cátions foram as propriedades mais bem correlacionadas, obtendo-se 0,82\* e 0,89\* e 0,83\* e 0,84\*, respectivamente para os horizontes A e B; também para os dois horizontes, o conteúdo de argila (%) mostrou boa correlação 0,88\* e 0,61. Realizando a análise de regressão múltipla entre os rendimentos, a relação  $E_{Tr}/E_{Tm}$  e a soma de bases trocáveis do horizonte B mostrou-se significativa, a fração dos rendimentos atribuída à regressão é de 71% ( $r=0,84^{**}$ ), sendo que somente a relação  $E_{Tr}/E_{Tm}$  contribuiu com 44% da variação e a soma de bases trocáveis com 27%. Assim, a deficiência hídrica foi o fator limitante de maior influência na produtividade de cana-de-açúcar, nas áreas com baixa precipitação.

Finalmente, Beauclair (1991), utilizando amostras compostas (0-25 cm de profundidade), retiradas por ocasião da reforma do canavial, na região de Jaboticabal, procurou correlacionar a produtividade da cana-de-açúcar com

algumas propriedades químicas do solo, reveladas pelas análises das amostras de terra. Desse modo, através da análise de regressão múltipla, conseguiu relacionar as variáveis Mg e P, com valores de  $R^2=0,15$ , ou seja, explicando somente cerca de 15% da variação da produtividade, indicando a existência de outros fatores (adubação, época de plantio, clima, práticas culturais, etc.) influenciando a produtividade agrícola. Verificou-se ainda, que os teores de nutrientes existentes no solo antes do plantio, tem um efeito maior na produtividade agrícola do primeiro corte e, em especial, que o P apresentou grande influência nos dois primeiros cortes e, que o Mg apresentou indícios de estar relacionado com o P como causa de variação da produtividade.

Assim, a quantificação dos efeitos do clima e dos parâmetros do solo revelados pelas análises químicas e físicas de suas amostras de terra, pode conduzir a uma visão mais realista da influência desses parâmetros na produtividade, permitindo que sejam criadas condições adequadas de manejo da cultura, visando melhores rendimentos agrícolas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi desenvolvido, com base em parâmetros do solo, clima e produtividade de variedades de cana-de-açúcar, registrados na região noroeste do Estado de São Paulo (figura 1), onde a área com cana-de-açúcar é bastante expressiva.

#### **3.1. Caracterização pedológica, análises físicas, físico-hídricas e químicas dos solos**

##### **3.1.1. Caracterização pedológica**

Durante os meses de fevereiro/março, os solos foram caracterizados morfologicamente segundo as normas da SBCS (1989), além de serem submetidos à amostragens deformadas e indeformadas para análises físicas, físico-hídricas e químicas.

##### **3.1.2. Análises Físicas e Físico-hídricas**



As determinações físicas das amostras foram feitas de acordo com os métodos propostos por Camargo *et al.* (1986), nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B), sendo:

- granulometria, foram consideradas quatro classes de acordo com a USDA: areia grossa (2,0 - 0,2 mm), areia fina (0,2 - 0,05 mm), silte ( 0,05 - 0,002 mm) e argila ( < 0,002 mm). As amostras foram dispersas utilizando uma mistura de hidróxido e hexametáfosfato de sódio em água, e agitação por 16 horas pelo agitador rotatório de Wiegner. A areia foi separada por peneira, a argila pelo método da pipeta e o silte obtido por diferença;
- densidade do solo; determinado usando o método do cilindro volumétrico,
- densidade das partículas, determinado pelo método do balão volumétrico;
- porosidade total; macro e microporosidade;
- curvas de retenção de umidade, segundo metodologia descrita por Richards (1949), sendo coletadas nos horizontes superficiais e subsuperficiais;
- capacidade de campo, utilizando a tensão de 0,006 MPa;
- potencial matricial, utilizando a tensão de 1,5 MPa;
- água disponível, diferença entre a capacidade de campo e potencial matricial.

### **3.1.3. Análises químicas**

Para determinação das características químicas, as amostras foram coletadas em fev/95 nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B), sendo posteriormente secas ao ar, peneiradas (malha de 2 mm) e homogeneizadas. Em seguida, retirou-se uma subamostra, que foi analisada seguindo as metodologias descritas por Raij & Quaggio (1983) para análise de rotina, e Vitti (1989) para a análise de S-SO<sub>4</sub>, as quais são utilizadas pelo

Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP. Foram analisadas as seguintes características: pH em  $\text{CaCl}_2$ , bases trocáveis, alumínio e hidrogênio extraíveis, soma de bases, capacidade de troca de cátions, porcentagem de saturação por bases, porcentagem de saturação por alumínio, fósforo assimilável, matéria orgânica e  $\text{S-SO}_4$ .

### **3.2. Caracterização climática**

A caracterização climática foi realizada utilizando-se valores de precipitação e temperatura coletados nas Estações Meteorológicas da Rede Oficial mais próximos de cada área selecionada. O programa utilizado para a classificação climática foi o BCLIMA, versão 1.0, proposto por Dourado Neto & Lier (1991), considerando uma profundidade de 125 cm, para a capacidade de água disponível.

### **3.3. Seleção das áreas**

Inicialmente, foram selecionadas em unidades sucro-alcooleiras 17 áreas experimentais na região noroeste do Estado de São Paulo (tabela 1). Essas áreas constituem-se de experimentos de competição varietal instalados pelo Departamento de Biotecnologia Vegetal da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos) campus de Araras, nos anos de 1992, 93, 94 e 95, contendo de 20 a 30 variedades de ciclos precoces, médios e tardios. O delineamento adotado nesses experimentos foi o de blocos com 3 e 4 repetições.



**Tabela 1 - Unidades sucro-alcooleiras e respectivas fazendas e municípios, demonstrando as 17 áreas inicialmente selecionadas.**

MUNICÍPIO	UNIDADE SUCRO-ÁLCOOLEIRA	FAZENDAS
Onda Verde	Vale do Rio Turvo	--
Fernandópolis	Alcoeste/Arakaki	--
Estrela D'oeste	Alcoeste/Arakaki	--
General Salgado	Generalco	--
Araçatuba	Aralco	Aralco 3
Araçatuba	Aralco	Lagoa Escura
Araçatuba	Alcoazul	N. S. Aparecida
Araçatuba	Uniálcool	São João da Jangada/Cintra I
Bento de Abreu	Benalco	Castelo 1
Bento de Abreu	Benalco	Castelo 2
Valparaíso	Univalem	Mina D'água (164)
Valparaíso	Univalem	Bandeirantes (094)
Valparaíso	Univalem	Creoula (151)
Valparaíso	Univalem	09-085
Valparaíso	Univalem	Santa Claudia (162)
Valparaíso	Univalem	Santa Eliza (099)
Clementina	Cleálcool	--

Pretendia-se inicialmente, relacionar o maior número possível, de locais com características distintas de solo e clima, interagindo com os rendimentos, agrícolas obtidos por um grande número de variedades (ao redor de 30), tanto para a cana-planta como para as soqueiras. Dessa forma, seria possível selecionar as variedades/clones, por ambientes distintos (solo x clima) ou seja, proceder a recomendação das variedades com melhor desempenho para cada ambiente estudado.

Porém, em função de diversas variáveis tais como, ano agrícola, espaçamento, épocas de plantio, dentre outras, não foi possível a análise conjunta de todos os dados disponíveis. Assim, utilizou-se os locais com variação de clima e solo, nos quais havia uma coincidência de variedade dentro de um mesmo ciclo, no caso, cana-planta e, com espaçamento similar e com mesmo ano agrícola de implantação.

Portanto, após a caracterização pedológica e climática de cada área experimental, foram selecionadas 6 variedades de ciclo médio/tardio e 6 áreas com variações nas suas propriedades físicas e químicas. Nessas 6 áreas, o plantio foi efetuado no ano de 1995 e a colheita no ano de 1996, obtendo-se dessa maneira os resultados de rendimento agrícola referente à cana-planta.

### **3.3.1. Variedades utilizadas**

- 1 - RB 835486;
- 2 - RB 72454;
- 3 - RB 835089;
- 4 - SP 79-1011;
- 5 - SP 81-2590;
- 6 - RB 845210;

### **3.3.2. Áreas selecionadas:**

**Área 1** - PVe ab a/m - Podzólico Vermelho Amarelo, eutrófico, abrupto, textura arenosa/média, localizada no município de Valparaíso - Latitude de 21°14', Longitude de 50°52' e Altitude de 380m, na Destilaria Univalem - Fazenda Mina D'água;

**Área 2** - PVI a a/m - Podzólico Vermelho Amarelo latossólico, álico, textura arenosa/média, localizada no município de Valparaíso - Latitude de 21°14', Longitude de 50°52' e Altitude de 380m, na Destilaria Univalem - Fazenda Santa Cláudia (162);

**Área 3** - LVd m - Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, textura média, localizada no município de Estrela D'Oeste - Latitude de 20°16', Longitude de 50°20' e Altitude de 370m, na Destilaria Alcoeste/Arakaki;

**Área 4** - PVe a/m - Podzólico Vermelho Amarelo, eutrófico, textura arenosa/média, localizada no município de Clementina - Latitude de 21°12', Longitude de 50°52' e Altitude de 380m, na Destilaria Cleálcool;

**Área 5** - PVe a/m - Podzólico Vermelho Amarelo, eutrófico, textura arenosa/média, localizada no município de Araçatuba - Latitude de 21°12', Longitude de 50°26' e Altitude de 390m, na Destilaria Aralco - Fazenda Aralco 3;

**Área 6** - AQ a a/m - Areia Quartzosa, álica, textura arenosa/média, localizada no município de Araçatuba - Latitude de 21°12', Longitude de 50°26' e Altitude de 390m, na Destilaria Aralco - Fazenda Lagoa Escura;

Em todas as 6 áreas selecionadas a classificação climática, segundo Köppen e Thornthwaite, foi respectivamente: Amg' (Clima tropical chuvoso, com temperatura de todos os meses maior que 18 °C - megatérmico, com precipitação anual 10 vezes maior que a do mês mais seco, sendo a mesma menor que 60 mm) e C2rA'a' (Clima úmido com pequena deficiência de água, megatérmico, e com vegetação durante o ano todo).

As datas de plantio, corte, espaçamento e rendimento agrícola das respectivas áreas encontram-se na tabela 2.

**Tabela 2 - Datas de plantio e corte, espaçamento e rendimento agrícola das respectivas áreas:**

ÁREAS	DATA PLANTIO	DATA CORTE	ESPAÇAMENTO (m)	RENDIMENTO AGRÍCOLA <sup>1</sup> (t.ha <sup>-1</sup> )
1	10/04/95	17/08/96	1,00	144,31
2	10/03/95	25/07/96	1,00	95,27
3	29/04/95	29/08/96	1,10	108,15
4	03/03/95	13/08/96	1,00	110,87
5	15/03/95	05/09/96	1,30	171,22
6	17/03/95	03/09/96	1,30	84,84

<sup>1</sup> Rendimento agrícola médio, considerando as seis variedades.

### 3.4. Déficit hídrico

Para o cálculo da evapotranspiração e do balanço hídrico, utilizou-se a metodologia descrita por Thornthwaite & Mather (1955), com algumas modificações adotadas por Dourado Neto & Lier (1991). Metodologia esta, baseada em temperatura, precipitação e comprimento do dia, para o cálculo dos valores da evapotranspiração real e potencial, armazenamento de água, déficit hídrico e excedente hídrico. Os valores de precipitação e temperatura mensais utilizados, foram os disponíveis nas Unidades Sucroalcooleiras e nas Estações Meteorológicas da Rede Oficial, mais próximos das áreas selecionadas. A capacidade de água disponível foi calculada, pela diferença entre a umidade na tensão de 1,5 MPa e 0,006 MPa, nos horizontes superficiais e subsuperficiais, até uma profundidade de 150 cm, profundidade

esta, considerada normal para a exploração da umidade em solos arenosos e argilosos. Os parâmetros utilizados para avaliar a influência do suprimento de água na produção de cana-de-açúcar foi a relação entre a evapotranspiração real e a máxima ou potencial ( $ET_r/ET_m$ ), recomendada por Oguntoyinbo (1966) e Ribeiro *et al.* (1984) e a deficiência hídrica anual, utilizada por Oguntoyinbo (1966), Reis (1978) e Ribeiro *et al.* (1984). Os parâmetros de déficit hídrico foram calculados em relação ao balanço hídrico durante o ciclo da cultura. Na região noroeste do Estado, o ciclo da cana-planta pode variar de 16 a 18 meses (Março - Setembro), sofrendo desse modo, 2 períodos de déficit hídrico, o primeiro, quando a planta está no início do desenvolvimento (4<sup>o</sup> - 5<sup>o</sup> mês), e o segundo no 14<sup>o</sup> mês, que é benéfico para o aumento do conteúdo da sacarose.

