**ESTUDO DA VARIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS
HIDRAÚLICAS DOS SULCOS DE INFILTRAÇÃO EM
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*)**

EDSON JOSÉ DE ARRUDA LEME

Orientador : Prof. Dr. RUBENS SCARDUA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTU-
RA «LUIZ DE QUEIROZ» DA UNIVER-
SIDADE DE S. PAULO, PARA OBTEN-
ÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM SO-
LOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro, 1977

Aos meus pais e à minha esposa

DEDICO

A G R A D E C I M E N T O S

- Ao professor Dr. Rubens Scardua, orientador deste trabalho, pela dedicada atenção e estímulo dispensados.
- Ao Dr. Humberto de Campos, pela orientação na análise estatística.
- Aos Drs. José Alberto Gentil Costa Sousa e Antonio Fernando Lordelo Olitta, pelas sugestões oferecidas.

Ao Dr. Edmar José Scalopi e aos Eng^os Agrônomos Nilton Macedo, Er
mor Zambello Júnior, José Orlando Filho e Osny Oliveira Santos Bac
chi, pelas colaborações prestadas.

Ao Sr. José Zurita Fernandes, as Sras. Ana Maria Zaia Gheller e
Maria Luiza Finardi Mazeto e à Srta. Marilda de Cassia Dezotti, pe
las colaborações prestadas na revisão, bibliografia, summary e con
fecção desta dissertação.

- Aos Técnicos Armando Roberto Candido e Sérgio Rubens Grachet e aos
Srs. Jorge Vicente de Campos, Alcides Braggio e Sebastião Dipples ,
pelos auxílios prestados na montagem do experimento e execução dos
trabalhos de campo e laboratório.
- E a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realiza
ção deste trabalho.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. RESUMO	01
2. INTRODUÇÃO	03
3. REVISÃO DA LITERATURA	05
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. Solo	20
4.1.1. Descrição morfológica do solo	20
4.1.2. Características físicas	22
4.1.3. Características químicas	25
4.2. Água do solo	25
4.3. Água disponível	25
4.4. Dados meteorológicos	29
4.5. Umidade do solo	29
4.6. Delineamento experimental	29
4.7. Cultura	32
4.8. Sistematização do terreno para irrigação	32
4.9. Plantio	33
4.10. Tratos culturais	34
4.11. Estruturas e equipamentos para distribuição de água	34
4.12. Ensaio de infiltração	41
4.12.1. Equação do avanço da água no sulco	41
4.12.2. Equação de infiltração da água no solo .	42

	<u>Página</u>
4.12.3. Tempo de aplicação da água no solo	44
4.12.4. Tempo de recesso	45
4.13. Brotação e perfilhamento do colmo	46
4.14. Elongamento do colmo	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1. Equação do avanço da água no solo	49
5.1.1. Estudo dos valores da constante <u>a</u> da equa ção do avanço	49
5.1.2. Estudo dos valores do expoente <u>b</u> da equa ção do avanço	63
5.2. Equação de infiltração da água no solo	67
5.2.1. Estudo dos valores da constante <u>K</u> da equa ção de infiltração	67
5.2.2. Estudo dos valores do expoente <u>n</u> da equa ção de infiltração	81
5.3. Tempo de aplicação de água	85
5.4. Tempo de recesso	89
5.5. Brotação e perfilhamento do colmo	93
5.6. Elongamento do colmo	98
6. CONCLUSÕES	104
7. SUMMARY	106
8. LITERATURA CITADA	108
9. APÊNDICE	116

LISTA DAS TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
1. Resultados da análise granulométrica do solo da área experimental	23
2. Valores do peso específico aparente	24
3. Resultados analíticos obtidos em amostras retiradas dos horizontes componentes do perfil do solo	26
4. Resultados de umidade (% em peso do solo seco) da curva característica da água no solo	27
5. Valores médios da capacidade de campo, ponto de murchamento permanente (PMP) e água disponível (AD)	30
6. Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 0,9 l/s	50
7. Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 1,9 l/s	51
8. Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 3,4 l/s	52
9. Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,75% e vazão de entrada de 0,9 l/s	53
10. Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,75% e vazão de entrada de 1,9 l/s	54
11. Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,75% e vazão de entrada de 3,4 l/s	55
12. Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,5% e vazão de entrada de 0,9 l/s	56

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
13. Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,5% e vazão de entrada de 1,9 l/s	57
14. Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,5% e vazão de entrada de 3,4 l/s	58
15. Valores da constante <u>a</u> da equação do avanço para os sulcos com declive de 1,0%	59
16. Valores da constante <u>a</u> da equação do avanço para os sulcos com declive de 0,75%	60
17. Valores da constante <u>a</u> da equação do avanço para os sulcos com declive de 0,5%	61
18. Valores do expoente <u>b</u> da equação do avanço para os sulcos com declive de 1,0%	64
19. Valores do expoente <u>b</u> da equação do avanço para os sulcos com declive de 0,75%	65
20. Valores do expoente <u>b</u> da equação do avanço para os sulcos com declive de 0,5%	66
21. Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 0,9 l/s	68
22. Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 1,9 l/s	69
23. Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 3,4 l/s	70
24. Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com declive de 0,75% e vazão de entrada de 0,9 l/s	71

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
25. Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com de clive de 0,75% e vazão de entrada de 1,9 l/s	72
26. Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com de clive de 0,75% e vazão de entrada de 3,4 l/s	73
27. Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com de clive de 0,5% e vazão de entrada de 0,9 l/s	74
28. Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com de clive de 0,5% e vazão de entrada de 1,9 l/s	75
29. Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com de clive de 0,5% e vazão de entrada de 3,4 l/s	76
30. Valores da constante K da equação de infiltração para os sulcos com declive de 1,0%	78
31. Valores da constante K da equação de infiltração para os sulcos com declive de 0,75%	79
32. Valores da constante K da equação de infiltração para os sulcos com declive de 0,5%	80
33. Valores de n da equação de infiltração para os sulcos com declive de 1,0%	82
34. Valores de n da equação de infiltração para os sulcos com declive de 0,75%	83
35. Valores de n da equação de infiltração para os sulcos com declive de 0,5%	84
36. Valores do tempo de aplicação (T_{ap}) em minutos para os sulcos com declive de 1,0 %	86

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
37. Valores do tempo de aplicação (Tap) em minutos para os sulcos com declive de 0,75%	87
38. Valores do tempo de aplicação (Tap) em minutos para os sulcos com declive de 0,5%	88
39. Valores do tempo de recesso (Tr) em minutos para os sulcos com declive de 1,0%	90
40. Valores do tempo de recesso (Tr) em minutos para os sulcos com declive de 0,75%	91
41. Valores do tempo de recesso (Tr) em minutos para os sulcos com declive de 0,5%	92
42. Dados climatológicos medidos no posto meteorológico da Estação Central sul durante o decorrer do experimento .	116

LISTA DAS FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1. Planta de localização e distribuição da área experimental	21
2. Curva característica da água no solo	28
3. Reservatório com capacidade de armazenamento de 144 m ³ , para suprimento de água do experimento	35
4. Caixas estabilizadoras de vazão	35
5. Dreno retangular para regularização das vazões	37
6. Tubulação de alumínio ligando o reservatório de abastecimento às caixas estabilizadoras de vazão	37
7. Derivação de água das caixas estabilizadoras para os sulcos de irrigação	38
8. Medição da vazão no sulco através das calhas trapezoidais de concreto tipo Chamberlain	38
9. Relação entre a vazão em litros por segundo e a altura d'água medida na calha aforadora em centímetros. Dados obtidos no campo	39
10. Relação entre a vazão em litros por segundo e a altura d'água medida na calha aforadora em centímetros. Dados obtidos a partir das retas ajustadas pelo método dos mínimos quadrados	40
11. Evolução do número de colmos por metro linear de sulco com declividade de 1,0%	95

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
12. Evolução do número de colmos por metro linear de sulco com declividade de 0,75%	96
13. Evolução do número de colmos por metro linear de sulco com declividade de 0,5%	97
14. Desenvolvimento da planta nos sulcos com declividade de 1,0%	100
15. Desenvolvimento da planta nos sulcos com declividade de 0,75%	101
16. Desenvolvimento da planta nos sulcos com declividade de 0,5%	102

1. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a variação das características hidráulicas dos sulcos de irrigação por infiltração, durante a fase de desenvolvimento vegetativo da cultura de cana-de-açúcar.

Para o desenvolvimento do experimento foram considerados 3 declives (1,0%, 0,75% e 0,5%) correspondendo a 3 áreas distintas. Nessas áreas foram aplicadas 3 vazões de entrada (0,9 l/s; 1,9 l/s e 3,4 l/s), destinando-se cada uma delas para 3 sulcos consecutivos. Para efeito de análise estatística o sulco de irrigação com 80 m de comprimento foi considerado como repetição e bloco simultaneamente. Os tratamentos foram definidos pelo número de ensaios em que se realizaram as irrigações nos sulcos de infiltração. A variedade usada foi a IAC 51/205, tendo o plantio se efetuado em 03/03/1975, e a colheita em 25/09/1976. As aplicações de água através das irrigações se iniciaram em junho de 1975, e o nível mínimo de umidade no solo antes das irrigações foi de 2,0 atmosferas ou 23,5% da umidade do solo (% do peso solo seco).

Através dos resultados determinados nos ensaios de infiltração, obtiveram-se as equações de infiltração na forma $I = KT^n$ e as equações do avanço representadas através da expressão $L = aT^b$, para cada período estabelecido pelo nível de umidade do solo.

Constatou-se a variação das constantes K e n da equação de infiltração, bem como das constantes a e b da equação do avanço, com o transcorrer do desenvolvimento das culturas, indicando uma alteração das características hidráulicas do sulco de irrigação. Também foram determinados os tempos de aplicação de água (T_{ap}) e tempo de recesso (T_r) da água no sulco, e suas modificações em relação ao desenvolvimento da planta.

A análise destes parâmetros, permitiu o estabelecimento de algumas conclusões, principalmente a variação da constante K , que evidenciou uma tendência de aumentar com o crescimento da cana-de-açúcar, como também a limitação do avanço da água nos sulcos irrigados com vazão de 0,9 l/s a partir do 9º mês de idade das plantas.

2. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a cultura da cana-de-açúcar tem assumido papel preponderante no desenvolvimento econômico-agrícola brasileiro. Com uma área cultivada de aproximadamente 1.968.860 ha, coloca-se como uma das principais culturas exploradas no país. No âmbito estadual, São Paulo é o maior produtor, com uma área de 931.000 ha, perfazendo 54,26% do total cultivável do Estado.

Apesar destas considerações a produtividade da lavoura canieira no país é baixa, estando, segundo AZZI (1974), em torno de 50 ton/ha/ano. Para o Estado de São Paulo, o I.E.A. (1977) indica uma produtividade aproximada de 57,25 ton/ha/ano.

Nos países, onde a cultura da cana-de-açúcar é desenvolvida com o emprego de tecnologia avançada como a Austrália, África do Sul, Hawaii e outros, as produtividades atingem 93,15; 100,0 e 122,76 ton/ha/ano, respectivamente. Entre as técnicas de operação de cultivo responsáveis por estes rendimentos destaca-se a utilização da irrigação por sulcos de infiltração, muito difundida naqueles países. Este tipo de aplicação

cação de água constitui-se, sem dúvida, no processo de irrigação mais conhecido e mais usado em todo mundo, abrangendo cerca de 72% das áreas irrigadas. No Brasil, a irrigação por sulcos de infiltração também ocupa a maior parte das áreas irrigadas, notadamente nas regiões semi-áridas do Nordeste.

Considerando-se a significativa importância econômica alcançada pela cultura da cana-de-açúcar em contraste com seu baixo rendimento agrícola, provavelmente causado pela irregularidade e deficiência das precipitações pluviométricas, urgentes providências se fazem necessárias visando a elevação de sua produtividade.

Baseando-se nos resultados obtidos em países que cultivam a cana-de-açúcar sob condição de irrigação, mesmo que suplementar, é evidente e imperativa a aplicação de água à cultura em quase todo território brasileiro.

Na irrigação por sulcos de infiltração os elementos mais importantes são a infiltração da água no solo, a velocidade de avanço da água no sulco e o tempo de recesso. As inter-relações destes fatores são influenciadas pela vazão, tipo de solo, declividade do terreno, comprimento e espaçamento dos sulcos, crescimento da cultura no interior do sulco e duração da irrigação.

O conhecimento e determinação destes elementos básicos constituem-se num embasamento importante para escolha e avaliação de critérios para aplicação de água às culturas por este método.

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a variação das características hidráulicas dos sulcos de infiltração durante a fase de desenvolvimento vegetativo da cultura de cana-de-açúcar.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Desde aproximadamente o início do século até o presente momento, muitos trabalhos foram desenvolvidos com a finalidade de se estabelecer uma representação matemática para a infiltração e o avanço da água no solo.

KOSTIAKOV (1932), foi um dos primeiros pesquisadores a determinar uma equação para a irrigação por sulcos de infiltração, cuja aplicação, apesar de não ser válida para tempos relativamente longos, ainda é bastante utilizada e pode ser expressada por:

$$I = KT^n$$

onde:

I = intensidade de infiltração;

T = tempo de irrigação;

K e n = constantes.

LEWIS (1937), trabalhando com irrigação por infiltração, estabeleceu uma expressão idêntica e que também define a intensidade de

infiltração da água no solo.

DULEY e RUSSEL (1939), estudando a intensidade de infiltração sob a influência do fator vegetativo, concluíram que a intensidade de infiltração foi grandemente aumentada nas áreas que continham restos residuais de culturas na superfície.

CRIDDLE et alii (1956), observaram que o tempo de infiltração pode ser determinado a partir da equação $I = KT^n$, chegando à seguinte expressão:

$$T = \left[\frac{60 h (n + 1)}{K} \right]^{\frac{1}{n + 1}}$$

onde:

h = quantidade de água infiltrada;

T = tempo de infiltração;

K e n = coeficiente e expoente experimentais.

GRAY e BEER (1957), verificaram que a intensidade de infiltração da água no solo pode variar através do comprimento do sulco devido ao decréscimo progressivo da superfície molhada e às variações da estrutura do solo ao longo do sulco. Os autores estabeleceram uma equação para o cálculo do avanço da água nos sulcos de irrigação:

$$T = KD^n$$

onde:

T = tempo de avanço;

D = distância do avanço;

K e n = constantes.

PHILIP (1957), propôs uma equação para o cálculo da infil

tração da água no solo que depende do tipo de solo e é função da umidade inicial, sendo a seguinte:

$$I = St^{1/2} + At$$

onde:

I = intensidade de infiltração;

t = tempo de irrigação;

S = poder de adsorção do solo;

A = coeficiente empírico.

Empregando a irrigação por sulcos de infiltração, com aplicação de diferentes vazões em vários sulcos de irrigação com forma, de clive e rugosidade diversas, THORNTON (1960) verificou que a forma apresentada pelo sulco tem considerável influência sobre o avanço da água no sulco.

LITTLE (1960), trabalhando com sulcos de infiltração indicou a possibilidade da variação da rugosidade do sulco, durante a fase de crescimento da cultura, o que poderá modificar a equação inicial do avanço de água no sulco, portanto ocasionando uma alteração hidráulica no avanço da água.

Desenvolvendo estudos sobre a infiltração relacionada com diversos fatores, BISHOP (1961) apresentou uma relação entre a intensidade de infiltração do solo e o comprimento do sulco na irrigação superficial, considerando ainda a quantidade de água perdida abaixo da zona radicular através da percolação profunda. O autor estabeleceu um gráfico que permite estimar a porcentagem da perda de água pela percolação profunda, mesmo em solos com características de infiltração diferentes.

DAVIS e FRY (1963), estudando a intensidade de infiltra

ção determinada através dos métodos do cilindro infiltrômetro, sulco infiltrômetro, balanço da água na entrada e saída do sulco e comparando com dados calculados pelas equações estabelecidas por KOSTIAKOV (1932) e LEWIS (1937), verificaram que a velocidade com que a água se infiltra no solo depende do espaçamento, forma e dimensão dos sulcos, compactação diferencial do solo entre os lados e o fundo do sulco, e a velocidade do fluxo da água. Comprovaram também que os dados obtidos pelo cilindro infiltrômetro correspondiam à metade ou um quarto dos resultados dos outros métodos. As determinações realizadas através dos métodos do sulco infiltrômetro e balanço de água na entrada e saída do sulco foram similares e comparáveis com os resultados alcançados através das equações empíricas utilizadas.

Em estudos efetuados com a equação da infiltração $I = KT^n$, FOK e BISHOP (1965), concluíram que a maioria dos pesquisadores se utilizavam da mesma com frequência para expressar a intensidade de infiltração para curtos períodos de irrigação, interpretando com precisão os resultados encontrados no campo. Constataram também que para períodos de tempo de irrigação maiores que 24 horas a representação mais adequada dos dados registrados era através da equação:

$$I = KT^n + C$$

onde o coeficiente C expressa a intensidade de infiltração quando o tempo T tende para o infinito.

Estudos conduzidos por CHRISTIANSEN et alii (1966), indicaram que a avaliação da intensidade de infiltração, através da equação $I = KT^n$, com a inclusão do fator C, para períodos de irrigação maiores que 24 horas, conforme proposição de FOK e BISHOP (1965) e de suas for

mas integradas, é apropriada, correspondendo aos dados experimentais obtidos. Os autores mostram que, se combinadas com outros parâmetros, estas equações podem expressar com boa aproximação a relação entre a intensidade de infiltração e a velocidade de avanço da água no sulco.

CHEN e HANSEN (1966), trabalhando com fluxo constante e variado em canais e sulcos de irrigação, verificaram que as características hidráulicas determinadas podem ser representadas graficamente e através de formulações. A intensidade de infiltração e do avanço da água é suscetível de ser alterada pela modificação da rugosidade do sulco ou canal, causada pelo impacto da chuva, deposição de sedimentos mobilizados ou, ainda, pela cobertura vegetal.

Analizando o aspecto hidráulico da irrigação por sulcos de infiltração, BISHOP et alii (1967) ressaltaram que as características hidráulicas do sulco de irrigação, além de serem variáveis, se alteram com o tempo, umedecimento do solo durante as irrigações e com o desenvolvimento das plantas entre as irrigações. Os autores evidenciaram ainda que a relação entre infiltração e o tempo de irrigação não é constante para as sucessivas aplicações de água.

