

## AVALIAÇÃO DO MANEJO DE ÁGUAS NO PERÍMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO, PETROLINA, PE



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA  
**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA**  
Centro de Pesquisa Agropecuária  
do Trópico Semi-Árido - CPATSA  
Petrolina, PE

BOLETIM DE PESQUISA

ISSN 0100-8951

Número 25

novembro, 1985

AVALIAÇÃO DO MANEJO DE ÁGUAS NO PERÍMETRO IRRIGADO  
DE BEBEDOURO, PETROLINA, PE

Carlos Reeder Valdivieso-Salazar  
Gilberto Gomes Cordeiro



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA-MA  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA  
Centro de Pesquisa Agropecuária  
do Trópico Semi-Árido-CPATSA  
Petrolina, PE

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

EMBRAPA-CPATSA

BR 428, km 152

Telefone: (081) 961-4411

Telex: (081) 1878

Caixa Postal 23

56300 Petrolina, PE

Tiragem: 2.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Edson Lustosa de Possídio - Presidente

Manoel Abílio de Queiroz

Paulo César Fernandes Lima

Luiz Maurício Cavalcante Salviano

Assessoria técnico-científica deste trabalho:

Eliane Nogueira Choudhury

José Monteiro Soares

Valdivieso-Salazar, Carlos Reeder

Avaliação do manejo de águas no perímetro irrigado de Bebedouro, Petrolina, PE, por Carlos Reeder Valdivieso-Salazar e Gilberto Gomes Cordeiro. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1985.

34p.ilust. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 25)

1. Irrigação-Eficiência-Brasil-Pernambuco-Petrolina-Projeto Bebedouro. 2. Água-Manejo. I. Cordeiro, Gilberto Gomes, colab. II. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. III. Título. IV. Série.

CDD - 631.7098134

## APRESENTAÇÃO

A salinização das áreas irrigadas e sua conseqüente limitação para a agricultura é, hoje, o mais grave problema técnico com que se deparam os produtores rurais, principalmente dos perímetros irrigados do Nordeste.

Com uma política governamental de ampliação da área irrigada na região, é de suma importância que o planejamento das irrigações esteja extremamente consciente desta possibilidade, uma vez que o irrigante tende a usar esse recurso em excesso, ou por falta de treinamento técnico adequado ou, ainda, pelo baixo custo cobrado pela água, principalmente nos projetos oficiais de irrigação.

Os altos custos de recuperação destes solos podem ser evitados com a adoção de medidas antecipadas que avaliem corretamente esse tipo de problema.

Este trabalho que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), através do seu Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), coloca à disposição do público se constitui, além de dados concretos sobre uma situação específica, num alerta para o correto manejo das águas de irrigação.

RENIVAL ALVES DE SOUZA

Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária  
do Trópico Semi-Árido.



## SUMÁRIO

RESUMO/ABSTRACT.....	7
INTRODUÇÃO.....	9
MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

**AVALIAÇÃO DO MANEJO DE ÁGUAS NO PERÍMETRO IRRIGADO  
DE BEBEDOURO, PETROLINA, PE**

Carlos Reeder Valdivieso-Salazar<sup>1</sup>

Gilberto Gomes Cordeiro<sup>2</sup>

**RESUMO** - O uso pouco racional da água de irrigação (condições de mau manejo de água) tem originado a formação de lençol freático que se aproxima da superfície do solo em lugares e épocas determinadas, criando condições impróprias ou desvantajosas para o desenvolvimento das culturas e limitando a sua produtividade. O presente trabalho refere-se à quantificação de uso de água no Perímetro Irrigado de Bebedouro, em Petrolina, PE, avaliando as eficiências de irrigação nos diferentes níveis de condução, distribuição e aplicação e que permitem de terminar a grandeza da quantidade de água perdida que contribui para o problema de drenagem. Dessa forma são conferidas freqüências de irrigação inadequadas que mantêm um regime de umidade também inadequado na zona radicular, em áreas de alto lençol freático. A eficiência de irrigação ao nível de perímetro é de 25%, devido principalmente a perdas de condução ocasionadas pelo mau estado de conservação do revestimento de canais e a perdas ocorridas no sistema de distribuição. A eficiência de aplicação, ao nível de parcela, está em torno de 40%. A pouca retenção de umidade dos solos demanda irrigações freqüentes, mas o controle de umidade no perfil indica a necessidade de racionalizar os intervalos e volumes de rega, principalmente quando já se tem contribuição de umidade desde o lençol freático.

