

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR SULCO DA FAZENDA DO ALTO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ.

Vicente de Paulo Santos de Oliveira

Curso Técnico de Meio Ambiente da Escola Técnica Federal de Campos. Fone : (0247) 33-3255

Salassier Bernardo

Centro de Ciência e Tecnologia Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense - Campos dos Goytacazes - RJ - 28040-000 Fone: (024) 726-3745

1 RESUMO

Este trabalho, desenvolvido na Fazenda do Alto, localizada no Município de Campos dos Goytacazes no Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, objetivou analisar o desempenho do sistema de irrigação por sulco implantado no local quantificando os parâmetros básicos da relação água-solo e propondo alternativas, com base técnica e econômica, para melhoria do manejo da irrigação praticada na cultura da cana-de-açúcar, o que poderá servir de referência para projetos similares na região.

Avaliou-se a eficiência de irrigação em 8 quadras, durante 3 irrigações. Os resultados das análises indicaram, para o sistema, os seguintes valores médios: eficiência de aplicação de 41,6%; eficiência potencial de aplicação de 61,7%; eficiência de distribuição de 67,5%; perdas por escoamento e por percolação, respectivamente, de 12,9% e 45,6%; eficiência de condução de 53,3%, resultando em uma eficiência de irrigação na fazenda de 22,2%.

UNITERMOS: avaliação e irrigação por sulcos.

OLIVEIRA, V. de P.S de., BERNARDO, S.

Furrow irrigation system evaluation on Fazenda do Alto, Campos dos Goytacazes-RJ.

2 ABSTRACT

The present work was carried out on the Fazenda do Alto in Campos dos Goytacazes, which is located in the northern part of Rio de Janeiro State. The efficiency of the furrow irrigation system was analyzed by quantifying the basic parameters of the soil-water relationship. Based on technical and economical considerations, alternation on the irrigation systems are suggested for improving irrigation management in sugarcane.

The system efficiency was evaluated in eight blocks during three irrigations in each furrow. The results presented the following average values: application efficiency, 41.6%; potential application efficiency, 61.7%; distribution efficiency, 67.5%; runoff and percolation losses, 12.9 and 45.6%, respectively; and conduction efficiency, 53.3%; resulting in an overall system irrigation efficiency of 22.2%.

KEYWORDS: evaluation and furrow irrigation

3 INTRODUÇÃO

No Brasil tem sido freqüente a implementação de projetos de irrigação, públicos e privados, sem o planejamento adequado, conduzidos e operados de forma imprópria, resultando, como conseqüência, em baixas eficiência de irrigação.

Assim avaliações periódicas dos sistemas de irrigação são necessárias para se fazer um manejo eficiente de sistemas já implantados, identificando possíveis falhas no dimensionamento e manejo, propondo, se necessário, soluções que maximizem sua eficiência (Merriam & Keller 1978 e Walker 1989).

A irrigação por superfície compreende os métodos de irrigação nos quais a condução da água do sistema de distribuição, canais ou tubulações, até qualquer ponto de infiltração, dentro da parcela a ser irrigada, é feita diretamente sobre a superfície do solo, exigindo, geralmente, sistematização dos terrenos (Bernardo 1995).

Dentre os métodos de irrigação por superfície, a irrigação por sulcos e a por inundação constituem, sem dúvida, os métodos de irrigação mais conhecidos e mais usados. O processo típico de irrigação por sulco pode ser caracterizado por quatro fases distintas e em seqüência: fases de avanço, reposição, depressão e recessão.

Para se analisar a eficiência de irrigação por sulco de um projeto existem vários parâmetros que devem ser determinados, sendo que os principais são: eficiência de aplicação (Ea), eficiência potencial de aplicação (Eap), eficiência de distribuição (Ed), eficiência de condução (Ec) e eficiência de irrigação (Ei) (Bernardo 1995, Bos & Nugteren 1982, Merriam & Keller 1978 e Walker 1989).

As perdas d'água num sistema de irrigação por sulco podem ser avaliadas pelos seguintes parâmetros: perdas por percolação (Pp) e perdas d'água por escoamento no final do sulco (Pe) (Doneen & Westcot 1988).