BOUWER (1969), através da equação $I = KT^n$, estabeleceu comparações entre os resultados de infiltração em relação ao tempo. Os resultados da relação infiltração e tempo, calculados pela equação $I = KT^n$, para a qual a mesma se adapta perfeitamente, foram usados para se determinar o efeito do tempo de uma inundação não uniforme, na eficiência de irrigação. Estes mostraram que a recomendação admissível para a diferença do tempo de inundação, não deve ser maior que 25% do tempo requerido para uma certa quantidade de água infiltrar-se e produzir uma irrigação com eficiência de 90% ou mais.

BROWNSCOMBE e FANGMEIER (1970), estudando a irrigação su

perifical, indicaram que neste sistema as mais importantes variáveis são a velocidade do avanço e do recesso da água, a intensidade de infiltração, a vazão de entrada, a rugosidade e a declividade do terreno. Destes parâmetros os mais difíceis de serem determinados são: a infiltração pela sua variação rápida, particularmente durante a fase inicial após a água ser aplicada ao solo, e a rugosidade que é provavelmente o mais complicado parâmetro para ser definido, pois é influenciado por condições vegetativas e de solo, que podem variar durante a irrigação e com crescimento das culturas. Os autores mencionaram também que a rugosidade proveniente do desenvolvimento vegetativo tem merecido pouca atenção por parte dos pesquisadores ultimamente.

OLITTA (1970), estudou, em Piracicaba, a infiltração em cultura de soja e crotalaria com aplicação da água em sulcos situados nas entrelinhas, com declives de 1% e vazões de entrada de 0,35 e 0,457 l/s, e com processamento dos dados nas seguintes expressões para o cálculo da intensidade de infiltração e do avanço da água no solo:

$$I = KT^n$$

$$L = aT^b$$

onde:

I = intensidade de infiltração;

T = tempo de irrigação;

L = comprimento do sulco;

K e a = coeficientes empíricos;

n e b = expoentes empíricos.

Verificou que ocorreu uma variação nas características hidráulicas da irrigação por sulcos de infiltração, durante a fase de de

envolvimento vegetativo das culturas, como também houve um aumento significativo no tempo de irrigação obtido para os dois últimos meses, no transcorrer da mesma fase evidenciada pelos diferentes valores dos coeficientes a e b encontrados, sendo mais acentuada no segundo mês, como também pelo aumento dos valores K e n da equação $I = Kt^n$.

LINDERMAN e STEGMAN (1971), conduziram estudos sobre eficiência de irrigação em batata com utilização de sulcos de infiltração, e a equação de infiltração $I = Kt^n$. Os dados obtidos acusaram que algumas alterações na taxa de infiltração e coeficiente de rugosidade, podem ocorrer em uma parcela irrigada durante o período de aplicação da água. Os parâmetros K e n da equação de infiltração têm grande influência na escolha da vazão de entrada ideal, em contrapartida a queda de umidade no solo e comprimento do sulco exercem moderada influência na seleção da vazão de entrada ótima. O coeficiente de retardamento e o declive do sulco tiveram interferência menor ainda na avaliação da vazão de entrada.

BARRETO (1971), que trabalhou com a irrigação por sulcos em Ribeirão Preto, concluiu que para o Latossolo Roxo o comprimento do sulco convém não exceder de 80 m, e que a vazão e o declive devem ser combinados para permitirem intensidades médias do avanço da água no solo inferiores a 0,30 m/seg.

WU (1971), desenvolvendo estudos sobre irrigação por sulcos no Hawaí, verificou que através de análises das hidrógrafas do fluxo, era possível dividir a infiltração e avanço da água no sulco, em 4 zonas distintas e bem definidas, cada uma com característica e solução próprias. Assinalou também que a infiltração expressada como uma função da distância do sulco e do tempo, pode ser analisada e representada matematicamente para cada zona. Utilizando-se das equações de infiltração

$I = KT^n$, e do avanço da água no sulco, $L = at^b$, o autor, através de desenvolvimento matemático, definiu uma expressão representativa para cada zona, constatando que a curva de infiltração é representada por uma curva de massa e não como uma curva de forma parabólica. Mostra o pesquisador que a função do avanço é expressada empiricamente na forma $L = at^b$, com os coeficientes a e b determinados através de testes de campo. Com uma vazão de entrada constante, determinado declive do terreno e a rugosidade superficial, os valores de a e b podem variar com a velocidade do fluxo e a umidade inicial do solo.

MUSICK et alii (1973), estudando a irrigação do sorgo por sulcos de infiltração, avaliaram os efeitos do comprimento dos sulcos com gradientes, na infiltração da água, distribuição da água e eficiência do uso da água, em solos franco-argilosos no Texas. Os autores efetuaram testes em sulcos com 270 metros de comprimento e durante as 15 irrigações estudadas as aplicações de água variaram desde 33 a 152 mm, dependendo principalmente do teor de água do solo. Verificaram que a velocidade de infiltração, após iniciado o escoamento superficial no final do sulco, foi afetada pela extensão do sulco. Conforme a água avançava no sulco uma porção cada vez maior de seu comprimento atingia o teor de água na profundidade desejada, causando um declínio na infiltração média da água ao longo do sulco irrigado.

SASTRY e AGARWAL (1973), em ensaios sobre irrigação superficial, destacaram que para se avaliar a distância do avanço e projetar eficientes sistemas de irrigação superficial, a seleção das condições iniciais de declives e topografia da superfície, vazão de entrada, característica da infiltração e da condutibilidade hidráulica do leito do sulco, são extremamente importantes. Os autores elaboraram uma análise dimensional das variáveis envolvendo o fenômeno do avanço da água, atra

vês de derivações da equação de infiltração. Os resultados obtidos nos ensaios de infiltração foram analisados e ajustados pelo método dos mínimos quadrados numa curva de adaptação para produção de uma equação do tipo $M = A(N)^B$. O expoente B da equação, representando o declive de cada curva, evidenciou-se ser moderadamente constante e o coeficiente A determinado com precisão, mostrou uma relação definitiva entre as irrigações e o declive do sulco. Concluindo, os pesquisadores constataram que a expressão derivada da equação de infiltração é aplicável para qualquer condição de solo, podendo ser usada para estimar a distância do avanço da água no sulco.

Desenvolvendo pesquisas com irrigação em sulcos de infiltração abertos e fechados em Petrolina-PE, em latossolos de textura franco-argilo-arenosa, AZEVEDO et alii (1975), observaram que as vazões máximas não erosivas foram de 1,9; 2,5 e 3,1 l/s para as declividades de 0,37; 0,24 e 0,15%, respectivamente em sulcos com 90 m de comprimento, onde foram aplicadas lâminas de água de 30, 55 e 80 mm. Os dados de campo também comprovaram que o avanço da água na vazão de 3,1 l/s, com sulcos com declividade de 0,15%, foi de 1,52 vezes maior que o avanço de 1,9 l/s no declive de 0,37%. Para todas as declividades testadas a diferença da água infiltrada em sulcos abertos e fechados foi significativa, quando se aplicaram as lâminas d'água de 30,55 e 80 mm. Finalmente, os autores concluíram que os efeitos da interação lâmina d'água e declividade do solo são completamente dependentes e afetam a infiltração. No geral, a quantidade de água infiltrada nos sulcos abertos é menor do que aquela infiltrada em sulcos fechados.

Estudando o manejo da irrigação por sulcos de infiltração em cultura de milho submetida a diferentes métodos de cultivo, SOUZA FILHO (1977) verificou que os tratamentos sem subsolagem e sem aradura;

com uma subsolagem e uma aradura e, finalmente, os tratamentos onde se realizaram duas subsolagens e duas araduras, afetaram os parâmetros K e n da equação de infiltração $I = KT^n$, durante os primeiros ensaios de irrigação, indicando que a velocidade de infiltração se altera com o cultivo. Em contrapartida, o autor evidenciou que a função de recesso não se modificou durante os ensaios de irrigação, concluindo que os pa râmetros hidráulicos tendem a se uniformizar depois de vários ensaios de irrigação.

Paralelamente aos estudos de irrigação superficial de mo do geral, foram desenvolvidos trabalhos de irrigação pelo sistema de sulcos de infiltração em cana-de-açúcar.

Trabalhando com irrigação por infiltração em Campinas-SP, BITTENCOURT (1949) irrigou os sulcos de cana-de-açúcar de comprimento variável entre 40 a 70 m, situados em declives de 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0% com vazões de entrada de 4,11 a 6,66 l/s. O autor concluiu que a velocidade de avanço da água no sulco cresceu com o declive ou com a va zão de entrada. Contrariamente, a velocidade diminuiu em solos de menor higroscopicidade, quando mantidas a declividade do sulco e a vazão de entrada. O consumo de água por metro linear de sulco foi maior à medida que se diminuiu a velocidade de avanço. Os dados obtidos mostraram tam bém a influência da diferenciação do solo no escoamento de água no sul co da cana.

Desenvolvendo estudos de irrigação por infiltração em Ser^{tao}zinho-SP, em solo arenosos, permeáveis, da série arenito Botucatu, TOSELLO et alii (1960) trabalharam com sulcos cuja declividade foi de 0,8% e comprimento de 80m. Com os resultados alcançados os autores veri ficaram que para um comprimento de sulco de 60 m, a vazão recomendada es tá entre 5,5 e 6,0 l/s. Para se obter uma maior eficiência de irrigação

a indicação é de se manter sulcos com comprimentos menores de 60 m. Finalmente, os autores assinalam que as irregularidades normalmente observadas nos declives ao longo dos sulcos não constituem obstáculos para as irrigações, uma vez que estas estão influenciadas pela vazão inicial e comprimento dos sulcos.

CHINLOY et alii (1962), realizaram experimento na Jamaica com cana-de-açúcar irrigada por sulcos de infiltração em 4 locais que apresentavam solos argilosos pesados. Os declives foram de 0,3 a 0,5% , sendo utilizadas 3 vazões com 2 repetições em cada um dos quatro campos. O comprimento dos sulcos variou de 176,8 m a 182,9 m, e as vazões aplicadas foram de 1,68 l/s; 1,41 l/s e 0,95 l/s. Foram efetuadas medidas da vazão de entrada no sulco, da taxa de infiltração no solo, do tempo requerido para água caminhar até o final do sulco para as diferentes vazões e da distribuição de umidade nos vários intervalos ao longo do sulco. Os autores verificaram que para a vazão de 1,41 l/s, o tempo médio para a água avançar 176,8 m foi de 3:30 horas, tendo como tempo mais lento de 4:30 horas e o mais rápido de 2:45 horas. O tempo de avanço para vencer os primeiros 30 metros do sulco, foi sempre menor que 0:15 horas e para vencer os últimos 30 metros foi maior que 1 hora. Verificou-se que o tempo de avanço era mais rápido para as maiores vazões e mais lento para as menores. A velocidade de avanço é proporcional às vazões. Em todos os locais a velocidade de infiltração foi alta para um tempo curto após a água atingir um comprimento fixado, mas decresceu rapidamente depois disso e permaneceu ligeiramente constante durante a irrigação. A taxa de infiltração variou diretamente com a vazão aplicada. As medidas de crescimento da planta foram tomadas em 2 locais, um no alto do campo, aproximadamente nos primeiros 20 metros e a outra a 20 metros do final do campo. Verificou-se que a similaridade do crescimento em ambos

os locais foi notável. Esta semelhança perdurou através da duração do experimento quando 7 e 8 irrigações foram aplicadas. Com relação à produção houve um declínio em direção ao meio do sulco, até 120 a 140 m. , crescendo daí até o final do sulco.

COLLINS e CAMPBELL (1967), trabalhando em Latossol com a cultura da cana-de-açúcar plantada nos sulcos de irrigação, avaliaram alguns fatores que afetam a infiltração da água no sulco, com especial referência ao desenvolvimento da cultura. Computaram para cada sulco uma equação de infiltração, relacionando a infiltração acumulada com o tempo, para as condições existentes em cada irrigação. Ressaltaram que restos de folhas e refugos de colmos que permaneciam no local obstruíam a seção transversal do sulco e este fato, com o desenvolvimento da cultura, contribuiu para retardar o fluxo de água, mesmo porque de certa forma ocorreu um ~~acréscimo~~ no perímetro molhado do canal e, em consequência, um aumento na infiltração da água no solo. Observaram ainda que o efeito da idade da cultura é linear ou seja, que a infiltração se eleva proporcionalmente com a idade da cultura, ao passo que o efeito do tempo na infiltração é curvilíneo. De outro modo, o efeito do declive do sulco na intensidade da infiltração é mínimo dentro dos limites de 0,75% a 1,75%.

PEARSE e GOSNELL (1969), estudaram a irrigação da cana-de-açúcar em sulcos de infiltração com aplicação de vazões entre 1,84 l/s a 5,4 l/s em sulcos e entre sulcos; com forma triangular ou retangular, com declives de 0,5% e comprimento em torno de 90 m. O solo da área experimental apresentava textura franco-argilo-arenosa. Os resultados - mostraram que o volume de água empregado no interior do sulco é cerca de 2 a 4 vezes maior que o utilizado entre sulcos, e quando o sulco situado entre as linhas de plantio era estreito, o volume de água aplica-

do era 2,5 vezes menor que o aplicado em sulcos largos. A eficiência do uso da água foi menor nas parcelas onde foram irrigadas os sulcos de plantio, devido à necessidade de se adicionar ao sulco uma quantidade excessiva de água.

Em experimento conduzido na Jamaica, com irrigação por sulcos de infiltração em áreas cultivadas com cana-de-açúcar com declives de 0,05% e 0,22%, com os sulcos de plantio tendo um comprimento de 100 até 300 m, KELLY (1969) constatou que as parcelas com menor declive tiveram maiores produções, apesar de que as áreas com declividade mais acentuada receberam um volume de água 20% menor. Por outro lado, as mais altas eficiências de irrigação foram encontradas nas áreas onde o terreno era mais uniforme e, finalmente, o autor concluiu que nos sulcos de 300 m de comprimento, foram obtidas as mais altas produtividades.

CHU (1971), cita que a vazão de entrada é um dos fatores que determina a eficiência do uso da água na irrigação por sulcos de infiltração em Taiwan. Para escolha da vazão de entrada nos sulcos são considerados dois métodos, um através de equações empíricas em que se considera somente a declividade do sulco e outro desenvolvido mais recentemente, através de determinações de campo, envolvendo dois tipos de testes: um teste de infiltração para encontrar a relação entre a velocidade de infiltração da água no solo e o tempo considerado, e experimentos para determinação da vazão ótima e o tempo correspondente para aplicação da água. Os critérios para avaliação dos parâmetros foram baseados na equação $I = KT^n$, e num teor de umidade do solo em torno de 50% da água disponível. Realizando testes com sulcos de 100 m de comprimento e vazões de 1,6; 1,8; 2,0 e 2,2 l/s, os tempos para aplicação de água em sulcos espaçados de 1,25 m eram, respectivamente, 78, 70, 63 e 57 minutos, sendo a eficiência de aplicação de água de 92,0; 97,5; 97,2 e

95%, e a eficiência de distribuição de água de 84, 95, 94,7 e 90%.

GOSNELL e PEARSE (1971), mostraram alguns aspectos da irrigação por sulcos de infiltração em cana-de-açúcar na Rodésia, analisando os sistemas entre sulcos e dentro do sulco. Trabalhando com solos franco-argilo-arenosos, de declive de 0,5% e em sulcos de 90 m, com aplicação de uma vazão na entrada de 7 l/s, concluíram que o consumo de água no sistema entre sulco foi de 45 mm contra 150 mm do consumo no sulco. Como vantagem ao primeiro sistema atribuem a menor quantidade de matéria seca existente, como também numa menor rugosidade. Entretanto, para parcelas que tenham curto comprimento ou onde os declives forem acentuados, e para solos que tenham uma infiltração lateral de água inadequada, o sistema de irrigação dentro do sulco é o mais aconselhável. As medidas das taxas de infiltração foram conduzidas, utilizando-se a fórmula $I = KT^n$.

Estudando a irrigação por sulcos de infiltração em cana-de-açúcar no Hawaí, VAZIRI e WU (1972) constataram que este tipo de irrigação é singular devido à elevada permeabilidade dos solos e do retardamento do avanço da água causado pela cana-de-açúcar. Este retardamento pode ainda ser acrescido com a idade da planta através da emissão de novos perfilhos e com o aumento do diâmetro dos mesmos.

Trabalhando com sulcos situados em áreas com gradientes de 0,25%, 0,5%, 1,0% e 2,0%, em solos franco-argilo-arenosos e com aplicação de vazões de entrada nos sulcos e entre sulcos de 0,4 a 1,4 l/s, PEARSE (1973) observou as características de infiltração em diversas formas e espaçamento de sulcos. Concluiu que a intensidade de infiltração aumentou com o acréscimo da vazão de entrada. Nos sulcos de forma triangular, com espaçamento de 1,5 m e com as irrigações efetuadas dentro do sulco, o consumo de água requerida foi 3 vezes maior. Uma varia-

ção de declividade do terreno de 2,0% para 0,25% necessita de uma quantidade de água duas vezes maior para fornecer ao solo uma adequada altura d'água. Pela combinação entre as vazões aplicadas nas diferentes formas de sulcos, constatou-se que ocorreu uma variação na intensidade de infiltração desde 3 mm/h até 28 mm/h, sendo os menores valores obtidos em irrigação entre sulcos triangulares e os maiores determinados no interior dos sulcos.

Dando prosseguimento a estas pesquisas em Latossol no Hawái, VAZIRI et alii (1973), observaram que, como a cana-de-açúcar é plantada em sulcos, o movimento da água é retardado não somente através da rugosidade superficial do sulco, mas também pela planta de cana. O efeito do retardamento aumenta com o diâmetro e número de colmos e pela acumulação de folhas secas e restos da cultura no interior do sulco. Os autores desenvolveram equações de regressão múltipla para avaliar os critérios da irrigação por sulcos de infiltração em cana-de-açúcar e verificaram que é necessário conhecer as funções de infiltração, de avanço e de recesso, que por sua vez são afetadas pela velocidade do fluxo de água, idade da cultura, comprimento e declividade do sulco, tipo de solo e o tempo de irrigação.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A área do experimento localiza-se na Estação Experimental Central-Sul da Coordenadoria Regional Sul do Planalsucar - Instituto do Açúcar e do Alcool, Km. 174 da Via Anhanguera, município de Araras, Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas, 22°18' de latitude Sul, 47°23' de longitude Oeste e altitude média de 620 metros. O relevo é plano, com declive inferior a 3%. De acordo com dados obtidos no local, em período de 20 anos, a precipitação média anual registrada é de 1.358,70 mm. A área total do campo experimental, inclusive bordaduras, é de 15.080 m², conforme a Figura 1.