Termos para indexação: manejo de água, irrigação, eficiência, freqüência, solo, umidade, balanço de água.

**WATERMANAGEMENT EVALUATION IN BEBEDOURO IRRIGATION PROJECT,  
PETROLINA, PE, BRAZIL**

**ABSTRACT** - The unsuitable use of irrigation water has risen a water table that approaches the ground surface at certain places and season of the year, affecting normal crop growth and yield. This paper comes up to a quantification of water use in Bebedouro leading to estimates of irrigation efficiencies (conveyance, distribution and application) and determination of actual percolation losses which contribute to the drainage problem. Besides, irrigation frequencies are evaluated and observed inadequate maintaining a very high moisture regime in the root zone. The total irrigation efficiency (project level) is around 25% accounted by the water conveyance losses, due to bad conservation state of canals lining, and by water distribution. The application efficiency is about 40%. Due to low soil moisture retention, frequent irrigations are practiced but a necessary better moisture regime implies a rationalization of volumes applied and intervals mainly at shallow water tables.

Index terms: water management, irrigation, efficiency, frequency, soil moisture, water balance.

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, M.Sc., Consultor de Irrigação e Drenagem-Convênio IICA/EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, CEP 56300, Petrolina, PE.

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-CPATSA.

# AVALIAÇÃO DO MANEJO DE ÁGUAS NO PERÍMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO, PETROLINA, PE

Carlos Reeder Valdivieso-Salazar<sup>1</sup>  
Gilberto Gomes Cordeiro<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

As características de alta infiltração e de baixa capacidade de retenção dos solos do Perímetro Irrigado de Bebedouro, em Petrolina, PE, levam a uma super irrigação e conseqüentemente à elevação do lençol freático (Kidman & James, 1977). O excessivo uso de águas de irrigação tem seus aspectos negativos resumidos principalmente na lavagem de nutrientes solúveis, altos custos de energia para recalque de água além de dar origem a problemas de má drenagem e, conseqüentemente, de salinidade, que contribuem de maneira importante para a queda da produtividade.

Elemento básico para avaliar o manejo de águas é a eficiência de irrigação na condução, distribuição e aplicação em nível de setor e/ou nível integral de projetos, assim como o controle do regime de umidade dos solos.

No caso do Perímetro Irrigado de Bebedouro, foram considerados de enorme importância para a eficiência de irrigação fatores assinalados por Michael et al (1972) como o grau de preparação do terreno, operação e manutenção do siste

---

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, M.Sc., Consultor de Irrigação e Drenagem Convênio IICA/EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, CEP 56300, Petrolina, PE.

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-CPATSA.

ma e o fator humano traduzido na habilidade, responsabilidade e consciência do usuário. Com efeito, tem-se observado irregularidades do terreno provavelmente por causa da ação das máquinas na preparação do terreno, deficiência na operação e no estado de conservação de canais e estruturas responsáveis por enormes perdas de água.

Ao nível de parcela tem-se observado enormes variações da vazão ou "main d'eau" e da lâmina aplicada que podem estar ocasionando uma baixa uniformidade de distribuição de umidade no perfil, favorecida pelas declividades geralmente altas. Estes parâmetros, vazão e lâmina aplicada, são assinalados por Bos & Nugteren (1978) como decisivos na eficiência de irrigação.

O objetivo deste trabalho é quantificar as eficiências de irrigação em diferentes níveis, mostrar o regime de umidade dos solos após a irrigação e a necessidade de reestruturação do esquema de irrigação, além de contribuir para o posterior cálculo de necessidades de drenagem.

