UTILIZAÇÃO DO TANQUE DE EVAPORAÇÃO CLASSE "A" PARA O CONTROLE DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)

MIGUEL VISCAÍNO CARRETERO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. RUBENS SCARDUA

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
Outubro, 1982

Ao

*Sr. FRANCISCO VISCAÍNO SANCHES, meu pai,
agricultor dedicado, cuja honestidade e virtude
nos serviu de exemplo.*

"In memoriam"

À

*Sra. DOLORES, minha mãe
MARIA APARECIDA, minha esposa
MARGARETH APARECIDA, minha filha
que mitigam minhas horas de cansaço
e alentam meus instantes de incerteza.*

DEDICO.

*"É preferível arriscar coisas grandiosas,
alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se
à derrota, do que formar fila com os pobres de
espírito que não gozam muito, nem sofrem muito,
porque vivem na penumbra obscura e cinzenta dos que
não conhecem nem a vitória, nem a derrota".*

*"Não há sucesso onde não existe a
possibilidade do fracasso".*

P. Cbandier

A Deus por ter-me dado forças para ir até o fim.

A Todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

INDICE

RESUMO	xii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Irrigação por gotejamento	4
2.2. Fatores climáticos	5
2.2.1. Evapotranspiração/Evaporação	7
2.3. Sistema radicular	12
2.4. Crescimento	13
2.5. Necessidade de irrigação, relacionada com a produção	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Material	22
3.1.1. Descrição geral da área de estudo	22
3.1.2. Solo	24
3.1.2.1. Características físicas e quí- micas	26
3.1.3. Variedade de cana-de-açúcar	30
3.1.4. Equipamento de irrigação	31
3.1.5. Dados meteorológicos	31
3.1.6. Acessórios	33
3.2. Métodos	33
3.2.1. Delineamento experimental	33
3.2.2. Instalação do experimento	34
3.2.3. Condução da irrigação - cana soca e res- soca	34
3.2.4. Adubação da soca e ressoca	38
3.2.5. Análise dos dados	38
3.2.5.1. Crescimento da cana	38

3.2.5.2. Relações entre o desenvolvimento vegetativo da soca e resso- ca e condições climáticas	39
3.2.5.3. Produtividade e número de col- mos	41
3.2.5.4. Análise estatística	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1. Volume de água aplicado	46
4.2. Crescimento	49
4.2.1. Análise estatística	49
4.2.2. Relações entre desenvolvimento vegetati- vo da soca e resso-ca e condições climá- ticas	57
4.2.2.1. Caracterização do desenvolvi- mento vegetativo e da função de clima	57
4.3. Produtividade	70
4.4. Número de colmos	73
4.5. Dotação de água e produtividade	73
5. CONCLUSÕES	80
6. LITERATURA CITADA	81

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Correlações ER/Eo (CRUCIANI, 1972)	9
2	Correlações ER/Eo (SOUSA, 1976a)	11
3	Dados meteorológicos durante o período de irrigação da área experimental	25
4	Características gerais da Terra Roxa Estruturada	26
5	Características físicas e químicas do solo da área experimental do Departamento de Engenharia Rural	27
6	Comparação entre a POL das variedades CB 41-76 e NA 56-79	30
7	Dotação de água para os tratamentos A, B, C, D, considerando-se as precipitações e evaporações do tanque Classe A acumuladas mensalmente no período de agosto de 1977 a 5 de julho de 1978, início da colheita (cana soca)	47
8	Dotação de água para os tratamentos A, B, C e D, considerando-se a precipitação pluviométrica e evaporação do tanque Classe A acumulados mensalmente no período agosto 78 a abril 79. Início da colheita (cana ressoca - 28/08/79)	48
9	Dados de crescimento da cana em cm - cana soca	50

Tabela		Página
10	Dados de crescimento da cana em cm - cana resoca	51
11	Análise de variância dos dados de crescimento do colmo, em esquema "Split-Plot" - Cana soca.	52
12	Análise de variância dos dados de crescimento do colmo em esquema "Split-Plot" - Cana resoca	53
13	Desenvolvimento vegetativo da cana soca e graus dia	58
14	Desenvolvimento vegetativo da cana resoca e graus dia	59
15	Equações de regressão entre crescimento (ΔH) e graus dia acumulados, no período. Cana soca e resoca	60
16	Número e crescimento de colmos e produção de cana e açúcar em relação as dotações de água.	71
17	Dados de produtividade e número de colmos ...	72
18	Análise de variância dos dados de produtividade de de cana e médias de tratamentos. Cana soca e resoca	74
19	Análise de variância dos dados de número de colmos e médias de tratamentos. Cana soca e resoca	75

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localização do município de Piracicaba no Estado de São Paulo	23
2	Mapa esquemático mostrando a localização da Terra Roxa Estruturada no Estado de São Paulo segundo a Comissão de Solos do Serv. Nac. de Pesq. Agr. (1960)	24
3	Capacidade de infiltração do solo	28
4	Curva característica da água do solo	29
5	Equipamento de irrigação por gotejamento usado no experimento	32
6	Campo experimental e detalhe da parcela experimental	35
7	Curvas de crescimento da cana soca	54
8	Curvas de crescimento da cana ressoca	55
9	Curva de Graus Dia x Crescimento do tratamento A - Cana soca	62
10	Curva de Graus Dia x Crescimento do tratamento B - Cana soca	63
11	Curva de Graus Dia x Crescimento do tratamento C - Cana soca	64

Figura		Página
12	Curva de Graus Dia x Crescimento do tratamento D - Cana soca	65
13	Curva de Graus Dia x Crescimento do tratamento A - Cana ressoca	66
14	Curva de Graus Dia x Crescimento do tratamento B - Cana ressoca	67
15	Curva de Graus Dia x Crescimento do tratamento C - Cana ressoca	68
16	Curva de Graus Dia x Crescimento do tratamento D - Cana ressoca	69
17	Precipitações pluviométricas - Posto DER - ESALQ/USP	78

UTILIZAÇÃO DO TANQUE DE EVAPORAÇÃO CLASSE "A" PARA O
CONTROLE DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM SOQUEIRA DE
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)

Autor: Miguel Viscaíno Carretero

Orientador: Dr. Rubens Scardua

RESUMO

Nesta pesquisa procurou-se determinar a melhor dotação de água, segundo a evaporação do tanque classe "A", para que se pudesse preconizar a irrigação da cana-de-açúcar, no estágio de soqueira, pelo método de gotejamento e suas implicações com o crescimento e a produtividade.

Adotou-se para o experimento, o delineamento de blocos casualizados com 4 tratamentos e cinco repetições. A variedade usada foi a NA 56-79. O plantio foi feito em 14/04/1976, e a colheita da soca e ressoca em 05/07/1978 e 28/08/1979, respectivamente.

A irrigação nos tratamentos foi realizada por gotejamento, e sua dotação se baseou na evaporação do tanque Classe "A" (ECA). Assim os tratamentos A, B, C e D correspondiam às parcelas que recebiam, respectivamente, 1.0 ECA; 0.8 ECA; 0.6 ECA, e 0.0 ECA, tanto na cana soca como ressoca. Cor

relacionou-se o crescimento com uma função de clima, denominada "Grau dia corrigido para Fotoperíodo" - (GD).

A altura total de água recebida pela cana soca no período foi de 1623 mm e na cana ressoca 1866 mm, sendo necessários 11,6 mm de água para produzir uma tonelada de cana/ha e 77,5 mm para a produção de uma tonelada de POL/ha na soca.

Para a ressoca foram necessários 14,8 mm para produzir uma tonelada de cana/ha e 93,7 mm para produção de uma tonelada de POL/ha. Confirmou-se que a magnitude do crescimento é um dos índices indicativo do potencial de produção da cana.

Concluiu-se que a irrigação não deve ser recomendada em soqueira de cana-de-açúcar, nas mesmas condições de clima e solo constantes deste experimento.

Verificou-se que houve uma correlação entre desenvolvimento vegetativo da soca e ressoca e a função de clima denominada "Grau Dia Corrigido para Fotoperíodo" (GD), constituindo-se tais relações básicas de dependência clima x crescimento, indicadores básicos para previsão de corte e de rendimento agrícola.

UTILIZATION OF THE CLASS "A" PAN FOR CONTROLLING DRIP
IRRIGATION OF SUGARCANE (*Saccharum* spp.) RATOON CROPS

Author: Miguel Viscaíno Carretero

Adviser: Dr. Rubens Scardua

SUMMARY

In this research, an attempt was made to define the best amount of water, determined by the evaporation of a class "A" pan, in order to establish the irrigation of sugar-cane ratoon crops by the drip method, and its implications on growth and yields.

A randomized block design with four treatments and five replications was adopted. The variety chosen was NA 56-79, which was planted on April 14, 1976 and the harvest of first and second ratoons was done on July 5, 1978 and August 28, 1979, respectively.

The treatments were drip-irrigated, and the amount of water was based on the evaporation of the class "A" pan (ECA). Treatments A, B, C and D corresponded to plots which received 1.0 ECA, 0.8 ECA, 0.6 ECA and 0.0 ECA, first and second ratoons.

Growth was correlated with a climate function called "Degrees-day Corrected for Photoperiod" - (GD).

Total water height received by the first ratoon cane during the period was 1623 mm, and the second ratoon 1866 mm; 11.6 mm of water was necessary to produce 1 ton cane/ha, and to produce 1 ton pol/ha, in the first ratoon crop, 77.5 mm was necessary. In the second ratoon crop 14.8 mm were necessary to produce 1 ton cane/ha, and 73,7 mm to produce 1 ton pol/ha. It was confirmed that growth magnitude is an index of cane growth potential.

It was concluded that irrigation is not recommended for sugarcane ratoon crops under climate and soil conditions to those of this experiment.

It was shown that there was a correlation between vegetative development of first and second ratoons and the climate function called "Degrees-day Corrected for Photoperiod" (GD), and that basic dependence relationships such as climate x growth are fundamental for the prediction of harvest time and agricultural yields.

1. INTRODUÇÃO

Sendo o Brasil um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, com uma área plantada de 2.607.638 ha e uma produção de 148.650.563 toneladas em 1980, e tendo em vista a importância do álcool, atualmente, como combustível de veículos automotores, considera-se a cana como uma das principais culturas exploradas no país.

No âmbito estadual, São Paulo é o maior produtor, com uma área de 947.750 ha e uma produção de 70.728.788 toneladas de cana e 3.914.816 toneladas de açúcar na safra 81/82 (MENEZES, 1982).

Apesar desta importância, a produtividade da lavoura canavieira no país é baixa, em torno de 54 ton/ha/ano (67 ton/ha/ano para o Estado de São Paulo). Nos países onde a cultura da cana-de-açúcar é desenvolvida com o emprego de alta tecnologia, como na Austrália e África do Sul, por exemplo, as produtividades médias atingem aproximadamente 100 ton/

ha/ano.

Dentre as técnicas de operação de cultivo responsáveis por este alto rendimento, destaca-se o uso da irrigação. O sistema mais difundido naqueles países é o de irrigação por sulcos de infiltração, que também ocupa a maior parte das áreas irrigadas nas regiões semi-áridas do nordeste do Brasil. No Estado de São Paulo, os sulcos de infiltração, receberam maior receptividade, mas são pouco usados, pois além da baixa eficiência, requerem sistematização do terreno. A irrigação por aspersão, que se apresenta tecnicamente mais indicada, tem um alto custo de implantação e exige mão-de-obra qualificada.

Na década de 60, surgiu um novo método de aplicação de água com boas perspectivas de uso, chamado gotejamento, que tem mostrado vantagens nas regiões áridas, onde há problemas de escassez de água, salinização do solo e alta taxa de evapotranspiração. É um sistema de alta eficiência, automatizado, exigindo pouca mão-de-obra e facilitando o emprego de adubos líquidos ou dissolvidos em água. As chuvas, pela sua irregularidade ou deficiência em determinados períodos da cultura, tem prejudicado seu rendimento. Por outro lado a temperatura do ar, abaixo de certos limites também afeta o rendimento da cana-de-açúcar.

Para cada processo fisiológico e para cada tipo de planta há uma faixa térmica dentro da qual o processo

atinge sua maior intensidade. A ação da temperatura no desenvolvimento da planta pode ser quantificada pelo acúmulo diário de graus a partir de uma temperatura base abaixo da qual o crescimento vegetal é severamente afetado. Um estudo de exigências térmicas permite estimar o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

O estudo do consumo de água pela cana-de-açúcar, e da temperatura para atender a sua exigência em cada estágio de desenvolvimento, justifica-se plenamente, tendo em vista o elevado valor econômico que a cana-de-açúcar tem representado ultimamente para o país.

Considerando-se os problemas aqui ventilados e a necessidade de maiores informações sobre a cana irrigada por gotejamento, foi desenvolvido este trabalho com o objetivo principal de determinar o consumo de água a várias dotações com base na evaporação do tanque Classe A e verificar o desenvolvimento vegetativo, o rendimento da cultura da cana e a influência da temperatura ambiente nesse desenvolvimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Irrigação por gotejamento

A característica principal desse método de irrigação é distribuir a água no terreno por meio de dispositivos denominados gotejadores, através dos quais a água cai em gotas, com pressão virtualmente nula.