Coelho (1986), avaliou a eficiência de irrigação no Projeto de Irrigação de Estreito, em Urandi-BA, e encontrou eficiências médias de aplicação (Ea) e de distribuição (Ed) para o projeto de 31,8% e 52,6%, respectivamente, e perdas médias por percolação (Pp) de 32,7% e perdas por escoamento (Pe) de 35,4%, enquanto que Leal (1979) e Martins (1990), avaliando o Projeto de Irrigação de Bebedouro (PIB), em Petrolina-PE, obteve em seus resultados uma eficiência média de aplicação de 33% e eficiência de média de distribuição de 48% Martins (1990), no Projeto Tatauí-I em Sobradinho-BA, no sistema de irrigação por sulcos fechados, encontrou valores médios de eficiência de aplicação (Ea), de perdas por percolação (Pp) e de eficiência de irrigação, respectivamente, 65,7; 34,3; e 54,2%.

Na região Norte Fluminense, principalmente no município de Campos dos Goytacazes, tem-se utilizado muito pouco da irrigação na agricultura, agravado pelo fato de que o seu manejo no campo ainda deixa muito a desejar. Dos 250.000 ha classificados pelo IAA/SONDOTÉCNICA (1984) como terras agricultáveis, cerca de 182.000 ha foram considerados aptos para a irrigação e desse total 23.000 ha são irrigados (10), sendo que, aproximadamente, 52% são irrigados por sulcos. A região reúne condições especiais para o desenvolvimento da agricultura irrigada em termos de topografia, disponibilidade de água e proximidade dos principais centros do país. Aliadas a todos estes fatores, estão a grande vocação agrícola para cultivo de cana-de-açúcar e a potencialidade para o cultivo irrigado de fruticultura e olericultura. Assim sendo, é de capital importância o desenvolvimento de tecnologia regional possibilitando o manejo racional da agricultura irrigada e o seu crescimento sustentado na região (Bernardo 1995, IAA/SONDOTÉCNICA 1984 e Oliveira 1995). Desta forma desenvolveu-se este trabalho, objetivando:

- determinar os parâmetros de desempenho do sistema de irrigação por sulco, no cultivo de cana-de-açúcar;
- identificar e propor alternativas, com base técnica e econômica, visando à melhoria do manejo da irrigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda do Alto, arrendamento agrícola pertencente ao Grupo Paraíso, no período de março de 1995 a fevereiro de 1996. A fazenda fica situada no Município de Campos dos Goytacazes, na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, com coordenadas geográficas de latitude de 21°45' S e longitude de 41°20' W e altitude média de 11 metros.

A avaliação foi feita em duas áreas adjacentes, um total de 70 ha cultivados com a cultura da cana-de-açúcar, variedade RB 72-454.

A captação de água era feita do Canal do Vigário em dois pontos distintos, sendo o mesmo alimentado pelo Rio Paraíba do Sul e pela Lagoa do Vigário.

Nas áreas avaliadas, ocorrem duas classes de solos: Gley Pouco Húmico (GP) Eutrófico textura argila relevo plano, na maior parte da área, e Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) Distrófico textura média argila relevo plano e suave ondulado.

Pela análise morfológica do perfil, foram detectadas, para as duas classes de solos, camadas de impedimento a 40 cm de profundidade formadas principalmente por um horizonte mineral, rico em argila, constituído de material gleizado conhecido popularmente como "tabatinga".

Em cada área, foram selecionadas 4 quadras, procurando-se localizá-las, proporcionalmente, à classe dos solos e à distribuição espacial na área.

Os sulcos, nas quadras selecionadas, foram escolhidos ao acaso e avaliados em três irrigações. O espaçamento adotado pela fazenda era de 1,4 m entre sulcos de irrigação, os quais também eram utilizados como linhas de plantio da cana.

A fim de se obterem resultados representativos da realidade do projeto, todas as práticas de irrigação utilizadas na fazenda foram respeitadas. A água era derivada dos canais secundários, feitos de terra, para as bacias auxiliares ("forebay") e destas bacias para os sulcos de irrigação, através de aberturas nas suas paredes com uso de enxada (Figura 1).

A irrigação era interrompida pelos irrigantes, quando atingia o final do sulco e as vazões de entrada nos sulcos foram medidas utilizando-se calhas WSC Flume tipo A e B.

As determinações de umidade do solo, pelo método padrão de estufa, foram feitas imediatamente antes, e 24 horas após a irrigação nos sulcos selecionados.