Este é um trabalho complementar aos já realizados por outros como Leal (1979), cujo objetivo foi a determinação da eficiência de aplicação.

O problema persiste e demanda uma necessidade urgente de racionalização de uso da água no perímetro, que pode implicar na reestruturação do esquema de operação, novas ações de capacitação e conscientização do pessoal usuário e de assistência técnica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O Perímetro Irrigado de Bebedouro está localizado no estado de Pernambuco, na margem esquerda do rio São Francisco, a 45 km de Petrolina, seguindo a BR 428. Geografi

camente, a estação agrometeorológica dentro da área situa-se nas coordenadas Lat  $09^{\circ}09'$  e Long  $40^{\circ}22'W$ .

Para facilidade de operação, administração e/ou controle divide-se o perímetro em zonas (Fig. 1), cada uma das quais com sistema de canais e drenos relativamente independentes.

Os solos predominantes são latossolos das classes 37 AB, 37 BB, 37 AA, 37 BC e 27 BB-BA. Solos profundos, em geral de textura arenosa na camada superficial, mudando para textura argilo-arenosa de reação ácida e baixa capacidade de saturação de bases na profundidade (Pereira & Souza 1968). Características hídricas dos solos são apresentadas na Fig. 2.

O sistema de irrigação do perímetro está em operação desde 1969. É constituído por uma rede de canais revestidos; rede essa alimentada com água bombeada do rio São Francisco e entregue às parcelas para irrigação por sulcos. Estações auxiliares de recalque têm função complementar de fornecimento de água a setores secundários do sistema (Fig. 1).

O material usado para a análise, objeto desta publicação, é constituído por informações fornecidas pela Cooperativa Agrícola Mista do Perímetro Irrigado de Bebedouro, CAMPIB, referentes a volumes bombeados e registrados em cada estação de bombeamento, além de volumes de água fornecidos por zonas e calendário de implantação de culturas e irrigação.

Medidas de vazão no canal principal e alguns canais secundários com algumas repetições foram realizadas usando molinete para avaliar a eficiência de condução.

Também realizaram-se testes para determinação de parâmetros de irrigação por sulcos para avaliar a eficiência de