GOLDBERG e SHMUELI (1971) afirmam que o umedecimento intencional não uniforme da superfície do solo é uma característica da irrigação por gotejamento. Afirmam ainda que existe um gradiente constante da tensão de umidade do solo, desde a linha de gotejadores até a margem da área molhada.

KENWORTHY (1972) afirma que o método de irrigação por gotejamento toma por base o conceito de que o melhor uso da água disponível no solo e o melhor desempenho da plan-

ta poderão ser obtidos se evitado qualquer déficit de água, mantendo sempre condições favoráveis de umidade no solo no volume de maior atividade das raízes.

HALEVY *et alii* (1972) afirmaram que as raízes desenvolvem-se densamente, dentro dos limites do volume do solo molhado no gotejamento, e apresentam grande atividade de absorção de água.

GOLDBERG *et alii* (1976), destacam que a irrigação por gotejamento não é somente outro método de irrigação, mas sim um novo conceito da agronomia para as culturas, sob condições de controle da umidade do solo, fertilização e salinidade, época de colheita e qualidade de produção.

2.2. Fatores climáticos

Borden *et alii* citado por HUMBERT (1968) estudando o crescimento da cana em dois solos distintos, concluíram que existe uma correlação entre o crescimento semanal e a temperatura efetiva medida em graus dia. Este estudo mostrou claramente a influência que os fatores climáticos tem sobre a produção.

A temperatura é um dos fatores do clima mais importantes, e é ela que, juntamente com a precipitação, quantifica e qualifica as espécies vegetais no globo terrestre.

FAUCONNIER e BASSEREAU (1970) afirmam que o

crescimento da cana é nulo a 15°C , praticamente nulo a 18°C e não se estabelece senão acima de 20°C . A cada lugar corresponde um rendimento máximo, que depende das condições climáticas do ano. Afirmam ainda que a absorção da água pelas raízes é máxima de 28 a 30°C , nula de 10 a 15°C : é a seca fisiológica conhecida como inverno nas regiões subtropicais. Estes mesmos autores afirmam ainda que a temperatura para germinação depende da variedade, sendo lenta abaixo de 20°C , ótima entre 26 e 33°C , e prejudicial além de 40°C . O crescimento é consideravelmente aumentado a medida que a temperatura média se eleva acima de 20°C ; é assim que a elongação da cana e o volume do colmo são quatro vezes mais efetivos a 25°C que a 21.

Supondo uma variação linear na distribuição da temperatura do ar, desde a máxima até a mínima, VILLA NOVA *et alii* (1972) obtiveram, geometricamente uma fórmula para o cálculo de graus dia, para o caso em que a temperatura base é menor que a temperatura mínima e uma outra para temperatura base menor que a máxima e maior que a mínima.

DEMÉTRIO (1978) ajustou os dados de graus dia, acumulados para cana planta, à curva de Função Logística, concluindo que os mesmos correlacionavam-se perfeitamente com os 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 va-

lor térmico.

MANIERO (1980), estudando treze variedades de cana-de-açúcar nos municípios paulistas de Macatuba e Pradópolis, concluiu que existe correlação entre graus dia e crescimento da planta, e que esta relação é mais satisfatória após a cana-de-açúcar atingir a altura aproximada de 30 cm. Concluiu, também, de seus ensaios que os Graus Dia Acumulados constituíram-se em elementos importantes para estimar o desenvolvimento da cana-de-açúcar e o potencial de produção de uma região correlacionado com o seu índice térmico.

2.2.1. Evapotranspiração/Evaporação

FRITSCHEN e SHAW (1961) chegaram a conclusão de que o tanque classe A pode ser usado para estimar a evapotranspiração, desde que se conheça as relações entre a perda de água da cultura e do tanque.

Fuhriman e Smith, citados por KRUTMAN (1963), obtiveram os seguintes resultados em cana para a relação uso consuntivo/evaporação: 0,52 para os dois primeiros meses após o plantio, atingindo o máximo de 0,91 e decrescendo para 0,52 na época anterior à colheita. O valor médio encontrado foi 0,71.

KRUTMAN (1963), em trabalho realizado na Estação experimental do Curado - PE, visando obter dados para fi-

xar o intervalo de regas na cana, encontrou a relação uso consuntivo/evaporação para o período de irrigação, quando a cultura cobriu o solo, igual a 0,58, sendo que para os meses de crescimento mais intenso, esta mesma relação foi igual a 0,65. Cowan e Innes citados por KRUTMAN (1963) concluíram que a relação uso consuntivo da cana/evaporação de uma superfície livre, era de ordem de 0,58.

HARDY (1966) na ilha de Maurício, empregando 6 lisímetros na cultura de cana, determinou que a evapotranspiração média anual foi de 1722, 1518 e 1744 mm, e que a quantidade de água para cada tonelada de cana produzida foi de 11,9 mm; 9,8 mm e 11,7 mm respectivamente para os anos de 1964, 65 e 66.

CHANG *et alii* (1967), no Havaí, em vários projetos irrigados com diferentes dotações de água controlada pelo tanque de evaporação classe A, afirmaram que a colheita máxima foi obtida quando a evapotranspiração atual e potencial foram iguais. Isto dá validade à estreita correlação entre a evapotranspiração e a evaporação do tanque classe A. Afirmaram, ainda, que os princípios básicos que governam a evapotranspiração estão agora sendo usados para avaliar a água, os sistemas de distribuição e determinar a sua distribuição durante períodos de seca.

Experimentos conduzidos por THOMPSON (1967) em Natal, África do Sul, em que estudou as relações entre a eva

potranspiração potencial da cultura da cana e os fatores ambientais, mostraram a mesma confirmação já alcançada por pesquisadores de outros países, de que existe uma aproximação praticamente igual entre os valores da evapotranspiração (E_t) potencial medida e a evaporação (E_o) do tanque Classe A. Essas medidas, para o período de janeiro a julho de 1963, foram de 3,80 mm/dia de E_t potencial, obtendo uma relação média de E_t/E_o de 0,99 e, uma relação média da E_t/E_o de Penman de 1,13. Verificou ainda que as médias semanais da E_t diária excediam as quantidades prováveis em termos de radiação líquida medida isoladamente, e que o efeito da existência de considerável energia defectiva tem, portanto, sido sugerido como principal motivo da elevada relação E_t/E_o .

CRUCIANI (1972), em experimento realizado na Usina Monte Alegre em Piracicaba-SP, encontrou as seguintes correlações entre a evaporação do tanque Classe A e a evapotranspiração da cultura, determinada pelo método do balanço hídrico.

TABELA 1. Correlações E_t/E_o (CRUCIANI, 1972).

Estádio	Idade em meses	E_t mm/dia	E_t/E_o
1º	0 - 6	1,33	0,420
2º	6 - 12	3,42	0,760
3º	12 - 16	2,35	0,790

Variedade da cana: IAC 50-134.

FOGLIATA (1974), na Argentina, estudando a evapotranspiração média na cultura da cana durante 10 meses, encontrou 4,36 mm/dia, com um máximo de 6,09 e um mínimo de 3,46 mm/dia. Verificou que a cultura necessita de 12,55 a 14,90 mm de água para produzir uma tonelada de cana e 104,9 a 144,2 mm de água para produzir uma tonelada de açúcar. Em outro experimento constatou que a cultura de cana necessita de irrigação quando o solo atinge 1 a 2,5 atmosferas de tensão de água. Verificou ainda que a evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar em Tucumã foi 4,42 mm/dia na primavera, 6,09 mm/dia no verão e 3,46 mm/dia no outono, obtidos em listímetros e em condições de campo. O total de água de uso consuntivo foi de 1.331,60 mm.

SCARDUA e SOUSA (1976) em experimento com cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, e cujos tratamentos receberam quantidades de água em função da evaporação E_o do tanque classe A, nos níveis 1,0 E_o ; 0,8 E_o ; 0,6 E_o ; 0,0 E_o , concluíram que o tratamento 0,6 E_o deve ser recomendado para a irrigação da cana nas condições do experimento e do método empregado.

SOUSA (1976a), em experimento realizado na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar no município de Araras, SP, encontrou as seguintes correlações entre a evaporação do tanque Classe A e a evapotranspiração real da cultura no tratamento 3, determinada pelo método do balanço hídrico no campo.

TABELA 2. Correlações ER/Eo (SOUSA, 1976a)

Estádio	Idade em meses	ER mm/dia	ER/Eo
1º	4 - 6	3,413	0,597
2º	6 - 12	3,453	0,720
3º	12 - 14	2,379	0,705

Variedade da cana empregada: CB 41-76

Caracterizou os seguintes estádios por períodos:

1º estágio - da emergência das plantas até o 6º mês;

2º estágio - período que vai do 7º até o 12º mês; e

3º estágio - período que vai do 12º até o 14º mês.

No tratamento 3 a irrigação era feita quando o solo perdia 75% do total de água disponível. SOUSA (1976b) em Araras, SP, estudando a cana-de-açúcar irrigada por sulcos de infiltração, encontrou coeficientes médios de proporcional-

lidade (k) entre evapotranspiração real (ER) e a evaporação (Eo) do tanque Classe A de 0,471, 0,675 e 0,655 para o 1º, 2º e 3º estádios do desenvolvimento vegetativo, respectivamente.

2.3. Sistema radicular

INFORZATO e ALVAREZ (1957) estudando, o sistema radicular da cana-de-açúcar var. Co 290, em condições normais de cultivo, em solo de terra roxa legítima no município de Araraquara, a uma profundidade de 30 cm, encontraram 41%, 71% e 66% das raízes aos 6, 12 e 18 meses, respectivamente. Eles concluíram que a maior quantidade de raízes se encontra localizada nos primeiros 30 cm de solo.

KRUTMAN (1962), em seu trabalho com cana sob condições naturais em Curado, PE, concluiu que, na cana soca, o sistema radicular está bem mais desenvolvido, e portanto, explora maior volume de terra. O mesmo não ocorre com a cana planta, na qual o sistema radicular se encontra em desenvolvimento, e o solo sofre compressão contínua.

HUMBERT (1968) confirma as pesquisas de diferentes autores, que afirmam ser nos primeiros 20 cm que se concentram 50% das raízes, aos 30 cm 70%; aos 40 cm 82%, e numa espessura de 60 cm de profundidade se concentram 85% das raízes. O sistema radicular da soca tem menor desenvolvimen-

to que o da cana planta, e as raízes desta permanecem vivas por um longo período depois do corte; mas gradualmente morrem a medida que se forma um novo sistema radicular na cana soca.

SCARDUA e SOUSA (1976), estudando o comportamento da cultura da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento em Araras-SP, e as diferentes dotações de água segundo a evaporação do tanque Classe A, determinou, para efeito da irrigação, que 80% se localizaram de 0 a 0,60 m de profundidade.

SOUSA (1976b) em Araras-SP, estudando a cana-de-açúcar irrigada por sulcos de infiltração, encontrou a 40 cm e na faixa seguinte, até os 60 cm de profundidade, um enraizamento médio de 62,40% e 82,20% respectivamente, havendo apenas uma diferença menor para o tratamento não irrigado.

2.4. Crescimento

KRUTMAN (1962), estudando o crescimento da cana sob condições naturais na Estação Experimental do Curado-PE, determinou três estádios bem distintos de elongação na cana planta: a) uma elongação máxima dos 3 aos 5 meses; com a média acima de 10 cm; b) dos 5 aos 7 meses elongações semanais compreendidas entre 4 a 10 cm; c) valores semanais abaixo de 4 cm, do 7º mês em diante. Na soca foram observados: a) dos 2 aos 3 meses, a elongação semanal foi de 9 a 11 cm;

b) entre 4 e 5 meses de alongação foi de 5 e 6 cm; c) dos 5 aos 7 meses houve um decréscimo para 1 e 3 cm. A alongação máxima ocorreu dos 2 aos 3 meses.

ROBINSON (1963), estudando o efeito da tensão da umidade do solo sobre a alongação da cana no Havaí, concluiu que esta declina no momento em que a tensão de umidade do solo aproxima-se de 2 atmosferas a 30 cm de profundidade. Haveria uma real redução na taxa de crescimento somente depois que a tensão do solo ultrapassasse a 2 atmosferas. Ele recomendou que a irrigação seja feita sempre que a tensão da umidade do solo a 30 cm de profundidade, se aproxime de 2 atmosferas.

ROVINSON *et alii* (1963), em experimentos com cana irrigada, no Havaí, concluíram que o comprimento do colmo é um indicador do efeito do déficit de umidade do solo sobre o rendimento da cana-de-açúcar e que o decréscimo no comprimento do colmo ocorreu sempre que as tensões de umidade do solo excediam a 2 atmosferas.