### 3.5. Estimativa de graus-dia

Os graus-dia acumulado foram calculados utilizando-se de valores de temperatura (médias mensais) do ar, obtidas nas estações meteorológicas próximas à cada área selecionada.

O modelo empregado foi o baseado na fórmula de Thom<sup>1</sup> citado por Maniero (1980):

$$D = N.(t - b) + L\delta.N$$

onde: D = Graus-dia acumulados para o período;

t = Temperatura média do período;

N = Número de dias do período;

b = Temperatura base;

$\delta$  = Desvio padrão da temperatura média;

---

<sup>1</sup> THOM, H.C.S. The relational relationship between heating degree days and temperature. **Monthly Weather Review**, v. 82, p. 1-6, 1954.

L = Coeficiente de proporcionalidade obtido no apêndice 1, o qual é função de H:

$$H = \frac{(t - b)}{(\delta N)}$$

A temperatura base escolhida para a cultura da cana-de-açúcar foi de 20°C conformer Ayyar *et al.* (1965) e Bacchi & Souza (1977).

### **3.6. Análises Estatísticas**

Para encontrar os parâmetros dos solos e do clima que melhor relacionam-se com a produtividade, foram realizadas no programa SAS (Statitics Analysis System), análises conjuntas, correlações e regressões múltiplas, para os diferentes conjunto de valores dos locais e variedades.

Os parâmetros químicos e físicos dos solos foram considerados nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B), juntamente com os parâmetros climáticos, graus-dia e resultados de produtividade.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Análises físicas, físico-hídricas e químicas dos solos**

Nas tabelas 3 e 4, encontram-se respectivamente os resultados das análises físicas, físico-hídricas e químicas, referente às seis áreas experimentais selecionadas, da região noroeste do Estado de São Paulo. Verifica-se nestas tabelas, a diversidade dos solos e a variabilidade em relação aos parâmetros físicos, físico-hídricos e químicos.

### **4.2. Déficit hídrico**

No apêndice 2 são apresentados os balanços hídricos, e na tabela 5, é apresentado um resumo destes, durante o ciclo da cultura, para cada área experimental da região noroeste do Estado de São Paulo.

Verifica-se na tabela 5, uma grande variabilidade dos parâmetros relacionados à deficiência de água (precipitação, CAD, excedente hídrico, déficit hídrico e sobre a relação  $E_{Tr}/E_{Tm}$ ) para cada área experimental, mostrando que cada tipo de solo possui um comportamento diferenciado em relação ao armazenamento e suprimento de água para a cultura. Ainda em relação à  $E_{Tr}/E_{Tm}$ , pode-se verificar valores de 0,63 a 0,90, ou seja, esta

**Tabela 3 - Resultados das análises físicas e físico-hídricas dos perfis de solos, das áreas experimentais da região noroeste do Estado de São Paulo<sup>(1)</sup>.**

Hor <sup>2</sup>	Prof <sup>2</sup> cm	Granulometria				Retenção de umidade (% peso)										Porosidade					
		AG <sup>2</sup>	AF <sup>2</sup>	AT <sup>2</sup>	Sil <sup>2</sup>	MPa										Macro	Micro	Total			
		g.Kg <sup>-1</sup>	g.Kg <sup>-1</sup>	g.Kg <sup>-1</sup>	g.Kg <sup>-1</sup>	Sat <sup>2</sup> 0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.010	0.033	0.1	1.5	Ds <sup>2</sup>	g.cm <sup>-3</sup>	----- %			
Área 1 - PVe ab a/m (Univalem - Faz. Mina Dágua)																					
Ap	00-30	10	790	800	130	70	24	22	22	21	21	20	18	17	17	14	1,7	7	34	41	
BA	30-50	0	740	740	110	150	31	28	26	26	24	20	19	17	13	11	1,5	19	28	47	
Bt	50-100	0	710	710	100	190															
BC	100-130+	0	680	680	130	190															
Área 2 - PVI a/m (Univalem - Faz. Santa Cláudia)																					
Ap	00-25	90	680	780	140	80	34	31	29	25	21	19	18	16	14	13	1,4	23	24	47	
AB	25-45	60	700	750	130	120	29	28	27	25	24	22	20	18	16	15	1,5	15	31	45	
Bt	45-80	70	660	730	120	150															
Bw	80-120	70	640	710	180	110															
Área 3 - LVd m (Arakaki)																					
Ap	00-25	40	730	770	100	130	24	22	21	20	20	19	18	17	15	14	1,7	9	32	41	
Bw1	25-50	30	700	730	110	160	31	29	26	25	22	20	19	18	16	16	1,4	17	28	45	
Bw2	50-100	60	700	760	100	140															
Bw3	100-140+	40	710	750	100	160															
Área 4 - PVe a/m (Cleácool)																					
Ap	00-20	70	680	760	140	100	29	27	26	25	23	20	18	16	15	14	1,5	17	26	43	
Bt1	20-44	50	730	780	100	120	25	23	22	21	20	19	18	16	15	15	1,6	12	29	41	
Bt2	44-74	50	630	670	160	170															
Bt3	74-134	20	720	740	110	150															
Área 5 - PVe a/m (Aralco - Faz. Aralco3)																					
Ap	00-30	60	680	740	180	80	24	23	22	21	21	20	19	18	17	15	1,8	8	34	42	
BA	30-50	70	680	750	130	120	21	20	19	19	18	18	17	16	14	14	1,7	7	30	37	
Bt1	50-110	50	570	610	190	200															
Bt2	110-150+	50	620	660	110	230															
Área 6 - AQ a/m (Aralco - Faz. Lagoa Escura)																					
Ap	00-25	230	570	800	80	120	32	30	28	27	25	22	20	16	14	11	8	1,4	17	27	44
AC	25-50	260	570	830	30	140	24	21	20	20	19	17	16	14	13	13	11	1,7	13	28	41
C1	50-100	160	650	810	70	120															
C2	100-150	160	600	760	90	150															

<sup>(1)</sup> Análise realizada no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, Piracicaba - SP

<sup>2</sup> Hor, Prof, AG, AF, AT, Sil e Arg, Sat, Ds = Horizonte, Profundidade, Areia grossa, Areia fina, Areia Total, Silte, Argila, Saturado e Densidade do solo, respectivamente.



**Tabela 4 - Resultados das análises químicas dos perfis de solos, das área experimentais da região noroeste do Estado de São Paulo<sup>1</sup>.**

Hor <sup>2</sup>	Prof <sup>2</sup> cm	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g.dm <sup>-3</sup>	P -- mg.dm <sup>-3</sup>	S-SO <sub>4</sub> -- mg.dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	AI	H+AI	SB	CTC	V	m
----- mmol.c.dm <sup>-3</sup> -----														
----- % -----														
<b>Área 1 - PVe ab a/m (Univalem - Faz. Mina D'água)</b>														
Ap	00-30	4,5	16	7	11	2,4	17	7	4	22	26	48	54	13
BA	30-50	4,8	10	3	7	2,5	24	6	1	18	33	51	65	3
Bt	50-100	4,0	11	2	14	3,3	10	7	6	28	20	48	42	23
BC	100-130+	4,4	11	2	25	1,6	16	4	3	18	22	40	55	12
<b>Área 2 - PVI a a/m (Univalem - Faz. Santa Claudia)</b>														
Ap	00-25	4,0	16	4	13	2,1	9	7	8	28	18	46	39	31
AB	25-45	3,8	10	2	9	1,4	5	4	9	31	10	41	24	47
Bt	45-80	3,7	12	2	8	1,0	3	5	9	31	9	40	23	50
Bw	80-120	4,0	12	3	6	0,8	1	4	16	31	6	37	16	73
<b>Área 3 - LVd m (Arakaki)</b>														
Ap	00-25	4,0	13	7	9	0,8	10	5	6	28	16	44	36	27
Bw1	25-50	3,8	8	3	26	0,5	8	5	6	25	14	39	36	30
Bw2	50-100	4,0	7	3	10	0,4	8	4	5	18	12	30	40	29
Bw3	100-140+	3,9	7	2	8	0,4	6	3	7	18	9	27	33	44
<b>Área 4 - PVe a/m (Cleácool)</b>														
Ap	00-20	4,2	15	4	7	2,0	13	7	13	22	22	44	50	37
Bt1	20-44	4,6	11	2	9	2,6	16	7	2	16	26	42	62	7
Bt2	44-74	4,9	9	1	10	1,2	19	9	0	15	29	44	66	0
Bt3	74-134	4,9	9	2	32	1,7	12	8	0	13	22	35	63	0
<b>Área 5 - PVe a/m (Aralco- Faz. Aralco 3)</b>														
Ap	00-30	5,3	20	9	7	1,6	45	19	0	16	66	82	80	0
BA	30-50	4,8	11	6	6	1,0	27	8	0	16	36	52	69	0
Bt1	50-110	5,4	10	6	6	0,5	33	6	0	15	40	55	73	0
Bt2	110-150+	4,1	7	4	9	0,2	6	4	5	18	10	28	36	33
<b>Área 6 - AQ a a/m (Aralco - Faz. Lagoa Escura)</b>														
Ap	00-25	5,5	15	7	5	0,4	20	9	0	12	29	41	71	0
AC	25-50	3,6	7	8	9	0,4	3	2	8	28	5	33	15	62
C1	50-100	3,8	10	3	15	0,3	3	2	7	18	5	23	22	58
C2	100-150	3,8	7	3	30	0,2	2	1	7	18	3	21	14	70

<sup>1</sup> Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, Piracicaba - SP

<sup>2</sup> Hor e Prof = Horizonte e Profundidade, respectivamente.

relação aumenta quando a evapotranspiração real se aproxima da máxima, ou quando a deficiência hídrica é minimizada em consequência do aumento ou melhor distribuição das precipitações e, em menor proporção, pela alta capacidade de retenção de umidade dos solos.

**Tabela 5 - Resumo dos parâmetros relacionados à deficiência de água, durante o ciclo da cultura, para cada área experimental da região noroeste do Estado de São Paulo.**

ÁREAS	PRECIPTAÇÃO	CAD <sup>1</sup>	EXCEDENTE	DÉFICIT	ETr/ETm
			HÍDRICO	HÍDRICO	
			mm		
1	1698,3	181	312,2	232,9	0,87
2	1746,0	137	230,8	172,2	0,90
3	1279,1	126	190,6	438,3	0,73
4	1427,8	143	34,0	399,3	0,79
5	1274,0	109	64,6	751,1	0,63
6	1267,9	148	62,7	647,7	0,67

<sup>1</sup> CAD - Capacidade de água disponível.

### 4.3. Graus-dia

Na tabela 6, encontra-se uma estimativa de graus-dia para o ciclo da cultura, referente a cada área experimental da região noroeste do Estado de São Paulo. Com relação ao número de dias do ciclo, verifica-se pouca variabilidade em relação as áreas, sendo maior em relação aos graus-dia acumulados. Esta variabilidade nos graus-dia acumulados é devido a época de plantio e corte, os quais influenciam a temperatura média do período e o desvio padrão desta, durante o ciclo da cultura.

**Tabela 6 - Estimativa de graus-dia, para as seis áreas da região noroeste do estado de São Paulo.**

ÁREA	T (°C)	D.P.	CICLO (dias)	GRAUS-DIA (G.D.)
1	23,4	2,07	495	1584
2	23,5	2,07	502	1699
3	22,9	1,91	487	1403
4	24,0	2,05	528	2075
5	23,9	2,05	540	2083
6	24,0	2,05	535	2055

T - Temperatura média do período °C; D.P. - Desvio Padrão da temperatura média do período.

#### **4.4. Relações entre rendimento agrícola, parâmetros de solo e clima**

As relações entre os rendimentos, parâmetros dos solos e clima, foram avaliadas pela comparação entre os rendimentos médios de cada área.