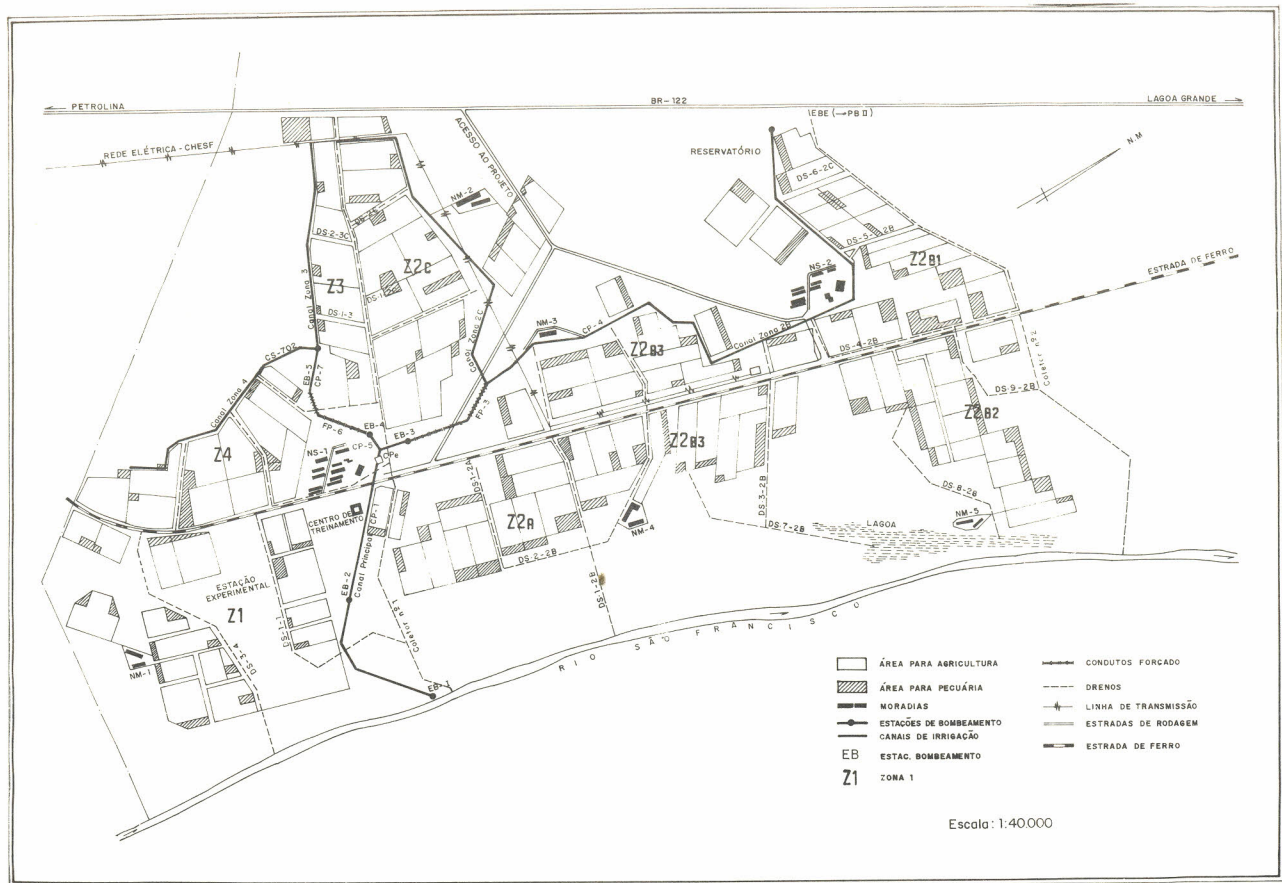
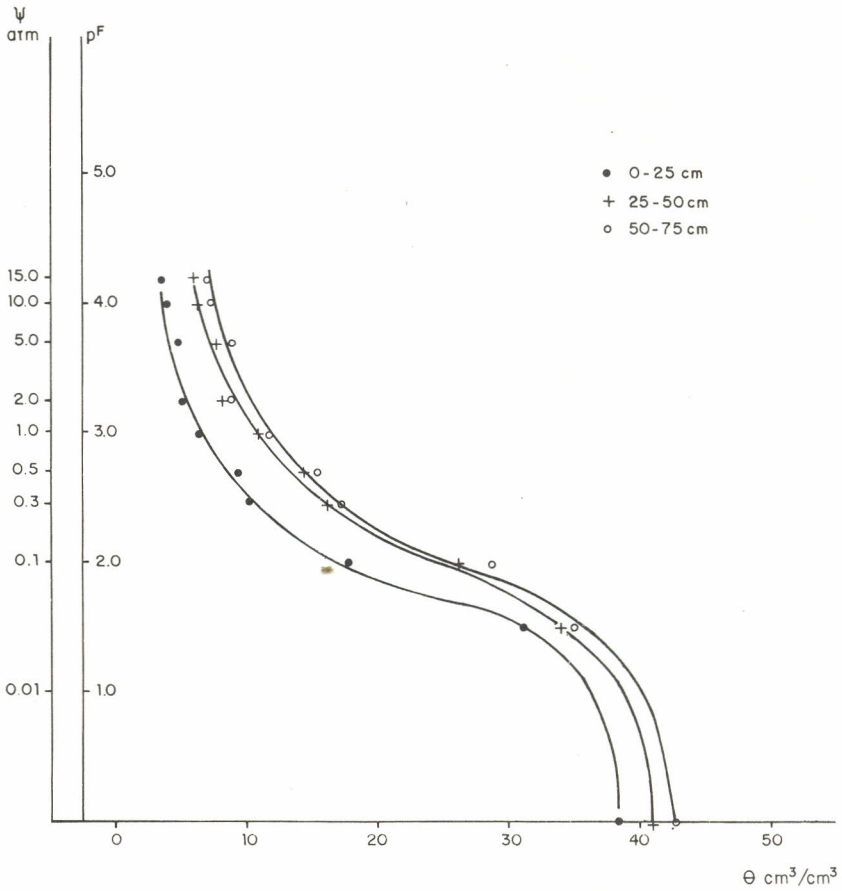


FIG. 1. Perímetro Irrigado de Bebedouro.