Temperatura, luz e umidade são os principais fatores climáticos que controlam o crescimento da cana. É uma planta tropical, desenvolvendo-se melhor em regiões de temperaturas elevadas e áreas ensolaradas. Mangelsdorf, citado por HUMBERT (1968), caracteriza um clima ideal para a produção da cana-de-açúcar:

a) um período de crescimento com verão longo e

quente e precipitação adequada;

b) fase de amadurecimento e colheita razoavelmente seca, ensolarada e fria, mas livre de geada;

c) ausência de furacão e tempestades.

Stender, citado por HUMBERT (1968), mostrou a correlação entre o crescimento e diâmetro do colmo para a temperatura no Havaí. Suas medidas mostraram que o crescimento dos colmos primários no inverno foi reduzido a um terço do crescimento no verão.

EAVIS (1972), em Barbados, cultivou duas variedades de cana em lisímetros contendo, ambos, solos argilosos Montmoriloníticos e caoliníticos. Durante um período de seis meses as diferenças entre crescimento e perfilhamento no tratamento em que o lençol freático foi mantido a 15 cm abaixo da superfície do solo e o tratamento na capacidade de campo (drenado desde 80 cm abaixo da superfície do solo) esteve insignificante em um outro tipo de solo ou variedade de cana. Este resultado pode ser comparado com outro trabalho do mesmo autor, quando o solo inundado até a superfície do terreno, afetou adversamente a taxa de elongação e o perfilhamento. Durante a seca, a elongação total (colmo e ponta da folha) foi de 200% maior no caolinítico e 50% no montmorilonítico, para as plantas antecipadamente inundadas.

FOGLIATA (1972), estudando a irrigação da cana-de-açúcar em Tucuman, com a var. NA 56-79 e irrigação por sulcos de infiltração, concluiu que os melhores resultados de

elongação do colmo (cm), foram obtidos com as irrigações realizadas quando ainda restavam 40% da água disponível no solo, e que correspondia a tensões de água entre 1 a 2,5 atmosferas. Em um outro experimento com a var. NA 56-30, em diferentes níveis de umidade disponível para o crescimento da cana, constatou que a relação entre os valores da tensão semanal de elongação do colmo, sugerem que o momento ótimo para a irrigação seria quando a tensão da água do solo atingisse entre 1,00 a 2,5 atmosferas. Ele afirmou que nova irrigação deve ser provida quando o crescimento semanal cair próximo de 50%.

SCARDUA e SOUSA (1976), em experimento realizado em Araras-SP, com a var. CB 41-76 e irrigada por gotejamento concluíram que a medição do comprimento do colmo até a 1ª aurícula visível, mostrou ser o parâmetro fisiológico mais indicativo na produção da cana.

SOUSA (1976a) em Araras-SP, concluiu que o número de brotos ou perfilhos, diâmetro e número de colmos na colheita, são características que independem dos regimes de umidade estudados, mas que o mesmo não ocorre com o crescimento do colmo medido na primeira aurícula visível. Ele afirma ainda que o melhor índice para se determinar o potencial de produção da cana é a magnitude do crescimento do colmo, e isto também foi confirmado por ele mesmo em SOUSA (1976b).

2.5. Necessidade de irrigação, relacionada com a produção

A água necessária para uma cultura em regiões úmidas, depende mais da frequência e intensidade das precipitações mensais, durante o período de crescimento, do que da precipitação total anual. Portanto a necessidade de irrigações nessas regiões varia de um ano a outro, com as chuvas que caem durante a época de desenvolvimento das plantas (ISRAELSEN, 1963).

THOMPSON e COLLINS (1963), nas Costas de Natal encontraram uma média inferior a 29,65 ton de cana ha/ano, como resposta a irrigação suplementar.

ROBINSON *et alii* (1963) estudando a utilização do tanque de evaporação Classe A para o controle da irrigação na cana-de-açúcar no Havaí, onde realizou experimentos com diferentes dotações de água, concluíram que 0,85 Eo produziu o timo rendimento sob as condições estudadas, e que a irrigação e a densidade da cultura, ambos causaram diferenças altamente significantes no rendimento da cana.

ISRAELSEN e HANSEN (1965) consideraram que as plantas podem extrair até 75% da água disponível no solo sem muito esforço. Consideram também que as culturas em seu período de desenvolvimento, necessitam continuamente de água, mas a grandeza de suas necessidades varia com a cultura, idade da mesma, a temperatura e as condições atmosféricas, todos eles fatores variáveis.

THOMPSON *et alii* (1967) estudando a irrigação suplementar em dois solos de Natal, em cana-de-açúcar, obtiveram um rendimento de 121,8 ton/ha em solo arenoso e irrigado, contra 76,6 ton/ha em cana não irrigada. No solo argiloso o rendimento foi de 121,8 ton/ha na cultura irrigada contra 64,8 ton/ha na não irrigada. Eles concluíram que quando a água disponível para a irrigação suplementar está limitada, os solos pesados deverão ter preferência à irrigação em relação aos arenosos.

A resposta à irrigação na cultura da cana depende do estágio de desenvolvimento em que ela se encontra no momento da aplicação da água. Com base nesse conhecimento Shaw, citado por CAMPBELL (1968), trabalhando nas planícies da Jamaica, relatou que o aumento de produção na irrigação é maior no primeiro terço de uma cultura anual do que no último terço. Esta é uma descoberta importante, especialmente quando a irrigação suplementar é participante e quando há limitação de equipamento ou água, e é obviamente importante para decidir em qual estágio de crescimento se dará o último retorno a irrigação. Segundo HUMBERT (1968), a frequência das regas depende do estágio de desenvolvimento da cana. Na germinação requer regas rápidas e frequentes, e a medida que as raízes se desenvolvem e se aprofundam, as regas serão mais espaçadas e pesadas. Quando a cana chega a seu desenvolvimento total aconselha-se regar logo que a umidade disponível do solo baixa a 50% e, ao aproximar-se a maturidade, deve-se aumentar o intervalo entre

regas para reduzir o crescimento vegetativo, desidratar a cana e forçar a conversão dos açúcares redutores à sacarose recuperável.

ISOBE (1969) estudando a eficiência do uso da água na irrigação da cana no Havaí, determinou que ela varia de 2,13 a 2,67 ton de cana/ha para cada 25 mm de água aplicada e de 0,29 a 0,35 ton de açúcar/ha em média. A produção média do projeto foi de 341 ton de cana/ha e 46,5 ton açúcar/ha.

BARRETTO *et alii* (1971), estudando a cultura da cana irrigada por sulcos de infiltração em solo latossol roxo, no Estado de São Paulo, obtiveram sensível aumento de produção, ou seja, 126,8 e 123,0 ton/ha, para as var. Co 419 e CB 41-76 respectivamente e 82,3 ton/ha para as mesmas variedades, quando não irrigadas. A produção de açúcar para os tratamentos irrigados foi de 16,1 e 15,1 ton/ha, e para os não irrigados 9,1 e 10,0, respectivamente para as mesmas variedades.

EARLY (1974) realizou dois tipos de experimentos em cana-de-açúcar nas Filipinas, com três e seis níveis de dotações de água, com o fim de verificar o rendimento. Os experimentos irrigados apresentaram um rendimento máximo de 12,70 ton/açúcar/ha sobre os não irrigados, quando realizados na estação experimental. Provas de campo de aplicação de água com diferentes condições climáticas, de solo e culturais, foram realizadas nas usinas, e o rendimento máximo foi

de aproximadamente 3,0 ton de açúcar/ha.

Em experimento realizado em Araras-SP, para ve rificar o comportamento da cultura da cana irrigada por gotejamento, submetida a diferentes dotações de água, SCARDUA e SOUSA (1976) determinaram, que o melhor aumento de produtividade foi encontrado quando se fornecia 60% da evaporação do tanque classe A, correspondendo a 32,84 ton/cana/ha e 4,85 ton/açúcar/ha.

SOUSA (1976b) em Araras-SP, aplicando a irrigação por sulcos de infiltração em cana-de-açúcar, necessitou de 11,89 mm de água para produzir 1 ton de cana, e 82,42 mm para produzir 1 ton de açúcar. Os aumentos de rendimento, obtidos nos tratamentos irrigados, indicam que o potencial de água do solo deve ser mantido até um mínimo de 1,2 atm. O melhor tratamento apresentou um consumo médio de água de 3 mm, com o total do período de 868 mm.

DEMÉTRIO (1978), na pesquisa de cana planta, estudou o efeito da água do solo e da temperatura ambiente no rendimento agrícola e industrial, observou que o tratamento C que recebeu uma altura de água de irrigação correspondente a 60% da ECA, produziu 179,89 ton/cana/ha e 32,97 ton/açúcar/ha, para uma produção de 148,84 ton/cana/ha e 26,60 ton/açúcar/ha no tratamento D sem irrigação.

TULER *et alii* (1981) estudando o comportamento da cana irrigada por gotejamento em Campos, RJ, submetida a diferentes dotações de água, e cujo fornecimento era controla

do pela evaporação do tanque classe A, concluíram que não houve diferença significativa entre os tratamentos irrigados, mas estes diferiram significativamente do não irrigado. A variedade NA 56-79 apresentou uma produtividade média de 140 ton/cana/ha e 23 ton/açúcar/ha quando irrigada, para uma produção de 107,40 ton/cana/ha e 18,82 ton/açúcar/ha quando sem irrigação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Descrição geral da área de estudo

O Município de Piracicaba, localiza-se na região fisiográfica denominada Depressão Periférica Paulista, sub-região Médio Tietê, entre os paralelos 22º30' e 23º S e entre os meridianos de 47º30' e 48º10' W.G., a altitude de 576 m, conforme ilustra a Figura 1.

Segundo RANZANI (1976) isso significa que a área possui os atributos gerais dessa região, descrita por MORAES REGO (1932). A área do Município de Piracicaba é em sua maior parte constituída de sedimentos; apresenta zonas de intrusão de rochas básicas que marcam acentuadamente a topo-

FIGURA 1. Localização do Município de Piracicaba no Estado de São Paulo.

grafia e que desempenham importante papel na vida econômica regional, pelo fato de originarem terras adequadas à agricultura.

O clima da região, segundo o sistema Köppen, é do tipo Cwa: mesotérmico, de inverno seco, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e a média do mês mais quente oscila entre 23 e 24°C, só atingindo 22°C acima de uma altitude de 800.00 m. O total de chuva durante o mês mais seco, não ultrapassa 30 mm. A predominância da pluviosidade anual é de 1.200 a 1.300 mm, porém no alto da Serra de Itaqueri sobe a 1.400 mm e mesmo 1.450 mm, assim como desce a 1.100 mm, no canto SW da folha de Piracicaba (SETZER, 1946).

Dados referentes a: evaporação do tanque Classe A, precipitações pluviométricas, temperaturas médias, máximas e mínimas, de agosto de 1977 a setembro de 1979, no município de Piracicaba, são apresentados na Tabela 3.

3.1.2. Solo

A presente pesquisa foi conduzida na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ cujo solo fora classificado por RANZANI *et alii* (1966) como pertencente à série Luiz de Queiroz, possuindo horizonte B textural. No trabalho realizado pela COMISSÃO DE SOLOS DO SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISA AGRONÔMICA (1960) este solo corresponde à unidade de mapeamento Terra Roxa Estruturada (alfissol de acordo com a 7ª aproximação). A Figura 2 mostra a localização desse solo no Estado de São Paulo.

FIGURA 2. Mapa esquemático mostrando a localização da Terra Roxa Estruturada no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos do Serv. Nac. de Pesq. Agr. (1960).

TABELA 3. Dados meteorológicos durante o período de irrigação da área experimental

1977	ECA mm	ECA mm/dia	Precipitação mm	* Temperaturas (°C)		
				Max	Min	Média
Agosto	72.00	2.3	26.70	28.7	11.4	20.0
Setembro	70.80	2.4	123.03	29.1	13.5	21.3
Outubro	82.07	2.6	80.37	30.3	15.9	23.1
Novembro	57.76	1.9	107.20	29.9	17.3	23.6
Dezembro	20.80	0.7	332.71	28.0	16.2	22.1
1978						
Janeiro	26.58	0.9	97.73	31.2	18.3	24.5
Fevereiro	35.00	1.3	104.37	30.7	17.4	24.6
Março	91.03	2.9	87.20	30.5	16.9	23.7
Abril	96.58	3.2	5.06	29.0	12.4	20.7
Maio	88.92	2.9	81.09	25.7	9.8	17.8
Junho	-	-	49.74	24.7	7.6	16.1
Julho	-	-	75.00	26.3	8.3	17.2
Agosto	92.83	3.0	0.60	25.9	8.2	17.0
Setembro	86.80	2.9	158.06	26.8	11.7	19.3
Outubro	84.40	2.7	151.47	29.2	14.3	22.8
Novembro	28.00	0.9	190.70	28.7	16.5	22.6
Dezembro	91.60	3.0	275.58	29.3	16.7	23.0
1979						
Janeiro	76.80	2.5	128.65	28.6	15.7	22.2
Fevereiro	100.80	3.6	102.62	30.7	16.7	23.7
Março	82.80	2.7	85.87	29.6	15.1	22.3
Abril	90.94	3.0	105.74	27.8	12.3	20.0
Maio	123.40	4.0	87.02	26.0	11.1	18.5
Junho	67.86	2.3	0.00	24.8	8.1	16.4
Julho	47.71	1.5	23.30	24.1	8.3	16.0
Agosto	86.21	2.8	77.83	27.6	11.8	19.7
Setembro	-	-	-	26.1	13.3	19.7

* Temperaturas do posto meteorológico central da ESALQ/USP.
Os dados de evaporação do tanque classe A (ECA) e precipitação foram fornecidos pelo posto meteorológico do departamento de engenharia da ESALQ/USP, local do experimento.