As curvas de avanço foram determinadas a partir de dados obtidos no campo, nas quadras selecionadas, com a vazão utilizada pelos irrigantes.

Após o término de aplicação de água, à medida que a superfície do sulco foi sendo drenada, registrou-se o tempo ao longo do estaqueamento, até a sua drenagem total, determinando-se assim o tempo de recessão ao longo do sulco.

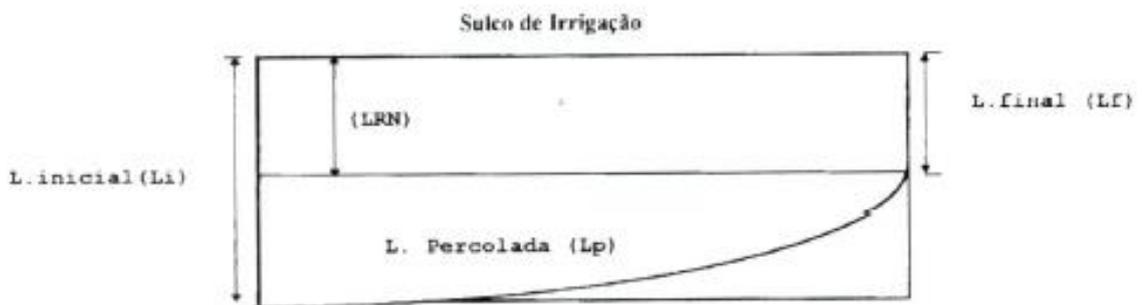
Os testes de infiltração foram realizados nos sulcos adjacentes aos avaliados, conforme metodologia descrita por Bernardo (1995), pelo método de "Entrada-Saida" d'água do sulco e ajustadas para equações do tipo Kostiakov-Lewis.



FIGURA 1 - Sistema de Distribuição d'água no Projeto

Foram calculados os parâmetros de desempenho do sistema, utilizando-se as seguintes equações, de acordo com o que se segue.

- A) Para condições de irrigação adequada ou excessiva, quando a menor lâmina infiltrada for maior ou igual à lâmina real necessária ($L_{\text{menor}} \geq \text{LRN}$),



$$Ea = \frac{\text{LRN}}{Lm} \cdot 100 \quad \text{eq. 1}$$

$$\text{LRN} = \frac{(Cc - Ua) \cdot Da \cdot Z}{10} \quad \text{eq. 2}$$

$$Lm = \frac{Ti \cdot Qo}{C \cdot E} \quad \text{eq. 3}$$

$$Pp = \frac{[Vi - (LRN \cdot C \cdot E)]}{[Qo \cdot Ti]} \cdot 100 \quad \text{eq. 4}$$

$$Vi = \frac{C}{2n} (I_0 + 2I_1 + 2I_2 + \dots + 2I_{n-1} + I_n) \quad \text{eq. 5}$$

$$Pe = 100 - Ea - Pp \quad \text{eq. 6}$$

em que

Ea = Eficiência de aplicação, em %;

LRN = Lâmina real necessária, mm;

Ua = Umidade atual do solo, % em peso, média ponderada da percentagem de umidade das profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm.;

Da = Densidade aparente do solo, em g/cm³;

Z = Profundidade efetiva do sistema radicular, 40 cm;

Lm = Lâmina média aplicada no sulco, em mm;

Ti = Tempo de aplicação d'água no sulco, em s;

Qo = Vazão média aplicada no sulco, em l/s;

C = Comprimento do sulco, em m;

E = Espaçamento entre sulcos, em m.

Vi = Volume infiltrado, em l;

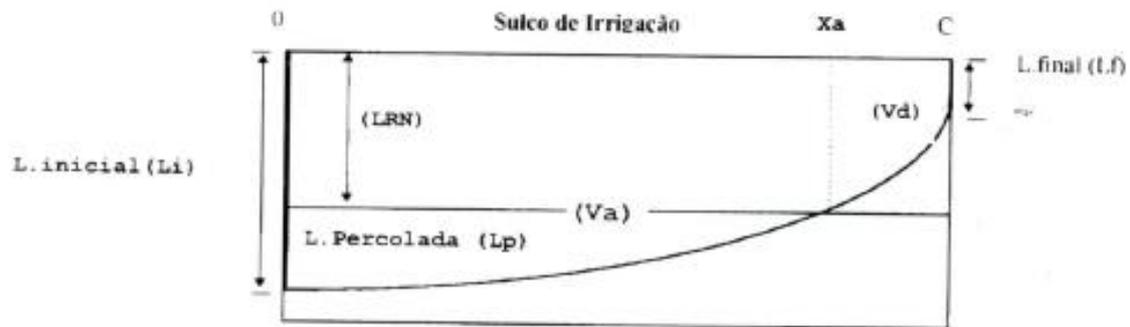
n = Número de trechos ao longo do sulco;

I_n = Infiltração acumulada no ponto n, em l/m.