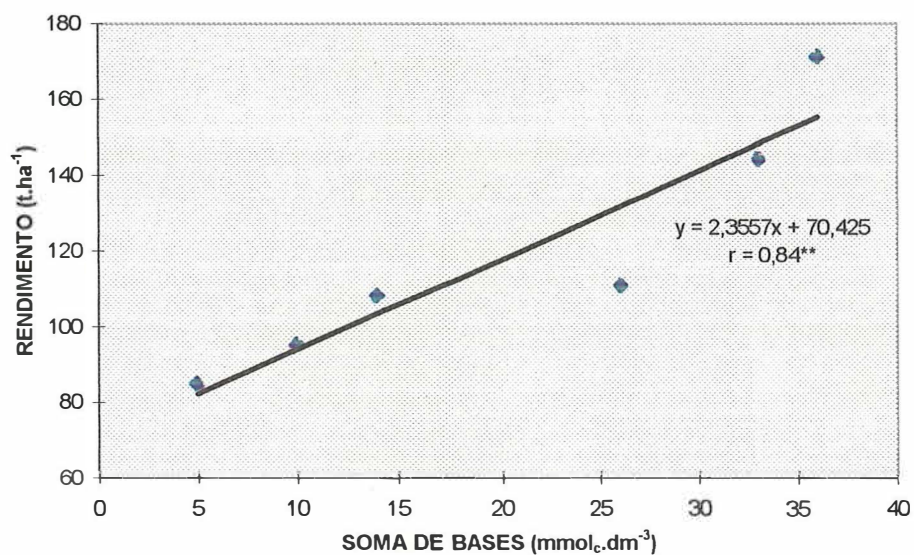
Na tabela 7, são apresentados os coeficientes de correlação entre os rendimentos médios de colmos da cana-de-açúcar, e parâmetros de solo e clima. Verifica-se correlações significativas com a matéria orgânica, cálcio, magnésio, soma de bases trocáveis (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC) e silte do horizontes A, e com pH, cálcio, magnésio, Ca/Mg, alumínio, H + Al, soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), V% e m% do horizonte B, sendo que as melhores correlações foram observadas no horizonte B.

**Tabela 7 - Coeficientes de correlação (r) entre o rendimento médio da cultura com os parâmetros de solo e clima.**

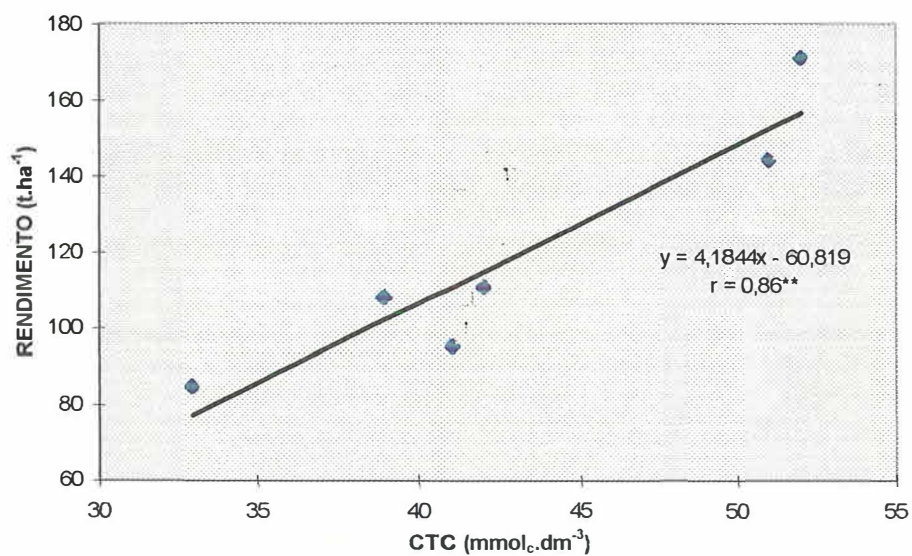
PARÂMETROS	HORIZONTE	
	A	B
pH	0,22*	0,77**
Matéria orgânica	0,71**	0,59**
Fósforo disponível	0,56**	0,03ns
Enxôfre	0,03ns	-0,29**
Potássio	0,40**	0,21*
Cálcio	0,70**	0,87**
Magnésio	0,67**	0,75**
Ca/Mg	0,54**	0,80**
Alumínio	-0,28**	-0,79**
H + Al	-0,13ns	-0,69**
Soma de Bases	0,71**	0,84**
CTC	0,80**	0,86**
V %	0,43**	0,77**
m %	-0,33**	-0,76**
Areia	-0,54**	-0,47**
Silte	0,73**	0,55**
Argila	-0,57**	-0,19*
Argila B/A	0,50**	--
SAT/PMP	-0,71**	-0,22**
Macro/Microporosidade	-0,67**	-0,44**
Graus-dia	0,12ns	--
Dias	0,18*	--
Etm	0,29**	--
Etr	-0,09ns	--
ETr/Etm	-0,23**	--
Precipitação	-0,04ns	--
Déficit Hídrico	0,28**	--

ns = não significativo; \* e \*\* = significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente.

As relações entre o rendimento agrícola, soma de bases trocáveis e capacidade de troca de cátions são apresentadas nas figuras 2 e 3.



**Figura 2 - Relação entre o rendimento agrícola e a soma de bases, no horizonte B.**

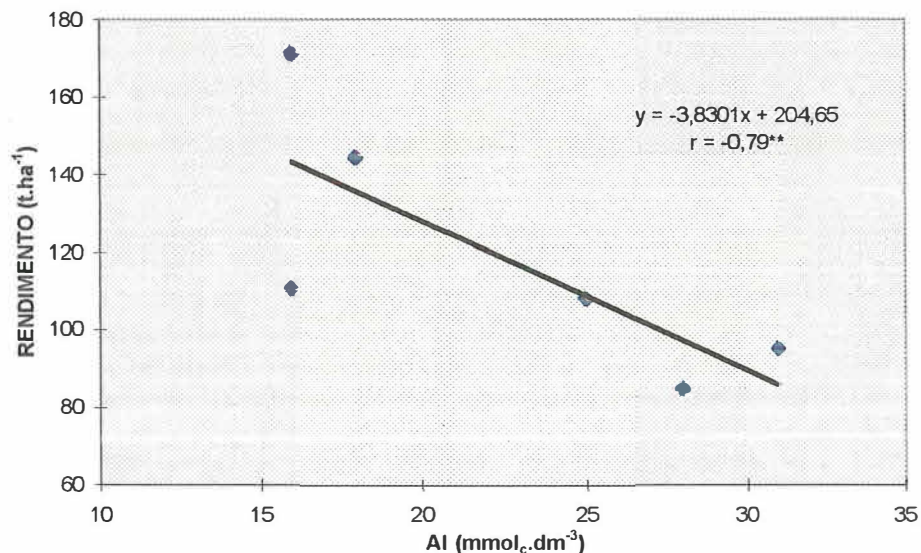


**Figura 3 - Relação entre o rendimento agrícola e a capacidade de troca catiônica, no horizonte B.**

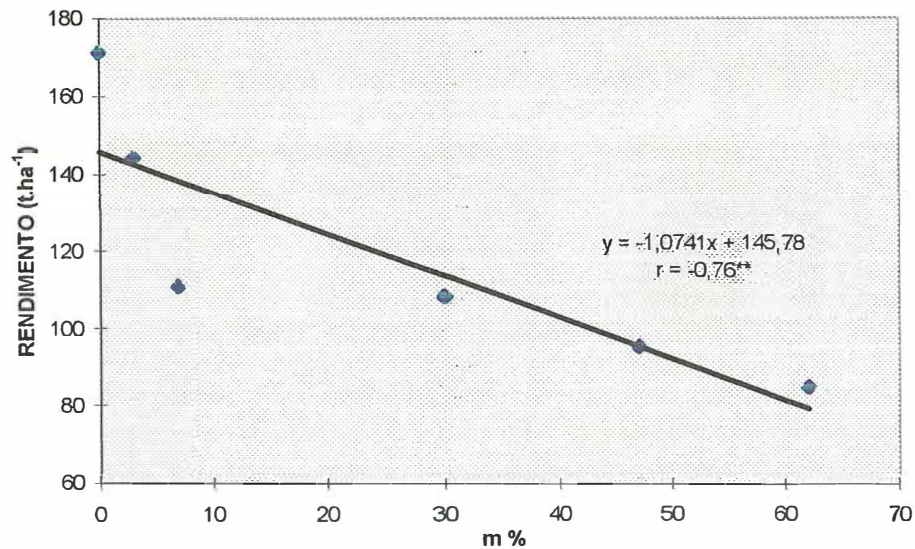
Tanto o pH como o V% do horizonte B, tiveram boas correlações com o rendimento agrícola, confirmando valores obtidas para o valor SB, figura 2.

O  $\text{Al}^{3+}$ , e m%, também mostraram correlações significativas (negativas) para o horizonte B, mostrando deste modo que quanto maior a acidez presente no solo, mesmo em profundidade, menor será o rendimento agrícola (figuras 4 e 5).

Os parâmetros relacionados ao clima, tais como: graus-dia, ETr/ETm e déficit Hídrico, não mostraram boas relações ( $r=0,12$ ;  $r=0,23^{**}$  e  $r = 0,28^{**}$ , respectivamente) com os rendimentos. Resultados não concordantes com os obtidos por Ribeiro *et al.* (1984) para ETr/ETm e déficit hídrico, o qual verificou boa correlação, ( $r=0,69^{**}$  e  $r=-0,69^{**}$ , respectivamente) para este dois parâmetros. Motivo este, devido ao reduzido número de ambientes considerados neste trabalho.



**Figura 4 - Relação entre o rendimento agrícola e alumínio trocável, no horizonte B.**



**Figura 5 - Relação entre o rendimento agrícola e o saturação por alumínio, no horizonte B.**

#### 4.5. Regressão Linear Múltipla

Foram realizadas análises de regressão múltipla (apêndice 3), tendo rendimentos como variável dependente, e os parâmetros de solo e clima como variáveis independentes. O nível de significância do valor F da variável foi de 50% de probabilidade para a inclusão de variáveis no modelo e de 15% de probabilidade para a exclusão de variáveis. Na análise utilizou-se dos resultados das 6 áreas e das 6 variedades (3 ou 4 repetições) formando um único conjunto com 132 observações e 46 variáveis; (parâmetros de solo e clima) e, posteriormente somente para cada variedade, o que encontra-se resumidamente apresentado na tabela 8.

Como podemos observar na tabela 8, quando utilizou-se os rendimentos de todas as variedades, foram selecionadas as variáveis  $Ca_B$ ,  $pH_B$

Tabela 8 - Resumo do procedimento "Stepwise" por variedade e total em todos os locais.

VARIETADE	VARIÁVEIS	R <sup>2</sup>	PARCIAL	R <sup>2</sup>	REGRESSÃO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO
1 - RB 835486	T <sub>B</sub>	0,8465		0,8465		Y = -73,0788 - 7,8023*K <sub>B</sub> + 4,7185*T <sub>B</sub>
	K <sub>B</sub>	0,0388		<b>0,8853</b>		
2 - RB 72454	Ca <sub>B</sub>	0,7657		0,7657		Y = 268,8951 - 0,1068*ETr - 23,0147*(Ca/Mg) <sub>A</sub> +
	ETr	0,1240		0,8897		3,4683*Ca <sub>B</sub>
	(Ca/Mg) <sub>A</sub>	0,0300		<b>0,9197</b>		
3 - RB 835089	Ca <sub>B</sub>	0,8119		0,8119		Y = 77,4439 + 16,1369*K <sub>A</sub> - 25,4505*K <sub>B</sub> + 4,4651*Ca <sub>B</sub>
	K <sub>B</sub>	0,0851		0,8970		
	K <sub>A</sub>	0,0171		<b>0,9141</b>		
4 - SP 79-1011	Ca <sub>B</sub>	0,7161		0,7161		Y = 27,9298 + 4,3672*Ca <sub>B</sub> + 0,8465*mb
	mb	0,0829		<b>0,7990</b>		
5 - SP 81-2590	T <sub>B</sub>	0,9046		0,9046		Y = -26,8862 - 91,7434*Etr/Etm + 5,0887T <sub>B</sub>
	Etr/Etm	0,0616		<b>0,9662</b>		
6 - RB 845210	Ca <sub>B</sub>	0,8004		0,8004		Y = 147,8718 + 2,4699*Ca <sub>B</sub> - 22,2112*Argila B/A - 80,5899
	(Macro/Micro) <sub>A</sub>	0,0990		0,8994	*	
	Argila B/A	0,0282		<b>0,9276</b>		(Macro/Micro) <sub>A</sub>
Todas	Ca <sub>B</sub>	0,7561		0,7561		Y = 335,4231 - 84,4733*pH <sub>B</sub> + 4,6293*MO <sub>B</sub> + 7,0397*Ca <sub>B</sub>
Variedades	pH <sub>B</sub>	0,0621		0,8182		
	MO <sub>B</sub>	0,0113		<b>0,8295</b>		

A e B - Horizontes A e B, respectivamente.



e  $MO_B$ , as quais contribuíram individualmente para o modelo com  $R^2$  de 0,7561; 0,0621 e 0,0113, somando um total de 0,8295 para o modelo, ou seja, representando aproximadamente 76; 0,6 e 0,1% da fração dos rendimentos atribuída a regressão ( $r=83\%$ ). Ainda pela tabela 8, pode-se observar elevados  $R^2$  para os modelos de cada variedade e, que as variáveis que contribuíram para cada modelo, foram semelhantes, como por exemplo o  $Ca_B$  que contribuiu com um  $R^2$  em torno de 0,75, ou seja, que o  $Ca_B$  contribuiu com 75% da variação mostrando ser esta uma variável bastante representativa para os modelos, e conseqüentemente para os rendimentos da cultura da cana, verifica-se também, as inter-relações existentes entre as variáveis dentro de cada modelo e que estas variáveis, foram praticamente todas do horizonte B, mostrando ser este, o horizonte de fundamental importância na determinação dos rendimentos da cana-de-açúcar.

