

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR SULCOS ABERTOS EM DECLIVE PARA O VALE DO JAGUARIBE APLICANDO O MÉTODO DO SCS¹.

Johnny Aguilar Rodrigues²
Francisco de Souza³

RESUMO

Neste trabalho foi desenvolvida uma análise das relações entre o comprimento do sulco, a vazão, a declividade e a lâmina líquida e sua influência sobre os parâmetros tempo de irrigação, percolação profunda, *runoff* e eficiência de aplicação na irrigação por sulcos. O estudo foi realizado para o perímetro irrigado de Morada Nova, utilizando-se o modelo matemático semi-empírico do S.C.S., após ter-se identificado as famílias de infiltração mais representativas da área em estudo. Foi analisado o efeito da variação do comprimento do sulco sobre o tempo de irrigação, percolação profunda, *runoff* e eficiência de aplicação, utilizando-se três espaçamentos entre sulcos e duas declividades para os casos de vazão constante e vazão reduzida. Isto é importante no dimensionamento de projetos de irrigação por sulcos abertos em declive e é exemplificado para uma cultura, o que demonstra a importância do trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, sulcos, dimensionamento, projeto.

DESIGNING FURROW SLOPING IRRIGATION SYSTEMS FOR "VALE DO JAGUARIBE" USING SCS METHOD

SUMMARY

A study was carried out to analyze the relationship among furrow length, flowrate, slope and application depth and their effect on such parameters as irrigation time, deep percolation, runoff and application efficiency. Morada Nova irrigation district information

was applied to the SCS (Soil Conservation Service) design approach, based on representative infiltration data. The effect of the variation of furrow length on irrigation time, deep percolation, runoff and application efficiency was studied. This analysis comprises three different flowrate, three furrow spacings, and two slopes, under constant inflow and cutback. This can be used in the design of sloping open ended furrow systems. Examples were presented for corn and beans.

KEY WORDS: Irrigation, furrow, design.

INTRODUÇÃO

A adequação da irrigação depende da água armazenada na zona das raízes, da percolação profunda, do escoamento superficial, da uniformidade de distribuição da água aplicada e do déficit de água na zona de raízes após a irrigação.

A geometria superficial do sulco (forma, tamanho, declividade e desigualdade de cada unidade operativa), condiciona o escoamento da água. As características do perfil do solo condicionam a infiltração. O processo hidráulico da irrigação por superfície é complexo, o que dificulta a análise. Não obstante, é conhecido que, dentre os parâmetros de maior influência na *performance* da irrigação por sulco, estão os seguintes: vazão (Q), comprimento do sulco (L), declividade (So), lâmina de água a aplicar (Fn), resistência do fluxo (n) e a família de infiltração (If).

Geralmente, estas variáveis têm sido determinadas em testes de campo, obten-

1 Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem no CCA/UFC.

2 Engenheiro-Agrônomo - UFC.

3 Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola - CCA/UFC.

do-se as curvas de avanço e recessão, o que aumenta os custos do projeto e dificulta a obtenção de dados necessários. De outra maneira, utilizam-se os critérios empíricos tabelados por diversos autores na literatura, os quais não garantem um desempenho satisfatório do sistema.

A metodologia semi-razional apresentada pelo Serviço de Conservação de Solos (SCS-USDA) ganha interesse na atualidade, pois elimina as dificuldades apresentadas por outros métodos e permite um dimensionamento mais confiável. Esta metodologia está baseada no princípio do balanço do volume.

Em face do exposto, propõe-se, neste trabalho, o desenvolvimento da aplicação da técnica do SCS-USDA⁷ para estabelecer critérios de projetos de irrigação por sulcos do Estado do Ceará, especialmente o perímetro "K" de Morada Nova, do Vale do Jaguaribe.

REVISÃO DA LITERATURA

Segundo o Serviço de Conservação do Solo (SCS⁷), a irrigação por sulco é um método de aplicação de água ao solo no qual se introduz uma vazão específica em pequenos canais abertos e espaçados que distribuem a água sobre o campo.

Para projetar um sistema de irrigação por sulco é necessário que sejam considerados diversos parâmetros do solo, cultura, topografia, tamanho e forma da área irrigável, equipamento usado, práticas operacionais e preferências pessoais.

Segundo SCALOPPI⁶, no dimensionamento do sistema de irrigação superficial, as principais variáveis a serem determinadas são: comprimento do sulco, vazão e tempo de aplicação, afirmando-se, além do mais, que o ponto mais crítico no dimensionamento de sulcos em declive consiste na previsão da fase de avanço, para uma determinada vazão e condições da superfície de escoamento. Para este fim BISHOP et alii¹, recomendam realizar ensaios de campo.