Pp = Perdas por percolação, em %;

Pe = Perdas por escoamento, em %.

B) Para condições de irrigação deficiente, quando a menor lâmina infiltrada for menor do que a lâmina real necessária ($I_{\text{menor}} < LRN$):



$$Ea = \frac{[(LRN \cdot Xa \cdot E) + Vd]}{[Q_0 \cdot Ti]} \cdot 100 \quad \text{eq. 7}$$

$$Pp = \frac{[Va - (LRN \cdot Xa \cdot E)]}{[Q_0 \cdot Ti]} \cdot 100 \quad \text{eq. 8}$$

em que

\$Xa\$ = Comprimento do trecho adequadamente irrigado, em m;

\$Va\$ = Volume de água infiltrado no trecho adequadamente irrigado, em l; e

\$Vd\$ = Volume de água infiltrado no trecho deficientemente irrigado, em l.

Calcularam-se as perdas por escoamento superficial conforme equação 6.

Para se determinar a eficiência potencial de aplicação (\$Eap\$), caso a menor lâmina infiltrada ao longo do sulco (\$L_{menor}\$) fosse maior do que a lâmina real necessária (\$LRN\$), e a eficiência de distribuição (\$Ed\$), foram utilizadas as seguintes equações (1, 11):

$$Eap = \frac{L_{menor}}{Lm} \cdot 100 \quad \text{eq. 9}$$

$$Ed = \frac{L_{menor}}{Lim} \cdot 100 \quad \text{eq. 10}$$

em que

\$Eap\$ = Eficiência potencial de aplicação, em %;

\$Ed\$ = Eficiência de Distribuição, em %;

L_{menor} = Menor lâmina infiltrada ao longo do sulco, em mm; e
 L_{im} = Lâmina infiltrada média, em mm.

Os cálculos dos parâmetros de eficiência foram feitos para todos os testes em cada sulco avaliado, porém, para o cálculo dos parâmetros de eficiência médios para o sistema, não foram consideradas as irrigações feitas com o solo na capacidade de campo e irrigações em que houve obstrução excessiva no sulco de irrigação.

A eficiência de condução (E_c) foi determinada no trecho crítico do canal principal onde detectaram-se vazamentos e nos canais secundários dos quadras avaliadas pela seguinte equação:

$$E_c = \frac{Q_f}{Q_i} \cdot 100 \quad \text{eq. 11}$$

em que

E_c = Eficiência de condução no canal avaliado, em %;

Q_f = Vazão no trecho escolhido no final do canal avaliado, em m^3/s ; e

Q_i = Vazão no trecho escolhido no início do canal avaliado, em m^3/s .

A eficiência de condução do sistema foi obtida pelo produto da eficiência de condução do canal principal pela média ponderada das eficiências de condução dos canais secundários.

Determinou-se a Eficiência de Irrigação (E_i) para o projeto utilizando-se a equação 12 (Doneen & Westcot 1988 e Martins 1990):

$$E_i = \frac{E_a \cdot E_c}{100} \quad \text{eq. 12}$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As declividades, comprimentos dos sulcos, vazões das irrigações e o cálculo das vazões máximas não erosivas, conforme Criddle citado por Bernardo (1995), estão no Quadro 1.

Na Figura 2 tem-se a condição predominante no sistema de irrigação onde, em cerca de 88% das irrigações avaliadas no projeto, ocorreram irrigações excessivas ao longo do sulco.

Os resultados médios dos parâmetros de eficiência por quadra avaliada encontram-se no Quadro 2, não sendo consideradas as irrigações feitas com a umidade do

solo acima da capacidade de campo e quando houve obstrução excessiva no sulco de irrigação.