Dados semelhantes para regressão linear múltipla, também foram obtidos por Ibrahim (1978), Ribeiro *et al.* (1984) e Beauclair (1991) em cana-de-açúcar. Ibrahim (1978), relacionando o rendimento com parâmetros do solo (0 - 20 cm de profundidade), obteve  $R^2$  de 0,80 indicando que 64% da variabilidade observada sobre o rendimento, foi devida aos parâmetros CE, pH, K, Na, C/N e conteúdo de argila, sendo que as variáveis K e conteúdo de argila contribuíram com 43% da variabilidade, mostrando deste modo, a existência e a importância das inter-relações entre as variáveis. Ribeiro *et al.* (1984), também analisando os rendimentos da cana-de-açúcar com as propriedades químicas das terras do nordeste, selecionaram soma de bases do horizonte B, sendo a mesma responsável por 27% dos 71% da variabilidade atribuída à regressão.

Beauclair (1991), analisando amostras de terra (0 - 25 cm de profundidade), conseguiu relacionar os rendimentos da cana-de-açúcar com as variáveis Mg e P, com valor de  $R^2$  de 0,15 e que o Mg indicou estar relacionado com o P, principalmente nos dois primeiros cortes, este fato pode ser verificado

para o Ca, que está presente em quase todas as regressões, proporcionando valores de  $R^2$  elevados e contribuindo de forma marcante nas inter-relações com as outras variáveis.

#### 4.6. Interação solo x clima x rendimento agrícola da cana-de-açúcar

A tabela 9, contém os resultados de produtividade agrícola das variedades em função de cada área estudada.

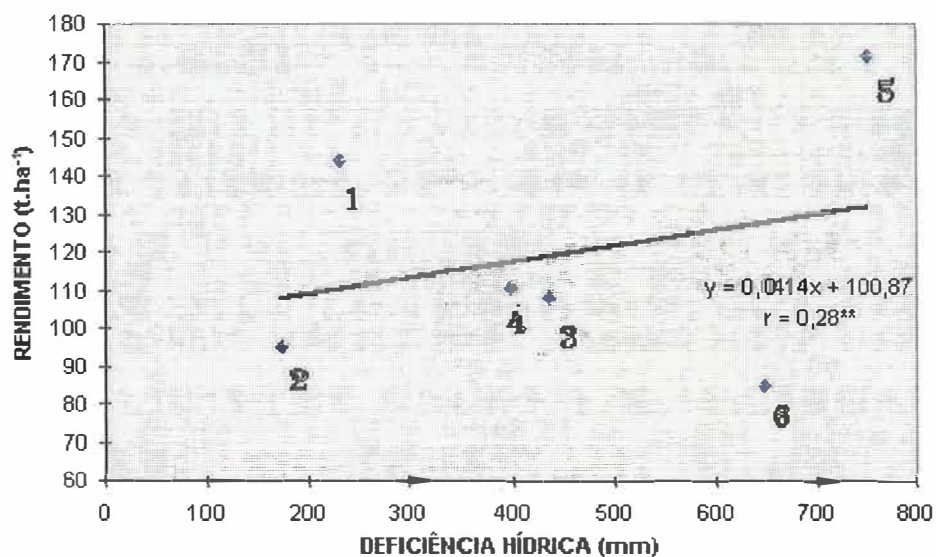
**Tabela 9 - Resumo da análise de variância entre locais (média das variedades).**

MUNICÍPIO	ÁREA	UNIDADE SUCROALCOOLEIRA/ FAZENDA	TIPO DE SOLO	RENDIMENTO AGRÍCOLA (t.ha <sup>-1</sup> )
Araçatuba	5	Aralco/Aralco3	PVe a/m	171,22 a
Valparaíso	1	Univalem/Mina D'água	PVe ab a/m	144,31 b
Clementina	4	Cleálcool	PVe a/m	110,87 c
Estrela D'oeste	3	Alcoeste-Arakaki	LVd a/m	108,15 c
Valparaíso	2	Univalem/Sta Claudia	PVI a a/m	95,27 d
Araçatuba	6	Aralco/Lagoa Escura	Aq a a/m	84,84 e

**Letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.**

Considerando-se a média de produtividade das 6 variedades, verifica-se nitidamente, com diferenças significativas ao nível de 5%, a influência dos solos sobre a produção dos colmos de cana-de-açúcar. Basta observar que, em um mesmo ano agrícola, no município de Araçatuba, a média de produtividade no PVe a/m (área 5) foi de 171,22 t.ha<sup>-1</sup> enquanto que na AQ

a a/m (área 6) obteve-se  $84,84 \text{ t.ha}^{-1}$ , resultando numa diferença positiva de  $86,38 \text{ t.ha}^{-1}$  para o melhor solo. A diferença significativa constatada deve-se exclusivamente ao contraste entre os solos, já que ambos encontram-se na mesma condição climática (Deficiência Hídrica (DH)  $\sim 700 \text{ mm}$ , figura 6) e com o mesmo elenco varietal.



**Figura 6 - Rendimento agrícola em função da deficiência hídrica local.**

Na tabela 3 verifica-se significativas diferenças entre os teores de potássio, cálcio e magnésio, nos perfis dos solos em questão, cujo efeito somatório pode ser ilustrado através dos valores SB, CTC e conseqüentemente V e m%, representados na figura 7.

Ainda na comparação entre esses dois solos, cabe salientar dois aspectos. O primeiro é que, conforme pode ser observado na tabela 3 na qual são apresentadas as características físicas e físico-hídricas dos perfis considerados, a água disponível (considerando-se a diferença entre 0,006 MPa e 1,5 MPa) na Areia Quartzosa é maior do que no PVe, para a profundidade de

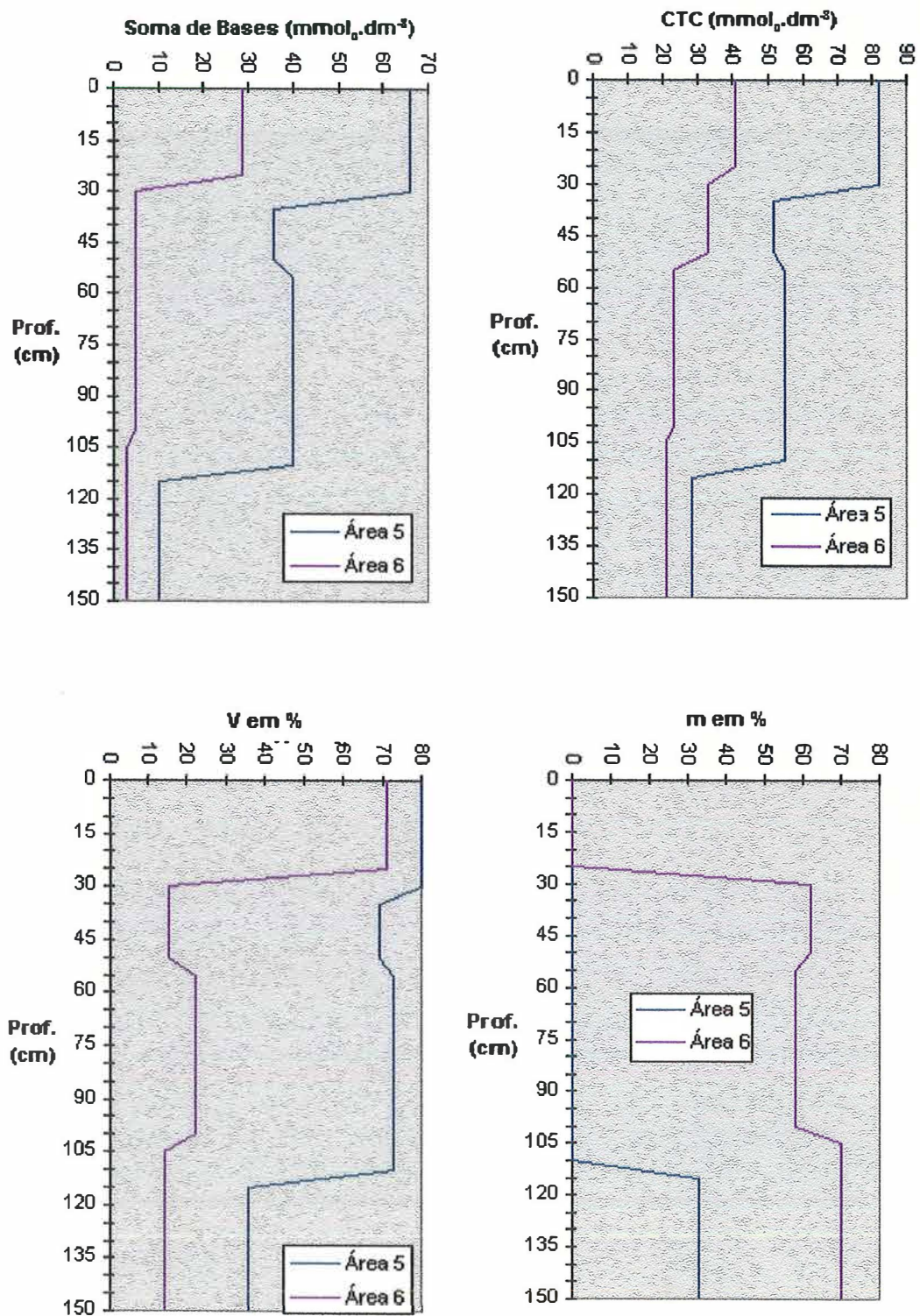


Figura 7 - Variação dos parâmetros dos solos PVe a/m (Área 5) e AQ a a/m (Área 6).

0 - 50 cm, e no que se refere ao aspecto químico (tabela 4), na camada de 0 - 20 cm a Areia Quartzosa apresenta-se com 71% de saturação por bases, o que atende as recomendações usuais para uso de corretivos. No entanto, as contrastantes produtividades médias dos dois solos revelam que no aspecto químico, o perfil deve ser considerado a maiores profundidades, ou seja, além da camada superficial. Desta forma, no PVe, apesar da DH de 700 mm, a produtividade superou até mesmo os solos classificados de forma semelhante, em locais com deficiência hídrica ao redor de 200 mm, PVe ab a/m (Área 1 - Valparaíso), provavelmente em função de maior desenvolvimento radicular no perfil aproveitando não somente os maiores teores absolutos em nutrientes como também a água armazenada no horizonte B textural, sem o que não seria possível uma produtividade média de  $171,22 \text{ t.ha}^{-1}$  de colmo, com a deficiência hídrica constatada.

Desta forma, torna-se possível justificar os elevados coeficientes de correlação obtidos, tabela 7, para os parâmetros do solo que relacionam a produtividade com o horizonte B, ou horizontes subsuperficiais, citando-se principalmente SB, CTC, V e m%. Ou seja, se os coeficientes de correlação mais elevados, relacionados com a produtividade, são os do horizonte subsuperficial, pode-se dizer, que a acentuada deficiência hídrica (700 mm) não foi sentida pela cultura, já que a mesma, supostamente em função do desenvolvimento de raízes nesses horizontes, na verdade, não foi submetida a déficits hídricos, ou seja, o regime hídrico do solo, em função de suas características, e não da caracterização climática (dados atmosféricos), conferiu pouca ou nenhuma deficiência hídrica à cultura.