CRIDDLE e MARSH, citados por BERNARDO³, indicaram que estes testes

de campo permitirão avaliar a curva de avanço e a lâmina média aplicada, e, assim, determinar o comprimento para cada declividade e vazão, que proporcionem uma irrigação mais adequada e eficiente.

Para determinar o comprimento do sulco, BISHOP et alii¹, recomendaram utilizar o método de CRIDDLE, onde o comprimento do sulco deve ser tal que o tempo para a frente de avanço chegar ao final do sulco seja 1/4 de tempo necessário para aplicar a lâmina de irrigação.

Com o objetivo de facilitar o manejo da irrigação em termos de mão-de-obra e custos de operação e, também, para facilitar a manutenção, o comprimento do sulco deve ser o maior possível, mesmo considerando que a uniformidade de aplicação da água diminui a medida que o comprimento do sulco aumenta.

Os principais fatores que devem ser considerados na determinação do comprimento do sulco são forma e tamanho da área a ser irrigada, tipo de solo e declividade do sulco, vazão a ser usada e a cultura a ser irrigada. Baseado nestes fatores têm sido elaboradas tabelas que apresentam comprimento de sulcos para diferentes declividades, texturas de solos, e lâminas d'água a aplicar (BOOHER²).

A enorme variabilidade dos parâmetros tais como infiltração, resistência ao fluxo, capacidade de armazenamento de água do solo, declividade e geometria do sulco, faz com que os testes de campo sejam cansativos, caros e o uso de tabelas pouco exato. Para evitar esse problema na elaboração de projetos de irrigação têm sido desenvolvidos modelos matemáticos processados com computadores digitais baseados na simples equação da conservação da massa ou no modelo hidrodinâmico. Como resultado, o programa determina o avanço e a recessão da água na superfície do solo e a quantidade d'água infiltrada no comprimento da parcela considerada, além de uma completa avaliação da irrigação (SCALOPPI⁶).

De acordo com GATES e CLYMA⁴, recentemente foi desenvolvido pelo SCS-USDA⁷ um procedimento semi-razional para projetos de irrigação por sulcos.

O modelo SCS é usado para selecionar valores de variáveis do sistema como: comprimento do sulco (L), espaçamento (W), declividade (So), perímetro molhado (P), lâmina necessária (Fn), vazão (Q) e tempo de aplicação (T₁) para um projeto. Em geral são analisadas diversas combinações que resultem na melhor previsão do comportamento do sistema para uma dada condição de campo (GATES e CLYMA⁴).

As equações de projeto do método SCS para sulcos descrevem a relação entre comprimento, tempo de aplicação, vazão, lâmina percolada, *runoff*, e eficiência de aplicação de campo para valores de projetos selecionados de lâmina de aplicação, infiltração do solo, declividade e espaçamento (HART et alii⁵).

Na metodologia do SCS, com o propósito de desenvolver as equações de projeto, é necessário levantar um certo número de hipóteses para infiltração *versus* tempo, taxa de avanço e recessão, resistência ao fluxo e infiltração relacionada com o perímetro molhado do sulco. Essas hipóteses são apresentadas por HART et alii⁵.

Recentemente, WALKER e SKOGERBOE⁸ desenvolveram uma metodologia racional e computadorizada de elaboração de projetos de irrigação por superfície. O método racional está fundamentado no conceito do balanço de volume.

Com base na teoria atualmente publicada na literatura sobre elaboração e avaliação de projetos de irrigação superficial, o método de SCS apresenta as vantagens da sua simplicidade de aplicação com outras teorias avançadas e economicidade porque dispensa o trabalho e tempo gastos nos testes de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi feito para o perímetro irrigado K de Morada Nova no Vale do Jaguaribe, Ceará. Os solos são provenientes de deposições de cheias do Rio Banabuiú em camadas estratificadas ao acaso.

Os dados necessários de infiltração da água no solo foram obtidos da análise pedológica dos solos desse perímetro irriga-

do (K de Morada Nova), realizado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), e publicados com o título de Levantamento Detalhado dos Solos do Perímetro "K" do projeto Morada Nova. Este estudo foi realizado em uma área de 505,76 hectares. Baseados nos testes de infiltração de 40 perfis que representam áreas de características pedológicas definidas ("manchas") foram identificadas as famílias de infiltração correspondentes.