Na determinação da eficiência de condução do projeto foram observados vazamentos no canal principal, além de vazamentos nas estruturas de derivação para os canais secundários. O valor de 53,3% parece representar bem o sistema de condução e distribuição do projeto o que demanda sua urgente recuperação.

QUADRO 1 - Declividade, Vazão e Comprimento dos Sulcos nas Quadras Avaliadas e estimativa da Vazão Máxima não Erosiva.

Quadra	Irrigação n°	Declividade (%)	Comp. do sulco (m)	Vazão (l/s)	Vazão Máxima não Erosiva (l/s)
4	1	0,82	120,0	2,25	0,78
	2			2,11	
	3			2,23	
8	1	0,85	94,0	1,56	0,75
	2			2,28	
	3			2,14	
12	1	0,53	67,5	2,14	1,20
	2			1,36	
	3			1,40	
14	1	1,05	88,6	2,33	1,05
	2			2,22	
	3			2,94	
22	1	0,70	105,4	2,15	0,91
	2			2,77	
	3			2,93	
25	1	1,13	47,7	1,69	0,56
	2			1,86	
	3			2,29	
28	1	0,51	55,2	1,58	1,25
	2			1,93	
	3			2,12	
30	1	0,55	93,0	2,69	1,16
	2			2,30	
	3			2,36	

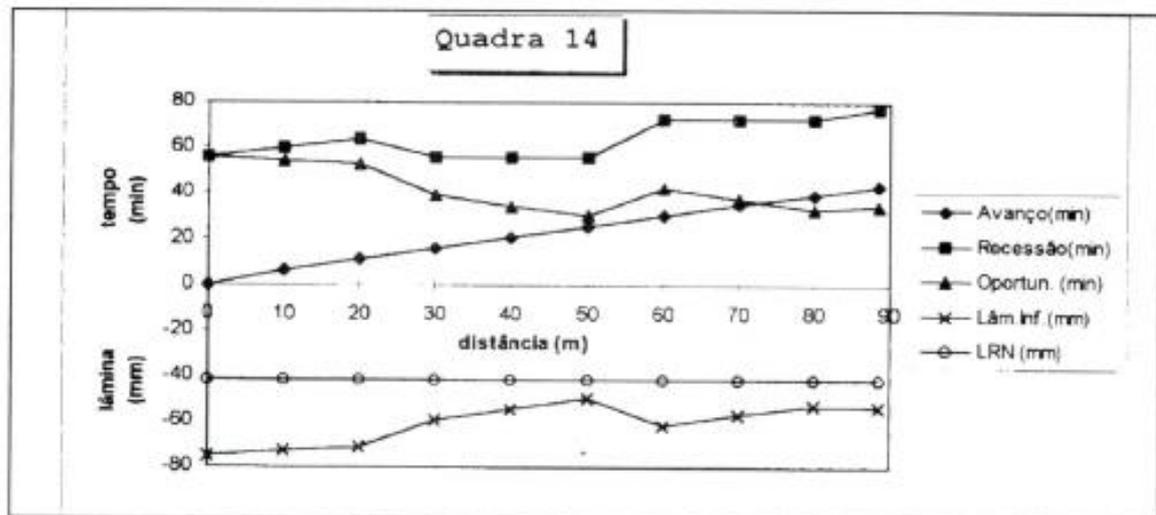


FIGURA 2 - Condição Característica de Irrigação Excessiva ao Longo do Sulco na Quadra 14 (observada em 87,5% das Irrigações Avaliadas).

QUADRO 2 - Médias do Fator de Disponibilidade (f), da Eficiência de Aplicação (E_a), da Eficiência Potencial de Aplicação (E_{ap}), da Eficiência de Distribuição (E_d), da Perda por Percolação (P_p) e da Perda por Escoamento (P_e) nas Quadras Avaliadas.

Quadra	f	Parâmetros de eficiência				
		E_a (%)	E_{ap} (%)	E_d (%)	P_p (%)	P_e (%)
4	0,37	65,8	89,7	92,6	23,2	11,0
12	0,30	42,2	57,9	59,2	33,2	24,7
14	0,35	42,7	77,7	79,7	55,1	2,2
22	0,26	21,7	46,6	58,7	58,0	20,3
25	0,28	29,4	56,5	62,6	61,0	9,6
28	0,36	47,6	41,5	52,3	42,8	9,6
Média geral	0,32	41,6	61,7	67,5	45,6	12,9

Considerando a eficiência de aplicação média do projeto de 41,6% e a eficiência de condução de 53,3%, obteve-se, pelo produto destes parâmetros, uma eficiência de irrigação média para a Fazenda do Alto de 22,2%, valor considerado abaixo do mínimo satisfatório, para irrigação por sulcos, o que demonstra a necessidade de recuperação e de melhor manutenção do projeto.