4.1. Solo

Segundo FRANÇA (1973), em levantamento executado a nível semi-detalhado, o solo se enquadra no grande grupo Latossol Vermelho Escuro-Orto, cujas principais características são descritas a seguir.

4.1.1. Descrição morfológica do perfil do solo

Ap - 0-25 cm, pardo avermelhado escuro; textura fina (argilosa);

FIGURA 1. PLANTA DE LOCALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL
ÁREA TOTAL = 15.000 m²

estrutura granular, pequena, fraca; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; compactação ligeira na camada mais superficial, raízes e macroporos abundantes; transição gradual.

B₂₁ - 25-70 cm, vermelho escuro; textura fina (argilosa); estrutur ra maciça porosa que se desfaz em blocos subangulares, peque nos e médios, fraco, macio, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; raízes e macroporos comuns; transição difusa.

B₂₂ - 70-160 cm, vermelho escuro; textura fina (argilosa); estrutur ra maciça, muito porosa; macio, muito friável, plástico e pe gajoso; macroporos e galeriás biológicas comuns, raízes fi nas, comuns.

De acordo com estudos realizados por RUGAI e ORLANDO (1973), este tipo de solo abrange 80,814 ha, perfazendo 10,46% da área canavieira do Estado de São Paulo.

4.1.2. Características físicas

A análise granulométrica desenvolvida em amostras repre sentativas dos horizontes componentes do perfil descrito, foi efetuada pelo Centro de Estudos de Solos da E.S.A. "Luiz de Queiroz", resultando nos dados constantes da Tabela 1.

A determinação do peso específico aparente, foi realizada com auxílio de amostrador de UHLAND (1949), obtendo-se as amostras em cilindros de alumínio de 7,62 cm de altura e 7,62 cm de diâmetro, às profundidades de 20, 40 e 60 cm. Os resultados obtidos com a determinação do peso específico aparente são mostrados na Tabela 2.

Para efeito de cálculo, no presente trabalho foram consi derados os resultados médios à profundidade de 0-40 cm, respectivamente

Tabela 1 - Resultados da análise granulométrica do solo da área experimental.

Horizonte	Profundidade cm	Argila %	Limo %	Areia			
				M.Grossa	Grossa	Média	Fina M.Fina
Ap	0 - 25	45,6	31,1	0,2	1,1	5,4	10,4 6,2
B ₂₁	25 - 70	49,6	28,9	-	1,3	3,9	10,2 6,1
B ₂₂	70 - 160	36,6	29,6	-	1,1	3,8	16,1 12,8

Tabela 2 - Valores do peso específico aparente.

Profundidade cm	Peso específico aparente (grs/cm ³)		
	Amostra 1	Amostra 2	Média
0 - 20	1,172	1,118	1,145
20 - 40	1,456	1,258	1,357
40 - 60	1,066	1,184	1,125

1,25 grs/cm³.

4.1.3. Características químicas

Os resultados registrados através das análises químicas realizadas no Centro de Estudos de Solos da E.S.A. "Luiz de Queiroz", são mostrados na Tabela 3.

4.2. Água do solo

O estudo da água no solo, foi desenvolvido em amostras tomadas às profundidades de 20,40 e 60 cm. Em laboratório de Física de Solos do Departamento de Engenharia Rural da E.S.A.L.Q., foi determinada a curva característica da água no solo, de acordo com metodologia estabelecida por RICHARDS (1947), com auxílio das placas de pressão a intervalos de 0 à -1,0 e -1,0 a -15,0 atmosferas, onde a umidade correspondente ao potencial de -15 atmosferas representa o limite inferior da água disponível ou o ponto de murchamento permanente, PMP. O limite superior da água disponível ou a capacidade de campo foi determinado no campo pelo método convencional. A Tabela 4 relaciona os dados de umidade encontrados nas tensões aplicadas e a Figura 2 ilustra a curva característica da água do solo.

4.3. Água disponível

O conceito de água disponível é representado pela quantidade de água existente no intervalo entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento permanente.

Experimentos realizados por FOGLIATA (1974) com cana-de-açúcar irrigada mostraram que a cultura teve melhor desenvolvimento nas parcelas em que a tensão limite de água no solo era de 1,0 à 3,0 atmos

Tabela 3 - Resultados analíticos obtidos em amostras retiradas dos horizontes componentes do perfil do solo.

Prof.	pH		Ions trocáveis cm emg/100g						
	Água 1:1	KCL 1:1	C org.%	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺	H ⁺ CTC
0 - 25	5,5	5,0	1,89	0,01	0,07	3,57	0,75	0,13	4,59 9,11
25 - 70	5,9	5,6	0,94	0,01	0,04	1,31	0,45	0,09	3,05 4,94
70 - 160	6,1	6,1	0,76		0,03	0,77	-	0,10	2,30 3,20

Tabela 4 - Resultados de umidade (% em peso solo seco) da curva característica da água no solo.

Profundidade cm	Tensão da água do solo (atmosferas)							
	0,1	0,2	0,33	1,0	3,0	6,0	9,0	15,0
0 - 20	30,64	27,53	25,54	22,99	22,26	21,19	20,06	19,05
20 - 40	30,08	28,16	27,30	25,28	23,18	22,64	21,93	20,96
40 - 60	30,65	28,61	27,10	25,70	23,98	22,77	21,79	19,49

FIGURA 2. CURVA CARACTERISTICA DA ÁGUA DO SOLO

feras.

O limite inferior de água no solo estabelecido para o presente experimento foi de 2,0 atmosferas, ou quando ainda restavam no solo cerca de 35% da água disponível, ou ainda a umidade limite de 23,50% à profundidade de 40 cm. Os valores de capacidade de campo, do ponto de murchamento permanente e da água disponível encontram-se na Tabela 5.

4.4. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos obtidos durante o experimento foram tomados em instrumentos e equipamentos instalados no Posto Meteorológico da Estação Central-Sul, situado a aproximadamente 1.000 metros do local do campo experimental, em área coberta por grama e próximo à cultura de cana-de-açúcar.

Os dados medidos e registrados diariamente constaram de precipitação, evaporação da água em tanque de evaporação Classe "A", insolação tomada em heliógrafo, umidade relativa, temperatura do ar e ventos.

4.5. Umidade do solo

O controle das irrigações foi feito pelo estudo de umidade do solo determinado através do método gravimétrico padrão, com amostras tomadas diariamente às profundidades de 20, 40 e 60 cm, em todos os sulcos dos tratamentos estabelecidos.

4.6. Delineamento experimental

Para desenvolvimento do experimento foram considerados 3 declives (1%, 0,75% e 0,5%) correspondendo a 3 áreas distintas. Em cada área (declive) foram aplicadas 3 vazões de entrada (0,9 l/s; 1,9 l/s e

Tabela 5 - Valores médios da capacidade de campo, ponto de murchamento permanente (PMP) e água disponível (AD).

Profundidade cm	% em peso do solo seco		
	C.Campo	PMP	AD
0 - 20	30,64	19,05	11,59
20 - 40	30,08	20,96	9,12
40 - 60	30,65	19,49	11,16

3,4 l/s). Para cada vazão foram destinados 3 sulcos consecutivos, cada sulco considerado, para efeito de análise estatística, como uma repetição. Os sulcos grupados de 3 em 3, com dois sulcos intermediários de bordadura, são representados esquematicamente a seguir:

Para cada combinação de declive com vazão, foi feita, independentemente, tomada de dados em ensaios sucessivos (6 a 7 ensaios). Foram realizadas análises estatísticas separadamente para cada combinação, tomando-se como tratamentos os períodos em que foram realizados os ensaios de irrigação. O esquema de análise de variância (admitindo-se 7 ensaios) é o que se segue.

C.Variação	Grau de Liberdade
Ensaio	6
Sulcos	2
Resíduo	12
Total	20

Observa-se portanto que cada sulco, tendo 80 m de comprimento e área total de 120 m^2 , foi considerado como um bloco.

4.7. Cultura

Como suporte experimental foi instalada a cultura da cana-de-açúcar - *Saccharum spp.*, variedade IAC 51/205, que apresenta germinação e perfilhamento regulares, boa produtividade em tonelagem de colmos e açúcar, porém com emissão de pendão floral e chochamento na extremidade do colmo; características definidas por BASSINELLO et alii (1976).

Atualmente esta variedade ocupa cerca de 27.000 ha, cobrindo 2,9% da área canavieira total do Estado de São Paulo. Nos últimos anos sua área de plantio tem crescido razoavelmente.

As operações adotadas para o preparo do solo foram as convencionais em uso na Estação Experimental Central-Sul, compreendendo 02 arações e 02 gradeações, para extermínio da soqueira da cana, logo após a colheita. Em novembro realizou-se nova aração profunda, seguida de gradeação, uma aração rasa, depois outra gradeação em fevereiro e uma passada de rotativa nas vésperas do plantio, para eliminação de sementes e extinção de possíveis brotações voluntárias.

4.8. Sistematização do terreno para irrigação

Após o preparo inicial da área experimental foi realizada

uma sistematização geral para conferir ao terreno uma declividade média próxima dos declives estabelecidos pelo delineamento experimental. A medição dos declives de 1,0%, 0,75% e 0,5% foi realizada por meio de nivelamento com demarcação de estacas a cada 20 metros.

A sulcação foi feita com auxílio de um trator de esteira com sulcador duplo, distanciados de 1,50 metros e sulcando a uma profundidade de 0,30 m. Após esta operação, os sulcos tinham comprimentos aproximados de 110,00 metros. Os sulcos foram interceptados a 100,00 metros por um canal de drenagem retangular de seção de 0,30 x 0,40 m, revestido com plástico, que coletava o volume de água excedente das irrigações, drenando-o para áreas situadas abaixo da área experimental.

4.9. Plantio

O plantio foi efetuado no dia 3 de março de 1975, em sulcos espaçados de 1,50 m a uma profundidade de 0,30m. Utilizou-se de uma carreta-plantadeira para 04 homens, com o plantio simultâneo de 04 sulcos, com rendimento médio de 4 ha/dia. As mudas, previamente tratadas termicamente contra o raquitismo-da-soqueira, foram distribuídas inteiras no sulco e cortadas em toletes de 03 gemas, originando uma densidade de plantio entre 12 a 15 gemas/metro e sendo utilizados cerca de 8.000 kgs/ha de muda de cana.

A adubação de plantio foi realizada com adubo composto de fórmula 10-10-20, aplicando-se 1.000 kgs/ha, sendo 100 kgs de N, 100 kgs de P_2O_5 e 200 kgs de K_2O .

Foram feitas duas adubações de cobertura, uma em junho e outra em outubro, dos 3 e 7 meses de idade, aplicando em cada vez 300 kgs/ha de sulfato de amônio.

4.10. Tratos culturais

Como o plantio foi realizado em período seco, houve necessidade de se efetuar uma irrigação por aspersão sobre a área, com aplicação de uma altura d'água de 20 mm, para proporcionar umidade suficiente à germinação e assegurar homogeneidade na emissão de perfilhos.

Procederam-se às operações normais de cultivo em todo o experimento, até que a cultura atingisse a fase de fechamento completo.

4.11. Estruturas e equipamentos para distribuição de água

Para o suprimento de água das irrigações foi utilizado um reservatório central, localizado na parte superior do campo com cota superior ao da área experimental, possibilitando o fluxo de água por gravidade para as diferentes áreas a serem atendidas.

O reservatório mostrado na Figura 3 foi construído com diques de terra, de forma trapezoidal, com dimensões de 3,5 m de base, por 2,5 m de altura e 1,0 m de crista. O reservatório era de forma retangular com capacidade máxima de armazenamento de 144 m³ e uma altura d'água de 1,70 m. Seu revestimento interno era de lona plástica. Os taludes externos dos diques foram protegidos com grama Batatais Paspalum notatum.

Em cada área com os declives de 1,0%, 0,75% e 0,5% foram construídas, perpendicularmente à direção dos sulcos de irrigação, caixas estabilizadoras retangulares com dimensões de 18 m x 0,75 m x 0,60 m (Figura 4), cuja finalidade foi condicionar vazões constantes durante as aplicações de água, realizadas através de tubos de ferro galvanizado com diâmetros de 25,4; 43,1 e 50,8 mm, proporcionando as vazões de entrada nos sulcos definidas pelo delineamento experimental. As vazões foram reguladas com auxílio de um dreno retangular de 0,50 x 0,10 m localizado na extremidade de cada caixa estabilizadora (Figura 5), que per

Figura 3. Reservatório com capacidade de armazenamento de 144 m^3 , para suprimento de água do experimento.

Figura 4. Caixas estabilizadoras de vazão.

mitiu o estabelecimento de uma carga permanente de água de 0,30 m de altura.

A ligação entre o reservatório de abastecimento de água e as caixas estabilizadoras foi efetuada com tubulações de alumínio de 150 mm de diâmetro, conforme ilustra a Figura 6. O reservatório de 144 m³ era alimentado por um conjunto moto-bomba elétrico de 160 c.v. , vazão de 150 m³/hora e através da rede de distribuição de água da Estação Experimental.

Fez-se a derivação de água das caixas para o sulco com auxílio de tubos galvanizados, munidos com extensões de polietileno (Figura 7), evitando que o impacto da água no sulco provocasse erosões.

As medições de vazão de entrada e saída dos sulcos foram realizadas com auxílio de calhas, construídas em concreto, de conformidade com as dimensões estabelecidas por CHAMBERLAIN (1952), ROBINSON e CHAMBERLAIN (1960) e ROBINSON (1966), indicadas para as vazões de 0,07 a 2,3 litros/segundo e 0,133 a 4,5 litros/segundo, conforme Figura 8.

Como as calhas eram de material diferente do proposto por CHAMBERLAIN (1952), houve necessidade de se executar ensaios de vazão para relacionar a altura de água na entrada da calha, com a respectiva descarga. A relação da altura de água com a vazão foi representada graficamente através do ábaco da Figura 9.

A Figura 10, mostra um gráfico com retas ajustadas pelo método dos mínimos quadrados e as respectivas equações de regressão para as duas calhas testadas.

Figura 5. Dreno retangular para regularização das vazões.

Figura 6. Tubulação de alumínio ligando o reservatório de abastecimento às caixas estabilizadoras de vazão.

Figura 7. Derivação de água das caixas estabilizadoras para os sulcos de irrigação.

Figura 8. Medição da vazão nos sulcos através das calhas trapezoidais de concreto tipo Chamberlain.

FIGURA 2. RELAÇÃO ENTRE A VAZÃO EM LITROS POR SEGUNDO E A ALTURA D'ÁGUA MEDIDA NA CALHA AFORADORA EM CENTÍMETROS. DADOS OBTIDOS NO CAMPO.

FIGURA 10. RELAÇÃO ENTRE A VAZÃO EM LITROS POR SEGUNDO E A ALTURA D'ÁGUA MEDIDA NA CALHA AFORADORA EM CENTÍMETROS. DADOS OBTIDOS A PARTIR DAS RETAS AJUSTADAS PELO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS.

4.12. Ensaio de infiltração

As equações de infiltração e do avanço foram estabelecidas com dados obtidos nos ensaios de infiltração, que foram realizados periodicamente (a intervalos de 20-25 dias), conforme as necessidades de água da planta. O controle das irrigações foi feito pelo estudo de umidade do solo, cujo procedimento foi devidamente esclarecido no item 4.5.

Os ensaios eram executados nos declives estabelecidos quando a água do solo atingia a tensão de 2,0 atm aproximadamente. Tal fato, juntamente com as diversas vazões aplicadas e o desenvolvimento da planta, permitiram o estudo da variação dos parâmetros componentes das equações de infiltração e do avanço, uma vez que o comprimento e o espaçamento dos sulcos foram constantes.

Na execução dos ensaios de infiltração foram mensuradas as vazões de entrada e de saída nos sulcos a espaços de tempo regulares, partindo de pequenos intervalos no início, para intervalos maiores no final. O tempo de avanço da água no sulco foi medido a cada estaca distanciada de 10 m, até que a água atingisse o final do sulco.

O tempo de recesso foi calculado a cada 10 m, acompanhando o secamento da lâmina d'água, a partir do início até o final do sulco.

A duração de cada ensaio era fixada quando a infiltração da água no solo tornava-se constante e este tempo era suficiente para elevar a umidade do solo ao nível de capacidade de campo na profundidade desejada.

4.12.1. Equação do avanço da água no sulco

Em estudos de avanço da água no solo a maioria dos autores prefere a representação da intensidade do avanço em escala logarítmica.

ma, expressada pela seguinte equação:

$$L = aT^b$$

onde:

L = distância do avanço d'água no sulco, em metros;

T = tempo em minutos;

a e b = constantes empíricas.

Essa expressão, além de determinar com precisão a intensidade do avanço, é de grande aplicabilidade prática. Os coeficientes a e b são calculados facilmente com a utilização do método dos mínimos quadrados. O coeficiente a representa a etapa inicial do avanço da água no sulco e a constante b, sempre positiva, indica a inclinação da reta representativa dos dados de tempo e distância obtidos nos ensaios e transpostos em papel com escala di-logarítmica.

O conhecimento destes fatores possibilita a avaliação das alterações das características hidráulicas do sulco, pois o avanço da água no sulco, representado pela equação do avanço é principalmente relacionado com as variáveis fundamentais da hidráulica da irrigação superficial, tais como a vazão de entrada, declividade do terreno e rugosidade do sulco.

4.12.2. Equação de infiltração da água no solo

A infiltração da água no solo tem sido estudada por muitos pesquisadores, preocupados em determinar uma expressão que represente de maneira correta as características do fenômeno e que possa ser facilmente manipulada pelos técnicos em irrigação.