Para identificar a família de infiltração de cada solo, os dados de infiltração acumulada de cada perfil analisado foram plotados no gráfico proposto pelo SCS, que descreve a infiltração de 17 famílias de solos (FIGURA 1). O solo considerado foi localizado na família na qual os pontos plotados coincidem com a sua curva.

Das famílias identificadas nos perfis analisados, foram selecionadas para projetos as de número 0,5; 0,3 e 0,2. Estas representam 44% da área total em estudo. Outras famílias de infiltração (IF) identificadas foram: 0,35; 0,45; 0,6; 0,8; 0,9 e 1,0; estas, embora tenham boas características de infiltração para irrigação por sulco, representam apenas 13% da área. No caso das outras IF encontradas (0,25; 0,15; 0,1 e 0,05), que representam 45% da área, observa-se uma baixa capacidade de infiltração e, portanto, necessitam de um grande tempo de oportunidade para infiltração, o qual torna impraticável a irrigação por sulco aberto em declive.

O método do SCS usado apresenta equações de projetos de irrigação para os seguintes casos: a) sulcos abertos ao final, em declive, com redução da vazão inicial; b) sulcos em declive, abertos ao final, com vazão constante; c) sulcos em nível, fechado ao final. O presente trabalho foi feito para sulcos em declive abertos ao final, com vazão constante.

SL em Declive Vazão Constante

Perímetro Molhado Ajustado

$$P = 0,265 (Qn/S^{0,5})^{0,425} + 0,227 \quad (1)$$

onde: P = perímetro molhado ajustado (m).
 Q = vazão (litros/s).
 S = gradiente hidráulico (m/m).
 n = coeficiente de rugosidade de Manning.

O perímetro molhado é incrementado adicionando-se uma constante empírica para considerar a infiltração horizontal causada pelo gradiente de umidade do solo.

Tempo de Avanço

Esta equação foi obtida de uma análise de regressão de dados experimentais, que resulta em uma relação semi-logarítmica do comprimento, vazão e declividade.

$$T_T = \frac{x}{f} e^{\beta} \quad (2)$$

onde: T_T = tempo de avanço (min).

x = distância em metros (m) da cabeceira ao ponto x (x máx = L).

f, g = coeficientes de avanço que variam com IF.

$$\beta = g \times x / Q S^{1/2} \quad (2a)$$

Tempo Real Necessário (T_n)

$$T_n = [(Fn \frac{W}{p} - c) / a]^{1/b} \quad (3)$$

onde: Fn = lâmina necessária ou lâmina líquida (mm).

a, b, c = coeficiente da família de infiltração obtido da Tabela I.

w = espaçamento do sulco (m).

Tempo de Oportunidade num Ponto

$$T_o = T_1 - T_T + T_r$$

onde: T_o = tempo de oportunidade num ponto (min).

T_1 = tempo de aplicação ou tempo de irrigação (min). Soma de tempo de avan-

ço (T_T) e tempo real necessário (T_n).
 T_T = tempo de avanço (min).

T_r = tempo de recessão (min); (é considerado zero em sulco em declive aberto ao final).

logo,

$$T_o = T_1 - \frac{x}{f} e^{\beta} \quad (5)$$

Tempo Médio de Oportunidade

$$T_{(0-x)} = T_1 - \frac{0,0929 [(B - 1)e^B + 1]}{f \times \frac{(0,305)^2}{x}} \quad (6)$$

Esta equação é obtida da integração da equação 4 entre os limites 0 e x.

onde: $T_{(0-x)}$ = tempo médio de oportunidade (min).

Lâmina Aplicada

$$F_g = \frac{60 Q T_1}{W L} \quad (7)$$

onde: F_g = lâmina aplicada (mm).

L = comprimento do sulco (m).

W = espaçamento do sulco (m).

Lâmina Acumulada

$$F_{(0-x)} = (a T^b (0-x) + c) P/W \quad (8)$$

onde: $F_{(0-x)}$ = lâmina infiltrada (mm).

A lâmina média infiltrada em todo o sulco ($F_{(0-L)}$) é calculada usando o tempo médio $T_{(0-L)}$ (equação 6). É expressa como lâmina equivalente ao espaçamento do sulco.

Escoamento Superficial (R_o)

É calculad como a diferença entre lâmina aplicada e lâmina infiltrada.