Em função desses resultados, pode-se sugerir que a determinação no campo do regime hídrico dos solos, em regiões com ocorrência de “seca pluviométrica prolongada”, como o caso da região considerada, pode constituir-se em excelente parâmetro na avaliação do

potencial agrícola para produção de cana-de-açúcar, no caso, por se tratar de uma cultura semi-perene.

Estas sugestões encontram também, embasamento nos resultados obtidos sobre a influência da deficiência hídrica no rendimento da cultura, figura 6, ou seja, para a interação das 6 variedades estudadas nos 6 solos considerados, em quatro municípios, verifica-se que a produtividade independe da deficiência hídrica. Na verdade, o que ocorre é que, em função das características físicas e químicas dos solos com maior potencial de “fertilidade”, provavelmente alterando o desenvolvimento radicular e sua absorção de água e nutrientes, o mesmo forneceu água à cultura, em função de seu próprio regime hídrico favorável (údicico ou perúdicico).

Outra comparação que pode ser estabelecida, nesta situação, bastante adversa, se comparada com a anterior, ou seja, sob baixos níveis de deficiência hídrica, ao redor de 200 a 250 mm, é entre os PVe (Área 1) e PVI al (Área 2) do município de Valparaíso. A diferença de produtividade média neste caso é de  $49,04 \text{ t.ha}^{-1}$  ( $144,31 - 95,27 \text{ t.ha}^{-1}$ ) em favor do solo eutrófico.

As mesmas considerações são válidas, neste caso, sendo os valores SB, potencialmente iguais, diferindo no aspecto químico, nos teores de nutrientes em todo o perfil. Podem ser citados, os teores de K, Ca, Mg, S-SO<sub>4</sub>, P e, conseqüentemente, os valores SB, V e m%.

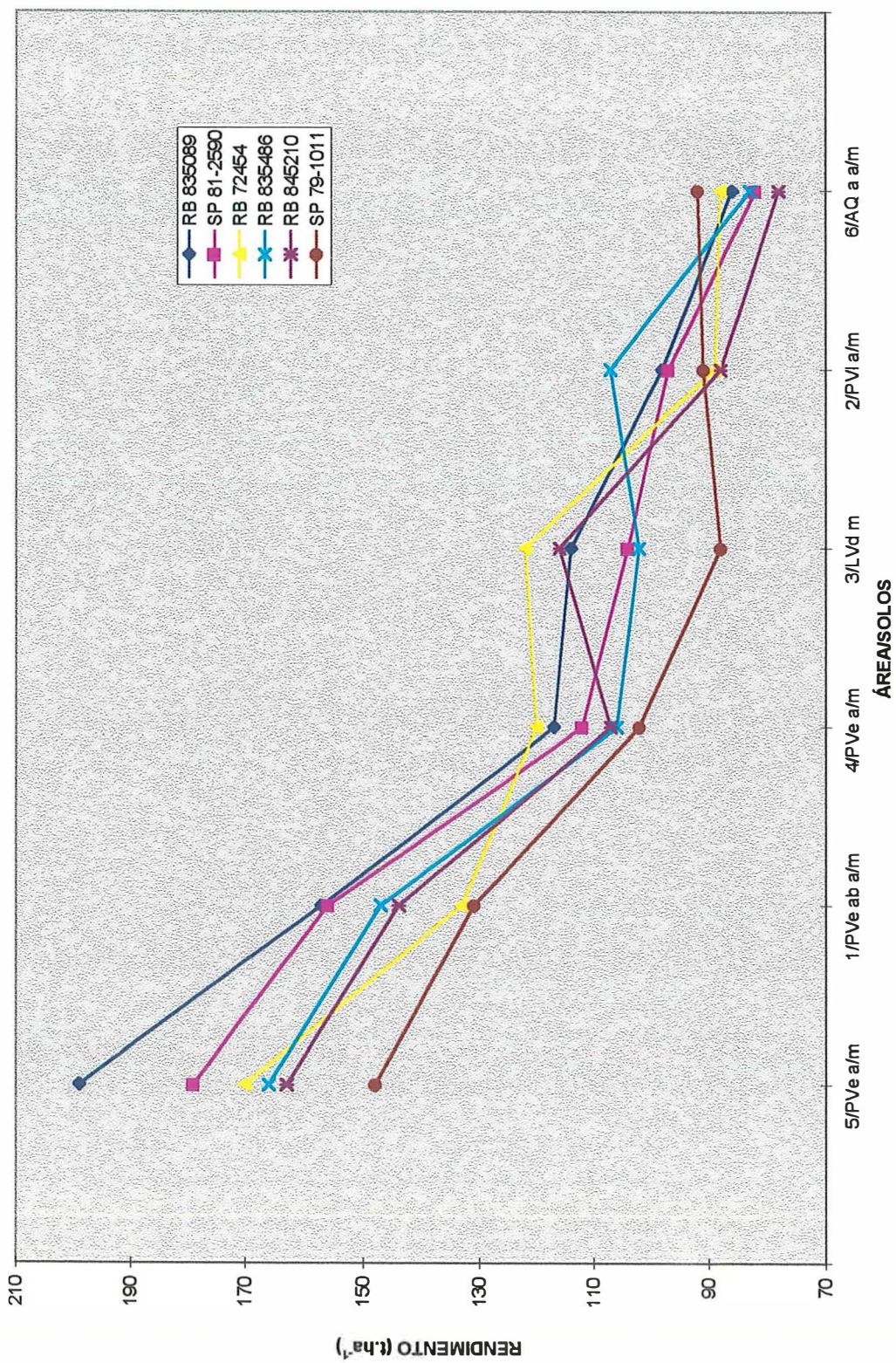
Ainda, sob uma deficiência hídrica intermediária, ao redor de 400 mm, podem ser comparados os resultados médios de produtividade agrícola obtidos no PVe a/m (Área 4 - Clementina) e o LVd a/m (Área 3 - Estrela d'Oeste), os quais, não diferem entre si, com respectivamente  $110,87 \text{ t.ha}^{-1}$  e  $108,15 \text{ t.ha}^{-1}$ . Neste caso, apesar da tentativa de padronização de outros fatores de produção, verifica-se na tabela 2, uma diferença significativa na época de plantio entre ambos, ou seja, o PVe a/m o qual deveria apresentar maior produtividade, em função de suas características químicas, foi implantado no início de março, enquanto que o experimento do LVd a/m foi

implantado no final de abril, portanto com praticamente 2 meses de diferença. Diversos resultados obtidos através da comparação entre variedades e épocas de plantio (em regiões sujeitas a deficiência hídrica, a exemplo de Conde & Salata, 1985), tem indicado que o plantio tardio, em função do menor desenvolvimento vegetativo, expõem a cultura a uma menor perda evapotranspirativa, já que, em função de seu pequeno porte, não desenvolve colmos ao longo dos meses secos do ano. Por outro lado, o estabelecimento da cultura precocemente, fevereiro-março, permite que a mesma desenvolva elevados índices de área foliar, inclusive, iniciando o desenvolvimento de colmos. No período seco, os colmos da cana-de-açúcar sofrerão um encarretelamento (redução do tamanho dos intermédios do colmo) estrangulando o posterior desenvolvimento, por ocasião do retorno da estação úmida.

#### **4.7. Comportamento Varietal ou Interação Variedades X Ambientes**

Conforme foi destacado anteriormente, a influência do solo no rendimento agrícola da cana-de-açúcar é bastante clara e resumidamente encontra-se ilustrada na figura 8. No entanto, outra questão a ser considerada é o comportamento das variedades nesses ambientes distintos (solo x clima).

Comparando-se os rendimentos obtidos pelas seis variedades estudadas, no PVe a/m (área 5) e na AQ a a/m (área 6), em ambos sob “mesma deficiência hídrica” ~ 700 mm, verifica-se que a amplitude de variação do rendimento das variedades no PVe a/m foi bem maior que na AQ a a/m. Provavelmente no melhor ambiente, as variedades puderam expressar melhor seu potencial genético, já que a variação de rendimento foi aproximadamente de 51 t.ha<sup>-1</sup> (199 t.ha<sup>-1</sup> para a variedade RB 835089 e 148 t.ha<sup>-1</sup> para a variedade SP79-1011) enquanto que na AQ a a/m, para as mesmas variedades



**Figura 8 - Comportamento varietal x solos, com o rendimento agrícola**



foi aproximadamente de 14 t.ha<sup>-1</sup> (92 t.ha<sup>-1</sup> para a variedade SP 79-1011 e 78 t.ha<sup>-1</sup> para a variedade RB 845210).

Assim, pode-se inferir que no solo eutrófico com variação textural no perfil, supostamente atribui-se um regime hídrico de solo não limitante ao desenvolvimento da cultura, as seis variedades estudadas puderam expressar melhor seu potencial genético de produtividade, enquanto que no solo álico, sem relação textural ou de elevada drenagem, conduz a um regime hídrico do solo limitante, as variedades obtiveram baixos rendimentos agrícolas e portanto longe de se aproximar do potencial genético de produtividade.

## 5. CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos no presente trabalho, chegou-se as seguintes conclusões:

Parâmetros climáticos como Graus-dia e Deficiência Hídrica, nem sempre apresentará correlações significativas com o rendimento agrícola da cana-de-açúcar;

As características químicas, físicas e físico-hídricas do horizonte subsuperficial apresentaram significativas correlações com o rendimento da cultura;

O procedimento “stepwise” selecionou o Ca do horizonte B como a variável que mais correlacionou-se com rendimento da cana;

O regime hídrico dos solos constitui-se em parâmetro potencialmente importante na avaliação do potencial agrícola dos solos;

Os solos Podzólicos eutróficos apresentaram-se como os de maior capacidade de produção na região considerada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYYAR, P.S.; RAO, R.; BANERJEE, J.R. Influence of day-degree on the elongation of sugarcane. **The Indian Sugarcane Journal**, v. 9, p. 212-216, 1965.
- BEAUCLAIR, E. G. F. de Relações entre algumas propriedades químicas do solo e a produtividade da cana-de-açúcar, através de regressão linear múltipla. Piracicaba, 1991. 90p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- BERG, R.C. Use of stepwise discriminant analysis to assess soil genesis in youthfull sandy environment. **Soil Science**, v. 29, p. 353-365, 1980.
- BUTLER, B. E. Assessing the soil factor in agricultural production. **Journal Australian Agriculture Science**, v. 30, p. 232-240, 1964.
- CAMARGO, O.A. de; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e físicas dos solos do Intituto agrônômico de campinas**. Campinas, Instituto Agrônômico: 1986. 93p. (IAC. Boletim Técnico, 106).
- CARMELLO, Q.A. de C. Regressão linear múltipla aplicada à seleção de variáveis de solo e planta mais relacionadas às produções de milho e amendoim. Piracicaba, 1991. 94p. Tese (Livre-docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- DEMÉTRIO, V.A. Efeito da água do solo e temperatura ambiente no rendimento agrícola e industrial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*).Piracicaba, 1978.

98p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

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

DOURADO NETO, D.; LIER, Q.J. van. **Programa para elaboração do balanço hídrico para culturas anuais e perenes**: manual do usuário, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Agricultura, 1991. 58 p.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. Applied regression analysis - selecting the "best" regression equation, New York: John Wiley, 1966, p. 163-215.

GROHMANN, F. Compacidade. In: MONIZ A.C. **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; 1975. p. 93-99.

HOCKING, R.R. The analysis and selection of variables in linear regression. **Biometrics**, v. 32, p. 1-49, 1976.

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão**: uma introdução à econometria. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1977. 379p.

HUMBERT, H. P. **The growing of sugarcane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779p.

IBRAHIM, H. S. Effects of soil properties on sugarcane yield in Sudam. **Experimental Agriculture**, v. 14, p. 273-276, 1978.

IDE, B.Y.; BIANCHI, A.D. Influência do clima na produtividade da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 2., Piracicaba, 1984. **Anais**. São Paulo: Copersucar, 1984. p. 196-204.

IDE, B.Y.; OLIVEIRA, M.A. de. Efeito do clima na produção de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 3., Piracicaba, 1986. **Anais**. São Paulo: Copersucar, 1986. p. 573-583.

LAIRD, R.J.; CADY, F.B. Combined analysis of yield data from fertilizer experiments. **Agronomy Journal**, v. 61, p. 829-834, 1969.