Prof cm	$\frac{pF}{\Psi}$ saturação	Umidade $\Theta$ cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>								
		0.7	2.0	2.48	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.18
0-25	38.43	31.36	17.86	10.59	9.50	6.70	5.25	4.85	4.03	3.76
25-50	41.21	34.08	26.42	16.25	14.56	11.12	8.63	7.94	6.38	6.40
50-75	42.93	34.98	28.83	17.36	15.45	11.75	8.98	8.75	7.35	6.99

FIG. 2. Curva característica de umidade - Lote 541 (Solos 37AA) Perímetro Irrigado de Bebedouro.

aplicação. As parcelas foram escolhidas arbitrariamente e cobrem solos das séries 37 BB, 37 AB e 37 AB-AA, com sulcos em declividades de 0,6 a 0,96%. A vazão média usada pelos agricultores nos lugares dos testes variou entre 0,59 e 1,47 l/s e as culturas irrigadas foram cebola e melancia.

Nos mesmos lugares controlaram-se as variações de umidade em diferentes profundidades do perfil do solo e a profundidade do lençol freático em função das irrigações, para avaliar a atual frequência de rega.

### Eficiência de condução

Por definição, a eficiência de condução é a relação entre o volume fornecido para o sistema de distribuição e o volume bombeado ou derivado (Bos & Nugteren 1978), cuja expressão mais simples é:

$$e_c = \frac{V_d}{V_b} \times 100 \dots \dots \dots \text{eq. 1}$$

onde:

$e_c$  = eficiência de condução, %

$V_d$  = volume fornecido ao sistema,  $m^3$

$V_b$  = volume bombeado ou derivado,  $m^3$ .

Desta maneira, os volumes bombeados mensalmente (Tabelas 1 e 1A), na estação principal, foram relacionados aos volumes bombeados nas estações secundárias e estes por sua vez aos volumes fornecidos por zonas (Tabelas 2 e 2A) para determinar as eficiências de condução no canal principal e no sistema de canais secundários e terciários respectivamente (Tabelas 3 e 3A).



TABELA 1. Perímetro Irrigado de Bebedouro. Volumes bombeados em 1982 (1000 m<sup>3</sup>).

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
EB1	462,7	787,7	869,5	1044,5	1826,8	1825,3	1709,1	1644,5	1780,1	1775,0	1839,5	1235,8
EB2	64,5	96,8	116,9	118,1	181,2	178,1	180,8	186,6	201,8	219,0	217,3	166,2
EB3	287,7	578,6	599,2	682,5	1090,9	1240,1	1158,0	1150,9	1211,8	1174,5	1248,5	826,1
EB4	59,0	113,0	151,1	164,6	300,9	296,4	276,8	295,8	255,0	221,3	240,1	140,2
EB5	30,7	80,4	103,5	120,4	201,3	192,7	192,8	202,1	185,5	162,9	154,3	88,6
PBII	59,6	102,2	54,5	41,2	122,9	139,8	160,6	221,6	271,4	168,8	104,6	101,9
EB3 - PBII	228,1	476,4	544,7	641,3	968,0	1100,3	997,4	929,3	940,4	1005,7	1143,6	724,2
EB4 - EB5	28,3	32,6	47,6	44,2	99,6	103,7	84,0	93,7	69,5	58,4	85,8	51,6
EB1 - PBII	403,1	685,5	815,0	1003,3	1703,9	1685,5	1548,5	1422,9	1508,7	1606,2	1734,9	1133,9

TABELA 1A. Perímetro Irrigado de Bebedouro I: Volumes de água bombeados (1000 m<sup>3</sup>) - 1983.