Na Tabela 4 estão descritas de forma sucinta as principais características gerais desse solo.

TABELA 4. Características gerais da Terra Roxa Estruturada

Características Série Luiz de Queiroz (TRE)	
<hr/>	
Material de origem	eruptivas básicas
Relevo	suav. ond. a ondulado
Profundidade	prof. a muito profundo
Natureza do horizonte B	textural
Drenagem interna	boa
Relação inf./deflúvio	média
Textura do horizonte A	barro argiloso
Textura do horizonte B	argila
Retenção de água (perfil)	alta
Resist. à erosão	média
Itens. de uso agrícola	muito alta

Fonte: RANZANI *et alii* (1966) e COMISSÃO DE SOLOS DO SERV. NAC. DE PESQ. AGRON. (1960).

3.1.2.1. Características físicas e químicas

As características físicas do solo suporte do experimento, necessárias ao trabalho proposto foram:

- a) Peso específico aparente, determinado com auxílio do cilindro de UHLAND, e que acusou o valor médio de $1,42 \text{ g/cm}^3$;
- b) Peso específico real com o valor médio de $2,66 \text{ g/cm}^3$;

- c) Capacidade de infiltração do solo (Figura 3), determinada com o valor dos infiltrômetros de campo;
- d) Curva característica da água do solo (Figura 4), determinada com auxílio das placas de RICHARDS (1947).

A capacidade máxima de retenção de água do solo, aqui referida como capacidade de campo (Cc), foi determinada no campo à profundidade de 0 a 0,60 m com resultado médio de 34,63% com base em volume e o ponto de murchamento permanente (PMP) correspondente a 15 atm de tensão foi de 22,60% com base em volume. Os resultados das análises química e mecânica se encontra na Tabela 5.

TABELA 5. Características físicas e químicas do solo da área experimental do Departamento de Engenharia Rural para a camada de 0 a 0,60 m.

Arg. %	Limo %	Areia %	Peso específico			
			Aparente g.cm ⁻³	Real g.cm ⁻³		
60,16	8,00	31,84	1,42	2,66		
Teores trocáveis em me/100 g de terra						
pH	M.O.	N. total	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
6,0	3,0	0,154	0,034	0,29	3,72	1,20

FIGURA 3. Capacidade de infiltração do solo.

FIGURA 4 - Curva característica da água do solo

3.1.3. Variedade da cana-de-açúcar

Utilizou-se a NA 56-79 que é uma variedade medianamente exigente em água e fertilidade, tombamento regular, despalha fácil, produtividade agrícola razoável no primeiro corte, mas possuidora de boa capacidade de brotação nas socas, mesmo em condições adversas, e rápido desenvolvimento, fato este que a torna indicada também para cana de ano em algumas regiões, sob certas condições favoráveis. Em produção de açúcar por área, mostrou-se superior a variedade CB-41-76, considerada padrão, em 75% dos experimentos realizados.

Em anos de condições mais difíceis para maturação, possui um teor de sacarose aparente (POL) superior a CB 41-76 em 33,20% em maio, 19,10% em julho e 9,70% em setembro como se observa na Tabela 6, o que demonstra sua alta precocidade.

TABELA 6. Comparação entre a POL das variedades CB 41-76 e NA 56-79

Variedades	maio	julho	setembro
CB 41-76	10,22	12,74	14,52
NA 56-79	13,61	15,17	15,93

Fonte: BASSINELLO *et alii* (1976).

3.1.4. Equipamento de irrigação

Utilizou-se no presente experimento, a irrigação por gotejamento, cuja principal característica é a colocação da água no solo em forma de gotas, através de dispositivos chamados gotejadores, com pressão virtualmente nula.

O sistema de irrigação por gotejamento se compõe de um conjunto moto-bombas que recalca a água de um lago e através de uma tubulação subterrânea de ferro galvanizado, até o cabeçal de controle composto de: filtro de areia, filtro de tela, injetor de adubo e sistema de controle de vazão. Do cabeçal de controle a água é conduzida pela linha mestres às linhas de derivação através de válvulas métricas, que controlam a quantidade de água. Das linhas de derivação a água é conduzida às respectivas linhas laterais com gotejadores. Em cada linha de derivação há uma válvula que controla a vazão da água.

A Figura 5 mostra com detalhes o sistema de irrigação empregado.

3.1.5. Dados meteorológicos

Os dados referentes à temperatura, precipitação e evaporação do tanque classe A foram obtidos no Posto Evaporimétrico, junto à área experimental. Também foram utilizados os dados fornecidos pelo Posto Meteorológico Central da ESALQ/USP.

FIGURA 5. Equipamento de irrigação por gotejamento usado no experimento.

3.1.6. Acessórios

Foram utilizados trados convencionais para amostragem do solo, balança de precisão e estufa 105 - 110°C.

Para as medidas do potencial matricial da água do solo foram utilizados tensiômetros com vacuômetros de mercúrio, instalados na área do experimento às profundidades de 15, 30 e 40 cm.

3.2. Métodos

3.2.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições.

Os tratamentos foram definidos por regimes de água do solo proporcionados à cultura, através da irrigação por gotejamento, baseados no controle através da evaporação do tanque Classe A.

Tratamento 1 - Refere-se às parcelas que receberam irrigação, correspondente a 100% da evaporação do tanque Classe A.

Tratamento 2 - Refere-se às parcelas que receberam irrigação correspondente a 80% da evaporação do tanque Classe A.

Tratamento 3 - Refere-se às parcelas que receberam irrigação correspondente à 60% da evaporação do tanque Classe A.

Tratamento 4 - Parcelas não irrigadas.

3.2.2. Instalação do experimento

O campo experimental foi preparado pelo método convencional, isto é, arado e gradeado. Foram abertos pares de sulcos distanciados 0,90 m entre si. Cada par de sulcos tem um espaçamento de 1,80 m. Cada parcela (Figura 6) ocupa uma área de 20,00 m por 8,10 m. Considerou-se como área útil a linha dupla central que perfaz a área de 54,00 m² (20,00 x 2,70 m).

No plantio, 14 de abril de 1976, adubou-se segundo a formulação 80 kg N/ha (40 kg/ha no plantio e 40 kg/ha seis meses após); 150 kg P₂O₅/ha e 150 kg K₂O/ha.

Foram cortados toletes contendo 3 gemas e distribuídos dentro dos sulcos na base de 4 toletes por metro linear. A seguir, cobriu-se com uma camada de 8 cm de terra.

3.2.3. Condução da irrigação - cana soca e ressoca

A irrigação de uniformização do bulbo molhado iniciou-se em agosto de 1977 e de 1978, para a cana soca e ressoca, respectivamente. Com esta irrigação, como preconiza

FIGURA 6. Campo experimental e detalhe da parcela experimental.

o próprio método, formou-se o bulbo molhado, que é o volume de solo servido de água por um gotejador o qual, em caso de cultivos em linha, é dado pela fórmula sugerida por JAIME (1973).

$$B = D.S. Pr$$

onde:

B = volume do bulbo molhado de solo em litros

D = espaçamento entre linhas em metros

S = espaçamento dos gotejadores na linha em metros

Pr = profundidade radicular em milímetros

O volume de água necessário para elevar a umidade do solo à capacidade de campo no bulbo molhado, foi calculado, a partir da fórmula:

$$V_B = D.S.Pr.Da (Ps_{cc} - Ps_{ai})/100$$

onde:

V_B = volume de água necessário em litros

Ps_{cc} = umidade do solo à capacidade de campo em % de peso

Ps_{ai} = umidade do solo antes da irrigação em % de peso

A área de cada gotejador é de 2,70 m² (1,00 x 2,70 m) mas, para efeito de cálculo de irrigação, foi conside

rado 50% desta área, isto é, $1,35 \text{ m}^2$ em virtude do caminhamento lateral da água estar em torno de 0,65 m.

A profundidade efetiva do sistema radicular foi de 0,40 m.

Para aplicação na fórmula, os dados foram:

$$D.S. = 1,35 \text{ m}^2$$

$$Pr = 0,40 \text{ m}$$

$$Da = 1,42 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$Ps_{cc} = 24,39\%$$

$$Ps_{ai} = 15,92\% \text{ (considerando-se a umidade no PMP).}$$

$$V_B = 0,065 \text{ m}^3 \text{ correspondendo a uma lâmina de 48 mm de água.}$$

Cada parcela tinha 60 gotejadores, com uma vazão média de 4 l/hora (3 mm/h) à pressão de 10 m.c.a.

Após este período de uniformização do bulbo molhado, a dotação de água para os diversos tratamentos passou a ser a seguinte:

Tratamento 1 - 1,0 . ECA

Tratamento 2 - 0,8 . ECA

Tratamento 3 - 0,6 . ECA

Tratamento 4 - 0,0 . ECA

3.2.4. Adubação da soca e ressoca

Em 15 de agosto de 1977 teve início a colheita da cana planta e o ciclo da cana soca. Para a adubação da cana soca e ressoca empregou-se 60 kg/ha de nitrogênio e 60 kg/ha de K_2O , tendo-se como fontes destes nutrientes o sulfato de amônio, uréia e o cloreto de potássio. A adubação fosfatada foi realizada no plantio. A aplicação do adubo foi feita pela água de irrigação nas parcelas irrigadas, e nas não irrigadas (testemunhas) a aplicação foi manual.

O adubo era dissolvido na água no próprio injetor de adubo, e a quantidade aplicada era controlada por meio de válvulas.

3.2.5. Análise dos dados

3.2.5.1. Crescimento da cana

A medição do crescimento foi tomada na primeira aurícula visível (altura da inserção da primeira folha) medida em 3 canas de cada tratamento previamente marcadas ao acaso nas 5 repetições, totalizando 60 plantas medidas semanalmente. Ao lado de cada planta, um piquete numerado, servia de base para esta medição. As medições iniciaram-se no dia 01/10/77 para a cana soca e 04/09/78 para a cana ressoca até o dia 28/06/78 para a soca e 16/07/79 para a ressoca.

3.2.5.2. Relações entre o desenvolvimento vegetativo da soca e ressoca e condições climáticas

A - Caracterização do desenvolvimento vegetativo

A velocidade de crescimento é afetada pela temperatura do meio ambiente, havendo para cada espécie uma temperatura limite, abaixo da qual o crescimento não é significativo. Para a cana-de-açúcar está próximo de 20°C, como consideram FAUCONNIER e BASSEREAU (1970).

Baseado nestes fatos, desenvolveu-se o conceito de graus dia, que, para Robertson, citado por VILLA NOVA *et alii* (1972), representa a diferença diária entre temperatura média do ambiente e a temperatura considerada limite para a espécie.

As alturas de cada tratamento, constituiram-se da altura média geral de três plantas de cada repetição (5 repetições x 3 plantas/repetição = 15 plantas).

Tomou-se um intervalo de crescimento de 4 semanas, obtendo-se a variação de altura do período (ΔH) assim como o valor absoluto ($H = \Sigma \Delta H$) para cada tratamento. No presente trabalho foi feita uma caracterização de função de clima idêntica aquela proposta por VILLA NOVA (1982)*, denominada de "Grau dia corrigido para Fotoperíodo" - (GD).

* Comunicação pessoal

B - Caracterização da "função de clima"

Os dados de ΔH obtidos, foram correlacionados, com uma função de clima, idêntica aquela proposta por VILLA NOVA (1982)*, denominada de "Grau dia Corrigido para Fotoperíodo" (GD).

Para calcular GD, foram utilizadas as expressões:

$$GD_T = \frac{(n\overline{GD})^{n_f/n_i + 1}}{n_f/n_i + 1} \dots\dots\dots (1)$$

onde:

GD_T = graus dias corrigidos totais

$\overline{GD}$ = valor do graus-dia, média do intervalo

n = número de dias do intervalo

n_f = valor do fotoperíodo no fim do intervalo (horas)

n_i = valor do fotoperíodo no início do intervalo (horas)

O valor do grau dia médio do intervalo, foi de terminado pelas expressões:

$$\overline{GD} = \frac{(\bar{T} - t_b)^2}{2(\bar{T} - \bar{t})} \dots\dots\dots (2)$$

para $t_b > t$

$$\overline{GD} = \left(\frac{\bar{T} - \bar{t}}{2} \right) + (\bar{t} - t_b) \dots\dots\dots (3)$$

para $t_b < t$

onde:

$\bar{T}$ = média das temperaturas máximas do intervalo

$\bar{t}$ = média das temperaturas mínimas do intervalo

t_b = temperatura mínima para o desenvolvimento vegetativo apreciável (temperatura base), tomada no caso como 18°C ($t_b = 18^{\circ}\text{C}$)

C - Relações de dependência entre H e GD_T

Com o objetivo de caracterizar a dependência do desenvolvimento vegetativo (ΔH) com relação ao clima caracterizado pela função de clima já descrita (GD_T), um estudo de regressão linear da interação $\Delta H \times GD_T$, foi conduzido para cada tratamento, tanto para soca como para ressoça.