Uma equação que representa a intensidade de infiltração

da água no solo, em uma forma simples e precisa, com grande aplicabilidade prática, foi proposta por KOSTIAKOV (1932) e posteriormente por LEWIS (1937). Nesse método a infiltração é expressa por uma equação empírica exponencial, sob a seguinte forma:

$$I = K T^n$$

onde:

I = intensidade de infiltração em mm/h;

K = constante relativa à taxa de infiltração na unidade de tempo;

T = tempo de infiltração em minutos;

n = expoente experimental.

Desta forma a intensidade de infiltração foi estudada através da equação proposta, com transposições dos dados de tempo e infiltração instantânea obtidos no campo, em papel di-logarítmico. Através de cálculo processado pelos métodos dos mínimos quadrados, obteve-se as constantes K e n, indicando a infiltração inicial no tempo unitário, expoente representativo do coeficiente angular da reta e a inclinação da reta proveniente da equação.

O coeficiente linear K representa a etapa inicial da infiltração, sendo um valor médio de todo o comprimento do sulco e o coeficiente angular n mostra a sequência dos diferentes valores da infiltração que podem ser verificados no transcorrer da irrigação.

O estudo destes parâmetros permite uma avaliação das condições físicas do solo, em relação à idade da planta e seus diferentes estágios de crescimento, nos quais foram realizados os ensaios de infiltração.

4.12.3. Tempo de aplicação da água no solo

LINDERMAN e STEGMAN (1971) e VAZIRI e WU (1972), assin
lam que o tempo total de irrigação pode ser obtido diretamente com da
dos de campo e através da expressão:

$$T = T_{ap} + T_{av} - T_r,$$

sendo que o tempo de aplicação é calculado através da fórmula:

$$T_{ap} = T - T_{av} + T_r$$

onde:

T_{ap} = tempo de aplicação em minutos;

T = tempo total de irrigação em minutos;

T_{av} = tempo de avanço em minutos;

T_r = tempo de recesso em minutos.

Baseando-se nas características físicas do solo, água do
solo mostradas nas Tabelas 2, 4 e 5 e a partir da expressão:

$$h = \frac{AD}{10} \cdot \gamma_s \cdot H \cdot \frac{100}{E_i}$$

onde:

h = altura d'água a se aplicar em mm;

AD = intervalo de água considerado a ser aplicado em %;

γ_s = peso específico aparente em gr/cm^3 ;

H = profundidade do solo considerada em cm;

E_i = eficiência de irrigação em %;

que permite o cálculo da altura d'água necessária para se fornecer ao solo o teor de água estabelecido no estudo e, com os dados das constantes K e n da equação de infiltração registradas nos ensaios realizados, determinaram-se os tempos teóricos de aplicação através da expressão de finida por CRIDDLE et alii (1956).

Durante a condução do experimento, verificou-se que os tempos de aplicação obtidos foram maiores que os estabelecidos teoricamente, uma vez que após a água atingir o final do sulco, a mesma era cortada somente quando os dados de leitura da altura d'água na calha medidora, situada na extremidade da linha de plantio, permaneciam constantes. Isto evidencia que o corte de água de entrada só ocorria quando a intensidade de infiltração (I) ao longo do sulco era permanente.

Assim, o tempo de aplicação foi determinado diretamente através da expressão estabelecida por LINDEKMAN e SIEGMAN (1971) e VAZIRI e WU (1972) e com os dados obtidos no campo nos diferentes sulcos, onde foram realizados os ensaios de infiltração de acordo com a idade da cultura.

A cada 10 m de sulcos foi cronometrado o tempo de avanço ou de recesso, conforme a lâmina d'água avançava em direção ao final da linha de plantio, ou se infiltrava e secava no sentido do início para o final do sulco.

O tempo total de irrigação correspondeu ao intervalo entre o início do ensaio quando eram aplicadas as vazões de entrada nos sulcos, e o final da aplicação da água, no momento em que a infiltração era constante.

4.12.4. Tempo de recesso

O tempo de recesso foi medido a cada 10 m de sulco, após

o corte da entrada de água no sulco e quando o volume de água localiza do naquele trecho de sulco se infiltrava no solo.

A somatória dos tempos de recesso tomados nos trechos de 10 m, fornece o tempo final de recesso ao longo dos 80 m de sulco.

4.13. Brotação e perfilhamento do colmo

A contagem da brotação e perfilhamento foi realizada em 30 metros de cada sulco, sendo as medições efetuadas no início, meio e no final de cada sulco, com comprimento de 80 m. Procedeu-se à contagem de colmos nas áreas sem irrigação, identicamente, sendo computado o número de colmos em cada grupo de 3 sulcos.

As contagens, em número de 11, foram efetuadas mensalmente, a partir do 5º até o 15º mês de idade da planta, quando o número de colmos estava praticamente estabilizado.

A contagem da densidade de plantas nos sulcos foi feita em locais previamente marcados por estacas com um comprimento de 10 m lineares. Dessa forma, para cada vazão aplicada na entrada dos sulcos foram contados 90 m lineares de sulco.

4.14. Elongamento do colmo

O alongamento ou taxa de alongação do colmo é definida como a diferença observada entre duas medições seguidas, tomadas num período de tempo relativamente curto. A medição do alongamento no presente trabalho obedeceu ao seguinte procedimento: foram marcadas ao acaso 09 canas de cada grupo de sulcos de mesma vazão, e 09 canas nos sulcos sem irrigação, totalizando 90 plantas, medidas quinzenalmente. Ao lado dessas plantas fixou-se ao solo um piquete numerado, na posição vertical e abaixo do ponto do colmo a ser medido. O outro ponto de referên

cia para essa medida é a primeira aurícula visível, cujo reconhecimen
to pode ser feito partindo-se do centro do cartucho de emissão das no
vas folhas, à folha + 6, segundo CLEMENTS e GHOTB (1968), ou ainda à fo
lha cujo limbo iniciou seu desgarramento do cartucho encontrando-se en
tre as posições vertical e horizontal. Nesse estágio de desenvolvimento
da folha surge a aurícula na extremidade lateral da dobra ou inserção
entre a bainha e o limbo.

A medição das plantas se fez com auxílio de fita métrica,
partindo-se do piquete cravado no solo até a primeira aurícula visível.
Foram efetuadas cerca de 11 medições quinzenais, a partir do 7º até o
15º mês de idade da cultura, quando as plantas se apresentavam com o
crescimento desativado e em fase de maturação. Entretanto, as medições
poderiam ser prolongadas até a época do corte, mas devido ao intenso
tombamento das plantas, tornou-se impossível a circulação na área expe
rimental, sem que isso causasse quebra e desfibramento dos colmos, com
consequente diminuição da produtividade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são mostrados os resultados obtidos nos ensaios de irrigação, realizados durante o ciclo de cana-planta, desde junho/75 quando a cultura se apresentava com 04 meses, até maio/76 com as plantas tendo 14 meses de idade.

Os sulcos com vazões de entrada de 0,9 l/s foram irrigados durante 7 épocas distintas, porém somente até outubro/75 com as plantas contando 9 meses de idade, quando então a quantidade de colmos e restos de cultura eram elevados, obstruindo o sulco de tal maneira que impedia o avanço da água em tempo inferior a 8 horas, tornando-se impraticável a irrigação.

As constantes precipitações ocorridas a partir de novembro/75 e que se prolongaram durante todo o ano de 1976, impossibilitaram a elaboração de ensaios simultâneos nos diferentes sulcos. Este fato pode ser comprovado pela quantidade de ensaios efetuados no declive de 1,0%, e nos sulcos com vazão de entrada de 3,4 l/s.

Em geral, o intervalo de irrigação variou desde 23 dias

para os sulcos onde foram aplicadas vazões de entrada de 1,9 e 3,4 l/s, até 26 dias para os sulcos onde foram feitas irrigações com vazões de 0,9 l/s.

5.1. Equação do avanço da água no solo

Com os dados alcançados nas medições do avanço da água no sulco realizadas durante cada ensaio, resultaram as equações constantes das Tabelas 6 a 14.

5.1.1. Estudo dos valores da constante a da equação do avanço

Os valores da constante a, determinada através dos ensaios de avanço elaborados nos sulcos com diferentes declives e vazões de entrada, são mostrados nas Tabelas 15, 16 e 17.

A análise estatística dos resultados apresentada nestas tabelas, assinala que se registraram diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade entre os diversos ensaios, onde se aplicaram a vazão de entrada de 3,4 l/s nos declives de 1,0%, 0,75% e 0,5%. Para vazão de 1,9 l/s, evidenciam-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade no declive de 1,0% e a nível de 5% de probabilidade no declive de 0,5%. Não foram constatadas diferenças significativas entre os ensaios efetuados com esta vazão de entrada e em sulcos com gradientes de 0,75%. Para a vazão de 0,9 l/s, a análise estatística revela diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade nos declives de 0,75% e 0,5%, e a nível de 5% de probabilidade para os ensaios realizados no declive de 1,0%.

Esta variação da constante a, verificada quando a planta se apresentava em diferentes fases de crescimento, comprova as modificações nas características hidráulicas do sulco causada pela alteração

Tabela 6 - Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 0,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$L = 4,0621 T^{0,6796}$	$L = 4,5712 T^{0,5638}$	$L = 3,9662 T^{0,6086}$
2	$L = 3,6224 T^{0,6548}$	$L = 4,8395 T^{0,5069}$	$L = 4,3291 T^{0,5447}$
3	$L = 4,7399 T^{0,6917}$	$L = 4,9636 T^{0,5417}$	$L = 5,0362 T^{0,5484}$
4	$L = 4,3286 T^{0,6896}$	$L = 5,0768 T^{0,5189}$	$L = 4,9800 T^{0,5295}$
5	$L = 3,6291 T^{0,6923}$	$L = 4,4740 T^{0,5296}$	$L = 4,4025 T^{0,5377}$
6	$L = 4,1216 T^{0,6127}$	$L = 5,9142 T^{0,4595}$	$L = 5,1217 T^{0,4869}$
7	$L = 4,3246 T^{0,5938}$	$L = 4,7130 T^{0,4348}$	$L = 4,6419 T^{0,4502}$

Tabela 7 - Equações do avanço ($L = at^b$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 1,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$L = 7,2019 T^{0,7116}$	$L = 8,5094 T^{0,6697}$	$L = 7,6025 T^{0,7528}$
2	$L = 6,6343 T^{0,7069}$	$L = 7,1400 T^{0,6946}$	$L = 5,9566 T^{0,7948}$
3	$L = 6,3958 T^{0,7414}$	$L = 6,3411 T^{0,7455}$	$L = 5,7078 T^{0,7961}$
4	$L = 5,5030 T^{0,7668}$	$L = 5,3814 T^{0,7939}$	$L = 5,2929 T^{0,8054}$
5	$L = 3,5285 T^{0,8550}$	$L = 6,3944 T^{0,7183}$	$L = 5,5680 T^{0,7580}$
6	$L = 6,0159 T^{0,7384}$	$L = 5,8681 T^{0,7351}$	$L = 5,2408 T^{0,7851}$
7	$L = 6,4387 T^{0,6513}$	$L = 6,7297 T^{0,6540}$	$L = 5,6738 T^{0,7011}$

Tabela 8 - Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 3,4 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$L = 7,4799 T^{0,8573}$	$L = 6,2445 T^{0,9122}$	$L = 4,7852 T^{1,0483}$
2	$L = 7,4165 T^{0,8463}$	$L = 6,5952 T^{0,9081}$	$L = 6,3858 T^{0,9037}$
3	$L = 6,3241 T^{0,8742}$	$L = 7,5041 T^{0,9158}$	$L = 9,2045 T^{0,8261}$
4	$L = 8,3579 T^{0,8305}$	$L = 7,9891 T^{0,9150}$	$L = 9,3972 T^{0,8712}$
5	$L = 7,9836 T^{0,8048}$	$L = 8,0723 T^{0,8448}$	$L = 10,4568 T^{0,7808}$
6	$L = 7,4423 T^{0,8207}$	$L = 7,8995 T^{0,8494}$	$L = 7,9213 T^{0,8630}$
7	$L = 7,8922 T^{0,7868}$	$L = 7,0632 T^{0,8967}$	$L = 7,0210 T^{0,8314}$
8	$L = 9,9586 T^{0,7147}$	$L = 7,7428 T^{0,7583}$	$L = 9,6006 T^{0,6819}$
9	$L = 6,6573 T^{0,7864}$	$L = 8,0038 T^{0,7773}$	$L = 8,5013 T^{0,7452}$
10	$L = 6,2230 T^{0,7710}$	$L = 5,8277 T^{0,8589}$	$L = 8,2299 T^{0,7355}$
11	$L = 4,5071 T^{0,8210}$	$L = 4,2315 T^{0,8838}$	$L = 4,8028 T^{0,8456}$

Tabela 9 - Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,75% e vazão de entrada de 0,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$L = 3,5760 T^{0,6983}$	$L = 4,4391 T^{0,7133}$	$L = 4,4936 T^{0,7041}$
2	$L = 3,1412 T^{0,7078}$	$L = 3,9237 T^{0,7084}$	$L = 3,9765 T^{0,6958}$
3	$L = 3,5560 T^{0,7073}$	$L = 4,5941 T^{0,6985}$	$L = 5,6663 T^{0,6418}$
4	$L = 3,7128 T^{0,6503}$	$L = 4,2296 T^{0,6753}$	$L = 5,1439 T^{0,6075}$
5	$L = 3,6366 T^{0,6297}$	$L = 4,0402 T^{0,6593}$	$L = 5,1227 T^{0,5958}$
6	$L = 3,3884 T^{0,6384}$	$L = 3,8711 T^{0,6838}$	$L = 4,0625 T^{0,6571}$
7	$L = 4,2619 T^{0,5472}$	$L = 6,4543 T^{0,5094}$	$L = 7,1236 T^{0,4747}$

Tabela 10 - Equações do avanço ($L = at^b$) para os sulcos com declives de 0,75% e vazão de entrada de 1,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$L = 6,4387 \cdot t^{0,8101}$	$L = 7,5840 \cdot t^{0,7555}$	$L = 9,1727 \cdot t^{0,7409}$
2	$L = 7,4165 \cdot t^{0,8465}$	$L = 8,9598 \cdot t^{0,7174}$	$L = 7,6984 \cdot t^{0,7359}$
3	$L = 7,7446 \cdot t^{0,7719}$	$L = 9,0012 \cdot t^{0,7308}$	$L = 7,8759 \cdot t^{0,7746}$
4	$L = 7,5492 \cdot t^{0,7311}$	$L = 7,8325 \cdot t^{0,7319}$	$L = 6,3983 \cdot t^{0,7822}$
5	$L = 7,6984 \cdot t^{0,7031}$	$L = 7,6033 \cdot t^{0,7022}$	$L = 7,3978 \cdot t^{0,7021}$
6	$L = 7,9305 \cdot t^{0,7186}$	$L = 7,7055 \cdot t^{0,7412}$	$L = 6,2734 \cdot t^{0,7755}$
7	$L = 5,9676 \cdot t^{0,5976}$	$L = 6,3929 \cdot t^{0,5576}$	$L = 6,0897 \cdot t^{0,5899}$

Tabela 11 - Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,75% e vazão de entrada de 3,4 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$L = 12,7086 T^{0,8487}$	$L = 13,6675 T^{0,7033}$	$L = 13,5737 T^{0,7080}$
2	$L = 11,0560 T^{0,7455}$	$L = 14,0055 T^{0,6940}$	$L = 12,9837 T^{0,6809}$
3	$L = 9,0928 T^{0,7707}$	$L = 11,3266 T^{0,6859}$	$L = 11,5425 T^{0,6735}$
4	$L = 10,0092 T^{0,7008}$	$L = 12,2039 T^{0,7052}$	$L = 11,0968 T^{0,6919}$
5	$L = 9,7117 T^{0,7464}$	$L = 10,8267 T^{0,7409}$	$L = 10,1298 T^{0,7017}$
6	$L = 4,4637 T^{0,8994}$	$L = 10,0600 T^{0,7169}$	$L = 10,1274 T^{0,6274}$
7	$L = 6,7451 T^{0,6919}$	$L = 6,7344 T^{0,6988}$	$L = 7,8144 T^{0,6049}$

Tabela 12 - Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,50% e vazão de entrada de 0,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$L = 4,1390 T^{0,6476}$	$L = 5,4100 T^{0,5478}$	$L = 2,8359 T^{0,7309}$
2	$L = 4,1001 T^{0,6175}$	$L = 4,8843 T^{0,5523}$	$L = 2,9073 T^{0,6973}$
3	$L = 4,1937 T^{0,6037}$	$L = 5,4638 T^{0,5205}$	$L = 3,2809 T^{0,6804}$
4	$L = 3,8717 T^{0,5879}$	$L = 4,7206 T^{0,5354}$	$L = 2,8132 T^{0,6832}$
5	$L = 5,7266 T^{0,4656}$	$L = 6,5781 T^{0,4390}$	$L = 3,7923 T^{0,6032}$
6	$L = 5,1179 T^{0,4578}$	$L = 6,2835 T^{0,4196}$	$L = 4,2150 T^{0,5333}$

Tabela 13 - Equações do avanço ($L = at^b$) para os sulcos com declive de 0,5% e vazão de entrada de 1,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$L = 6,3096 \cdot t^{0,6945}$	$L = 6,1915 \cdot t^{0,7737}$	$L = 5,4137 \cdot t^{0,7608}$
2	$L = 8,0075 \cdot t^{0,6243}$	$L = 5,3186 \cdot t^{0,8028}$	$L = 5,2035 \cdot t^{0,7523}$
3	$L = 7,5910 \cdot t^{0,6451}$	$L = 5,5988 \cdot t^{0,8113}$	$L = 4,6047 \cdot t^{0,8201}$
4	$L = 7,4387 \cdot t^{0,6405}$	$L = 5,8830 \cdot t^{0,7833}$	$L = 5,1862 \cdot t^{0,8109}$
5	$L = 6,9199 \cdot t^{0,6424}$	$L = 5,3641 \cdot t^{0,7815}$	$L = 5,0211 \cdot t^{0,7762}$
6	$L = 6,0186 \cdot t^{0,6381}$	$L = 5,8898 \cdot t^{0,6907}$	$L = 6,2690 \cdot t^{0,6571}$
7	$L = 7,4972 \cdot t^{0,5060}$	$L = 8,7418 \cdot t^{0,4493}$	$L = 9,1918 \cdot t^{0,4059}$

Tabela 14 - Equações do avanço ($L = aT^b$) para os sulcos com declive de 0,5% e vazão de entrada de 3,4 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$L = 9,3605 T^{0,7377}$	$L = 9,2236 T^{0,7793}$	$L = 10,0623 T^{0,7759}$
2	$L = 10,2423 T^{0,7181}$	$L = 9,3261 T^{0,8320}$	$L = 8,8267 T^{0,8406}$
3	$L = 8,1922 T^{0,7359}$	$L = 7,8271 T^{0,7924}$	$L = 6,1958 T^{0,7667}$
4	$L = 8,0835 T^{0,7772}$	$L = 7,9689 T^{0,7902}$	$L = 7,7678 T^{0,7795}$
5	$L = 8,9392 T^{0,7205}$	$L = 8,1621 T^{0,7852}$	$L = 7,3181 T^{0,8111}$
6	$L = 8,3887 T^{0,7111}$	$L = 7,5805 T^{0,7827}$	$L = 6,9358 T^{0,7973}$
7	$L = 7,4765 T^{0,6990}$	$L = 7,3773 T^{0,7597}$	$L = 7,3147 T^{0,7551}$
8	$L = 5,9074 T^{0,6504}$	$L = 5,2759 T^{0,7442}$	$L = 5,4916 T^{0,7375}$

Tabela 15 - Valores da constante a da equação do avanço para os sulcos com declive de 1%.