LOVEDAY, J. A study of the relationships between the yield of irrigated lucerne and the properties of some grey and brown soils of heavy texture in

- southwest - New South Wales. **Australian Journal of Soil Research**, v. 2, p. 96-110, 1964.
- MAAS, S.J. Parameterized model of gramineous crop growth: I. Leaf area and dry mass simulation. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 348-353, 1993.
- MALLIK, A.K. Crop-weather observations on sugarcane. **Indian of sugarcane research and development**, v.3, parte 4, 1959, p. 207-214.
- MANIERO, M.A. Aplicação de graus-dias em cana-de-açúcar. Piracicaba. 1980, 76p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MATTIOLI, C.H. Métodos de seleção de equações de regressão linear múltipla. Piracicaba, 1983. 104p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- OGUNTOYINBO, J. S. Evapotranspiration and sugarcane yields in Barbados. **Journal Tropical Geography**, v. 22, p. 38-48, 1966.
- OLIVEIRA, L.B.; DANTAS, H.S.; CAMPELO, A.B.; GALVÃO, S.J.; GOMES, I.F. Caracterização de adensamento no subsolo de uma área de tabuleiro da Estação Experimental do Curado, Recife. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Série Agronomia, v. 3, p. 207-214, 1968.
- OMETTO, J.C. Uma equação para a estimativa da evapotranspiração potencial, sua aplicação no cálculo das necessidades hídricas e do rendimento agro-industrial da cana-de-açúcar na região de Piracicaba. Piracicaba. 1974. 192p. Tese (Livre docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- PAULER, B.; NEUMANN, K,H, On the importance of some physical and chemical soil parameters for the characterization of soil fertility by means of multiple linear regression analysis. **Bodenkultur**, v. 40, n. 2, p. 99-117, 1989.
- RAIJ, B van ; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 31p. (IAC. Boletim Técnico, 81).

- REIS, A. C. DE S. **Aptidão climática de Pernambuco para os principais produtos agrícolas**. Recife: Comissão Estadual de Planejamento Agrícola, 1978. 18p.
- RIBEIRO, M. R.; HALSTEATED, E. H.; JONG, E. DE. Rendimento da cana-de-açúcar e características das terras da microregião da mata norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 209-213, 1984.
- RICHARDS, L. A. Method of measuring soil moisture tension. **Soil Science**, v. 68, p. 95-105, 1949.
- SALTER, P.J.; GOODE, J.E. **Crop responses to water at different stages of growth**. Commonwealth Agricultural Bureau, Commonwealth Bureau of Hort. and Plantation Crops, 1967, 35p. (Research Review, 2).
- SCHOLZ, A.; SCHOEDER, D.; ZAKOSEK, H. Demonstration of the soil development in high flood loam of the Lower Rhine using multiple correlations, regression and cluster analysis. **Z. Pflanzenern. Bodenkd**, v. 146, p. 353-364, 1983.
- SREENIVASAN, P. S.; BANERJEE, J.R. A preliminary study of the growth and yield of sugarcane crop on relation to weather at crop weather stations in India. **Proceedings** on the Third Biennial Conference of Sugarcane Research and Development Workers held at Pusa, Bihar (India), 1957, 9 p.
- THOMPSON, G.D.; WOOD, R.A. Wet and dry seasons and their effects on rain-fed sugarcane in Natal. **Tropical Agriculture**, v. 44, p. 297-307, 1967.
- THOMPSON, G.D.; GOSNELL, J.M.; ROBILLARD, P.M.J. de Responses of sugarcane to supplementary irrigation on two soils in Natal. **Experimental Agriculture**, v.3, p. 223-238, 1967.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**, Centerton, N. J. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, v. VIII, n. 1, p.1-86, 1955.

- TOMANENG, A. A. A parametric approach to evaluation of soil productivity for land use, planning and crop development. **Sugarland**, v. 14, n. 5, p.1-10, 1977.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras.** São Paulo: Nobel, 1979, 373p.
- VITTI, G.C. **Avaliação e interpretação do enxôfre no solo e na planta.** Jaboticabal: FUNEP, 1988. 37p.

## APÊNDICE 1

Fatores H e L, para uso na computação de graus dias pelo modelo de Thom (C).

H	L	H	L	H	L	H	L	H	L
-0,70	0,70	-0,40	0,45	-0,10	0,25	0,20	0,11	0,50	0,03
-0,69	0,70	-0,39	0,44	-0,09	0,24	0,21	0,10	0,51	0,03
-0,68	0,69	-0,38	0,44	-0,08	0,24	0,22	0,10	0,52	0,03
-0,67	0,68	-0,37	0,43	-0,07	0,23	0,23	0,10	0,53	0,03
-0,66	0,67	-0,36	0,42	-0,06	0,23	0,24	0,09	0,54	0,03
-0,65	0,66	-0,35	0,41	-0,05	0,22	0,25	0,09	0,55	0,03
-0,64	0,65	-0,34	0,41	-0,04	0,22	0,26	0,09	0,56	0,02
-0,63	0,64	-0,33	0,40	-0,03	0,21	0,27	0,08	0,57	0,02
-0,62	0,63	-0,32	0,39	-0,02	0,20	0,28	0,08	0,58	0,02
-0,61	0,62	-0,31	0,38	-0,01	0,20	0,29	0,08	0,59	0,02
-0,60	0,61	-0,30	0,38	0,00	0,19	0,30	0,07	0,60	0,02
-0,59	0,60	-0,29	0,37	0,01	0,19	0,31	0,07	0,61	0,02
-0,58	0,59	-0,28	0,36	0,02	0,18	0,32	0,07	0,62	0,02
-0,57	0,58	-0,27	0,36	0,03	0,18	0,33	0,07	0,63	0,02
-0,56	0,58	-0,26	0,35	0,04	0,17	0,34	0,06	0,64	0,02
-0,55	0,57	-0,25	0,34	0,05	0,17	0,35	0,06	0,65	0,01
-0,54	0,56	-0,24	0,34	0,06	0,17	0,36	0,06	0,66	0,01
-0,53	0,55	-0,23	0,33	0,07	0,16	0,37	0,06	0,67	0,01
-0,52	0,54	-0,22	0,32	0,08	0,16	0,38	0,06	0,68	0,01
-0,51	0,53	-0,21	0,32	0,09	0,15	0,39	0,05	0,69	0,01
-0,50	0,53	-0,20	0,31	0,10	0,15	0,40	0,05	0,70	0,01
-0,49	0,52	-0,19	0,30	0,11	0,14	0,41	0,05	0,71	0,01
-0,48	0,51	-0,18	0,30	0,12	0,14	0,42	0,05	0,72	0,01
-0,47	0,50	-0,17	0,29	0,13	0,13	0,43	0,05	0,73	0,01
-0,46	0,50	-0,16	0,29	0,14	0,13	0,44	0,04	0,74	0,01
-0,45	0,49	-0,15	0,28	0,15	0,13	0,45	0,04	0,75	0,01
-0,44	0,48	-0,14	0,27	0,16	0,12	0,46	0,04	0,76	0,01
-0,43	0,47	-0,13	0,27	0,17	0,12	0,47	0,04	0,77	0,01
-0,42	0,47	-0,12	0,26	0,18	0,11	0,48	0,04	0,78	0,00
-0,41	0,46	-0,11	0,25	0,19	0,11	0,49	0,03		

Para  $H > 0,78$ ;  $L = 0$  e  $H < -0,70$ ,  $L = H$



## APÊNDICE 2

### Resultados dos balanços hídricos

**BALANÇO HÍDRICO:**

LOCAL: Valparaíso/Univalem/Fazenda Mina D'água (-21° 14').

DATA (Ciclo): 10/04/95 à 17/08/96

CULTURA: Cana-de-açúcar

SOLO: PVe ab a/m

Fator de água disponível: Não considerado: Thornthwaite &amp; Mather

Evapotranspiração de referência: Estimativa pelo método de Thornthwaite

Armazenamento inicial: 92,2% (manual)

dia mês	T (°C)	Kc	ETm --(mm/per)--	Prec --(mm/per)--	Ze (cm)	CAD (mm)	AD ---(%)----	ADcr -----	ETr -----	Déficit (mm/per)-----	Exc -----
1 abr	23,7	0,64	60,4	38,0	23	20	32,7	100,0	51,4	9,1	0,0
1 mai	21,5	0,86	60,3	39,0	56	60	54,2	100,0	52,8	7,4	0,0
1 jun	20,4	1,10	62,2	56,0	83	95	66,5	100,0	60,3	1,9	0,0
1 jul	20,2	1,20	68,7	8,0	104	122	45,0	100,0	43,4	25,3	0,0
1 ago	22,3	1,20	95,4	0,0	121	144	27,5	100,0	37,2	58,2	0,0
1 set	23,9	1,20	118,7	121,0	133	159	35,9	100,0	118,7	0,0	0,0
1 out	24,8	1,20	143,9	92,0	142	171	29,8	100,0	110,0	33,9	0,0
1 nov	25,2	1,20	152,4	204,0	147	178	61,4	100,0	152,4	0,0	0,0
1 dez	25,5	1,20	161,2	262,3	150	181	100,0	100,0	161,2	0,0	32,5
1 jan	25,9	1,20	172,5	214,0	149	180	100,0	100,0	172,5	0,0	41,5
1 fev	26,1	1,20	153,7	392,0	149	180	100,0	100,0	153,7	0,0	238,3
1 mar	25,7	1,20	155,3	131,0	150	181	87,5	100,0	153,7	1,6	0,0
1 abr	23,7	1,20	112,5	38,0	150	181	58,0	100,0	91,4	21,1	0,0
1 mai	21,5	1,20	83,6	39,0	150	181	45,3	100,0	61,9	21,7	0,0
1 jun	20,4	1,20	67,7	56,0	150	181	42,5	100,0	61,2	6,6	0,0
1 jul	20,2	1,09	62,5	8,0	150	181	31,5	100,0	28,0	34,5	0,0
1 ago	22,3	0,44	16,8	0,0	150	181	28,7	100,0	5,0	11,7	0,0
16 ago	fim do ciclo										
ciclo	23,4		1747,9	1698,3					1515,0	232,9	312,2

**BALANÇO HÍDRICO:**

LOCAL: Valparaíso/Univalem/Fazenda Santa Claudia (-21° 14').

DATA (Ciclo): 10/03/95 à 25/07/96

CULTURA: Cana-de-açúcar.

SOLO: PVL a/m

Fator de água disponível: Não considerado: Thornthwaite &amp; Mather

Evapotranspiração de referência: Estimativa pelo método de Thornthwaite

Armazenamento inicial: 100,0% (manual)

dia mês	T (°C)	Kc	ETm --(mm/per)--	Prec --(mm/per)--	Ze (cm)	CAD (mm)	AD ---(%)----	ADcr -----	ETr -----	Déficit (mm/per)-----	Exc -----
1 mar	25,7	0,66	85,3	184,0	26	25	100,0	100,0	85,3	0,0	98,7
1 abr	23,7	0,91	85,2	12,0	63	59	28,7	100,0	53,8	31,4	0,0
1 mai	21,5	1,15	80,3	70,0	92	85	44,9	100,0	74,9	5,4	0,0
1 jun	20,4	1,20	67,7	54,0	114	105	48,5	100,0	61,1	6,6	0,0
1 jul	20,2	1,20	68,7	23,0	130	119	37,3	100,0	43,8	24,9	0,0
1 ago	22,3	1,20	95,4	0,0	141	129	20,1	100,0	28,4	67,0	0,0
1 set	23,9	1,20	118,7	124,0	147	134	27,2	100,0	118,7	0,0	0,0
1 out	24,8	1,19	143,0	153,0	150	137	35,9	100,0	143,0	0,0	0,0
1 nov	25,2	1,05	133,2	159,0	150	137	54,8	100,0	133,2	0,0	0,0
1 dez	25,5	0,85	118,4	185,0	150	137	100,0	100,0	118,4	0,0	4,7
1 jan	25,9	1,20	172,5	236,0	150	137	100,0	100,0	172,5	0,0	63,5
1 fev	26,1	1,20	153,7	153,0	150	137	99,5	100,0	153,7	0,0	0,0
1 mar	25,7	1,20	155,3	220,0	150	137	100,0	100,0	155,3	0,0	64,0
1 abr	23,7	1,19	111,2	29,0	150	137	54,9	100,0	90,8	20,4	0,0
1 mai	21,5	1,07	74,4	127,0	150	137	93,2	100,0	74,4	0,0	0,0
1 jun	20,4	0,93	52,5	17,0	150	137	72,0	100,0	46,1	6,3	0,0
1 jul	20,2	0,65	28,8	0,0	150	137	58,3	100,0	18,7	10,1	0,0
25 jul	fim do ciclo										
ciclo	23,5		1744,5	1746,0					1572,3	172,2	230,8

## BALANÇO HÍDRICO.

LOCAL: Estrela D'Oeste/Arakaki/Arakaki 3 (-20° 16').