3.2.5.3. Produtividade e número de colmos

Na colheita da cana de cada parcela fez-se feixes de 10 canas para pesagem e contagem dos colmos. Com auxílio de um dinamômetro montado em trator fez-se as pesagens.

3.2.5.4. Análise estatística

A - Análise da Variância

Os resultados obtidos para produtividade e número de colmos foram analisados segundo o delineamento de blocos casualizados, sendo o seguinte o esquema da análise de va

riância.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	$I - 1$			
Blocos	$r - 1$			
Resíduo	$I (I - 1)$			
Total	$r I - 1$			

onde: I = número de tratamento e,

r = número de blocos.

Os resultados obtidos para crescimento foram analisados segundo o esquema "Split-plot" em blocos casualizados, sendo o seguinte o esquema da análise da variância.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	$r - 1$			
Tratamento (T)	$I - 1$			
Resíduo A	$(r-1)(I-1)$			
Parcelas	$R_I - 1$			
Épocas (E)	$n - 1$			
Interação E x T	$(n-1)(I-1)$			
Resíduo B	$I (n-1)(r-1)$			
Total	$nrI - 1$			

onde: r = nº de blocos

I = nº de tratamentos

n = nº de épocas

O teste F para Tratamentos dentro da Época é feito utilizando-se o Quadrado Médio do Resíduo calculado da seguinte forma:

$$QM \text{ Res. Médio} = \frac{(n-1) Q.M. \text{ Resíduo B} + Q.M. \text{ Resíduo A}}{n}$$

O número de graus de liberdade para esse Resíduo Médio é calculado pela fórmula de SATTERTHWAIT (1946) dada por:

$$n' = \frac{Q.M. \text{ Resíduo A} + (n-1) Q.M. \text{ Resíduo B}}{\frac{(Q.M. \text{ Resíduo A})^2}{(r-1)(I-1)} + \frac{(n-1)^2 (Q.M. \text{ Resíduo B})^2}{I (n-1) (r-1)}}$$

B - Comparação de médias

A comparação das médias de Tratamentos dentro de Épocas e Tratamentos foi feita utilizando-se o teste de Dunnett que segundo ele, testa a significância entre as médias dos tratamentos e a média da testemunha. É, portanto, um teste específico para os casos em que se quer comparar diversos tratamentos com uma testemunha. Calcula-se, inicialmente a estatística:

$$t' = \frac{\hat{m}_t - \hat{m}_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_t} + \frac{1}{n_0} \right) \text{QMRes}}}$$

onde: $\hat{m}_t$ = média do tratamento

$\hat{m}_0$ = média da testemunha

n_t = nº de repetições com que foi calculada a média dos tratamentos

n_0 = nº de repetições com que foi calculada a média da testemunha.

A comparação das médias de Tratamentos dentro de Épocas foi feita utilizando-se o teste de Tukey. Para tanto calcula-se a estatística:

$$\Delta = q \frac{\sqrt{QMRes}}{\sqrt{r}}$$

onde=

q = valor tabelado ao nível de 5% ou 1% de probabilidade

r = número de repetições do tratamento.

Todos os contrastes de duas médias que forem, em valor absoluto, maior que Δ , serão significativos a um nível α de probabilidade e diz-se que as médias diferem entre si.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados na área experimental foram analisados permitindo obter os seguintes resultados:

4.1. Volume de água aplicado

A irrigação de uniformização do bulbo molhado iniciou-se em agosto de 1977 e de 1978, para a cana soca e repressoca, respectivamente.

Todas as parcelas dos tratamentos A, B e C, receberam a mesma quantidade de água, calculada, segundo JAIME (1973) para a profundidade de 0,40 m.

A partir desta data iniciou-se a diferenciação entre as dotações de água, pré-estabelecidas, e as leituras do crescimento.

As Tabelas 7 e 8 mostram o volume de água recebe

TABELA 7. Dotação de água para os tratamentos A, B, C, D, considerando-se as precipitações e evaporações do tanque Classe A acumuladas mensalmente no período de 1977 a 5 de julho de 1978, início da colheita (cana-soca)

Meses	Precipitação acumulada mensal mm	Evaporação Classe A acu- mulada, retor- nada ao solo pela irrigação mm	Tratamentos			
			Água aplicada pela irrigação			
			A	B	C	D
			Irrigado 1,0 ECA	Irrigado 0,8 ECA	Irrigado 0,6 ECA	Não irrigado
Ago/77	26,70	24,00	72,00	72,00	72,00	-
Set/77	123,03	70,80	70,80	56,64	42,48	-
Out/77	80,37	82,07	82,07	65,65	49,24	-
Nov/77	107,20	57,76	57,76	46,21	34,65	-
Dez/77	332,71	20,80	20,80	16,64	12,48	-
Jan/78	97,73	26,58	26,58	21,26	15,94	-
Fev/78	104,37	35,00	35,00	28,00	21,00	-
Mar/78	87,20	91,03	91,03	72,82	54,61	-
Abr/78	5,06	96,58	96,58	77,26	57,94	-
Mai/78*	81,09	88,92	88,92	71,13	53,25	-
Jun/78	49,74	-	-	-	-	-
até 5/7/78	-	-	-	-	-	-
	1095,20	593,54	641,54	527,60	413,59	
	≈ 1095,00		≈ 642 mm	≈ 528 mm	≈ 414 mm	

* Suspendeu-se a irrigação dia 31/5/78

Estes valores serão discutidos nos itens subsequentes, quando das comparações com os crescimentos e produções que proporcionaram.

TABELA 8. Dotação de água para os tratamentos A, B, C e D, considerando-se a precipitação pluviométrica e evaporação do tanque Classe A acumuladas mensalmente no período agosto/78 a abril/79, início da colheita (cana ressoca) 28/8/79

Meses	Precipitação acumulada mensal mm	Evaporação Classe A ac- mulada, retor- nada ao solo pela irrigação mm	Tratamentos			
			Água aplicada pela irrigação			
			A	B	C	D
			Irrigado 1,0 ECA	Irrigado 0,8 ECA	Irrigado 0,6 ECA	Não Irrigado
Ago/78	0,6	44,83	92,83	92,83	92,83	-
Set/78	158,06	86,80	86,80	69,44	52,08	-
Out/78	151,47	84,40	84,40	67,52	50,64	-
Nov/78	190,70	28,00	28,00	22,40	16,80	-
Dez/78	275,58	91,60	91,60	73,28	54,96	-
Jan/79	128,65	76,80	76,80	61,44	46,08	-
Fev/79	102,62	100,80	100,80	80,64	60,48	-
Mar/79	85,87	82,80	82,80	66,24	49,68	-
Abr/79*	105,74	90,94	90,94	72,75	54,56	-
Mai/79	87,02	123,40	-	-	-	-
Jun/79	0,00	67,86	-	-	-	-
Jul/79	23,30	47,71	-	-	-	-
Ago/79	77,83	86,21	-	-	-	-
	1387,44	1012,15	734,97	606,54	478,11	-

* Suspendeu-se a irrigação dia 30/04/1979

Estes valores serão discutidos nos itens subsequentes quando das comparações com os crescimentos e produções que proporcionaram.

bido pelos tratamentos nos períodos considerados para cana soca (agosto de 1977 a 5 de julho de 1978) e para cana ressoca (agosto de 1978 a 28 de agosto de 1979).

4.2. Crescimento

4.2.1. Análise estatística

Para se verificar o comportamento da cultura submetida aos vários tratamentos de irrigação foi determinado, semanalmente, o crescimento do colmo em cm, tomado na primeira aurícula visível.

Os dados de crescimento se encontram nas Tabelas 9 e 10 e foram analisados em esquema "Split-plot" em blocos casualizados, e os resultados estão nas Tabelas 11 e 12.

O teste F para tratamentos não foi significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Observando-se a Figura 7 (cana soca) verifica-se que até outubro de 1977 e nos meses de abril, maio e junho de 1978, término do experimento, o crescimento da primeira aurícula visível foi pequeno, não se registrando diferenças significativas entre os tratamentos. Na Figura 8 (cana ressoca) verifica-se o mesmo inicialmente, até outubro de 1978, não ocorrendo nos meses finais, pois que o experimento

TABELA 9. Dados de crescimento da cana em cm - cana soca.

Tratamentos	1/10/77	8/10	13/10	21/10	27/10	4/11	10/11	26/11	7/12	16/12	4/1/78	18/1	26/1	2/2	9/2	16/2	13/3	29/3	7/4	14/4	21/4	28/4	5/5	22/5	28/6
A	1	13,0	15,0	17,0	25,0	33,0	50,0	69,7	86,0	103,0	138,0	155,0	183,0	192,0	206,0	221,0	250,0	283,0	290,0	295,0	300,0	302,0	307,0	312,0	330,0
	2	16,0	24,0	25,0	41,0	54,0	94,0	99,0	120,0	145,0	160,0	200,0	203,0	218,0	236,0	253,0	290,0	310,0	315,0	320,0	327,0	330,0	334,0	338,0	360,0
	3	15,0	21,0	26,0	43,0	59,0	110,0	128,0	154,0	156,0	170,0	198,0	226,0	237,0	243,0	252,0	280,0	310,0	313,0	315,0	320,0	320,0	322,0	334,0	350,0
	4	10,0	15,0	19,0	28,0	38,0	80,0	110,0	125,0	145,0	175,0	200,0	214,0	220,0	231,0	240,0	274,0	295,0	300,0	312,0	312,0	320,0	320,0	322,0	350,0
	5	20,0	21,0	30,0	43,0	57,0	84,0	110,0	136,0	170,0	205,0	230,0	240,0	243,0	254,0	262,0	307,0	318,0	325,0	329,0	335,0	342,0	342,0	342,0	375,0
B	1	13,0	18,0	22,0	33,0	40,0	52,0	77,0	116,0	131,0	161,0	184,0	197,0	206,0	214,0	232,0	262,0	280,0	290,0	291,0	292,0	293,0	293,0	305,0	318,0
	2	25,0	34,0	35,0	54,0	61,0	80,0	106,0	139,0	148,0	170,0	195,0	208,0	220,0	232,0	248,0	300,0	305,0	320,0	323,0	332,0	340,0	342,0	352,0	360,0
	3	18,0	20,0	28,0	37,0	53,0	70,0	80,0	133,0	146,0	160,0	189,0	200,0	218,0	225,0	234,0	264,0	285,0	300,0	302,0	310,0	315,0	320,0	330,0	350,0
	4	10,0	13,0	20,0	26,0	35,0	62,0	86,0	118,0	140,0	170,0	199,0	210,0	216,0	227,0	237,0	280,0	300,0	310,0	315,0	320,0	325,0	325,0	330,0	360,0
	5	12,0	18,0	20,0	27,0	37,0	50,0	76,0	116,0	133,0	165,0	198,0	212,0	221,0	235,0	240,0	280,0	318,0	315,0	325,0	330,0	335,0	357,0	358,0	360,0
C	1	23,0	26,0	32,0	50,0	66,0	83,0	120,0	162,0	177,0	210,0	240,0	240,0	243,0	265,0	275,0	315,0	320,0	335,0	335,0	338,0	338,0	340,0	345,0	370,0
	2	20,0	27,0	35,0	45,0	64,0	71,0	98,0	137,0	145,0	171,0	187,0	194,0	205,0	212,0	223,0	248,0	270,0	280,0	287,0	295,0	298,0	300,0	303,0	323,0
	3	5,0	9,0	10,0	17,0	26,0	35,0	69,0	107,0	120,0	147,0	178,0	188,0	196,0	204,0	220,0	253,0	280,0	283,0	292,0	295,0	298,0	300,0	310,0	335,0
	4	10,0	12,0	18,0	24,0	33,0	50,0	78,0	118,0	134,0	168,0	190,0	205,0	213,0	222,0	234,0	278,0	295,0	310,0	315,0	320,0	330,0	332,0	338,0	345,0
	5	16,0	17,0	22,0	33,0	38,0	55,0	77,0	112,0	130,0	158,0	185,0	199,0	206,0	218,0	230,0	272,0	300,0	305,0	315,0	320,0	320,0	322,0	322,0	370,0
D	1	15,0	23,0	25,0	26,0	39,0	50,0	56,0	99,0	111,0	138,0	165,0	176,0	182,0	187,0	198,0	230,0	234,0	245,0	245,0	245,0	246,0	248,0	248,0	290,0
	2	6,0	7,0	10,0	15,0	20,0	23,0	38,0	70,0	86,0	110,0	129,0	140,0	144,0	153,0	164,0	190,0	220,0	222,0	223,0	223,0	224,0	226,0	230,0	240,0
	3	12,0	15,0	21,0	36,0	45,0	64,0	87,0	133,0	148,0	170,0	198,0	210,0	225,0	235,0	255,0	290,0	315,0	325,0	330,0	332,0	335,0	338,0	345,0	380,0
	4	13,0	15,0	20,0	28,0	35,0	46,0	66,0	109,0	131,0	173,0	199,0	211,0	217,0	225,0	235,0	265,0	290,0	295,0	295,0	295,0	296,0	298,0	300,0	330,0
	5	14,0	15,0	21,0	32,0	42,0	54,0	77,0	113,0	128,0	159,0	183,0	195,0	201,0	215,0	225,0	266,0	290,0	295,0	303,0	313,0	315,0	317,0	320,0	340,0

TABELA 10. Dados de crescimento da cana em cm - cana ressooca.