Ensaies	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	4,0621	4,5712 (x)	3,9692	4,1998	7,2019	8,3094	7,6025	7,7713	7,4799	6,2445	4,7952	6,1699
2	3,6224	4,8395	4,3231	4,2637	6,6343	7,1400	5,9566	6,5769	7,4165	6,5952	6,3858	6,7992
3	4,7399	4,9639	5,0362	4,9132	6,3958	6,3411	5,7078	6,1482	6,3241	7,5041	9,2045	7,6776
4	4,3286	5,0768	4,9800	4,7951	5,5030	5,3814	5,2929	5,3924	8,3579	7,9891	9,3972	8,5814
5	3,6291	4,4740	4,4025	4,1685	3,5285	6,3944	5,5680	5,1636	7,9836	8,0723	10,4568	8,8376
6	4,1216	5,9142	5,1217	5,0525	6,0159	5,8681	5,2408	5,7083	7,4423	7,8995	7,9213	7,7544
7	4,3246	4,7130	4,6419	4,5598	6,4387	6,7297	5,6738	6,2807	7,8922	7,0632	7,0210	7,3255
8	-	-	-	-	-	-	-	-	9,9586	7,7428	9,6006	9,1007
9	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6573	8,0038	8,5013	7,7208
10	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2230	5,6277	6,2293	6,7602
11	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5071	4,2315	4,6028	4,5138
D.m.s.(%)	0,89				1,80				2,81			
D.m.s.(%) para parcela perdida	0,92				-				-			
C.V.(%)	6,76				10,28				12,93			
F (ensaios)	4,15*				5,71**				5,67**			
F (sulcos)	12,57**				2,99				2,15			

(x) Dado estimado em decorrência de perda de parcela.

Tabela 16 - Valores da constante a da equação d avanço para os sulcos com declive de 0,75%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	3,5760	4,4391	4,4936	4,1696	6,4367	7,1840	9,1727	7,7318	12,7086	13,6675	13,5737	13,3332
2	3,1412	3,9237	3,9765	3,6805	7,4165	8,1598	7,6984	8,0249	11,0560	14,0055	12,9837	12,6817
3	3,6559	4,5941	5,6663	4,6388	7,7446	9,1012	7,8759	8,2072	9,0928	11,3266	11,5425	10,5539
4	3,7128	4,2296	5,1439	4,3621	7,5492	7,1325	6,3988	7,2602	10,0092	12,2039	11,0958	11,1033
5	3,6366	4,0402	5,1227	4,2665	7,6984	7,1033	6,1122	7,1379	9,7117	10,8267	10,1298	10,2227
6	3,3884	3,6711	4,0625	3,7073	7,9305	7,1055	6,0131	7,2164	4,4637	10,0600	10,1274	8,2170
7	4,2619	6,4543	7,1236	5,9466	5,9676	6,1929	6,0897	6,1501	6,7451	6,7344	7,8144	7,0379
O.m.s. (5%)				1,31				2,22				3,08
C.V. (%)				10,45				10,42				10,29
F (ensaio)				** 8,33				2,26				** 13,01
F (sulcos)				** 17,83				1,42				** 8,52

Tabela 17 - Valores da constante a da equação de avanço para os sulcos com declive de 0,5%.

Ensaio	SULCOS					SULCOS					SULCOS				
	Vazão de entrada de 0,9 l/s					Vazão de entrada de 1,9 l/s					Vazão de entrada de 3,4 l/s				
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3
1	4,1330	5,4100	2,8359	4,1283	6,3096	6,1315	5,4137	5,9716	9,3605	9,2236	10,0623	9,5486			
2	4,1001	4,8843	2,9073	3,9639	8,0075	5,1166	5,2035	6,1765	10,2423	9,3261	8,8267	9,4650			
3	4,1937	5,4633	3,2809	4,3128	7,5910	5,1388	4,6047	5,9315	8,1922	7,8271	6,1958	7,4050			
4	3,8717	4,7206	2,8132	3,8018	7,4387	5,1830	5,1862	6,1693	8,0835	7,9689	7,7678	7,9401			
5	5,7266	6,5781	3,7923	5,3657	6,9199	5,1941	5,0211	5,7684	8,9392	8,1621	7,3181	8,1398			
6	5,1179	6,2835	4,2150	5,2055	6,0186	5,1898	6,2690	6,0591	8,3887	7,5805	6,9358	7,6350			
7	-	-	-	-	7,4972	8,1418	9,1918	8,4769	7,4765	7,3773	7,3147	7,3395			
8	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9074	5,2759	5,4916	5,5583			
C.m.s.(%)				0,657				2,65				1,41			
C.V.(%)				5,20				14,54				6,23			
F (ensaio)				24,75**				3,11*				20,05**			
F (sulcos)				143,51**				3,60				6,14*			

de sua rugosidade devido ao desenvolvimento da cana no sulco. Resultados semelhantes foram assinalados por LITTLE (1960), CHEN e HANSEN (1966), OLITTA (1970) e SOUZA SILVA (1977) que realizaram pesquisas similares, porém com outros tipos de culturas.

A análise estatística dos dados do coeficiente a da equação do avanço determinados entre os diferentes sulcos de um mesmo ensaio, mostra que houve diferença significativa a nível de 1% para vazão de 0,9 l/s em todos os declives. Para vazão de 3,4 l/s constataram-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade para declive de 0,75% e a nível de 5% de probabilidade na declividade de 0,5%. Não havendo diferenças significativas no declive de 1,0%. Para a vazão de 1,9 l/s não ocorreram diferenças significativas em todos os declives.

Há uma certa incoerência nos valores de a entre sulcos de mesma vazão e declive; a significância observada entre estes dados assinala que houve diferenças nas características hidráulicas dos sulcos de mesma vazão e declive, o que não deveria suceder. É possível que a morte dos perfilhos tenha interferido nestes resultados, ou o próprio desenvolvimento do sistema radicular da cana alterou a forma e o "grade" do fundo dos sulcos.

Analisando-se os dados contidos nas Tabelas 15, 16 e 17, verifica-se que ocorreram variações nos valores da constante a em relação às diversas vazões de entrada. Os valores mais elevados foram encontrados nos sulcos com vazão de entrada de 3,4 l/s, enquanto que os mais baixos foram observados nos ensaios com vazão de 0,9 l/s, dentro de um mesmo declive.

Confrontando os valores de a de cada vazão nos três declives, evidencia-se que os mesmos apresentavam pequena variação, com

exceção daqueles correspondentes às vazões de 3,4 e 1,9 l/s no declive de 0,75% que foram ligeiramente maiores. Os resultados sugerem que a variação do declive dos sulcos de 0,5 a 1,0% não influenciou nos valores de a.

Com aplicação do teste de Tukey (5%) aos valores médios do coeficiente a da equação do avanço, observam-se diferenças significativas em todos os ensaios, com exceção daqueles efetuados com a vazão de 0,9 l/s e 1,9 l/s nos declives de 1,0% e 0,75%, respectivamente.

5.1.2. Estudo dos valores do expoente b da equação do avanço

Os valores do expoente b, determinados através dos ensaios de avanço realizados nos sulcos com diferentes declives e vazões de entrada, são mostrados nas tabelas 18, 19 e 20.

A análise estatística dos resultados apresentados nestas tabelas, assinala que ocorreram diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade entre os ensaios com os declives e vazões estabelecidos no presente estudo, com exceção da vazão de 3,4 l/s no declive de 0,75%.

Para os dados do expoente b determinados entre os sulcos, a análise estatística indica diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade para a vazão de 0,9 l/s nos declives de 1,0% e 0,5%, e a nível de 5% no declive de 0,75%. Para vazão de 1,9 l/s nos declives de 1,0% e 0,5% os dados foram diferentes significativamente a nível de 5% de probabilidade, porém não houve diferença para o declive de 0,75%. Para vazão de 3,4 l/s e declive de 0,75% e 0,5% estabeleceram-se diferenças significativas a nível de 1% e para o declive de 1% as diferenças significativas foram de 5% de probabilidade.

Tabela 16 - Valores do expoente b da equação de avanço para os sulcos com declive de 1%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	0,6797	0,5557 ^(x)	0,6086	0,6150	0,7111	0,6897	0,7528	0,7112	0,8573	0,9122	1,0483	0,9393
2	0,6548	0,5059	0,5447	0,5688	0,7039	0,6946	0,7948	0,7321	0,8463	0,9081	0,9038	0,8861
3	0,6917	0,5417	0,5485	0,5939	0,7415	0,6455	0,7962	0,7611	0,8742	0,9158	0,8261	0,8720
4	0,6896	0,5189	0,5296	0,5794	0,7668	0,6339	0,8054	0,7697	0,8305	0,9150	0,8712	0,8722
5	0,6923	0,5296	0,5377	0,5865	0,8550	0,7183	0,7580	0,7771	0,8049	0,8448	0,7808	0,8102
6	0,6127	0,4595	0,4869	0,5197	0,7384	0,6351	0,7851	0,7529	0,8207	0,8434	0,8630	0,8444
7	0,5938	0,4348	0,4502	0,4929	0,6513	0,540	0,7012	0,6688	0,7868	0,8987	0,8315	0,8383
8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7147	0,7583	0,8819	0,7083
9	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7864	0,7730	0,7452	0,7696
10	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7710	0,8539	0,7355	0,7885
11	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8210	0,8838	0,8456	0,8501
D.m.s. (5%)	0,050				0,098				0,123			
D.m.s. (5%) para parcela perdida	0,063				-				-			
C.V. (%)	3,06				4,67				4,90			
F (ensaios)	18,77**				5,00**				5,50**			
F (sulcos)	158,00**				5,00*				4,00*			

(x) Dado estimado em decorrência de perda de parcela.

Tabela 19 - Valores do expcente b da equação do avanço para os sulcos com declive de 0,75%.

Ensaícos	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	0,6363	0,7133	0,7041	0,7052	0,8101	0,7355	0,7409	0,7688	0,8487	0,7033	0,7080	0,7533
2	0,7078	0,7084	0,6958	0,7040	0,8465	0,7334	0,7359	0,7666	0,7455	0,6940	0,6809	0,7068
3	0,7073	0,6985	0,6418	0,6825	0,7719	0,7308	0,7746	0,7591	0,7707	0,6859	0,6735	0,7100
4	0,6503	0,6753	0,6075	0,6444	0,7311	0,7319	0,7822	0,7484	0,7008	0,7052	0,6919	0,6993
5	0,6287	0,6593	0,5958	0,6283	0,7031	0,7322	0,7021	0,7025	0,7484	0,7409	0,7017	0,7297
6	0,6384	0,6838	0,6571	0,6598	0,7186	0,7412	0,7055	0,7451	0,8994	0,7169	0,6274	0,7479
7	0,5472	0,5094	0,4747	0,5104	0,5976	0,6376	0,5899	0,5817	0,6919	0,6968	0,6049	0,6652
D.m.s.(%)	0,057				0,094				0,138			
C.V.(%)	3,16				4,57				6,84			
F (ensaícos)	32,14**				12,18**				1,25			
F (sulcos)	6,66*				2,00				7,50**			

Tabela 20 - Valores do expoente b da equação do avanço para sulcos com declive de 0,5%.

Ensaíes	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	0,6476	0,5478	0,7309	0,6421	0,6945	0,7737	0,7608	0,7430	0,7377	0,7793	0,7759	0,7643
2	0,6175	0,5523	0,6973	0,6224	0,6243	0,6328	0,7523	0,7263	0,7181	0,8320	0,8406	0,7969
3	0,6037	0,5205	0,6604	0,6015	0,6451	0,6113	0,8201	0,7588	0,7359	0,7924	0,7667	0,7650
4	0,5879	0,5354	0,6832	0,6022	0,6405	0,6833	0,8109	0,7449	0,7772	0,7902	0,7795	0,7623
5	0,4656	0,4390	0,6032	0,5026	0,6424	0,6815	0,7762	0,7334	0,7205	0,7852	0,8111	0,7723
6	0,4578	0,4196	0,5330	0,4702	0,6381	0,6307	0,6571	0,6619	0,7111	0,7827	0,7973	0,7637
7	-	-	-	-	0,5060	0,4493	0,4058	0,4537	0,6990	0,7597	0,7551	0,7373
8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6584	0,7442	0,7375	0,7134
D.m.s. (5%)	0,048				0,154				0,057			
C.V. (%)	3,07				7,81				2,62			
F (ensaíes)	46,66**				11,66**				5,00**			
F (sulcos)	116,66**				6,66*				25,00**			

De acordo com os resultados e análise dos dados, observa-se que o expoente b diminui com o crescimento das plantas em todas as vazões aplicadas e em todos declives, mostrando que o tempo de avanço da água aumenta devido a modificação das características hidráulicas dos sulcos causadas pelo desenvolvimento da cultura chegando a limitar as irrigações para a vazão de 0,9 l/s, a partir do 9º mês de idade. Houve uma elevação no tempo de avanço com decréscimo da declividade dos sulcos e da vazão de entrada, Estes resultados são coincidentes com aqueles encontrados por BITTENCOURT (1949), CHINLOY et alii (1962), CHU (1971), VAZIRI e WU (1972), VAZIRI et alii (1973), AZEVEDO et alii (1975) e SOUZA SILVA (1977), porém contrários aos estabelecidos por SASTRY e AGARWAL (1973) que observaram uma tendência do expoente b ser moderadamente constante com o decorrer do tempo.

Aplicando-se o teste de Tukey (5%) aos valores médios do expoente b da equação do avanço, encontram-se diferenças significativas em todos os ensaios, com exceção dos realizados com a vazão de 3,4 l/s no declive de 0,75%.

5.2. Equação de infiltração da água no solo

Os resultados obtidos nos ensaios de infiltração efetuados nos sulcos, com diferentes declives e vazões de entrada, permitiram definir as equações de infiltração da água no solo que são apresentadas nas Tabelas 21 a 29.

5.2.1. Estudo dos valores da constante K da equação de infiltração

Os valores da constante K da equação de infiltração, determinados através dos ensaios de infiltração, encontram-se nas Tabelas

Tabela 21 - Equações de infiltração ($I = K T^n$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 0,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$I = 4,1812 T^{-0,1680}$	$I = 5,0011 T^{-0,1552}$	$I = 8,6397 T^{-0,2391}$
2	$I = 6,8116 T^{-0,2629}$	$I = 5,3177 T^{-0,1754}$	$I = 4,7049 T^{-0,1676}$
3	$I = 7,0197 T^{-0,3058}$	$I = 8,0332 T^{-0,2788}$	$I = 11,0813 T^{-0,4151}$
4	$I = 20,1181 T^{-0,4972}$	$I = 33,7473 T^{-0,5349}$	$I = 38,1636 T^{-0,6414}$
5	$I = 32,4367 T^{-0,6126}$	$I = 35,8475 T^{-0,5703}$	$I = 87,2178 T^{-0,8387}$
6	$I = 52,1049 T^{-0,6620}$	$I = 65,4397 T^{-0,6767}$	$I = 51,2058 T^{-0,6330}$

Tabela 22 - Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 1,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$I = 19,2132 T^{-0,5599}$	$I = 17,1485 T^{-0,4476}$	$I = 10,7026 T^{-0,3641}$
2	$I = 29,5515 T^{-0,7657}$	$I = 25,4126 T^{-0,5965}$	$I = 25,8755 T^{-0,5716}$
3	$I = 22,0537 T^{-0,7548}$	$I = 20,2103 T^{-0,5754}$	$I = 24,3113 T^{-0,6671}$
4	$I = 11,2527 T^{-0,4263}$	$I = 7,2542 T^{-0,2674}$	$I = 10,2176 T^{-0,4018}$
5	$I = 31,2232 T^{-0,7725}$	$I = 18,0081 T^{-0,5147}$	$I = 20,7519 T^{-0,5607}$
6	$I = 21,2138 T^{-0,6671}$	$I = 33,8962 T^{-0,7342}$	$I = 19,6011 T^{-0,5189}$
7	$I = 16,2892 T^{-0,4953}$	$I = 25,0633 T^{-0,5749}$	$I = 20,6514 T^{-0,5047}$