DATA (Ciclo): 29/04/95 à 29/08/96

CULTURA: Cana-de-açúcar

SOLO: LVd m

Fator de água disponível: Não considerado: Thornthwaite &amp; Mather

Evapotranspiração de referência: Estimativa pelo método de Thornthwaite

Armazenamento inicial: 96,6% (manual)

dia mês	T (°C)	Kc	ETm --(mm/per)--	Prec -(mm)	Ze	CAD (mm)	AD ---(%)----	ADcr	ETr	Déficit ----- (mm/per) -----	Exc
1 mai	21,2	0,66	45,2	8,5	27	23	20,1	100,0	26,7	18,5	0,0
1 jun	20,2	0,92	51,8	24,0	65	55	40,1	100,0	38,5	13,3	0,0
1 jul	20,1	1,16	67,3	6,0	94	79	27,0	100,0	31,0	36,3	0,0
1 ago	22,3	1,20	97,1	0,0	117	99	15,4	100,0	25,5	71,6	0,0
1 set	24,1	1,20	122,7	50,6	132	111	13,1	100,0	63,9	58,8	0,0
1 out	24,8	1,20	144,4	71,0	142	120	10,4	100,0	81,5	62,9	0,0
1 nov	24,8	1,20	145,6	60,0	148	125	7,0	100,0	68,7	77,0	0,0
1 dez	25,0	1,10	143,9	283,5	150	126	100,0	100,0	143,9	0,0	23,8
1 jan	25,2	1,20	159,2	249,0	150	126	100,0	100,0	159,2	0,0	89,8
1 fev	25,3	1,20	140,5	200,0	150	126	100,0	100,0	140,5	0,0	59,5
1 mar	25,0	1,20	143,9	161,5	150	126	100,0	100,0	143,9	0,0	17,6
1 abr	23,4	1,20	109,8	80,0	150	126	79,0	100,0	106,5	3,2	0,0
1 mai	21,2	1,20	81,9	56,5	150	126	64,6	100,0	74,7	7,2	0,0
1 jun	20,2	1,10	62,2	15,0	150	126	44,4	100,0	40,4	21,8	0,0
1 jul	20,1	0,96	55,6	0,0	150	126	28,6	100,0	20,0	35,6	0,0
1 ago	22,3	0,76	55,8	13,5	150	126	20,5	100,0	23,8	32,0	0,0
29 ago	fim do ciclo										
ciclo	22,9		1627,0	1279,1					1188,7	438,3	190,6

## BALANÇO HÍDRICO.

LOCAL: Clementina/Clealco (-21° 12').

DATA (Ciclo): 03/03/95 à 13/08/96

CULTURA: Cana-de-açúcar

SOLO: PVe a/m

Fator de água disponível: Não considerado: Thornthwaite &amp; Mather

Evapotranspiração de referência: Estimativa pelo método de Thornthwaite

Armazenamento inicial: 100,0% (manual)

dia mês	T (°C)	Kc	ETm --(mm/per)--	Prec -(mm)	Ze	CAD (mm)	AD ---(%)----	ADcr	ETr	Déficit ----- (mm/per) -----	Exc
1 mar	26,2	0,66	89,6	93,3	25	23	100,0	100,0	89,6	0,0	3,7
1 abr	24,3	0,90	89,1	119,4	61	57	100,0	100,0	89,1	0,0	30,3
1 mai	22,1	1,14	83,5	46,0	89	84	64,0	100,0	76,3	7,2	0,0
1 jun	20,9	1,20	70,1	43,5	111	105	55,4	100,0	60,2	9,8	0,0
1 jul	20,8	1,20	72,1	13,4	127	121	37,5	100,0	41,8	30,3	0,0
1 ago	23,0	1,20	102,1	0,0	139	132	19,8	100,0	30,6	71,5	0,0
1 set	24,6	1,20	127,6	53,7	146	139	13,9	100,0	67,3	60,3	0,0
1 out	25,4	1,20	153,1	122,6	149	142	12,6	100,0	126,9	26,2	0,0
1 nov	25,8	1,11	150,1	93,4	150	143	8,9	100,0	99,6	50,5	0,0
1 dez	26,1	0,87	129,4	212,8	150	143	67,4	100,0	129,4	0,0	0,0
1 jan	26,4	1,20	182,1	125,4	150	143	45,3	100,0	156,9	25,2	0,0
1 fev	26,6	1,20	162,4	106,9	150	143	30,7	100,0	127,7	34,7	0,0
1 mar	26,2	1,20	163,8	227,0	150	143	75,0	100,0	163,8	0,0	0,0
1 abr	24,3	1,20	119,3	80,7	150	143	57,2	100,0	106,1	13,3	0,0
1 mai	22,1	1,14	83,3	70,5	150	143	52,3	100,0	77,5	5,8	0,0
1 jun	20,9	1,00	58,6	12,8	150	143	37,9	100,0	33,3	25,3	0,0
1 jul	20,8	0,87	52,3	0,9	150	143	26,4	100,0	17,3	35,0	0,0
1 ago	23,0	0,33	10,9	5,5	150	143	25,5	100,0	6,9	4,0	0,0
13 ago	fim do ciclo										
ciclo	24,0		1899,5	1427,8					1500,2	399,3	34,0

## BALANÇO HÍDRICO.

LOCAL: Aracatuba/Aralco/Fazenda Aralco 3 (-21° 12').

DATA (Ciclo): 15/03/95 à 05/09/96

CULTURA: Cana-de-açúcar

SOLO: PVe a/m

Fator de água disponível: Não considerado: Thornthwaite &amp; Mather

Evapotranspiração de referência: Estimativa pelo método de Thornthwaite

Armazenamento inicial: 100,0% (manual)

dia mês	T (°C)	Kc	ETm --(mm/per)-	Prec (mm)	Ze	CAD (mm)	AD ---(%)----	ADcr	ETr	Déficit ----- (mm/per) -----	Exc
1 mar	26,2	0,64	86,9	151,5	21	19	100,0	100,0	86,9	0,0	64,6
1 abr	24,3	0,82	81,9	30,0	52	42	29,1	100,0	59,8	22,1	0,0
1 mai	22,1	1,03	75,4	12,0	77	59	16,9	100,0	31,2	44,1	0,0
1 jun	20,9	1,19	69,4	19,0	98	73	16,7	100,0	31,1	38,3	0,0
1 jul	20,8	1,20	72,1	25,0	114	84	15,7	100,0	34,9	37,2	0,0
1 ago	23,0	1,20	102,1	0,0	127	93	7,9	100,0	14,7	87,4	0,0
1 set	24,6	1,20	127,6	73,5	137	100	8,3	100,0	79,4	48,2	0,0
1 out	25,4	1,20	153,1	74,5	143	104	5,6	100,0	81,0	72,1	0,0
1 nov	25,8	1,20	162,4	112,5	148	107	5,4	100,0	115,9	46,4	0,0
1 dez	26,1	1,20	177,6	149,0	150	109	5,0	100,0	150,7	27,0	0,0
1 jan	26,4	1,20	182,1	136,0	150	109	3,3	100,0	137,9	44,2	0,0
1 fev	26,6	1,20	162,4	133,0	150	109	2,5	100,0	133,8	28,6	0,0
1 mar	26,2	1,20	163,8	123,0	150	109	1,7	100,0	123,8	40,0	0,0
1 abr	24,3	1,20	119,3	35,5	150	109	0,8	100,0	36,5	82,8	0,0
1 mai	22,1	1,20	88,1	129,5	150	109	38,9	100,0	88,1	0,0	0,0
1 jun	20,9	1,20	70,1	11,0	150	109	22,6	100,0	28,7	41,3	0,0
1 jul	20,8	1,19	71,5	7,5	150	109	12,5	100,0	18,4	53,1	0,0
1 ago	23,0	0,96	81,6	39,0	150	109	8,5	100,0	43,4	38,2	0,0
1 set	24,6	0,14	1,9	12,5	150	109	18,2	100,0	1,9	0,0	0,0
5 set	fim do ciclo										
ciclo	23,9		2049,3	1274					1298,4	751,1	64,6

## BALANÇO HÍDRICO.

LOCAL: Aracatuba/Aralco/Fazenda Lagoa Escura (-21° 12').

DATA (Ciclo): 17/03/95 à 03/09/96

CULTURA: Cana-de-açúcar

SOLO: Aql a a/m

Fator de água disponível: Não considerado: Thornthwaite &amp; Mather

Evapotranspiração de referência: Estimativa pelo método de Thornthwaite

Armazenamento inicial: 100,0% (manual)

dia mês	T (°C)	Kc	ETm --(mm/per)-	Prec (mm)	Ze	CAD (mm)	AD ---(%)----	ADcr	ETr	Déficit ----- (mm/per) -----	Exc
1 mar	26,2	0,65	88,8	151,5	25	42	100,0	100,0	88,8	0,0	62,7
1 abr	24,3	0,88	87,9	30,0	60	72	44,7	100,0	69,7	18,1	0,0
1 mai	22,1	1,13	82,7	12,0	88	96	27,9	100,0	41,2	41,5	0,0
1 jun	20,9	1,20	70,1	19,0	110	114	25,4	100,0	35,3	34,7	0,0
1 jul	20,8	1,20	72,1	25,0	126	128	23,1	100,0	38,1	34,0	0,0
1 ago	23,0	1,20	102,1	0,0	138	138	13,7	100,0	20,7	81,4	0,0
1 set	24,6	1,20	127,6	73,5	145	144	11,9	100,0	81,3	46,3	0,0
1 out	25,4	1,20	153,1	74,5	149	147	8,2	100,0	83,0	70,2	0,0
1 nov	25,8	1,13	152,9	112,5	150	148	6,6	100,0	115,6	37,3	0,0
1 dez	26,1	0,88	130,8	149,0	150	148	18,9	100,0	130,8	0,0	0,0
1 jan	26,4	1,20	182,1	136,0	150	148	13,8	100,0	143,5	38,6	0,0
1 fev	26,6	1,20	162,4	133,0	150	148	11,4	100,0	136,7	25,7	0,0
1 mar	26,2	1,20	163,8	123,0	150	148	8,6	100,0	127,1	36,8	0,0
1 abr	24,3	1,20	119,3	35,5	150	148	4,9	100,0	41,0	78,3	0,0
1 mai	22,1	1,19	87,5	129,5	150	148	33,2	100,0	87,5	0,0	0,0
1 jun	20,9	1,09	63,7	11,0	150	148	23,3	100,0	25,7	38,0	0,0
1 jul	20,8	0,96	57,7	7,5	150	148	16,6	100,0	17,4	40,3	0,0
1 ago	23,0	0,83	70,4	39,0	150	148	13,4	100,0	43,7	26,7	0,0
1 set	24,6	0,08	0,6	6,4	150	148	17,3	100,0	0,6	0,0	0,0
3 set	fim do ciclo										
ciclo	24,0		1975,6	1267,9					1327,7	647,7	62,7

## APÊNDICE 3

TODAS AS VARIEDADES

Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa 1 Variável CA<sub>B</sub> Introduzida R-quadr. = 0.75612769 C(p) = 52.40908773

	GL	Soma quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	1	108939.49336258	108939.49336258	403.07	0.0001
Erro	130	35136.03178894	270.27716761		
Total	131	144075.52515152			

Variável	Parâmetros Estimados	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERC.	76.04669238	2.57621685	235507.74028397	871.36	0.0001
CA <sub>B</sub>	3.12279241	0.15554466	108939.49336258	403.07	0.0001

Limites na condição número: 1, 1

Etapa 2 Variável PH<sub>B</sub> Introduzida R-quadr. = 0.81819858 C(p) = 8.49099072

	GL	Soma Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	2	117882.38940332	58941.19470166	290.28	0.0001
Erro	129	26193.13574820	203.04756394		
Total	131	144075.52515152			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERC.	288.24971845	32.05293275	16421.01592003	80.87	0.0001
PH <sub>B</sub>	-60.76043904	9.15547127	8942.89604074	44.04	0.0001
CA <sub>B</sub>	6.36455564	0.50673708	32030.85939257	157.75	0.0001

Limites na condição número: 14.12755, 56.51018

Etapa 3 Variável MO<sub>B</sub> Introduzida R-quadr. = 0.82946491 C(p) = 2.15650821

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	3	119505.59278953	39835.19759651	207.53	0.0001
Erro	128	24569.93236199	191.95259658		
Total	131	144075.52515152			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	335.42311274	35.13415490	17495.28161809	91.14	0.0001
PH <sub>B</sub>	-84.47330921	12.07217654	9398.57154421	48.96	0.0001
MO <sub>B</sub>	4.62930049	1.59193707	1623.20338621	8.46	0.0043
CA <sub>B</sub>	7.03976274	0.54466916	32065.97560366	167.05	0.0001

Limites na condição número: 25.98246, 142.4461

Todas as variáveis no modelo significativas ao nível de 0,15.  
Nenhuma outra variável alcançou este nível para inclusão.