Tratamentos	Blocos	4/9/78	15/9	21/9	28/9	6/10	13/10	20/10	30/10	6/11	23/11	5/12	18/1/79	26/1	5/2	15/2	2/3	9/3	16/3	30/3	17/4	-16/5	25/5	5/6
A	1	9,5	10,5	14,5	15,0	16,5	17,5	21,0	35,0	45,0	73,0	97,0	202,0	212,5	226,0	240,0	260,0	268,0	282,0	297,0	313,0	339,0	346,0	351,0
	2	12,0	14,0	19,0	23,0	30,0	32,0	37,0	47,0	52,0	81,0	100,0	170,0	174,8	187,0	199,8	221,0	227,0	241,0	247,0	265,0	287,0	288,0	294,0
	3	18,0	19,0	22,5	30,0	37,0	38,0	45,0	55,0	62,0	93,0	112,0	175,8	183,0	196,5	208,5	234,0	241,0	247,0	259,5	273,0	295,0	301,5	301,5
	4	15,0	15,0	19,0	19,0	22,0	22,0	22,5	32,5	43,5	71,0	94,0	165,0	168,0	183,0	196,0	215,0	221,5	232,0	243,5	255,5	273,0	280,0	285,0
	5	14,0	15,0	15,0	18,0	27,0	30,0	39,0	55,0	64,0	100,0	120,0	196,0	202,0	214,0	226,0	252,0	261,5	272,0	289,5	317,0	337,0	343,0	354,0
B	1	8,8	12,5	15,5	20,0	23,5	27,0	32,0	46,0	54,0	92,0	115,0	192,0	201,0	201,0	220,0	242,0	252,0	260,0	276,0	293,0	320,0	326,0	330,0
	2	11,5	18,0	20,0	24,0	29,0	31,0	37,0	50,0	64,0	97,0	118,0	183,0	190,0	206,0	220,0	242,0	251,0	257,0	268,0	286,0	303,0	312,0	312,0
	3	13,0	15,5	18,0	20,5	24,0	25,5	34,0	45,0	58,0	87,0	109,0	173,0	179,5	191,5	206,0	221,0	227,8	236,5	250,8	263,5	290,0	294,0	296,0
	4	16,0	18,0	19,9	24,5	32,0	37,0	45,0	58,0	72,0	102,0	123,0	191,0	198,0	211,0	225,0	251,0	260,0	269,0	282,0	293,0	312,0	317,0	320,0
	5	13,0	16,5	19,5	25,0	38,0	45,0	50,0	66,0	82,0	117,0	130,0	213,0	222,0	243,0	258,0	283,0	295,0	302,0	315,0	335,0	352,0	353,0	359,0
C	1	18,5	20,0	21,0	24,0	30,5	35,0	39,0	51,0	60,0	95,0	117,0	191,5	200,5	219,0	234,0	262,0	260,5	277,0	296,0	317,0	342,0	348,0	345,0
	2	12,0	14,0	15,5	18,0	23,0	23,0	26,5	33,5	43,5	68,0	85,0	144,0	152,0	162,5	173,5	192,3	200,0	206,5	221,0	229,8	253,5	259,0	262,5
	3	19,5	22,0	26,0	33,5	39,5	45,0	50,0	54,5	70,0	102,0	126,0	192,0	200,0	216,0	227,0	246,0	253,0	263,0	278,0	288,0	313,0	317,0	322,0
	4	9,5	12,0	16,5	18,5	23,0	22,0	25,0	35,0	47,0	80,0	103,0	169,5	182,5	195,0	210,0	235,0	238,0	245,0	261,5	277,0	303,0	288,0	288,0
	5	14,0	16,0	17,5	22,5	27,0	28,5	40,0	55,0	65,0	98,0	120,0	197,0	205,0	222,0	240,0	268,0	277,0	287,0	303,0	318,0	350,0	357,0	363,0
D	1	16,5	18,0	20,0	24,0	30,5	28,0	37,0	51,0	63,0	96,0	115,0	183,0	189,0	203,0	214,0	237,0	243,0	253,0	253,3	272,6	304,0	312,0	299,3
	2	15,0	16,0	20,0	22,0	21,0	20,5	24,0	32,5	38,5	54,0	62,5	179,0	189,0	201,5	214,0	233,0	241,0	250,5	262,0	277,0	297,0	299,0	303,5
	3	12,5	14,5	20,0	26,0	29,0	29,0	31,0	43,0	54,0	82,0	107,0	177,0	186,8	206,0	224,0	252,0	245,0	270,0	287,0	302,0	331,0	334,0	336,0
	4	12,0	19,0	25,0	26,0	28,0	30,0	31,0	43,0	52,0	82,0	107,0	173,0	180,0	192,0	203,5	225,0	237,0	244,0	258,0	270,0	289,0	294,0	301,0
	5	16,0	20,0	21,0	27,5	38,0	42,0	52,0	69,0	82,0	119,0	143,0	222,0	231,0	243,0	263,0	289,0	297,0	307,0	321,0	340,0	366,0	370,0	375,0

TABELA 11. Análise de variância dos dados de crescimento do colmo, em esquema "Split-Plot". Cana soca

Causas de variação	G.L.	Q.M. e significância do teste F
Blocos	4	4587.00 n.s.
Tratamentos	3	16552.59 n.s.
Resíduo (A)	12	9966.80
Parcelas	19	-
Épocas (E)	24	256984.46 **
Int. T x E	72	174.14 n.s.
Resíduo (B)	384	142.31
Total	499	-

C.V. parcelas - 54.21%

C.V. subparcelas - 6.48%

$\Delta = 37,50$

Médias de tratamentos:

$\hat{m}_A = 191,73$

$\hat{m}_B = 189,84$

$\hat{m}_C = 188,06$

$\hat{m}_D = 167,06$

to terminou em maio de 1979, antes das baixas temperaturas.

Isto confirma as afirmações de FAUCONNIER e BAS SÉREAU (1970) de que o crescimento é consideravelmente aumenta

do, a medida que a temperatura média se eleva acima de 20°C; é assim que a elongação da cana é quatro vezes mais considerável a 25°C que a 21. Yates citado por MONGELARD e NICKEL (1972) afirma que temperaturas médias abaixo de 21.5°C afetam as respostas ao crescimento da cana quando irrigada. Na presente pesquisa a temperatura esteve abaixo de 21.5°C no início do experimento (agosto) e a partir de abril de 1978 até a colheita em julho para a cana soca, agosto, setembro de 78 para a cana ressoça.

TABELA 12. Análise de variância dos dados de crescimento do colmo em esquema "Split-Plot". Cana ressoça

Causas de variação	G.L.	Q.M. e significância do teste F
Blocos	4	16170.81 n.s.
Tratamento (T)	3	1508.71 n.s.
Resíduos	12	2367.45
Parcela	19	-
Épocas (E)	22	268232.38 **
Interação A * T	66	35.92 n.s.
Resíduos (B)	352	163.66
Total	459	-

C.V. para parcelas - 31.601%

C.V. para subparcelas - 8.308%

$\Delta = 19.056$

Médias de tratamentos

$\hat{m}_A = 149.92$

$\hat{m}_B = 158.05$

$\hat{m}_C = 152.17$

$\hat{m}_D = 155.72$

FIGURA 7. Curva de crescimento da cana-soca.

FIGURA 8. Curva de crescimento da cana-ressoca.

A partir de novembro de 1977 e 78 respectivamente para cana soca e ressoca, o crescimento foi muito ativo e contínuo até março de 1978 na soca e maio de 1979 na ressoca, o que poderá supor que este estágio de desenvolvimento vegetativo é o mais exigente em água, devido as temperaturas elevadas e a coincidência das maiores precipitações ocorrerem nesse período.

SCARDUA e SOUSA (1976) também observaram que o crescimento da cana foi muito reduzido nos meses em que as temperaturas médias estiveram abaixo de 21.5°C.

Pode-se observar na cana soca que no período das chuvas, outubro a março, a intensidade de crescimento entre a cana irrigada e não irrigada foi praticamente igual, e na ressoca o experimento não irrigado chegou a apresentar um desenvolvimento ligeiramente superior ao irrigado no transcurso da pesquisa. A precipitação elevada na ressoca beneficiou a testemunha, e o excesso de umidade deve ter inibido o crescimento da cana dos tratamentos irrigados.

A cana soca irrigada teve um desenvolvimento melhor que a ressoca, uma das justificativas para tal ocorrência pode ser atribuída ao excesso de precipitação que provocou lixiviação de nutrientes ou prejudicou o sistema radicular por excesso de umidade.

Na cana soca não houve diferenças evidentes no crescimento dos tratamentos irrigados, mas estes foram maio-

res do que o da testemunha. A não significância entre os tratamentos irrigados deve ser atribuída às precipitações elevadas, que deve ter mascarado as diferentes dotações de água. Estes resultados diferem daqueles obtidos por SCARDUA e SOUSA (1976) e DEMÉTRIO (1978).

Na cana soca os resultados confirmam aqueles obtidos por ROBINSON (1963), SOUSA (1976b) e DEMÉTRIO (1978), que revelam a magnitude do crescimento como um índice indicativo do potencial de produção.

4.2.2. Relações entre desenvolvimento vegetativo da soca e resoca e condições climáticas

4.2.2.1. Caracterização do desenvolvimento vegetativo e da função de clima

Com o propósito de verificar a velocidade de crescimento em função da temperatura foi feita uma caracterização da função de clima proposta por VILLA NOVA (1982) denominada "Grau dia corrigido para Fotoperíodo". Para isto, tomou-se um intervalo de crescimento de aproximadamente 4 semanas, obtendo-se a variação de altura (ΔH), assim como o valor absoluto ($H = \epsilon \Delta H$) para cada tratamento da soca e resoca, cujos valores estão nas Tabelas 13 e 14. Os valores de graus corrigidos (GD_T) para cada intervalo e sua respectiva somatória (ΣGD_T) se encontram nas mesmas Tabelas.