Tabala 23 - Equações de infiltração ($I = K T^n$) para os sulcos com declive de 1,0% e vazão de entrada de 3,4 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$I = 34,8949 T^{-0,5002}$	$I = 41,5779 T^{-0,5657}$	$I = 36,7119 T^{-0,6072}$
2	$I = 47,7311 T^{-0,5867}$	$I = 47,5411 T^{-0,5919}$	$I = 43,4860 T^{-0,6104}$
3	$I = 10,8826 T^{-0,2149}$	$I = 14,6386 T^{-0,2883}$	$I = 7,0375 T^{-0,1008}$
4	$I = 10,6427 T^{-0,2850}$	$I = 15,6777 T^{-0,4276}$	$I = 12,4492 T^{-0,3674}$
5	$I = 18,1102 T^{-0,4427}$	$I = 14,5259 T^{-0,3296}$	$I = 13,8636 T^{-0,3641}$
6	$I = 22,4192 T^{-0,4981}$	$I = 16,4394 T^{-0,3984}$	$I = 18,8589 T^{-0,4056}$
7	$I = 22,3566 T^{-0,4895}$	$I = 22,0679 T^{-0,5110}$	$I = 21,8812 T^{-0,4869}$
8	$I = 22,7091 T^{-0,3716}$	$I = 33,6061 T^{-0,4831}$	$I = 28,8891 T^{-0,4694}$
9	$I = 19,3329 T^{-0,2726}$	$I = 20,0707 T^{-0,3312}$	$I = 20,5541 T^{-0,3668}$
10	$I = 23,0255 T^{-0,3171}$	$I = 23,9162 T^{-0,3378}$	$I = 23,7439 T^{-0,3273}$
11	$I = 38,0977 T^{-0,4264}$	$I = 28,4151 T^{-0,3643}$	$I = 29,8435 T^{-0,3951}$

Tabela 24 - Equações de infiltração ($I = K T^n$) para os sulcos com declive de 0,75% e vazão de entrada de 0,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$I = 9,5486 T^{-0,3387}$	$I = 10,7959 T^{-0,3379}$	$I = 10,0230 T^{-0,3474}$
2	$I = 35,2874 T^{-0,6585}$	$I = 25,6088 T^{-0,6503}$	$I = 30,1811 T^{-0,5936}$
3	$I = 34,1436 T^{-0,7952}$	$I = 44,3320 T^{-0,8566}$	$I = 35,3154 T^{-0,7453}$
4	$I = 36,8799 T^{-0,7606}$	$I = 70,2408 T^{-0,9208}$	$I = 64,3961 T^{-0,8795}$
5	$I = 48,4346 T^{-0,7078}$	$I = 59,6606 T^{-0,9016}$	$I = 54,5677 T^{-0,7153}$
6	$I = 46,6831 T^{-0,7949}$	$I = 65,2492 T^{-0,9972}$	$I = 60,2825 T^{-0,7961}$
7	$I = 76,1850 T^{-0,7783}$	$I = 40,6564 T^{-0,6123}$	$I = 63,7689 T^{-0,6801}$

Tabela 25 - Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com declive de 0,75% e vazão de entrada de 1,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$I = 50,6500 T^{-0,8923}$	$I = 47,1159 T^{-0,7636}$	$I = 24,4365 T^{-0,5678}$
2	$I = 43,9227 T^{-0,8634}$	$I = 43,0328 T^{-0,8957}$	$I = 49,6695 T^{-0,7438}$
3	$I = 11,3779 T^{-0,5736}$	$I = 14,5785 T^{-0,9241}$	$I = 11,2899 T^{-0,5702}$
4	$I = 22,4024 T^{-0,7223}$	$I = 39,7020 T^{-0,9564}$	$I = 27,9005 T^{-0,6974}$
5	$I = 55,7113 T^{-0,9120}$	$I = 50,3164 T^{-1,0436}$	$I = 62,3471 T^{-0,9889}$
6	$I = 40,7605 T^{-0,8972}$	$I = 66,5318 T^{-1,2626}$	$I = 72,4682 T^{-1,1310}$
7	$I = 79,2208 T^{-0,6916}$	$I = 80,1714 T^{-0,6956}$	$I = 73,7937 T^{-0,6753}$

Tabela 26 - Equações de infiltração ($I = KI^n$) para os sulcos com declive de 0,75% e vazão de entrada de 3,4 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$I = 47,3557 T^{-0,7269}$	$I = 58,2505 T^{-0,6665}$	$I = 34,4664 T^{-0,5518}$
2	$I = 42,6881 T^{-0,8629}$	$I = 63,7373 T^{-0,8549}$	$I = 54,5719 T^{-0,8283}$
3	$I = 18,7632 T^{-0,6777}$	$I = 17,8687 T^{-0,6106}$	$I = 16,1558 T^{-0,4908}$
4	$I = 16,0434 T^{-0,5076}$	$I = 16,8615 T^{-0,5996}$	$I = 17,9559 T^{-0,5372}$
5	$I = 43,7186 T^{-0,8642}$	$I = 24,4556 T^{-0,5767}$	$I = 28,5068 T^{-0,6030}$
6	$I = 39,6378 T^{-0,5310}$	$I = 21,1136 T^{-0,4143}$	$I = 21,9336 T^{-0,4401}$
7	$I = 56,1176 T^{-0,5718}$	$I = 78,4512 T^{-0,7638}$	$I = 52,3961 T^{-0,5380}$

Tabela 27 - Equações de infiltração ($I = KT^n$) para os sulcos com declive de 0,5% e vazão de entrada de 0,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$I = 44,1875 T^{-0,6363}$	$I = 38,9439 T^{-0,5603}$	$I = 60,2725 T^{-0,7606}$
2	$I = 24,2260 T^{-0,4760}$	$I = 48,8427 T^{-0,5936}$	$I = 58,3444 T^{-0,7325}$
3	$I = 20,9642 T^{-0,6007}$	$I = 26,1023 T^{-0,4312}$	$I = 19,0016 T^{-0,5693}$
4	$I = 44,0453 T^{-0,6417}$	$I = 96,7898 T^{-0,6769}$	$I = 53,9707 T^{-0,6737}$
5	$I = 211,5386 T^{-0,9354}$	$I = 136,0196 T^{-0,7995}$	$I = 156,4165 T^{-0,8866}$
6	$I = 141,7318 T^{-0,7847}$	$I = 175,6707 T^{-0,7271}$	$I = 153,5354 T^{-0,7579}$

Tabela 28 - Equações de infiltração ($I = K T^n$) para os sulcos com declive de 0,5% e vazão de entrada de 1,9 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$I = 19,3853 T^{-0,4385}$	$I = 11,4235 T^{-0,3432}$	$I = 15,8463 T^{-0,4057}$
2	$I = 33,0514 T^{-0,6531}$	$I = 24,2141 T^{-0,5131}$	$I = 14,5555 T^{-0,3179}$
3	$I = 19,7146 T^{-0,5760}$	$I = 19,7938 T^{-0,5454}$	$I = 19,9173 T^{-0,5040}$
4	$I = 20,3792 T^{-0,5155}$	$I = 17,0370 T^{-0,4794}$	$I = 19,0726 T^{-0,4818}$
5	$I = 34,6481 T^{-0,6379}$	$I = 24,1168 T^{-0,6314}$	$I = 35,1519 T^{-0,6869}$
6	$I = 22,3784 T^{-0,3937}$	$I = 27,7115 T^{-0,5229}$	$I = 18,2995 T^{-0,3622}$
7	$I = 51,7487 T^{-0,4873}$	$I = 56,8590 T^{-0,4874}$	$I = 85,9923 T^{-0,5223}$

Tabela 29 - Equações de infiltração ($I = K T^n$) para os sulcos com declive de 0,5% e vazão de entrada de 3,4 l/s.

ENSAIOS	SULCO 1	SULCO 2	SULCO 3
1	$I = 39,3930 T^{-0,4693}$	$I = 33,7100 T^{-0,5277}$	$I = 31,0456 T^{-0,4120}$
2	$I = 22,0486 T^{-0,4891}$	$I = 12,1602 T^{-0,3699}$	$I = 18,1067 T^{-0,4044}$
3	$I = 34,5098 T^{-0,7264}$	$I = 35,7248 T^{-0,7327}$	$I = 45,8152 T^{-0,7220}$
4	$I = 11,7514 T^{-0,3039}$	$I = 15,5964 T^{-0,4360}$	$I = 18,3202 T^{-0,3307}$
5	$I = 26,0453 T^{-0,5529}$	$I = 36,2126 T^{-0,7757}$	$I = 22,9609 T^{-0,3674}$
6	$I = 20,9527 T^{-0,4475}$	$I = 22,7727 T^{-0,5394}$	$I = 26,0153 T^{-0,4120}$
7	$I = 30,6564 T^{-0,4703}$	$I = 23,5629 T^{-0,4488}$	$I = 27,8336 T^{-0,4309}$
8	$I = 23,3829 T^{-0,2392}$	$I = 40,6069 T^{-0,4281}$	$I = 27,2019 T^{-0,2724}$

las 30, 31 e 32.

A constante K da equação de infiltração representa a velocidade com que a água penetrou no solo no tempo inicial. As alterações do valor deste parâmetro revelam que a variação das condições físicas do solo e o desenvolvimento da cultura interferem nas características hidráulicas do sulco de irrigação.

Entre ensaios de irrigação e variação dos valores de K foi significativa a 1% de probabilidade, com exceção da vazão de 1,9 l/s no declive de 1,0%, cuja significância foi a nível de 5%. Há uma tendência geral do valor de K aumentar com o período de desenvolvimento da cultura, com a diminuição do declive e com o decréscimo de vazão. Tais resultados já haviam sido observados por OLITTA (1970), que estudou a variação dos valores de K nas culturas de crotalaria e soja, e com CHINLOY et alii (1962) e PEARSE (1973), que trabalharam com cana-de-açúcar.

Os resultados obtidos demonstraram que a etapa inicial da infiltração, representada pelo coeficiente linear K, foi aumentada pelas modificações ocorridas na rugosidade do sulco, causadas principalmente pelo desenvolvimento das plantas situadas na linha de plantio, e que definem as condições vegetativas do sulco de irrigação, o que também foi anteriormente comprovado por DULEY e RUSSEL (1939), CHEN e HANSEN (1966), BISHOP et alii (1967), BROWNSCOMBE e FANGMEIER (1970) e OLITTA (1970).

Estas interpretações também são coincidentes às estabelecidas por COLLINS E CAMPBELL (1967) e VAZIRI et alii (1973), que estudaram a infiltração da água em cultura de cana-de-açúcar cultivada em Latossolos no Hawaí.

Por outro lado, os dados determinados neste estudo evi

Tabela 30 - Valores da constante K da equação de infiltração para os sulcos com declive de 1,0%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	4,1812	5,0011 (x)	8,6397	5,9407	19,2132	17,1485	10,7026	15,6861	34,8949	41,5779	36,7119	37,7262
2	6,8116	5,3177	4,7049	5,6114	29,5515	25,4126	25,8755	26,9463	47,7331	47,5411	43,4660	43,2534
3	7,0197	8,0332	11,0613	8,7113	22,8517	20,2139	24,0148	22,3601	10,8826	14,6366	7,0375	10,8529
4	20,1181	33,7473	38,1636	30,6763	11,2527	7,2542	10,2176	9,5748	10,8427	15,6777	12,4492	12,9232
5	32,4367	35,8475	87,2178	51,8340	31,2232	18,0081	20,7519	23,3277	18,1102	14,5259	13,6536	15,4999
6	52,1049	65,4397	51,2058	56,2501	21,2138	33,8962	19,6011	24,9036	22,4192	16,4394	18,8589	19,2392
7	-	-	-	-	16,2892	25,0633	20,6514	20,6679	22,3566	22,0679	21,8812	22,1019
8	-	-	-	-	-	-	-	-	22,7091	33,8061	26,8891	28,4014
9	-	-	-	-	-	-	-	-	19,3329	20,0707	20,5541	19,9659
10	-	-	-	-	-	-	-	-	23,0255	23,9162	23,7439	23,5618
11	-	-	-	-	-	-	-	-	38,0977	28,4151	29,8435	32,1187
D.m.s. (5%)				39,73				14,11				9,35
D.m.s. (5%) para parcela perdida				45,29				-				-
C.V. (%)				51,72				24,13				12,97
F (ensaios)				8,68**				4,39*				35,17**
F (sulcos)				1,38				0,62				1,03

(x) Dado estimado em decorrência de perda de parcela.

Tabela 31 - Valores da constante K da equação de infiltração para os sulcos com declive de 0,75%.

Ensaíos	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	9,5486	10,7959	10,0230	10,1225	50,6500	47,1159	24,4365	40,7341	47,3557	58,2505	34,4064	46,6706
2	35,2874	25,6068	30,1811	30,3591	43,9227	43,0328	49,6695	45,5417	42,6881	63,7373	54,5719	53,6657
3	34,1436	44,3320	35,3154	37,9303	11,1778	14,9795	11,0463	12,4012	18,7632	17,8687	16,1558	17,5959
4	36,8799	70,2408	64,3961	57,1722	22,4024	39,7020	27,9005	30,0016	16,0434	16,8615	17,9559	16,9536
5	48,4346	59,6606	54,5677	54,2209	55,7113	50,3164	62,3471	56,1249	43,7186	24,4556	28,5068	32,2270
6	46,6831	65,2492	60,2625	57,4049	40,7605	66,5318	72,4682	59,9202	39,6378	21,1136	21,9336	27,5617
7	76,1850	40,6564	63,7689	60,2034	79,2208	80,1714	73,7937	77,7286	56,1176	78,4512	52,3961	62,3216
D.m.s.(5%)				32,12				28,06				27,47
C.V.(%)				25,91				21,32				26,19
F (ensaios)				8,06**				14,89**				10,28**
F (sulcos)				0,34				0,53				1,22

Tabela 32 - Valores da constante K da equação de infiltração para os sulcos com declive de 0,5%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	44,1875	38,9439	60,2725	47,8013	19,3853	11,4235	15,8463	15,5517	39,3930	33,7100	31,0456	34,7162
2	24,2260	48,8427	58,3444	43,8044	33,0514	24,2141	14,5555	23,9403	22,0486	12,1602	18,1067	17,4385
3	20,9642	26,1023	19,0016	22,0227	19,7146	19,7938	19,9173	19,8086	34,5036	35,7248	45,8152	38,6832
4	44,0453	96,7898	53,9707	64,9352	20,3792	17,0370	19,0726	18,8296	11,7514	15,5964	18,3202	15,2226
5	211,5386	136,0196	156,4165	167,9915	34,6481	24,1168	35,1519	31,3056	26,0453	36,2126	22,9609	28,4083
6	141,7316	175,6707	153,5354	156,9793	22,3784	27,7115	18,2995	22,7965	20,9527	22,7727	26,0153	23,2459
7	-	-	-	-	51,7487	56,8590	85,9923	64,8666	30,6564	23,5629	27,8336	27,3509
8	-	-	-	-	-	-	-	-	23,3829	40,6069	27,2019	30,3972
D.m.s. (%)				68,69				27,05				16,76
C.V. (%)				28,69				31,68				21,60
F (ensaios)				19,91**				10,80**				5,74**
F (sulcos)				0,09				0,36				0,13

denciam que, diminuindo-se a vazão no mesmo declive e decrescendo-se a declividade dos sulcos para uma mesma vazão, há uma tendência do valor de K aumentar. AZEVEDO et alii (1976) chegaram a conclusões semelhantes, trabalhando com sulcos de infiltração em Latossolos de textura média em Pernambuco.

A análise estatística dos valores de K obtidos entre sulcos assinala que não houve diferença significativa, o que atesta a uniformidade dos sulcos.

A comparação dos valores médios de K pela aplicação do teste de Tukey (5%), mostra que houve diferenças significativas entre todos os ensaios elaborados.

O elevado valor do coeficiente de variação 51,72%, encontrado para a análise de variância dos resultados obtidos nos sulcos com vazão de 0,9 l/s e declive de 1,0%, foi devido ao alto valor do coeficiente K determinado no ensaio nº 5, não havendo explicação plausível para este fato.

5.2.2. Estudo dos valores do expoente n da equação de infiltração

Os valores do expoente n das equações de infiltração e que representam o coeficiente angular e a inclinação da reta, determinados neste estudo, são apresentados nas Tabelas 33, 34 e 35.

A análise de variância dos dados mostra que ocorreram diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade entre os ensaios de infiltração, com exceção daqueles efetuados com vazão de 1,9 l/s e declive de 0,5%, cujas diferenças foram significativas a 5% de probabilidade.

Para os resultados entre sulcos de infiltração, os dados

Tabela 33 - Valores de n da equação de infiltração para os sulcos com declive de 1%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	0,1680	0,1552 ^(x)	0,2391	0,1874	0,5599	0,4476	0,3641	0,4572	0,5002	0,5657	0,6072	0,5577
2	0,2529	0,1754	0,1676	0,2019	0,7657	0,3965	0,5716	0,6446	0,5867	0,5919	0,6104	0,5963
3	0,3058	0,2788	0,4151	0,3332	0,7548	0,5754	0,6671	0,6658	0,2149	0,2883	0,1008	0,2013
4	0,4972	0,5349	0,6414	0,5578	0,4263	0,2674	0,4018	0,3652	0,2850	0,4276	0,3674	0,3603
5	0,6126	0,5703	0,8387	0,6738	0,7725	0,5147	0,5607	0,6159	0,4427	0,3296	0,3541	0,3788
6	0,6620	0,6767	0,6330	0,6572	0,6671	0,7342	0,5189	0,6401	0,4981	0,3984	0,4056	0,4340
7	-	-	-	-	0,4953	0,5749	0,5047	0,5249	0,4895	0,5110	0,4869	0,4958
8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3716	0,4631	0,4694	0,4414
9	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2726	0,3312	0,3668	0,3235
10	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3171	0,3379	0,3273	0,3274
11	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4264	0,3643	0,3951	0,3953
D.m.s. (5%)	0,220				0,227				0,158			
D.m.s. (5%) para parcela perdida	0,256				-				-			
C.V. (%)	17,19				14,31				13,13			
F (ensaios)	24,66**				6,50**				14,66**			
F (sulcos)	2,16				5,16*				0,33			

(x) Dado estimado em decorrência de perda de parcela.