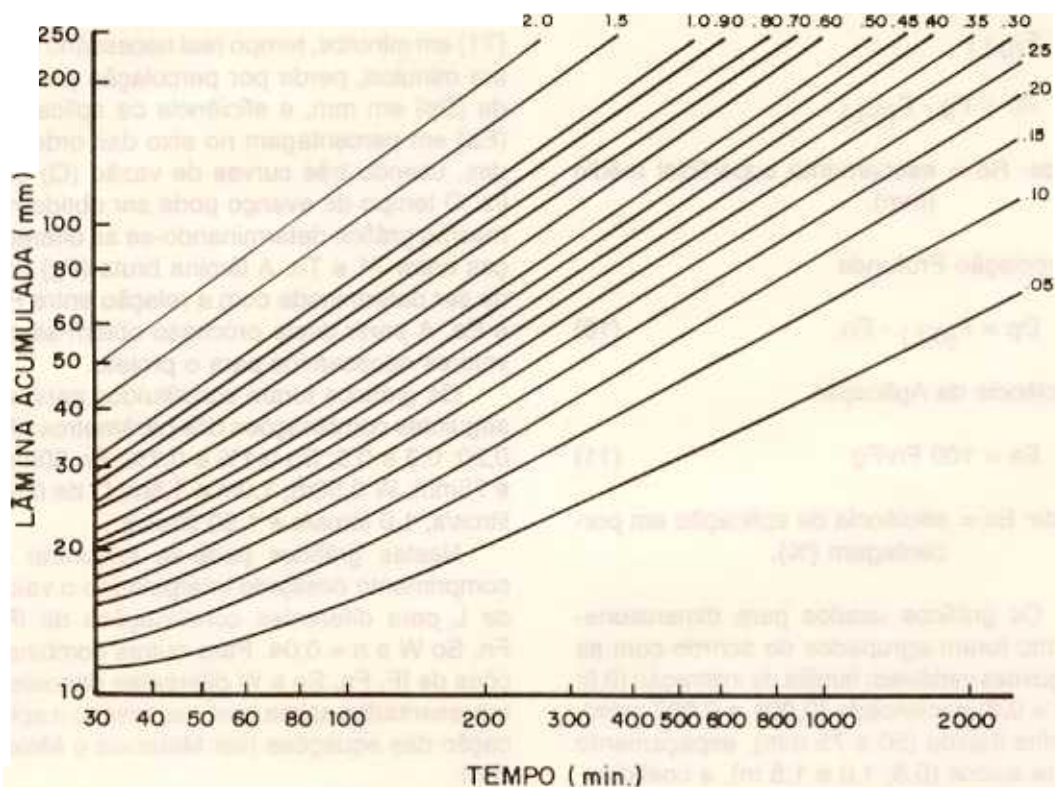


FIGURA 1
Famílias de Infiltração (USDA, 1979)

TABELA I - Família de Infiltração e Coeficiente de Avanço em Sulcos.

Família de Infiltração	a	b	c	f	g
0,05	0,5334	0,618	7,0	7,16	1,088 x 10 ⁻⁴
0,10	0,6198	0,661	7,0	7,26	1,251 x 10 ⁻⁴
0,15	0,7110	0,683	7,0	7,34	1,414 x 10 ⁻⁴
0,20	0,7772	0,699	7,0	7,43	1,578 x 10 ⁻⁴
0,25	0,8534	0,711	7,0	7,25	1,741 x 10 ⁻⁴
0,30	0,9246	0,720	7,0	7,61	1,904 x 10 ⁻⁴
0,35	0,9957	0,729	7,0	7,70	2,067 x 10 ⁻⁴
0,40	1,064	0,736	7,0	7,79	2,230 x 10 ⁻⁴
0,45	1,130	0,742	7,0	7,88	2,393 x 10 ⁻⁴
0,50	1,196	0,748	7,0	7,97	2,556 x 10 ⁻⁴
0,60	1,321	0,757	7,0	8,15	2,883 x 10 ⁻⁴
0,70	1,443	0,766	7,0	8,33	3,209 x 10 ⁻⁴
0,80	1,560	0,773	7,0	8,50	3,535 x 10 ⁻⁴
0,90	1,674	0,779	7,0	8,68	3,862 x 10 ⁻⁴
1,00	1,786	0,785	7,0	8,86	4,188 x 10 ⁻⁴
1,50	2,284	0,799	7,0	9,76	5,819 x 10 ⁻⁴
2,00	2,753	0,808	7,0	10,65	7,451 x 10 ⁻⁴

$$F_{(0-L)}$$

$$R_o = F_g - F_{(0-L)}$$

onde: R_o = escoamento superficial médio (mm).