Através de um estudo de regressão linear entre a variação de altura (ΔH) da inserção da 1ª aurícula vi-

TABELA 13. Desenvolvimento vegetativo da cana soca e graus dia

Período	n (dias)	1977/1978										*C	ΣD-C	n.(ΣD-C)	nf	ni	$\frac{nf}{ni}$	$\frac{nf}{T} = \frac{[n(\Sigma D-C)]}{\frac{nf}{ni} + 1}$	$\frac{nf}{ni} + 1$
		Trat. A		Trat. B		Trat. C		Trat. D											
		A	ΔA	A	ΔA	A	ΔA	A	ΔA										
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)								
15/08/77-30/09/77	47	13,5	-	16,5	-	14,5	-	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/10 - 27/10	27	44,3	30,8	47,3	30,8	47,3	32,8	34,8	23,3	30,5	15,8	0,21	5,10	137,7	12,735	12,178	1,05	11,832	11,832
28/10 - 26/11	30	101,0	56,7	106,8	59,5	108,8	61,5	75,3	40,5	29,9	17,1	0,14	5,39	161,7	13,245	12,755	1,04	15,708	27,540
27/11 - 04/01/78	39	160,8	59,8	165,3	58,5	174,0	65,2	147,8	72,5	28,0	16,4	-	4,31	168,1	13,372	13,258	1,01	14,797	42,337
05/01 - 02/02	29	216,8	56,0	215,0	49,7	214,3	40,3	192,0	44,2	32,0	18,6	0,60	6,70	194,3	13,002	13,366	0,97	16,362	58,699
03/02 - 13/03	39	273,5	56,7	276,5	61,5	273,5	59,2	243,8	51,8	30,8	17,5	0,29	5,87	228,9	12,168	12,984	0,94	19,494	78,193
14/03 - 14/04	32	310,5	37,0	307,8	31,3	307,3	33,8	273,3	29,5	30,8	15,0	0,25	4,93	157,8	11,464	12,145	0,94	9,474	87,667
15/04 - 22/05	38	326,5	16,0	329,3	21,5	324,0	16,7	280,8	7,45	28,0	11,6	-	3,05	115,9	10,791	11,443	0,94	5,206	92,873
23/05 - 28/06	37	347,5	21,0	347,0	17,7	343,3	19,3	310,0	29,2	24,3	7,7	-	1,20	44,4	10,597	10,778	0,98	923	93,796
TOTAL	318																		

$$* C = \frac{(T - 28)^2}{2(T-t)}$$

TABELA 14. Desenvolvimento vegetativo da cana ressoca e graus-dia

Período	n (dias)	1978/1979												nf ni	nf ni	nf ni	nf ni	nf ni	nf ni			
		Trat. A		Trat. B		Trat. C		Trat. D		T (°C)	ξ (°C)	*C	SD-C							n. (SD-C)	nf	ni
		H (cm)	ΔH (cm)	H (cm)	ΔH (cm)	H (cm)	ΔH (cm)	H (cm)	ΔH (cm)													
05/07/78-03/09/78	61	13,5	-	12,3	-	14,9	-	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
04/09 - 06/10	33	26,4	12,9	27,1	14,8	29,0	14,1	27,1	13,1	28,4	12,1	-	3,32	109,6	12,288	11,589	1,06	7.729	7.729			
07/10 - 06/11	31	50,6	24,2	62,0	34,9	55,1	26,1	51,9	24,8	30,6	15,0	0,22	4,87	151,0	12,929	12,310	1,05	14.294	22.023			
07/11 - 05/12	29	100,8	50,2	116,3	54,3	107,8	52,7	97,9	46,0	29,5	16,8	0,09	5,12	148,5	13,341	12,948	1,03	12.621	34.644			
06/12 - 18/01/79	44	178,2	77,4	184,8	68,5	174,3	66,5	178,0	80,1	29,0	16,2	0,04	4,69	206,4	13,234	13,349	0,99	20.296	54.940			
19/01 - 02/03	43	232,5	54,3	239,0	54,2	233,8	59,5	236,8	58,8	29,9	16,5	0,13	5,15	221,5	12,412	13,221	0,94	18.290	73.230			
03/03 - 30/03	28	261,8	29,3	269,2	30,2	264,1	30,3	265,1	28,3	29,6	15,1	0,09	4,55	127,4	11,788	12,390	0,95	6.532	79.762			
31/03 - 16/05	47	298,5	36,7	306,3	37,1	302,9	38,8	305,3	40,2	27,6	12,9	-	3,13	147,1	10,874	11,766	0,92	7.560	87.322			
17/05 - 05/06	20	307,9	9,4	314,5	8,2	304,4	1,5	310,0	4,65	24,4	7,0	-	1,18	23,6	10,647	10,860	0,98	264	87.586			
TOTAL	336																					

$$* C = \frac{(T - 28)^2}{2(T - t)}$$

sível e os respectivos graus dia corrigidos do intervalo (GD_T), obtiveram-se as seguintes equações conforme Tabela 15.

TABELA 15. Equações de regressão entre crescimento (ΔH) e graus dia acumulados, no período.

Cana soca

Trata- mentos	Equações (ΔH)	r	r ²
A	$\Delta H = 11,2663 + 0,0026 GD_T$	0,9063**	0,8214
B	$\Delta H = 9,6563 + 0,0027 GD_T$	0,9307**	0,8662
C	$\Delta H = 10,6163 + 0,0026 GD_T$	0,8516**	0,7252
D	$\Delta H = 12,6848 + 0,0021 GD_T$	0,6596	0,4351

Cana ressoca

Trata- mentos	Equações (ΔH)	r	r ²
A	$\Delta H = 5,0501 + 0,0029 GD_T$	0,8392**	0,7042
B	$\Delta H = 8,2147 + 0,0027 GD_T$	0,8820**	0,7779
C	$\Delta H = 4,4376 + 0,0029 GD_T$	0,8585**	0,7370
D	$\Delta H = 1,9594 + 0,0032 GD_T$	0,8606**	0,7406

De um modo geral pode-se observar uma razoável significância entre as interações $\Delta H \times GD_T$ (significativas ao nível de 1%), com excessão do Tratamento D, cana soca. Tal fato pode ser explicado pela ocorrência de falta d'água no período vegetativo. Sendo os tratamentos A, B, C tanto na soca como na ressoca, irrigados, pode-se considerar excluída a influência da falta de chuvas no período. Pode-se observar tam-

bem que as correlações de um modo geral são ligeiramente melhores para a cana soca, indicando, talvez, uma melhor resposta ao clima nas condições de 2º corte do que no 3º corte.

Convém observar que correlações para períodos de tempo menores (cerca de 15 dias) foram tentadas, não se obtendo resultados satisfatórios. Acredita-se que para períodos de tempo relativamente pequenos os erros de medição são porcentualmente maiores, prejudicando as correlações, e que a partir de 30 dias tais erros são minimizados.

Nas Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16, são representadas as curvas de crescimento e de graus dia corrigidos acumulados, revelando uma aderência razoável das curvas.

Na cana-ressoca nota-se um cruzamento inicial das curvas (a curva de graus dia corrigido, superpõe-se a de crescimento) tal situação pode ser explicada pela época de corte mais prematuro da cana soca (05/07/78). Em fins de agosto o desenvolvimento vegetativo é mais rápido, condicionando um maior incremento da área foliar por intervalo de crescimento, determinando um melhor aproveitamento da energia disponível, expressa pelos graus dia do período.

Convém observar que repetições deste experimento deverão ser feitas, para que se possa consolidar tais resultados. Pretende-se com isto que uma vez bem determinadas,

FIGURA 9. Curva de graus-dia x crescimento. Cana soca.

FIGURA 10. Curva de graus-dia x crescimento. Cana soca.

FIGURA 11. Curva de graus-dia x crescimento. Cana soca.

FIGURA 12. Curva de graus-dia x crescimento. Cana soca.

FIGURA 13. Curva de graus-dia x crescimento. Cana ressooca.

FIGURA 14. Curva de graus-dia x crescimento. Cana ressoça.

FIGURA 15. Curva de graus-dia x crescimento. Cana ressoça.

FIGURA 16. Curva de graus-dia x crescimento. Cana rессoca.

tais relações básicas de dependência clima x crescimento, possam ser utilizadas para definir condições de crescimento em situações climáticas diversas, constituindo-se em um dos elementos básicos para previsão de corte, e de rendimento agrícola.

4.3. Produtividade

Os dados de produtividade que se encontram na Tabela 17 foram analisados em blocos casualizados, e os resultados estão na Tabela 18.

Como o teste F para tratamentos não foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, isto indica que não foram detectadas diferenças entre as médias de tratamento a esse nível de probabilidade, tanto para a soca como para a ressoca.

Ocorrência de precipitações elevadas no período de maior desenvolvimento vegetativo beneficiou a testemunha, tanto a cana soca como a ressoca. Apesar da não significância entre as médias de tratamento na cana soca, esta apresentou uma diferença de 19,37 ton/ha entre a testemunha e o tratamento irrigado a nível de 0,8 ECA. Na ressoca esta diferença foi muito menor, mas, a ocorrência de precipitação foi maior que no período da cana soca. DEMÉTRIO (1978), SOUSA (1976) e outros pesquisadores encontraram resultados mais favoráveis à irrigação.

TABELA 16. Número e crescimento de colmos e produção de cana e açúcar em relação as dotações de água

Ciclos	Tratamento	NCML	Produção			Cana E.U.A. mm/ton.	Açúcar E.U.A. mm/ton.	Altura de água (mm)		
			Crc	TCH	TPH			Irriga- ção	Precipi- tação	Altura total
CANA	A	11,00	353	125,74	19,07	13,8	91,1	642,00	1095,00	1737
	B	12,00	350	140,37	20,94	11,6	77,5	528,00	1095,00	1623
	C	11,00	349	124,67	18,64	12,1	81,0	414,00	1095,00	1509
	D	11,00	316	121,00	18,05	9,0	60,7	-	1095,00	1095
RESSOCA	A	12,00	317	132,57	21,06	16,01	100,8	734,97	1387,44	2122
	B	11,00	323	123,98	19,77	16,08	100,9	606,54	1387,44	1994
	C	11,00	316	125,94	19,91	14,81	93,7	478,11	1387,44	1866
	D	11,00	323	119,26	18,84	11,63	73,6	-	1387,44	1387

NCML - Número de colmos por metro linear

Crc - Crescimento do colmo (cm)

TCH - Tonelada de cana por ha

TPH - Tonelada de pol por ha

EUA - Estimativa de utilização da água.

Em consequência do comportamento da pol % cana e da produtividade de cana não diferirem estatisticamente, não houve preferência nenhuma por este ou aquele tratamento.

TABELA 17. Dados de produtividade e número de colmos

Blocos Tratamentos	Produção de cana - ton/ha					Número de colmos				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A	122,41	112,96	130,19	115,56	147,59	430	390	450	400	530
B	132,78	141,11	142,96	134,07	150,93	460	480	470	434	510
C	144,50	99,63	119,44	130,00	129,26	470	390	420	430	450
D	96,67	129,63	125,37	108,15	145,19	420	490	480	410	495
A	129,07	99,81	128,33	131,11	174,54	450	410	510	440	530
B	125,19	117,96	117,78	126,48	132,50	460	450	400	440	430
C	135,74	-	107,41	130,37	130,28	500	400	400	430	420
D	110,74	117,96	117,78	119,81	130,00	460	450	490	450	410

Dimensões da área útil da parcela - 20 x 2,70m = 54,00 m²

4.4. Número de colmos

Os dados de número de colmos mostrados na Tabela 17 foram analisados em blocos casualizados e os resultados estão na Tabela 19.

Como o teste F para tratamentos não foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, isso indica que não foram detectadas diferenças entre as médias de tratamento a esse nível de probabilidade, tanto para a soca como para a resoca.

Estes resultados tanto para soca, como resoca estão bem próximos àqueles encontrados por DEMÉTRIO (1978) e SCARDUA e SOUSA (1976) nos tratamentos irrigados e maiores que os dados obtidos por SOUSA (1976a) e SOUSA (1976b).

Os resultados aqui obtidos confirmam os de crescimento como um elemento útil para estimar a produtividade da cana-de-açúcar.

4.5. Dotação de água e produtividade

A aplicação de água à cultura, em função da evaporação do tanque Classe A relacionada com a produtividade, para os diversos tratamentos pode ser observada na Tabela 16.

De acordo com os dados já analisados observou-se que estatisticamente não houve diferença significativa en-

TABELA 18. Análise de variância dos dados de produtividade de cana e médias de tratamentos

Cana soca

Causas de variação	G.L.	Q.M. e significância do teste F
Tratamentos	3	364.75 n.s.
Blocos	4	337.84
Resíduo	12	181,06
Total	19	-

Cana ressoca

Causas de variação	G.L.	Q.M. e significância do teste F
Tratamentos	3	160.71 n.s.
Blocos	4	526.95
Resíduo	11	164.30
Total	18	-

Média de tratamentos

Cana soca

$$\hat{m}_A = 125.74$$

$$\hat{m}_B = 140.37$$

$$\hat{m}_C = 124,56$$

$$\hat{m}_D = 121.00$$

$$C.V. = 10,52$$

$$\Delta = 25,27$$

Média de tratamentos

Cana ressoca

$$\hat{m}_A = 132.57$$

$$\hat{m}_B = 123,98$$

$$\hat{m}_C = 125.95$$

$$\hat{m}_D = 119.26$$

$$C.V. = 10.29\%$$

Teste de Tukey (5%)

$$\Delta_1 = 21,41$$

$$\Delta_2 = 26,38$$

TABELA 19. Análise de variância dos dados de número de colmos e médias de tratamentos

Cana soca

Causas de variação	G.L.	Q.M. e significância do teste F
Tratamentos	3	1561,38 n.s.
Blocos	4	3336.54
Resíduo	12	1037.21
Total	19	-

Cana ressoca

Causas de variação	G.L.	Q.M. e significância do teste F
Tratamentos	3	1458.33 n.s.
Blocos	4	857.50
Resíduo	12	1570.83
Total	19	-

Média de tratamentos

Cana soca

$\bar{m}_A = 440.00$

$\bar{m}_B = 470.80$

$\bar{m}_C = 432.00$

$\bar{m}_D = 459.00$

C.V. = 7.15

$\Delta = 60.49$

Média de tratamentos

Cana ressoca

$\bar{m}_A = 468.00$

$\bar{m}_B = 436.00$

$\bar{m}_C = 430.00$

$\bar{m}_D = 452.00$

C.V. = 8.88

$\Delta = 74.44$

tre as médias de tratamento, tanto para soca como para ressoca. Embora não haja diferenças significativas a Tabela 16 mostra que a cana soca teve uma produtividade maior que a ressoca e no tratamento B da soca teve uma produtividade de 19,37 ton/ha a mais do que a testemunha, EARLY (1974) obteve 12,70 ton/ha a mais do que o tratamento não irrigado, valor este menor do que aquele obtido na presente pesquisa. DEMÉTRIO (1978), SOUSA (1976a), THOMPSON e COLLINGS (1963), FOGLIATA (1972), SOUSA (1976b), THOMPSON *et alii* (1967), BARRETO *et alii* (1971), e outros obtiveram aumentos de produtividade maiores, mas todos referidos a cana planta, em que, geralmente os tratamentos irrigados respondem melhor à irrigação, pois o ciclo vegetativo é mais prolongado e passa por um período de estiação.