Tabela 34 - Valores de n da equação de infiltração para os sulcos com declive de 0,75%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	0,3387	0,3379	0,3474	0,3413	0,8923	0,636	0,5678	0,7412	0,7269	0,6665	0,5518	0,6484
2	0,6585	0,6503	0,5936	0,6341	0,8634	0,957	0,7438	0,8343	0,8629	0,8549	0,8283	0,8487
3	0,7952	0,8566	0,7453	0,7990	0,5736	0,241	0,5702	0,6893	0,6777	0,6106	0,4908	0,5930
4	0,7606	0,9208	0,8795	0,8536	0,7223	0,564	0,6974	0,7920	0,5076	0,5996	0,5372	0,5481
5	0,7078	0,9016	0,7153	0,7749	0,9120	1,436	0,9889	0,9815	0,8642	0,5767	0,6030	0,6813
6	0,7949	0,9972	0,7961	0,8627	0,8972	1,626	1,1310	1,0969	0,5310	0,4143	0,4401	0,4618
7	0,7783	0,6123	0,6801	0,6902	0,6916	0,956	0,6753	0,6875	0,5718	0,7638	0,5380	0,6245
D.m.s.(5%)	0,213				0,312				0,237			
C.V.(%)	10,47				13,17				13,29			
F (ensaio)	18,00**				6,00**				6,14**			
F (sulcos)	2,00				4,66*				3,00			

Tabela 35 - Valores de n da equação de infiltração para os sulcos com declive de 0,5%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	0,6363	0,5603	0,7606	0,6524	0,4385	0,3432	0,4057	0,3958	0,4693	0,5277	0,4120	0,4697
2	0,4760	0,5936	0,7325	0,6007	0,6531	0,4131	0,3179	0,4947	0,4691	0,3699	0,4044	0,4211
3	0,6007	0,4312	0,5693	0,5337	0,5760	0,3455	0,5040	0,5416	0,7264	0,7327	0,7220	0,7270
4	0,6417	0,6769	0,6737	0,6641	0,5155	0,1794	0,4818	0,4922	0,3039	0,4360	0,3307	0,3569
5	0,9354	0,7995	0,8666	0,8738	0,6379	0,3314	0,6869	0,6521	0,5529	0,7757	0,3674	0,5653
6	0,7847	0,7271	0,7579	0,7565	0,3937	0,3229	0,3622	0,4263	0,4475	0,5394	0,4120	0,4663
7	-	-	-	-	0,4673	0,1674	0,5223	0,4990	0,4703	0,4486	0,4309	0,4500
8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2392	0,4261	0,2724	0,3132
D.m.s. (5%)	0,201				0,218				0,219			
C.V. (%)	10,39				15,48				16,57			
F (ensaios)	8,60**				3,50*				8,16**			
F (sulcos)	2,60				1,00				4,33*			

diferiram estatisticamente a nível de 5% de probabilidade para a vazão de 1,9 l/s e declividades de 1,0% e 0,75% e para a vazão de 3,4 l/s no declive de 0,5%.

Observando-se estas tabelas, verifica-se que os valores de n são variáveis, com o desenvolvimento da cultura. Estes resultados estão coerentes com aqueles encontrados por CHINLOY et alii (1962), PEARSE (1973), COLLINS CAMPBELL (1967) e VAZIRI et alii (1973), uma vez que, aumentando-se os restos das plantas e o número e diâmetro dos colmos da cana-de-açúcar no interior do sulco, altera-se a sua rugosidade com consequente modificação nas características hidráulicas do escoamento da água no sulco.

As incoerências que se verificam nos valores de n nos vários ensaios e entre vazões e declives demonstram que o desenvolvimento da cultura influenciou neste expoente, ora aumentando ora diminuindo. As variações podem ser explicadas pelo fato dos ensaios terem sido iniciados aos 4 meses de idade da cultura, quando a mesma já apresentava uma densidade de colmos considerável, conforme mostram as Figuras 11, 12 e 13 e terminados aos 9 meses de idade, onde o número de colmos era praticamente o mesmo, apesar de possuírem diâmetros maiores.

A aplicação do teste de Tukey (5%) aos dados do expoente n para comparar os valores médios, assinala que houve diferenças significativas em todos os ensaios.

5.3. Tempo de aplicação de água

Os resultados do tempo de aplicação determinados durante o desenvolvimento do estudo são apresentados nas Tabelas 36, 37 e 38.

A análise estatística indica que ocorreram diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade para os dados obtidos em

Tabela 35 - Valores do tempo de aplicação (Tap) em minutos para os sulcos com declive de 1,0%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	90,0	91,0 (x)	90,0	90,33	90,0	90,0	90,0	90,00	60,0	60,0	60,0	60,00
2	50,0	50,0	50,0	50,00	60,0	60,0	60,0	60,00	70,0	60,0	90,0	80,00
3	60,0	60,0	50,0	56,67	50,0	50,0	50,0	50,00	60,0	60,0	50,0	56,67
4	50,0	50,0	50,0	50,00	50,0	50,0	50,0	50,00	40,0	40,0	40,0	40,00
5	50,0	50,0	50,0	50,00	50,0	50,0	50,0	50,00	50,0	50,0	50,0	50,00
6	50,0	50,0	50,0	50,00	40,0	40,0	50,0	43,33	40,0	40,0	40,0	40,00
7	-	-	-	-	50,0	50,0	50,0	50,00	40,0	40,0	40,0	40,00
8	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	40,0	40,0	40,00
9	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	50,0	40,0	43,33
10	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	40,0	40,0	40,00
11	-	-	-	-	-	-	-	-	70,0	60,0	60,0	63,33
D.m.s.(5%)				7,16				6,23				13,09
D.m.s.(5%) para parcela perdida				8,17				-				-
C.V.(%)				4,27				3,88				8,82
F (ensaios)				127,96**				155,06**				26,89**
F (sulcos)				1,01				1,00				0,15

(x) Dado estimado em decorrência de perda de parcela.

Tabela 37 - Valores do tempo de aplicação (Tap) em minutos para os sulcos com declive de 0,75%.

Ensaíos	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	75,0	75,0	75,0	75,00	60,0	60,0	60,0	60,00	90,0	90,0	90,0	90,00
2	45,0	50,0	45,0	46,67	50,0	50,0	40,0	46,67	50,0	50,0	50,0	50,00
3	50,0	50,0	50,0	50,00	40,0	40,0	40,0	40,00	50,0	50,0	50,0	50,00
4	50,0	50,0	50,0	50,00	50,0	50,0	50,0	50,00	50,0	50,0	50,0	50,00
5	50,0	50,0	50,0	50,00	40,0	40,0	40,0	40,00	40,0	40,0	40,0	40,00
6	50,0	40,0	40,0	43,33	40,0	40,0	40,0	40,00	50,0	50,0	50,0	50,00
7	40,0	40,0	40,0	40,00	60,0	60,0	40,0	53,33	60,0	60,0	50,0	56,67
D.m.s. (5%)	7,20				12,93				6,44			
C.V. (%)	4,97				9,59				5,30			
F (ensaíos)	61,18**				8,92**				87,45**			
F (sulcos)	0,56				2,14				1,63			

Tabela 38 - Valores do tempo de aplicação (Tap) em minutos para os sulcos com declive de 0,5%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	75,0	75,0	90,0	80,00	90,0	90,0	90,0	90,00	90,0	90,0	90,0	90,00
2	50,0	50,0	50,0	50,00	50,0	40,0	50,0	46,67	50,0	50,0	50,0	50,00
3	40,0	40,0	50,0	43,33	50,0	50,0	50,0	50,00	50,0	50,0	50,0	50,00
4	40,0	50,0	50,0	46,67	50,0	50,0	50,0	50,00	50,0	50,0	50,0	50,00
5	40,0	40,0	40,0	40,00	40,0	50,0	50,0	46,67	40,0	40,0	50,0	43,33
6	50,0	50,0	50,0	50,00	40,0	40,0	40,0	40,00	50,0	50,0	50,0	50,00
7	-	-	-	-	60,0	70,0	50,0	60,00	60,0	60,0	60,0	60,00
8	-	-	-	-	-	-	-	-	60,0	80,0	80,0	73,33
D.m.s. (5%)	12,12				14,84				12,77			
C.V. (%)	8,09				9,48				7,59			
F (ensaio)	35,61**				30,83**				37,82**			
F (sulcos)	3,09				0,18				1,48			

tre ensaios efetuados nos declives de 1,0%, 0,75% e 0,5%. Os tempos de aplicação determinados entre sulcos de um mesmo ensaio, não diferiram significativamente.

Pela comparação dos valores do tempo de aplicação verifica-se que os dados do primeiro ensaios em todas as vazões e declives são maiores que os demais. O ajustamento dos sulcos da cana-de-açúcar, e o baixo teor de umidade no solo por ocasião da realização do primeiro ensaio de irrigação, foi a principal causa do aumento deste parâmetro, conforme observaram BISHOP et alii (1967) e LINDERMAN e STEGMAN (1971). Nos ensaios seguintes (elaborados em solo com teor de umidade mais elevado), em decorrência do desenvolvimento do sistema radicular, do acúmulo de restos da cultura nos sulcos, as condições de estruturação do solo eram melhores, facilitando a infiltração e diminuindo o tempo de aplicação, como evidenciaram DULEY e RUSSEL (1933), GRAY e BEER (1957), CHEN e HANSEN (1966), BISHOP et alii (1967), COLLINS e CAMPBELL (1967), OLITTA (1970), VAZIRI e WU (1972) e VAZIRI et alii (1973).

Estas interpretações são constatadas pela aplicação do teste de Tukey (5%) aos valores médios do tempo de aplicação de água, que de maneira geral assinalam diferenças significativas em todas vazões e declives.

5.4. Tempo de recesso

Os resultados dos tempos de recesso, determinados ao longo dos sulcos de 80 m de comprimento, são apresentados nas Tabelas 39, 40 e 41.

A análise estatística dos dados contidos nas tabelas, demonstra que houve diferenças significativas a nível de 1% de probabili

Tabela 39 - Valores do tempo de recesso (Tr) em minutos para os sulcos com declive de 1,0%.

Ensaios	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	10,0	5,97 ^(x)	8,00	7,99	8,50	11,67	8,67	8,61	10,00	11,00	8,00	10,00
2	21,07	12,83	13,33	15,74	44,93	44,93	31,18	40,35	50,93	52,67	51,6	51,73
3	22,13	14,10	19,33	18,52	15,15	21,05	17,07	20,09	15,33	21,47	16,80	17,87
4	17,60	16,03	16,75	16,86	16,71	11,78	20,76	17,99	20,63	13,23	14,95	16,27
5	18,90	14,83	15,70	16,48	21,42	11,22	18,35	17,99	22,77	18,50	17,38	19,55
6	18,55	15,92	14,13	16,20	16,40	11,75	22,53	17,89	18,48	20,62	17,37	18,82
7	-	-	-	-	10,08	11,62	14,88	12,93	15,20	17,81	15,11	16,04
8	-	-	-	-	-	-	-	-	13,90	19,87	19,07	17,61
9	-	-	-	-	-	-	-	-	15,08	16,15	19,00	16,74
10	-	-	-	-	-	-	-	-	15,08	14,67	14,17	14,64
11	-	-	-	-	-	-	-	-	20,20	32,22	30,78	27,73
D.m.s. (5%)				5,34				14,20				8,76
D.m.s. (5%) para parcela perdida				6,08				-				
C.V. (%)				12,04				25,53				14,39
F (ensaios)				12,14**				12,19**				42,26**
F (sulcos)				10,93**				0,15				1,12

(x) Dado estimado em decorrência de perda de parcela.

Tabela 40 - Valores do tempo de recesso (Tr) em minutos para os sulcos com declive de 0,75%.

Ensaíos	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	9,00	10,00	10,00	9,67	10,00	9,00	8,00	9,00	9,50	8,00	9,00	8,83
2	55,87	54,80	53,33	54,66	19,78	3,33	36,66	29,92	15,47	11,07	17,60	14,71
3	18,62	19,78	19,03	19,14	17,76	9,83	20,17	19,25	24,17	18,62	17,70	20,16
4	14,25	19,07	20,77	18,03	20,27	6,17	12,95	16,46	15,00	15,02	21,07	17,03
5	15,50	14,20	15,62	15,11	13,48	2,92	15,07	13,82	16,75	15,77	15,55	16,02
6	14,92	20,40	22,27	19,19	17,03	2,28	19,92	16,41	11,42	11,58	12,77	11,92
7	14,28	16,02	13,78	14,69	13,08	4,25	16,17	14,50	14,13	15,20	16,33	15,22
D.m.s.(5%)	5,64				5,99				6,37			
C.V.(%)	9,17				12,30				15,02			
F (ensaíos)	173,35**				28,76**				7,96**			
F (sulcos)	1,79				2,56				1,70			

Tabela 41 - Valores do tempo de recesso (Tr) em minutos para os sulcos com declive de 0,5%.

Ensaio	SULCOS				SULCOS				SULCOS			
	Vazão de entrada de 0,9 l/s				Vazão de entrada de 1,9 l/s				Vazão de entrada de 3,4 l/s			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
1	9,00	11,00	12,00	10,66	7,00	8,00	5,00	6,00	10,00	11,00	13,00	11,33
2	17,28	18,30	18,88	18,15	12,85	14,38	15,43	14,55	12,13	12,05	8,67	10,95
3	18,28	17,83	21,92	19,34	17,07	3,28	17,83	22,06	31,93	27,68	36,43	32,01
4	16,93	20,23	21,40	19,52	15,53	14,87	18,05	17,81	21,16	24,40	17,40	20,98
5	12,17	12,42	13,00	12,53	21,97	20,47	21,55	22,33	19,03	19,60	19,15	19,26
6	10,78	12,66	14,38	12,61	13,83	14,90	14,08	13,93	16,11	20,48	34,85	23,81
7	-	-	-	-	14,08	14,25	14,17	14,83	23,45	20,00	17,02	20,15
8	-	-	-	-	-	-	-	-	20,66	32,33	29,55	27,51
D.m.s. {5%}	2,76				8,33				14,05			
C.V. (%)	6,17				18,29				23,50			
F (ensaio)	51,66**				11,05**				7,76**			
F (sulcos)	13,43**				2,76				0,62			

dade nos tempos de recesso, tomados entre ensaios de irrigação nos declives de 1,0%, 0,75% e 0,5%.

Os dados entre sulcos de um mesmo ensaio de infiltração não evidenciaram diferenças significativas em todas as vazões e declives, com exceção da vazão de 0,9 l/s e declives de 1,0% e 0,5% que apresentaram diferenças a nível de 1%.

Os valores das Tabelas 39, 40 e 41, acusam que o tempo de recesso variou durante o desenvolvimento da cultura com pequeno aumento no início dos tratamentos, para depois aumentar ou diminuir alternadamente. Estes resultados sugerem que estas modificações foram devidas à cultura estar com 4 meses de idade no início dos tratamentos e com 20 colmos/metro linear de sulco aproximadamente, conforme ilustra as Figuras 11, 12 e 13. O aumento da densidade de plantas no sulco para 30 colmos/metro linear influir no tempo de recesso, sendo a principal causa de sua variação.

Este tempo é importante na irrigação por sulcos, pois deve ser computado no cálculo do tempo útil de irrigação.

Esta característica é constatada pela aplicação do teste de Tukey (5%), aos valores médios do tempo de recesso. Em geral, as diferenças significativas ocorreram com os dados obtidos nos ensaios iniciais ou seja do 1º ao 3º, quando comparados com os demais.

5.5. Brotação e perfilhamento do colmo

A partir de julho de 1975, quando as plantas se apresentavam com aproximadamente 4 meses de idade, se iniciaram as contagens de brotação e perfilhamento do colmo. Foram efetuadas contagens mensais até o 15º mês de idade, quando então o número de colmos se manteve estabilizado. Os resultados estão representados graficamente nas Figuras

ras 11, 12 e 13.

Dois estágios bem distintos foram evidenciados: o primeiro iniciando-se em junho/75, quando as plantas tinham 04 meses de idade e terminando em janeiro de 1976; a segunda fase ocorreu a partir daí, tendo as plantas 11 meses de idade, prolongando-se até maio/1976, quando as plantas apresentavam 15 meses de idade.

O estágio inicial se caracterizou por um aumento na brotação e perfilhamento do colmo, sendo que nos sulcos irrigados a quantidade de colmos alcançou o seu ponto máximo nos meses de setembro/outubro, com 28 a 32 colmos/metro linear de sulco.

A segunda fase se definiu por um declínio de densidade de colmos nos sulcos irrigados, com um número final de 13 a 14,9 colmos/metro linear de sulco.

A curva da quantidade de colmos por metro linear, nos sulcos testemunha, seguiu aproximadamente à dos sulcos irrigados, porém com valores inferiores. Assim, no primeiro estágio o número de colmos/metro linear de sulco variou entre 18 a 19, declinando em seguida e mantendo-se no final da segunda fase com 12 colmos/metro linear de sulco.

Estes resultados são similares, porém mais elevados que os observados por SOUSA (1976) e SOUSA (1976), que não encontrou diferenças significativas entre os tratamentos irrigados, mas evidenciou-as em relação às parcelas irrigadas e não irrigadas.

É interessante assinalar que este declínio da população de colmos, posterior a uma fase de máxima brotação e perfilhamento, é natural na cultura da cana-de-açúcar, como mostra DILLEWIJN (1952). A cobertura total do solo pela planta ocorreu nos meses de novembro/dezembro de 1975. A redução do número de perfilhos verificada a seguir,

FIGURA 11. EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE COLMOS POR METRO LINEAR DE SULCO COM DECLIVIDADE DE 1,0%

FIGURA 12. EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE COLMOS POR METRO LINEAR DE SULCO COM DECLIVIDADE DE 0,75 %

NÚMERO DE COLMOS POR METRO LINEAR DE SULCO

LEGENDA

- SULCOS COM VAZÃO DE ENTRADA DE 0,3 l/s.
- × SULCOS COM VAZÃO DE ENTRADA DE 1,9 l/s.
- △ SULCOS COM VAZÃO DE ENTRADA DE 3,4 l/s.
- SULCOS NÃO IRRIGADOS

FIGURA 13. EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE COLMOS POR METRO LINEAR DE SULCO COM DECLIVIDADE DE 0,5 %

foi causada pela concorrência natural das plantas para formação das touceiras, como também pela ausência de luz com o fechamento da cana.