6 CONCLUSÕES.

A partir dos dados obtidos, nas condições em que os testes foram realizados, os resultados deste trabalho permitiram as seguintes conclusões:

- as vazões nos sulcos do projeto foram sempre maiores do que as vazões máximas não erosivas estimadas pelo método proposto por Criddle citado por Bernardo (1995), porém não se observou erosão nos sulcos, devendo-se provavelmente ao sistema de plantio da cana-de-açúcar no próprio sulco de irrigação, o que faz aumentar a sua rugosidade e resistência à erosão, permitindo o uso de maiores vazões por sulco;
- em cerca de 88% das quadras avaliadas observaram-se condições características de irrigação excessiva ao longo do sulco;
- a eficiência de irrigação do Projeto (Ei) foi de 22,2%. Valor muito baixo, porém representativo do manejo adotado na região;

Baseando-se nos resultados obtidos e visando a racionalização do manejo e o aumento das eficiências do sistema de irrigação por sulco da Fazenda do Alto, recomenda-se:

- melhorar a sistematização do terreno, procurando, na medida do possível, formar quadras regulares, com sulcos de comprimentos uniformes, o que facilitará o manejo da irrigação e possibilitará aumento das eficiências;
- determinar corretamente as lâminas d'água necessárias (LRN) e os turnos de rega para o projeto;
- realizar, periodicamente, manutenção e reparos no sistema de condução e de distribuição d'água;
- realizar, periodicamente, avaliações do sistema de irrigação; e
- promover e incentivar o desenvolvimento de trabalhos e programas de treinamento visando melhorar o manejo de irrigação.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, A. *Manual de irrigação*, 6.ed. Viçosa: Imprensa Universitária. Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657p.
- BOS, M.G., NUGTEREN, J. *On irrigation efficiencies*, 3.ed. rev. Wageningen, ILRI, 1982. 138p.
- COELHO, S.A. *Avaliação da eficiência de irrigação, a nível de parcela, no projeto de irrigação do Estreito-Bahia*. Viçosa, 1986 110p. Tese (Magister Scientiae) Universidade Federal de Viçosa.
- DONEEN, L.D., WESTCOT, D.W. *Irrigation practice and water management*. FAO. Irrig. Drainage. Pap., n. 1 ver. 1, p.1-63, 1988.
- IAA/SONDOTÉCNICA. *Projeto de irrigação e drenagem da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense: Estudos de Levantamentos Pedológicos*. Rio de Janeiro, 1984. v.1. Tomo 1-3, p.34-37 (Relatório técnico setorial).

- LEAL, M.V.P. *Determinação da eficiência de irrigação, a nível de parcela, no projeto de irrigação Bebedouro-Petrolina, Pernambuco*. Viçosa, 1979. 94p. Tese (Magister Scientiae) Universidade Federal de Viçosa.
- MARTINS, D.P. *Avaliação do sistema de irrigação por superfície no projeto Tatauí-I, Sobradinho-BA*. Viçosa, 1990. 69p. Tese (Magister Scientiae) Universidade Federal de Viçosa.
- MERRIAN, J.L., KELLER, J. Furrow irrigation, *Farm irrigation system evaluation: a guide for management*, Utah State University, Logan, Utah, p.145-188, 1978.
- OLIVEIRA, V.P.S. *Análise da situação e do plano estadual de irrigação para a região Norte Fluminense*. Campos dos Goytacazes, 1995. 10p. (Trabalho fazendo parte da disciplina FIT-3897: estudos dirigidos, mimeograf.)
- SOARES, A.A. *Irrigação por superfície: Métodos de irrigação*. Brasília: ABEAS, 1987. 68p. (ABEAS-Curso de Engenharia da Irrigação, Submódulo 7.2)
- WALKER, W.R. *Guidelines for desining and evaluating surface irrigation systems*. FAO, Irrig. Drainage, Pap., n.45, p.1-137, 1989.