Percolação Profunda

$$D_p = F_{(0-L)} - F_n \quad (10)$$

Eficiência da Aplicação

$$E_a = 100 F_n / F_g \quad (11)$$

onde: E_a = eficiência da aplicação em porcentagem (%).

Os gráficos usados para dimensionamento foram agrupados de acordo com as seguintes variáveis: família de infiltração (0,5; 0,3 e 0,2) declividade (0,001 e 0,007 m/m), lâmina líquida (50 e 75 mm), espaçamento entre sulcos (0,5; 1,0 e 1,5 m), e coeficiente de rugosidade de Manning (0,04). Cada gráfico contém 4 conjuntos de curvas de vazão que relacionam o comprimento do sulco no eixo das abscissas com o tempo de aplicação em minutos, a lâmina de runoff em mm, a lâmina percolada em mm e a eficiência de aplicação em porcentagem, no eixo das ordenadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para facilitar o dimensionamento de projetos de irrigação por sulcos abertos em declive no perímetro K de Morada Nova, foram elaborados gráficos a partir dos resultados do emprego da Técnica do SCS-USDA7, com vazão constante e com redução da vazão. Cada gráfico foi feito para uma família de infiltração (IF), uma declividade (S_o), uma lâmina líquida (F_n), e um espaçamento (W), usando em todos os casos um coeficiente de rugosidade de Manning (n) com valor de 0,04.

Os gráficos mencionados relacionam o comprimento do sulco (L) no eixo das abscissas, com as perdas por escoamento superficial (R_o) em mm, tempos de aplicação

(T_1) em minutos, tempo real necessário (T_n) em minutos, perda por percolação profunda (D_p) em mm, e eficiência de aplicação (E_a) em porcentagem no eixo das ordenadas, usando três curvas de vazão (Q) em l/s. O tempo de avanço pode ser obtido no mesmo gráfico determinando-se as diferenças entre T_1 e T_n . A lâmina bruta (F_g) pode ser determinada com a relação entre F_n e E_a . A partir deste processo obtêm-se os valores necessários para o projeto.

Os gráficos foram constituídos para as seguintes combinações dos parâmetros: IF: 0,20; 0,3 e 0,5; S_o 0,1% e 0,7%, F_n 50mm e 75mm; W 0,50m; 1,0m e 1,5m; Q de 0,50 litros/s, 1,0 litros/s e 1,50 litros/s.

Nestes gráficos pode-se encontrar o comprimento desejado interpolando o valor de L para diferentes combinações de IF, F_n , S_o W e $n = 0,04$. Para outras combinações de IF, F_n , S_o e W diferentes daquelas representadas acima será necessário a aplicação das equações (ver Materiais e Métodos).

As IF selecionadas representam 42% da área total em estudo que apresentam condições ideais para o uso do sistema de irrigação por sulcos abertos em declive; a declividade (S_o) 0,1% representa declividades menores de 0,5%, onde E_a mostra maior sensibilidade, enquanto 0,7 representa declividade maiores de 0,5%, as quais produzem poucas mudanças em E_a . As F_n maiores de 50mm se adaptam melhor ao método de irrigação por sulco em declive aberto. Os espaçamentos entre sulcos de 0,5m; 1,0m e 1,5m são normalmente utilizados nas culturas mais comuns da região.

Exemplos de Utilização dos Gráficos

A utilização destes gráficos permite obter os parâmetros de irrigação T_1 , R_o , D_p e E_a para as condições de projetos sem utilizar as equações, necessitando para isso dos seguintes dados: IF, S_o , W , Q e L . Além do mais, é possível determinar indiretamente o tempo de avanço, a lâmina bruta e as demandas da água do projeto.

No exemplo apresentado a seguir foram estabelecidas as condições de projeto para duas culturas (caupi e milho) e são

fornecidos os dados necessários para o dimensionamento. Nestes casos, o projetista selecionará a vazão ou o comprimento (L), dependendo dos dados fornecidos.

Exemplo 1.

Seja por exemplo o caso de dimensionamento de projeto de irrigação por sulcos abertos em declive para os seguintes dados:

Cultura: Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

IF: 0,5

L: 255m

So: 0,007 m/m

W: 0,5m

Fn: 50mm

Neste caso é necessário encontrar a vazão que conduza a um desempenho adequado e prático do sistema, uma vez que o comprimento foi fixado em 255m.