5.6. Elongamento do colmo

O alongamento do colmo utilizado para a análise do crescimento vegetativo é mostrado nas Figuras 14, 15 e 16. Observa-se que as curvas de crescimento para todos os declives estudados foram semelhantes. Convém registrar que até fins de outubro de 1975 o crescimento foi pequeno, não acusando diferenças entre as plantas situadas nos sulcos irrigados, porém diferindo do desenvolvimento das plantas não irrigadas. Isto já havia sido observado anteriormente por Yates, conforme MONGELARD e NICKELL(1972). SCARDUA e SOUSA (1975), SOUSA (1976) e SOUSA (1976) da mesma forma, comprovaram que o crescimento da cana-de-açúcar é muito reduzido neste período, uma vez que as temperaturas inferiores a 21,5° C. comuns nesta época, afetam o desenvolvimento das plantas. A partir de outubro, inicia-se um crescimento ativo e contínuo até maio de 1976.

Neste período de máximo desenvolvimento vegetativo, as diferenças de crescimento entre os tratamentos irrigados e não irrigado aumentaram, ocorrendo uma diferença máxima a partir de dezembro/75, cujo valor absoluto era de 42,0 cm aproximadamente. A partir do mês de maio/76 esta diferença caiu para 25,0 cm, estabilizando-se a seguir.

Estes resultados confirmam os dados obtidos por FOGLIATA (1974), SOUSA (1976) e SOUSA (1976), concluindo que tensões de umidade acima de 2,0 atmosferas afetam sensivelmente a alongação do colmo. No presente estudo, nos sulcos não irrigados a umidade do solo atingiu tensões elevadas, próximas a 15 atmosferas,

Baseando-se no desenvolvimento de plantas situadas nos

sulcos irrigados, observa-se que o crescimento quinzenal até o 7º mês foi de aproximadamente 10,0 cm; a partir desta data até o 14º mês, as plantas tiveram acentuado crescimento vegetativo, com valores quinzenais variando desde 15,0 cm em janeiro/76, até um crescimento máximo de 45,0 cm aproximadamente em dezembro/75. Neste período, em fevereiro/76, ocorreu nos tratamentos irrigados um pequeno crescimento em torno de 10,0-12,0 cm, tornando-se exceção, provavelmente causado pela diminuição das horas de brilho do solo, uma vez que neste mês as precipitações pluviométricas atingiram os mais altos índices do ano, totalizando 360,7 mm; a partir do 14º mês de idade houve um decréscimo no desenvolvimento quinzenal, com crescimento médio de ordem de 10,0-12,0 cm no início do período, até 2,0 cm quando então as plantas estavam com 16 meses de idade e em início do processo de maturação. Estes valores de crescimento não coincidem com aqueles encontrados por KRUTMAN (1962) em Pernambuco, quando o maior crescimento semanal de 4,0 a 10,0 cm registrou-se do 5º ao 7º mês, provavelmente devido às diferenças de condições climáticas.

Entretanto os valores encontrados no presente trabalho são idênticos aos resultados obtidos por SCARDUA e SOUSA (1975), SOUSA (1976) e SOUSA (1976), que desenvolveram estudos de alongamento da cana-de-açúcar irrigada pelos sistemas de gotejamento, aspersão e sulcos de infiltração no mesmo local.

A taxa de crescimento médio encontrada num período de 06 meses foi de 1,23 cm/dia. Este valor se aproxima do alongamento médio diário de 1,03 e 1,20 cm/dia, encontrado por SOUSA (1976) e SOUSA (1976), porém é muito diferente dos 0,57 cm/dia encontrado por EAVIS (1972), em Barbados.

As medidas de crescimento nas plantas situadas em sulcos

FIGURA 13. DESENVOLVIMENTO DA PLANTA NOS SULCOS
COM DECLIVIDADE DE 10%

FIGURA 13. DESENVOLVIMENTO DA PLANTA NOS SULCOS COM DECLIVIDADE DE 0,75 %

FIGURA 16. DESENVOLVIMENTO DA PLANTA NOS SULCOS COM DECLIVIDADE DE 0,5 %

não irrigados, revelaram uma taxa de elongação quinzenal entre 12,0 cm a 40,0 cm do 7º ao 14º mês de idade, valor este inferior ao ocorrido nos tratamentos irrigados. Este resultado é contrário àquele encontrado por FOGLIATA (1974), em Tucumán, Argentina, quando constatou que em solos com umidade a tensões elevadas, a taxa de crescimento decresce em mais de 50%. Devido à ocorrência de elevadas precipitações coincidentes com o período de máximo desenvolvimento vegetativo, 7º ao 14º mês, as plantas não irrigadas indicaram taxa de crescimento elevada, uma vez que a umidade do solo neste período atingiu tensões baixas, provavelmente próximas de 3,0 atmosferas. Apesar da taxa de crescimento ter sido relativamente acentuada, a sua magnitude foi bem menor em relação aos tratamentos irrigados.

6. CONCLUSÕES

A análise estatística dos resultados obtidos através das condições locais e método empregado, permitiu estabelecer as seguintes conclusões:

1. As variações das constantes a e b, da equação do avanço da água no sulco, demonstram que houve modificação das características hidráulicas nos sulcos de irrigação no transcorrer do desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, em todas as vazões e declives.

2. O tempo de avanço da água para se atingir um determinado comprimento do sulco aumentou com o desenvolvimento vegetativo da cultura e o tempo de recesso variou de 5,00 a 55,87 minutos em todas as vazões e declives.

3. A variação da constante K entre os ensaios com vazões de 0,9; 1,9 e 3,4 l/s aplicadas nos declives de 0,5; 0,75 e 1,0% durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar, revela que houve modificação nas características hidráulicas dos sulcos de irrigação.

4. Com o desenvolvimento da cultura as características hidráulicas

dos sulcos de cana-de-açúcar limitaram o avanço da água em sulcos com vazão de 0,9 l/s a partir do 9º mês de idade em todos declives.

7. SUMMARY

The main target of this work was to evaluate the variation in the hydraulic characteristics of irrigation furrows, due to infiltration, during the vegetative development of sugarcane culture.

In this experiment 3 slopes (1,0%, 0,75% and 0,5%) corresponding to 3 distict areas, were considered. In these areas 03 in flows (0.9 l/s; 1.9 l/s and 3.4 l/s) were applied, being each of them to 3 consecutive furrows. For statistical analysis purposes the furrow with 80 m length was considered replication and block, simultaneously. Treatments were defined through the periods in which irrigation in infiltration furrows took place. The variety in this experiment was IAC 51/205, planted in 03/03/75 and harvested in 09/25/76. Water application through irrigation started in June 1975, and the minimum water level kept in the soil was 2.0 atmospheres or 23 5% soil moisture (% of dry soil weight).

The results of this experiment led to the equation $I = KT^n$ for infiltration and to the development equations represented

by $L = aT^b$, for each period, established by the level of soil moisture.

Variations of the constants K and n were verified, as well as of the constants a and b in the development equation, during the culture development, showing an alteration of the hydraulic characteristics of the irrigation furrow. Time for water application (T_{ap}) and recession time (T_r) in the furrow, as well as their alteration connected with plant development, were also determined.

The analysis of these parameters, allowed some conclusions, specially the variation of the constant K , which showed a tendency to increase according to the sugarcane development, as well as the restriction of the water advance in irrigated furrows with 0.9 l/s inflow, from the 9th month of plants age on.

8. LITERATURA CITADA

AZEVEDO, H.M.; H.O. CARVALHO e A.A. MILLAR, 1975. Caracterização da infiltração em sulcos abertos e fechados. In: III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza, (Resumo), 10 p.

AZZI, G.M., 1974. O Planalsucar e as prioridades de pesquisa canavieira. Brasil Açucareiro, 84(1):11-20, jun.

BARRETO, G.B., 1971. Avanço da água e intensidade de infiltração em sulcos de irrigação. Campinas, ESALQ/USP, 96 p. (Tese de Doutorado).

BASSINELLO, A.I.; S. MATSUOKA e A.C. MENDES, 1976. Variedades de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. Araras, PLANALSUCAR, 18 p. (Boletim Técnico, 3).

- BISHOP, A.A., 1961. Relation of intake rate to length of run in surface irrigation. J.Irrig.Drain.Div., ASCE, 87(1):23-29.
- BISHOP, A.A.; M.E. JENSEN e W.A. HALL, 1967. Surface irrigation systems. Am.Soc.Agron., 11:865-884.
- BITTENCOURT, H.V. de C., 1949. Sobre o comportamento da água na irrigação por sulcos. In: Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 2., Campinas. Anais. p. 53-58.
- BOUWER, H., 1969. Infiltration of water into nonuniform soil. J. Irrig.Drain.Div., ASCE, 95(4):451-461.
- BROWNSCOMBE, R.H. e D.D. FANGMEIER, 1970. Applying water over the field surface uniformly under automechanization. National Irrigation Symposium Papers. ASAE, Lincoln. p. K1-K8.
- CHAMBERLAIN, A.R., 1952. Measuring water in small channels with W.S.C. flume. Circ.Wash.Agric.Exp.Sta., nº 200, 9 p.
- CHEN, C.I. e V.E. HANSEN, 1966. Theory and characteristics of overland flow. Trans. ASAE, 9(1):20-26.
- CHINLOY, T.; T.C.E. WELLS; N.J. CHIN e J.L. RAMSAY, 1962. Possibility of long-furrow irrigation under heavy clay soil conditions. In: Congr.Int.Soc.Sug.Cane Tech., 11., Mauritius. Proceedings. Amsterdam, Elsevier, p. 347-358.

CHRISTIANSEN, J.E.; A.A. BISHOP; F.W. KIEFER JR. e Y.S. FOK, 1966. E
valuation in intake rate constants as related to advance of water in
surface irrigation. Trans. ASAE, 9(5): 671-674.

CHU, Y., 1971. Water management on agricultural soils. A field method
to determine stream size and time for water application in furrows.
Taiwan Sugar, 18(4): 154-156.

CLEMENTS, H.F. e A. GHOTB, 1968. The numbering of leaves and internodes
for sugarcane nutrition studies. In: Congr.Int.Soc.Sug.Cane Tech.,
13., Taiwan. Proceedings. Amsterdam, Elsevier, p. 583-584.

COLLINS, H.G. e R.B. CAMPBELL, 1967. Water infiltration in Hawaiian
sugarcane furrows. J.Irrig.Drain.Div. ASCE, 93(4): 61-66.

CRIDDLE, W.D.; S. DAVIS; C.H. PAIR e D.G. SHOCKELEY, 1956. Methods for
evaluating irrigation systems. In: USDA Agric.Handb. 82: 03-10.

DAVIS, J.R. e A.W. FRY, 1963. Measurement of infiltration rates in
irrigated furrows. Trans. ASAE, 6(2): 318-319.

DILLEWIJN, C.van, 1952. Growth. In: _____ Botany of sugarcane.
Waltham, Chronica Botanica, p. 107.

DULEY, F.L. e J.C. RUSSEL, 1939. The use of crop residues for soil and
moisture conservation. J.Am.Soc.Agron., 31(7): 703-709.

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

FOGLIATA, F.A., 1974. Sugarcane irrigation in Tucuman. In: Congr. Int.Soc.Sug.Cane Tech., 15., Durban. Proceedings. Durban, Hayne & Gibson, p. 655-667.

FOK, Y.S. e A.A. BISHOP, 1965. Analysis of water advance in surface irrigation. J.Irrig.Drain.Div. ASCE, 91(1): 99-116.

FRANÇA, G.V., 1973. Ante-projeto da Estação Central Sul do IAA-PLANAL-SUCAR. São Paulo, SEITEC, 109 p.

GOSNELL, J.M. e T.L. PEARSE, 1971. Methods of surface irrigation in sugarcane. In: Congr.Int.Soc.Sug.Cane Tech., 14., Louisiana. Proceedings. Louisiana, Franklin Press, p. 875-885.

GRAY, M.D. e C.E. BEER, 1957. Factors affecting selection of proper "length-of-run" as applied to furrow irrigation design. Iowa Agric. Exp.Sta., 8 p.

KELLY, J.A., 1969. How much water does sugarcane need? Caribbean Farming. 1(3): 06-13.

- KOSTIAKOV, A.N., 1932. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans. Com. Intern. Society Soil Science Russian. 6th, Part A, p.17-21.
- KRUTMAN, S., 1963. Método para indicação de regas: evapotranspiração da cana e evaporação. Bol.Tec.Inst.Agron.Nord. Recife, (22):1-18.
- LEWIS, M.R., 1937. The rate of infiltration of water in irrigation practice. Trans.Am.Geophys.Union, p. 361-368.
- LINDERMAN, C.L.; E.C. STEGMAN, 1971. Seasonal variation of hydraulic parameters and their influence upon surface irrigation application efficiency. Trans. ASAE, 14(5):914-918.
- LITTLE, W.C., 1960. The design of furrow irrigation systems. Proc. ARS-SCS Workshop and Hydraulics surface irrigation, p. 41-43.
- MONGELARD, J.C. e L.G. NICKELL, 1972. The sugarcane plant in the soil-plant-atmosphere continuum. In: Congr.Int.Soc.Sug.Cane Tech., 14, Louisiana. Proceedings. Louisiana, Franklin Press, p. 827-840.
- MUSICK, J.T.; W.H. SLETTEN e D.A. DUSECH, 1973. Evaluation of graded furrow irrigation with length of run on a clay loam soil. Trans. ASAE, 16(6):1075-1080, 1084.

- OLITTA, A.F.L., 1970. Estudo da infiltração da água em sulcos de irrigação: variação de características hidráulicas com o crescimento de plantas. Piracicaba, ESALQ/USP, 75 p. (Tese de Doutorado).
- PEARSE, T.L. e J.M. GOSNELL, 1969. The effect of different methods of furrow irrigation on water application. Proc. South African Sugar Tech. Association, 43: 50-54.
- PEARSE, T.L., 1973. Furrow irrigation evaluation. Proc. South African Sugar Tech. Association, 47, 111-114.
- PHILIP, J.R., 1957. The theory of infiltration: 1. Soil Sci. 83: 345-357.
- PHILIP, J.R., 1957. The theory of infiltration: 2. Soil Sci. 83: 435-448.
- RICHARDS, L.A., 1947. Pressure-membrane apparatus, construction and use. Agr. Eng., 28: 451-454.
- ROBINSON, A.R., 1966. Water measurement in small irrigation channels using trapezoidal flumes. Trans. ASAE, 9(3): 382-385, 388.
- ROBINSON, A.R. e A.R. CHAMBERLAIN, 1960. Trapezoidal flumes for open channel flow measurement. Trans. ASAE, 3(2): 120-124, 128.
- RUGAI, S. e J. ORLANDO Fº, 1973. Cana-de-açúcar nos solos do Estado de São Paulo. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 82(3): 17-23.

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola. 1977. Prognóstico 77/78. p. 62-70.

SASTRY, G. e S.C. AGARWALL, 1973. Irrigation number - A new technique to evaluate irrigation advance distance. J.Agric.Engng.Res., 18 (3):189-195.

SCARDUA, R. e J.A.G.C.SOUSA, 1975. Comportamento da cultura da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento. In: III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza, (Resumo). 27 p.

SOUSA, J.A.G.C., 1976. Estudo do consumo da água pela cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, ESALQ/USP, 82 p. (Tese de Mestrado).

SOUSA, J.A.G.C., 1976. Efeito da tensão da água do solo na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, ESALQ/USP, 163 p. (Tese de Doutorado).

SOUZA SILVA, A., 1977. Manejo del agua de riego bajo diferentes métodos de labranza en maiz (*Zea mays* L.). Chapingo, Escuela Nacional de Agricultura, 232 p. (Tese de Mestrado).

THORNTON, J.F., 1960. Summary of hydraulics of furrow irrigation studies in Missouri. Missouri Agric.Exp.Station. 6 p.

TOSELLO, R.N.; W. B. MACHADO; F.O. BRIEGER e H. CAMPOS, 1960. Um novo sistema prático de irrigação de cana-de-açúcar e outras culturas.

In: Congresso Nacional de Conservação do Solo, 1., Campinas. Anais. p. 509-535.

UHLAND, R.E., 1949. Physical properties of soils as modified by crops and management. Soil Sci.Soc.Amer.Proc., 14:361-366.

VAZIRI, C.M. e I.P. WU., 1972. Volume balance analysis to determine water infiltration and efficiency in Hawaiian sugarcane furrows. Hawaiian Planters Record, 58(20):283-292.

VAZIRI, C.M.; H.G. COLLINS e W.N. REYNOLDS, 1973. Furrow irrigation criteria for Hawaiian sugarcane. J.Irrig.Drain.Div. ASCE, 99(1):1-14.

WU, I.P., 1971. Overland flow hydrograph analysis to determine infiltration function. Trans. ASAE, 14(2):294-300.

9. APÊNDICE

Tabela 42 - Dados climatológicos medidos no posto meteorológico da Estação Central Sul durante o decorrer do experimento.

Mês	Evaporação (E ₀)		Precipitação	Temp. Média	UR	Ventos	Inso- lação
75/76	mm	mm/dia	mm	°C	%	m/s	[h]
Março	179,90	6,42	17,00	21,26	71,49	0,59	226:34
Abril	112,08	4,31	46,60	21,10	69,80	0,58	212:30
Maio	107,61	3,58	17,20	18,86	70,70	0,45	234:00
Junho	136,00	4,60	2,20	18,38	82,06	0,45	220:15
Julho	94,27	3,04	26,60	16,10	62,13	0,83	246:15
Agosto	173,39	5,59	0,00	20,17	54,64	0,66	263:30
Setembro	194,64	6,48	53,20	20,34	57,92	0,90	219:30
Outubro	152,80	6,11	91,00	21,38	83,10	1,22	206:90
Novembro	116,90	6,49	377,20	21,27	75,46	1,21	136:00
Dezembro	129,93	5,41	180,00	22,68	68,95	0,84	178:30
Janeiro	106,78	4,64	210,80	23,59	79,35	0,49	156:00
Fevereiro	46,90 ^(x)	3,60 ^(xx)	380,70	22,47	76,87	0,79	112:00
Março	86,56	5,09	206,40	23,37	75,39	0,50	169:25
Abril	106,13	4,24	77,40	21,01	74,61	0,63	213:15
Maio	59,74	2,48	176,30	20,94	77,12	0,47	158:00
Junho	80,40	2,77	51,00	17,29	79,94	0,53	239:44
Julho	87,68	3,24	106,20	16,59	67,38	0,58	230:45
Agosto	106,06	3,65	75,20	19,30	62,46	0,82	215:00

(x) Total de 13 dias.

(xx) Média de 13 dias.