O potencial de produtividade da cana soca é menor que da cana planta, e a ressoca por sua vez tende a produzir menos que a soca. SCARDUA e SOUSA (1976) para uma irrigação de 0,6 ECA por gotejamento encontraram 89,40 e 83,93 ton/ha para cana soca e ressoca respectivamente, valores estes inferiores aos da presente pesquisa. SOUSA (1976a) em irrigação por aspersão obteve produções inferiores aos desta pesquisa, em cana soca e ressoca.

A não significância da produtividade entre cana irrigada pode ser atribuída às altas precipitações ocorridas no período de maior atividade vegetativa tanto da soca como a ressoca conforme mostra a Tabela 16, 1.095 mm na cana soca e 1.387 mm na ressoca.

FOGLIATA (1972) na Argentina observou que não houve diferenças significativas entre tratamentos irrigados com precipitações de 620,90 mm e com precipitações de 1208,50 mm não houve diferença significativa entre os tratamentos irrigados e o não irrigado, confirmando os resultados aqui obtidos.

De acordo com os experimentos impostos à cultura da cana, observa-se que no tratamento B houve um aumento de 19,37 ton/ha a mais que a testemunha e recebeu 528,00 mm de lâmina d'água de irrigação, que somados às precipitações resulta numa utilização de água de 11,6 mm/ton. Para ressoca o tratamento C teve 6,68 ton/ha a mais que a testemunha com uma utilização de água de 14,81 mm/ton conforme Tabela 16. A relação de consumo d'água por tonelada produzida para cana soca foi idêntica aquela obtida por SOUSA (1976a), mas inferior a obtida por FOGLIATA (1974), SOUSA (1976b) e superior a obtida por DEMÉTRIO (1978). Para ressoca a relação obtida na presente pesquisa foi superior a todas relações obtidas pelos autores citados.

Entre os tratamentos irrigados o consumo de água para produção, a melhor resposta foi o tratamento B (0,8 ECA) na soca, e tratamento C (0,6 ECA) na ressoca. DEMÉTRIO (1978) obteve 0,6 ECA como o tratamento mais indicado para irrigação em escala comercial na cana planta. Deve-se ponderar que estas relações tem uma alta dependência das precipitações pluviométricas. E para a presente pesquisa conforme discutido anterior

FIGURA 17 - Precipitações pluviométricas. Posto DER-ESALQ/USP

mente, as relações consumo d'água para produção, estão elevadas quando comparadas àquelas obtidas por vários pesquisadores, e considerando ainda o baixo aumento de produção entre os tratamentos irrigados e não irrigados, leva a conclusão que a utilização do tanque de evaporação Classe "A" para o controle da irrigação por gotejamento é um bom critério em regiões de condições climáticas como as deste experimento.

Considerando-se os resultados obtidos e as análises estatísticas, necessário será o estudo econômico para se chegar a alguma conclusão favorável ou contrária a irrigação por gotejamento na cana soca e ressoca, nas condições do experimento.

5. CONCLUSÕES

Os dados pesquisados, analisados e discutidos neste trabalho, permitiram que se tirassem as seguintes conclusões:

1. Houve diferença de produção entre os tratamentos irrigados, o que mostra ser o tanque classe "A" um bom parâmetro para o controle da irrigação, mas esta diferença não foi significativa estatisticamente, portanto, a irrigação não deve ser recomendada para cana soca e ressoça nas condições de solo e clima semelhantes a da área experimental.

2. Nas condições climáticas sob as quais se desenvolveram os ensaios, houve uma significativa correlação entre o crescimento, nos tratamentos irrigados e os valores de graus dia corrigidos acumulados, calculados para o período correspondente, de acordo com a metodologia proposta (GD_T).

6. LITERATURA CITADA

- BARRETO, G.B.; R. ALVARES; S.P. BICUDO e H.V. ARRUDA, 1971. Resultados preliminares de irrigação de cana-de-açúcar pelo sistema de sulcos, em latossolo roxo. Bragantia, Campinas, 30(21): 277-288.
- BASSINELLO, A.I.; S. MATSUOKA; A.C. MENDES, 1976. Variedades de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. Boletim Técnico do PLANALSUCAR. Araras (SP), 3: 8-9.
- CHANG, J.H.; R.B. CAMPBELL; H.W. BRODIE e L.D. BAVER, 1967. Evapotranspiration research of the HSPA Exp. Sta. In: Congr. Int. Soc. Sug. Cane Tec., 12., Puerto Rico. Proceedings. Amsterdam, Elsevier, p. 10-14.
- CAMPBELL, R.B., 1968. The economics of supplementary irrigation in sugar cane. Int. Sug. Jour. London, 70 (839): 43-45.

COMISSÃO DE SOLOS DO SERV. NAC. DE PESQ. AGRON., 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. 634p. (Boletim 12).

CRUCIANI, D.E., 1972. Balanço hídrico em solo cultivado com cana-de-açúcar: utilização do método de moderação de neutrons. B. cient. CENA. Piracicaba, nº 008, 35p.

DEMÉTRIO, C.G.B., 1977. Teste de Dunnett. Piracicaba, ESALQ / USP, 16p. (Seminário apresentado no Curso de Pós-Graduação em Experimentação e Estatística da ESALQ).

DEMÉTRIO, V.A., 1978. Efeito da água do solo e temperatura ambiente no rendimento agrícola e industrial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). Piracicaba. ESALQ/USP. 98p. (Tese de Doutorado).

EARLY, A.C., 1974. The yield response of sugarcane to irrigation in the Phillippines. In: Congr. Int. Soc. Sug. Cane Tech., 15, Durban. Proceedings. Durban, Hayne & Gibson, p.679-693.

EAVIS, B.W., 1972. Effects of flooding on sugarcane growth. II. Benedits during subsequent drought. In: Congr. Int. Soc. Sug. Cane Tech., 14, Louisiana. Proceedings. Louisiana, Franklin Press, p.715-721.

FAUCONNIER, R. e D. BASSEREAU, 1970. La canne a sucre. Paris, Ed. Maisonneuve e Larose. 468p.

FOGLIATA, F.A., 1972. Influência de diferentes niveles de humedad disponible sobre el crecimiento y producción de la caña de azucar. Rev. Ind. y Agrícola de Tucumán. Argentina 49(1): 39-56.

- FOGLIATA, F.A., 1974. Sugarcane irrigation in Tucumán. In: Congr. Int. Soc. Sug. Cane Tech., 15, Durban. Proceedings. Durban, Heyne & Gibson, p.665-667.
- FRITSCHEN, I.J. e R.H. SHAW, 1961. Evapotranspiration for corn as related to pan evaporation. Agron. J., 53: 149-150.
- GOLDBERG, S.D.; B. GORNAT e D. RIMON, 1976. Drip irrigation: principles, design and agricultura practices. D.I.S. Publications, Israel.
- GOLDBERG, S.D. e M. SHMUELI, 1971. The effect of distance from the tricklers on soil salinity and growth and yield as sweet corn in an Arid. Zone. Hort. Science. 6: 6.
- HALEVY, L.; M. BOAZ; Y. ZOAR; M. SHANI e H. DAN, 1972. Trickle irrigation. FAO. Fifth session on the working party on water resources and irrigation. Bucarest, Romania.
- HARDY, M., 1966. Water consumptive of sugarcane plant. Mauritius Sug. Ind. Res. Inst. Ann. Repr., p.95-101.
- HUMBERT, R.P., 1968. Irrigation of sugar cane. In: ____. The growing of sugar cane. Amsterdam, Elsevier, p.370-372.
- INFORZATO, R.; ALVARES, R., 1957. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo tipo terra-roxa legítima. Bragantia 16: 1-3.
- ISRAELSEN, O.W. e HANSEN, V.E., 1965. Princípios y aplicaciones del riego. 3ª ed. Barcelona, Ed. Reverté, 396p.
- ISRAELSEN, O.W., 1963. Principios y practicas del riego. Barcelona. Ed. Reverté, 345p.

- ISOBE, M., 1969. Water utilization. II. Yield-water relationships. In: Congr. Int. Soc. Cane Tech., 13., Taiwan. Proceedings. Amsterdam, Elsevier. p. 49-54.
- JAIME, J.R.R., 1973. Riego por goteo del Chile Caribe en el Distrito de Riego del Rio Yaqui. Memorandum Técnico nº 320 da Secretaria de Recursos Hidráulicos. Sonora, México D.F. 63 p.
- KENWORTHY, A.L., 1972. Trickle irrigation, the concept and guidelines for used. Research Report 165. Michigan State University, Michign.
- KRUTMAN, S., 1962. Do crescimento da cana sob condições naturais. Bol. Técnico Int. Agron. Nord. Recife, 17: 4-28.
- KRUTMAN, S., 1963. Método para indicação de regas: evapotranspiração da cana e evaporação. Bol. Téc. Inst. Agron. Nord. Recife, 22: 1-18.
- LANE, J.H. e L. EYNON, 1934. Determination of reduzing sugar by fehling's solution with methylene blue indication. London Norman Rodgerk. 8 p.
- MANIERO, M.A., 1980. Aplicação do Método de Graus Dia em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Piracicaba. ESALQ/USP. 76 p. (Dissertação de Mestrado)
- MENEZES, F.A. da F., 1982. A política do açúcar. Revista SACCHARUM, Piracicaba, 5(19): 28-29.
- MONGELARD, J.C. e L.G. NICKEL, 1972. The sugarcane plant in the soil-plant-atmosphere continuum. In: Congr. Int. Soc. Sug. Cane Tech., 14, Louisiana. Proceedings. Louisiana, Franklin Press, p. 827-40.

- MORAES REGO, L.F.M., 1932. Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua gênese. Inst. Austr. Geogr. de São Paulo. São Paulo. São Paulo Editora Ltda.
- RANZANI, G; O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Carta de solos do Município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos. Piracicaba, ESALQ/USP. 85p.
- RANZANI, G., 1976. Subsídios à geografia de Piracicaba. Instituto Histórico e Geográfico de Piracicaba/SP. Editora Franciscana. 79p.
- RICHARDS, L.A., 1947. Pressure-membrane apparatus, construction and use. Agr. Eng., 28: 451-454.
- ROBINSON, F.E.; R.B. CAMPBELL e J.H. CHANG, 1963. Assessing the Utility of Pan Evaporation for Controlling Irrigation of Sugar Cane in Hawaii. Agr. Jour. Madson 55: 444-46.
- ROBINSON, F.E., 1963. Soil moisture tension, sugarcane stalk elongation and irrigation interval control. Agron. J. 55(5): 481-483.
- SCARDUA, R. e J.A. e J.A.G.C., SOUSA, 1976. Comportamento da cultura da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 87(3): 57-69.
- SATTERTHWAITE, F.E., 1946. An approximate distribution of estimates of variance components. Biometrics 2: 110-114.
- SETZER, J., 1946. Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo. D.E.R. São Paulo IX a XI: 1-237 (separata).
- SOUSA, J.A.D.C., 1976a. Estudo do consumo de água pela cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Piracicaba, ESALQ/USP. 82p. (Dissertação de Mestrado).

SOUSA, J.A.G.C., 1976b. Estudo da tensão da água do solo na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Limeira, Faculdade de Engenharia de Limeira, da Universidade Estadual de Campinas, 163p. (Tese de Doutorado).

THOMPSON, G.D. e D.F. COLLINGS, 1963. Supplementary irrigation. Bull. S. Afr. Sug. Assoc. Exp. Sta., Mount Edgecombe, (17).

THOMPSON, G.D., 1967. The relationship of potential evapotranspiration of sugarcane environment factors. In: Congr. Int. Congr. Int. Soc. Sug. Cane Tech., 12., Puerto Rico. Proceeding. Amsterdam, Elsevier, p.3-9.

THOMPSON, G.D.; J.M. GOSNELL e P.J.M. de ROBILLARD, 1967. Responses of sugarcane to supplementary irrigation in two soils in Natal. Expl. Agric. 3: 1-16.

TULER, V.V.; A.E. NASCIF; D. de SOUZA; H.J. AZEVEDO e A.C. SALIBE, 1981. Irrigação por gotejamento da cana-de-açúcar com diferentes níveis de água. In: 2º Congresso Nacional da PLANALSUCAR/STAB, Brasil.

VILLA NOVA, N.A.; A.R. PEREIRA e M.J. PEDRO Jr., 1972. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máximas e mínimas. Caderno de Ciências da Terra nº 30, Instituto de Geografia USP.