Analisando os gráficos que correspondem aos dados fornecidos que são a FIG. 02 para a técnica com vazão constante, e a FIG. 03 para vazão reduzida, pode-se escolher a vazão que produza a melhor E_a e as melhores condições práticas de manejo. Interpolando na FIG. 02 para vazão constante, com $L = 255m$ no eixo das abscissas, e utilizando-se a curva $Q = 0,5$ litros/s obtêm-se os seguintes valores dos parâmetros:

$$T_1 = 300 \text{ minutos } R_o = 10 \text{ mm}$$

$$T_n = 190 \text{ minutos } D_p = 22 \text{ mm}$$

$$T_T = 110 \text{ minutos } E_a = 60\%$$

Como pode ser observado das três curvas de vazão, a de 0,5 litros/s é a que oferece a maior eficiência e tempo de aplicação (T_1) dentro de valores práticos, favorecendo um bom manejo e desempenho do sistema.

Outros dados que podem ser deduzidos do gráfico são:

(1) Volume aplicado por sulco

$$= \frac{300 \text{ min} \times 60 \text{ seg} \times 0,5 \text{ litros/s}}{1000 \text{ litros/m}^3} = 9,0m^3$$

(2) Número de sulcos/ha

$$= \frac{10000 \text{ m}^2}{255m \times 0,5m} = 78 \text{ sulcos/ha}$$

(3) Volume aplicado/ha

$$= 78 \text{ sulcos} \times 12,0 \text{ m}^3 / \text{sulcos} = 936 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Para encontrar a vazão reduzida que produza um melhor desempenho do sistema usa-se o seguinte procedimento: Interpolando na FIG. 03, com $L = 255m$, com a curva de $Q = 1,0$ litro/s obtêm-se os seguintes valores dos parâmetros:

$$T_1 = 250 \text{ minutos } R_o = 17 \text{ mm}$$

$$T_n = 190 \text{ minutos } D_p = 10 \text{ mm}$$

$$T_T = 60 \text{ minutos } E_a = 65\%$$

Neste caso, a vazão reduzida de $Q = 1,0$ litro/s é a mais adequada, pois, a vazão de 0,5 litro/s, embora produza uma E_a maior (77%) quando é reduzida à metade (0,25 litro/s), não é suficiente para que ocorra infiltração na totalidade da superfície do sulco, provocando déficit.

Outros dados deduzidos do gráfico são:

(1) Volume aplicado/sulco

$$\frac{(250\text{min} - 190\text{min}) \times 60s \times 1/s + 190\text{min} \times 60s \times 0,5/s}{1000 \text{ litros/m}^3} = 9,3 \text{ m}^3$$

(2) Número de sulcos/ha

$$= \frac{10000 \text{ m}}{255 \times 0,5} = 78$$

(3) Volume aplicado/ha

$$= 78 \text{ sulcos/ha} \times 9,3 \text{ m}^3/\text{sulco} = 725 \text{ m}^3/\text{ha}$$

CONCLUSÕES

De acordo com os exemplos apresentados conclui-se que:

- O método do SCS apresenta vantagens sobre o uso de tabelas ao dimen-

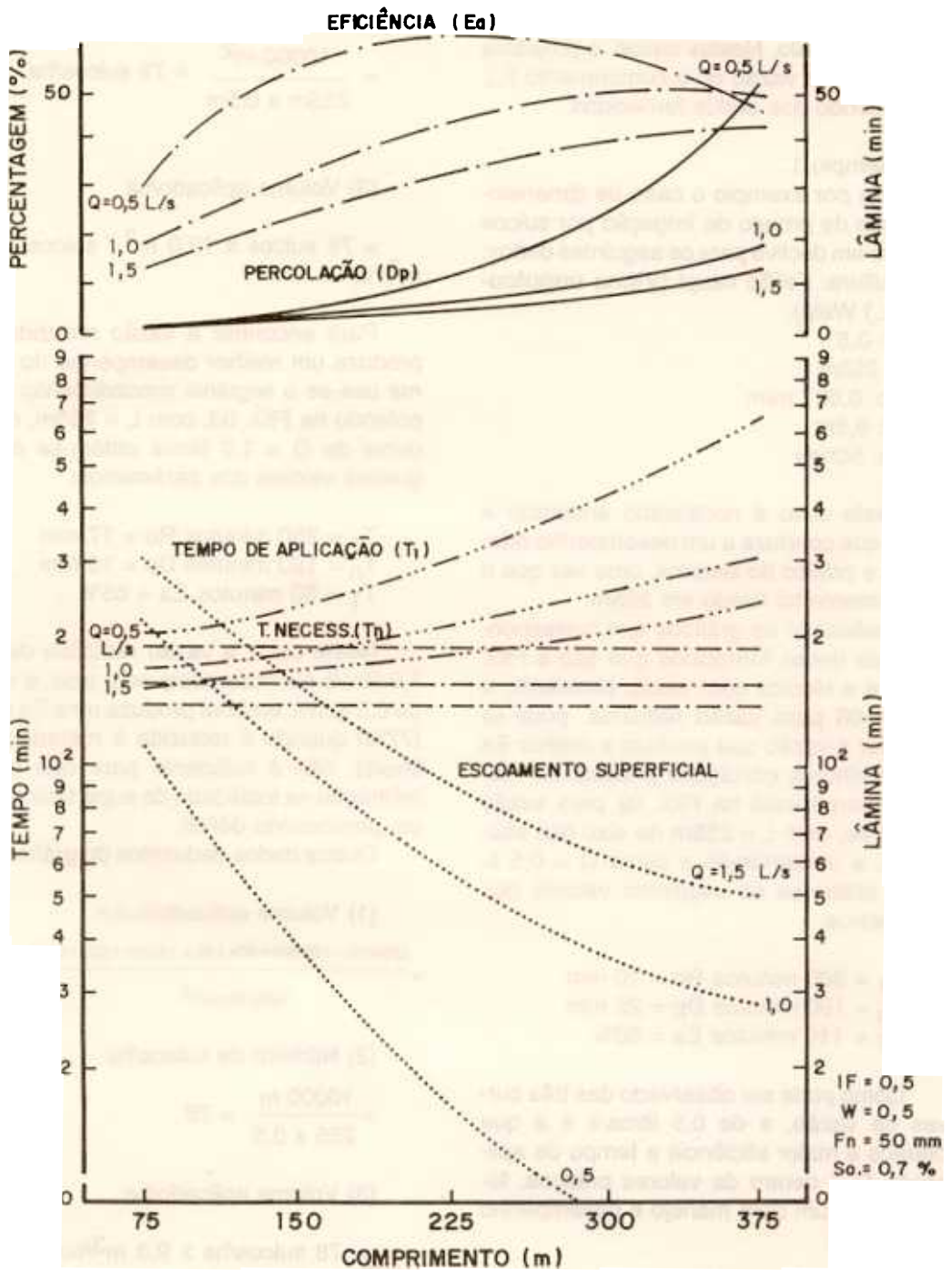


FIGURA 2

Relação entre comprimento de sulco e tempo de aplicação (T_1), escoamento superficial (R_o), percolação profunda (D_p) e eficiência de aplicação (E_a), usando três vazões constantes