Resumo da Proc. Stepwise para Variável Dependente PROD

Etapa	Variável	Introduzida	Removida	In	R**2	R**2	C(p)	F	Prob>F
1	CA <sub>B</sub>			1	0.7561	0.7561	52.4091	403.0658	0.0001
2	PH <sub>B</sub>			2	0.0621	0.8182	8.4910	44.0434	0.0001
3	MO <sub>B</sub>			3	0.0113	0.8295	2.1565	8.4563	0.0043

PARA AS VARIEDADES

VAR=RB 835486

Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa 1 Variável T1 Introduzida R-quadr. = 0.84654199 C(p) = 5.05951898

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	1	17854.83145074	17854.83145074	110.33	0.0001
Erro	20	3236.65809472	161.83290474		
Total	21	21091.48954545			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	-63.05950814	17.44924292	2113.56111249	13.06	0.0017
T <sub>B</sub>	4.23745657	0.40342313	17854.83145074	110.33	0.0001

Limites na condição número: 1, 1

Etapa 2 Variável K<sub>B</sub> Introduzida R-quadr. = 0.88532892 C(p) = 1.23116218

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	2	18672.90568012	9336.45284006	73.35	0.0001
Error	19	2418.58386534	127.29388765		
Total	21	21091.48954545			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	-73.07877031	15.97228170	2664.74766196	20.93	0.0002
K <sub>B</sub>	-7.80299256	3.07799998	818.07422938	6.43	0.0202
T <sub>B</sub>	4.71849130	0.40499486	17278.85065688	135.74	0.0001

Limites na condição número: 1.281258, 5.125033

Todas as variáveis no modelo significativas ao nível de 0,15.  
Nenhuma outra variável alcançou este nível para inclusão.

Resumo do Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa	Variável Introduzida	Número Removida	In	Parcial R**2	Modelo R**2	C(p)	F	Prob>F
1	T1		1	0.8465	0.8465	5.0595	110.3288	0.0001
2	K1		2	0.0388	0.8853	1.2312	6.4267	0.0202

Sistema SAS 50

VAR. RB 71454

Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa 1 Variável CA<sub>B</sub> Introduzida R-quadr. = 0.76569099 C(p) = 29.59388278

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	1	14608.95153182	14608.95153182	65.36	0.0001
Erro	20	4470.48346818	223.52417341		
Total	21	19079.43500000			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	82.77059398	5.73872760	46499.19344814	208.03	0.0001
CA <sub>B</sub>	2.80114499	0.34648809	14608.95153182	65.36	0.0001

Limites na condição número: 1, 1

Etapa 2 Variável ETR Introduzida R-quadr. = 0.88969433 C(p) = 6.40577596

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	2	16974.86514396	8487.43257198	76.62	0.0001
Erro	19	2104.56985604	110.7668345		
Total	21	19079.43500000			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	187.67715393	23.05575136	7339.62721968	66.26	0.0001
ETR	-0.07663985	0.01658288	2365.91361214	21.36	0.0002
CA <sub>B</sub>	2.90427864	0.24492944	15574.14858683	140.60	0.0001

Limites na condição número: 1.00837, 4.033482

Etapa 3 Variável CA/MG Introduzida R-quadr. = 0.91970962 C(p) = 2.30893715

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	3	17547.53994050	5849.17998017	68.73	0.0001
Erro	18	1531.89505950	85.10528108		
Total	21	19079.43500000			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	268.89517173	37.26533716	4431.10875038	52.07	0.0001
ETR	-0.10677354	0.01860720	2802.34505778	32.93	0.0001
CA/MG	-23.01472953	8.87217492	572.67479654	6.73	0.0183
CA <sub>B</sub>	3.46832297	0.30556842	10964.24231332	128.83	0.0001

Limites na condição número: 2.529653, 18.67431

Todas as variáveis no modelo significativas ao nível de 0,15.  
Nenhuma outra variável alcançou este nível para inclusão.

#### Resumo do Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa	Variável Introduzida	Número Removida In	Parcial R**2	Modelo R**2	C(p)	F	Prob>F
1	CA <sub>B</sub>	1	0.7657	0.7657	29.5939	65.3574	0.0001
2	ETR	2	0.1240	0.8897	6.4058	21.3594	0.0002
3	CA/MG	3	0.0300	0.9197	2.3089	6.7290	0.0183

VAR RB835089

#### Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa 1 Variável CA<sub>B</sub> Introduzida R-quadr. = 0.81190096 C(p) = 17.58890114

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	1	29964.36402131	29964.36402131	86.33	0.0001
Erro	20	6942.06370596	347.10318530		
Total	21	36906.42772727			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	73.31611289	7.15126154	36483.13403886	105.11	0.0001
CA <sub>B</sub>	4.01170137	0.43177288	29964.36402131	86.33	0.0001

Limites na condição número: 1, 1

Etapa 2 Variável  $K_B$  Introduzida R-quadr. = 0.89700069 C(p) = 3.48777740

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	2	33105.09113377	16552.54556689	82.73	0.0001
Erro	19	3801.33659350	200.07034703		
Total	21	36906.42772727			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	84.22245730	6.08725363	38299.73306105	191.43	0.0001
$K_B$	-15.46281956	3.90269803	3140.72711246	15.70	0.0008
$CA_B$	4.73548409	0.37527059	31858.28805361	159.24	0.0001

Limites na condição número: 1.310552, 5.242207

Etapa 3 Variável K Introduzida R-quadr. = 0.91408450 C(p) = 2.25546920

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	3	33735.59358727	11245.19786242	63.84	0.0001
Erro	18	3170.83414000	176.15745222		
Total	21	36906.42772727			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	77.44388403	6.74267014	23238.67937781	131.92	0.0001
K	16.13687938	8.52956086	630.50245350	3.58	0.0747
$K_B$	-25.45052101	6.42503984	2764.02982795	15.69	0.0009
$CA_B$	4.46514544	0.38001937	24319.84337339	138.06	0.0001

Limites na condição número: 4.685885, 30.73936

Todas as variáveis no modelo significativas ao nível de 0,15.  
Nenhuma outra variável alcançou este nível para inclusão.

#### Resumo do Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa	Variável Introduzida	Número Removida In	Parcial R**2	Modelo R**2	C(p)	F	Prob>F
1	$CA_B$	1	0.8119	0.8119	17.5889	86.3270	0.0001
2	$K_B$	2	0.0851	0.8970	3.4878	15.6981	0.0008
3	K	3	0.0171	0.9141	2.2555	3.5792	0.0747

Sistema SAS 54

----- VAR=SP79-1011 -----

#### Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa 1 Variável  $CA_B$  Introduzida R-quadr. = 0.71614984 C(p) = 5.34332189

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	1	10242.00685585	10242.00685585	50.46	0.0001
Erro	20	4059.47905325	202.97395266		
Total	21	14301.48590909			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	76.78368448	5.46856674	40015.76945545	197.15	0.0001
$CA_B$	2.34540905	0.33017655	10242.00685585	50.46	0.0001

Limites na condição número: 1, 1

Etapa 2 Variável  $M_2$  Introduzida R-quadr. = 0.79903059 C(p) = 0.52735933

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	2	11427.32475459	5713.66237730	37.77	0.0001
Erro	19	2874.16115450	151.27163971		
Total	21	14301.48590909			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	27.92975706	18.07987428	360.99486006	2.39	0.1389
$CA_B$	4.36719231	0.77647449	4785.28452455	31.63	0.0001
$M_B$	0.84649464	0.30240262	1185.31789875	7.84	1111 0.0114

Limites na condição número: 7.420698, 29.68279

Todas as variáveis no modelo significativas ao nível de 0,15.  
Nenhuma outra variável alcançou este nível para inclusão.

#### Resumo do Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa	Variável Introduzida	Número Removida	In	Parcial R**2	Modelo R**2	C(p)	F	Prob>F
1	$CA_B$	1		0.7161	0.7161	5.3433	50.4597	0.0001
2	$M_B$	2		0.0829	0.7990	0.5274	7.8357	0.0114

----- VAR SP81-2590 -----

#### Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa 1 Variável  $T_B$  Introduzida R-quadr. = 0.90462662 C(p) = 31.88912560

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	1	24782.24130355	24782.24130355	189.70	0.0001
Erro	20	2612.75324191	130.63766210		
Total	21	27394.99454545			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	-91.95134394	15.67752038	4493.96632950	34.40	0.0001
$T_B$	4.99226550	0.36246125	24782.24130355	189.70	0.0001

Limites na condição número: 1, 1

Etapa 2 Variável ETR/ETM Introduzida R-quadr. = 0.96620829 C(p) = 1.67619706

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	2	26469.27094100	13234.63547050	271.63	0.0001
Erro	19	925.72360446	48.72229497		
Total	21	27394.99454545			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	-26.88621684	14.62641674	164.63085886	3.38	0.0817
ETRETM	-91.74344718	15.59112906	1687.02963745	34.63	0.0001
$T_1$	5.08863889	0.22196105	25608.10726818	525.59	0.0001

Limites na condição número: 1.005474, 4.021898

Todas as variáveis no modelo significativas ao nível de 0,15.  
Nenhuma outra variável alcançou este nível para inclusão.



## Resumo do Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa	Variável Introduzida	Número Removida In	Parcial R**2	Modelo R**2	C(p)	F	Prob>F
1	TI	1	0.9046	0.9046	31.8891	189.7021	0.0001
2	ETRETM	2	0.0616	0.9662	1.6762	34.6254	0.0001

Sistema SAS 56

----- VAR=RB845210-----

## Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Etapa 1 Variável CA<sub>B</sub> Introduzida R-quadr. = 0.80043516 C(p) = 27.47852115

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	1	16536.80845687	16536.80845687	80.22	0.0001
Erro	20	4122.96427040	206.14821352		
Total	21	20659.77272727			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	74.93572178	5.51116165	38112.81843216	184.88	0.0001
CA <sub>B</sub>	2.98024462	0.33274831	16536.80845687	80.22	0.0001

Limites na condição número: 1, 1

Etapa 2 Variável MACR/MIC Introduzida R-quadr. = 0.89940356 C(p) = 6.92476510

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	2	18581.47323508	9290.73661754	84.94	0.0001
Erro	19	2078.29949219	109.38418380		
Total	21	20659.77272727			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	112.99767088	9.67566150	14918.74125942	136.39	0.0001
CA <sub>B</sub>	2.21304710	0.30039634	5936.72010256	54.27	0.0001
MACR/MIC	-64.62628546	14.94773542	2044.66477822	18.69	0.0004

Limites na condição número: 1.53597, 6.143878

Etapa 3 Variável ARGB/A Introduzida R-quadr. = 0.92764911 C(p) = 2.48793227

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado médio	F	Prob>F
Regressão	3	19165.01973369	6388.33991123	76.93	0.0001
Erro	18	1494.75299358	83.04183298		
Total	21	20659.77272727			

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Tipo II Soma de Quadr.	F	Prob>F
INTERCEP	147.87175666	15.62513914	7437.37371386	89.56	0.0001
CA <sub>B</sub>	2.46993146	0.27910062	6503.46975948	78.32	0.0001
ARGB/A	-22.21120509	8.37881983	583.54649860	7.03	0.0163
MACR/MIC	-80.58898872	14.34875780	2619.50799855	31.54	0.0001

Limites na condição número: 1.86431, 16.38103

Todas as variáveis no modelo significativas ao nível de 0,15.  
Nenhuma outra variável alcançou este nível para inclusão.

## Resumo do Proc. Stepwise para variável dependente PROD

Variável		Número	Parcial	Modelo				
Etapa	Introduzida	Removida	In	R**2	R**2	C(p)	F	Prob>F
1	CA <sub>B</sub>	1	0.8004	0.8004	27.4785	80.2181	0.0001	
2	MACR/MIC	2	0.0990	0.8994	6.9248	18.6925	0.0004	
3	ARGB/A	3	0.0282	0.9276	2.4879	7.0271	0.0163	