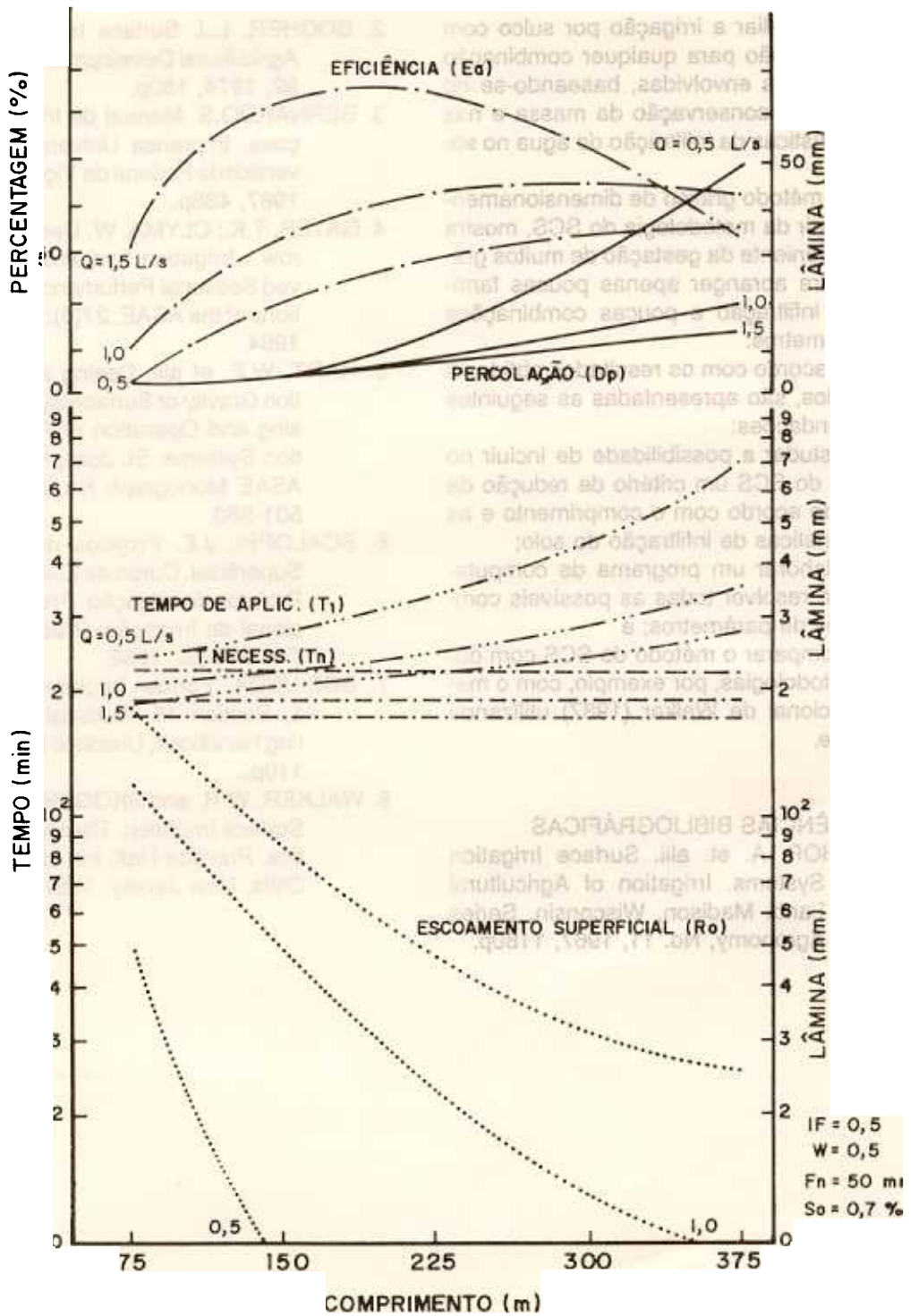


FIGURA 3

Relação entre comprimento de sulco e tempo de aplicação (t_1), escoamento superficial (R_o), percolação profunda (D_p) e eficiência de aplicação (E_a), usando três vazões constantes

sionar e avaliar a irrigação por sulco com maior precisão para qualquer combinação das variáveis envolvidas, baseando-se no princípio da conservação da massa e nas características da infiltração de água no solo, e

- O método gráfico de dimensionamento, a partir da metodologia do SCS, mostra o inconveniente da gestação de muitos gráficos para abranger apenas poucas famílias de infiltração e poucas combinações de parâmetros.

De acordo com os resultados obtidos e discutidos, são apresentadas as seguintes recomendações:

- Estudar a possibilidade de incluir no modelo do SCS um critério de redução da vazão de acordo com o comprimento e as características de infiltração do solo;

- Elaborar um programa de computador para resolver todas as possíveis combinações de parâmetros; e

- Comparar o método do SCS com outras metodologias, por exemplo, com o método racional de Walker (1987) utilizando *software*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BISHOP, A. et. alii. Surface Irrigation Systems. Irrigation of Agricultural Land. Madison, Wisconsin, Series Agronomy, No. 11, 1967, 1180p.

2. BOOHER, L.J. Surface Irrigation. FAO Agricultural Development Paper No. 92, 1974, 160p.
3. BERNARDO, S. Manual de Irrigação. Viçosa. Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 4a.ed., 1987, 488p.
4. GATES, T.K.; CLYMA, W. Designing Furrow - Irrigation Systems for Improved Seasonal Performance. Transactions of the ASAE. 27(6):1817-1824, 1984.
5. HART, W.E. et alii. Design and Operation Gravity or Surface Systems. Design and Operation of Farm Irrigation Systems. St. Joseph, Michigan ASAE Monograph No. 3, 1983, p. 501-580.
6. SCALOPPI, J.E. Projetos de Irrigação Superficial. Curso de Elaboração de Projetos de Irrigação. Programa Nacional de Irrigação, Brasília, Brasil. T 9.1-T9.55, 1986.
7. SCS-USDA. Furrow Irrigation. Chapter 5, Section 15. National Engineering Handbook, Unedited Draft, 1980, 110p.
8. WALKER, W.R. and SKOGERBOE, G.V. Surface Irrigation. Theory and Practice. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 1987, 386p.