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
EB1	1713,3	389,9	742,2	1192,9	2031,6	2111,1	1933,1	1947,1	2132,5	2083,8	1568,8	448,5
EB2	193,0	39,4	83,4	163,0	277,8	244,1	171,3	181,0	220,5	197,7	178,1	10,8
EB3	444,9	330,5	661,1	1030,8	1605,6	1477,9	1335,4	1869,2	1544,4	1281,1	1178,2	355,3
EB4	47,2	23,7	99,5	194,6	302,4	276,0	243,8	280,1	297,4	293,6	208,3	46,4
EB5	29,0	15,3	62,9	147,0	246,0	175,3	177,4	177,4	199,6	173,6	142,8	32,5
EB6	17,4	5,1	16,9	19,2	32,0	31,4	29,5	25,0	29,4	31,1	35,8	12,6
EB3 - PBII	401,1	315,6	576,3	785,4	1373,2	1208,1	1043,9	1576,9	1259,2	996,6	935,1	240,1
EB4 - EB5	18,2	8,4	36,6	47,6	56,4	100,7	66,4	102,7	97,8	120,0	65,5	13,9
EB1 - PBII	1669,5	375,0	657,4	947,5	1799,2	1841,3	1642,0	1654,8	1847,3	1799,3	1325,7	333,3

TABELA 2. Perímetro Irrigado de Bebedouro. Volumes fornecidos em 1982 (1000 m<sup>3</sup>).

ZONAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	9,9	19,8	38,2	50,2	176,1	174,4	133,4	142,5	490,3	212,7	143,9	48,4
2	72,1	197,0	269,6	391,4	903,9	815,8	737,5	665,8	796,3	721,6	692,7	42,2
3	16,2	22,2	28,4	33,7	77,6	78,8	62,7	62,9	55,4	63,1	56,4	30,7
4	10,7	43,0	77,4	109,7	192,5	183,7	123,0	134,6	152,5	116,5	131,0	74,4
TOTAL	108,9	282,0	413,6	585,0	1350,1	1252,7	1056,6	1005,8	1194,5	1113,9	1024,0	582,6

TABELA 2A. Perímetro Irrigado de Bebedouro. Volumes de água fornecidos (1000 m<sup>3</sup>) (em nível ou parcela) - 1983.

ZONAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	93,0	39,4	80,4	163,5	277,8	276,0	171,3	181,0	120,4	166,6	s.i.	50,7
2	182,2	43,6	197,0	518,8	948,2	986,4	756,7	733,1	942,1	868,6	644,0	126,2
3	6,5	3,2	7,3	24,1	70,1	78,1	78,3	60,6	64,5	13,9	59,4	9,8
4	19,2	8,5	46,9	123,8	195,3	158,8	160,6	164,9	182,2	157,2	111,6	31,2
EPII	43,8	14,9	84,8	245,4	232,4	269,8	291,5	292,3	285,2	284,5	243,1	115,2
TOTAL	344,7	109,6	416,4	1075,6	1723,8	1769,1	1458,4	1431,9	1594,4	1490,8	s.i.	333,1

s.i. = sem informação.

TABELA 3. Perímetro Irrigado de Bebedouro. Eficiências de condução por zonas, calculadas com informação de 1982.

ZONAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média
C.PRINC.	089	100	100	092	086	094	095	099	094	091	093	092	094
Z 1	015	021	033	043	097	098	074	076	094	097	066	029	062
Z 2	032	041	050	061	093	074	074	072	085	072	061	059	065
Z 3	057	068	060	076	078	076	075	067	080	?	066	060	069
Z 4	035	054	075	091	096	095	064	067	082	072	085	084	075

$$e_{cs + ct} = 0,68$$

$$e_c^{(1)} = 0,64$$

$$e_{cp1} = 0,94$$

$$e_{cp1} = \frac{VEB2 + VEB3 + VEB4}{VEB1}$$

(1) Para todo o sistema de canais: canais principais, secundários e terciários.

TABELA 3A. Perímetro Irrigado de Bebedouro. Eficiências de condução por zonas - 1983.

ZONAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	$\bar{X}$
C.PRINC.	0,40	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,91	1,00	0,97	0,85	1,00	0,92	0,92
Z 1	0,48	1,00	0,95	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	1,00	0,84		4,69	0,59
Z 2	0,45	0,14	0,34	0,66	0,69	0,82	0,72	0,46	0,75	0,87	0,69	0,53	0,59
Z 3	0,35	0,38	0,20	0,51	1,00	0,78	1,00	0,59	0,66	0,12	0,91	0,71	0,60
Z 4	0,66	0,56	0,75	0,84	0,79	0,91	0,91	0,93	0,91	0,91	0,78	0,96	0,83

$$CPI = 0,92$$

$$C_{s+t} = 0,65$$

As medidas de vazão em canais permitiram determinar as perdas do trecho considerado. Estas foram utilizadas para estimar a eficiência de condução nos canais medidos e reforçar a análise referida no parágrafo anterior.

Por definição, a eficiência de condução no trecho das medidas será:

$$e'_c = \frac{Q_2}{Q_1} \dots \dots \dots \text{eq. 2}$$

$e'_c$  = eficiência de condução no trecho,

$Q_2$  = vazão na secção de juzante,  $m^3/s$

$Q_1$  = vazão na secção de montante,  $m^3/s$ .

Por princípio de conservação:

$$Q_1 = Q_2 + P' \dots \dots \dots \text{eq. 3}$$

onde  $P'$  = perdas de trecho.

Com a finalidade de padronizar, foram usadas perdas por quilômetro. Deste modo a expressão da eficiência derivada das equações 2 e 3 será a apresentada abaixo e demonstrada na Tabela 4.

$$e_c = \left[ 1 - \frac{P}{Q_1} \right] \times 100 \dots \dots \dots \text{eq. 4}$$

### Eficiência de distribuição

É definida como a relação entre o volume fornecido aos campos e o volume recebido dos canais de distribuição na parcela (Bos & Nugteren 1978).

$$e_d = \frac{V_f}{V_d} \times 100 \dots \dots \dots \text{eq. 5}$$

TABELA 4. Controle de vazão em canais e determinação da eficiência de condução.

Canal	$Q_1$	$Q_2$	L	P	$e_c$
C p 1	2,890	2,760	1,050	0,124	0,96
C p 4	1,050	0,980	0,560	0,125	0,88
Cs 702	0,323	0,303	0,185	0,108	0,67

$Q_1$  = vazão numa secção de montante,  $m^3/s$

$Q_2$  = vazão numa secção de juzante,  $m^3/s$

L = distância entre as duas secções 1 e 2 (de montante e juzante respectivamente), km

p = perdas de água,  $m^3/s$

$e_c$  = eficiência de condução no trecho medido (decimais).



$e_d$  = eficiência de distribuição

$V_f$  = volume fornecido aos campos,  $m^3$

$V_d$  = volume na entrada da parcela,  $m^3$ .

A informação disponível não permite determinar a eficiência de distribuição.

### Eficiência de aplicação

É definida como a relação entre o volume fornecido aos campos e a quantidade de água necessária para manter a umidade do solo no nível requerido pela cultura (Bos & Nugteren 1978).

$$e_a = \frac{V_m}{V_f} \dots\dots\dots \text{eq. 6}$$

$e_a$  = eficiência de aplicação

$V_m$  = volume de água necessário,  $m^3$

$V_f$  = volume fornecido ao campo,  $m^3$ .

As Tabelas 5 e 5A detalham o cálculo mensal das demandas hídricas das culturas no perímetro e comparam essas demandas aos volumes de água fornecidos, permitindo estimar a eficiência de aplicação.

Com a informação referente ao calendário de implantação das culturas, dados agrometeorológicos da estação de Bebedouro e coeficientes da cultura obtidos de Silva et al (1981) determinou-se  $V_m$  para 1982 e 1983.

Observações da performance da irrigação ao nível de parcela com medição e parâmetros da irrigação no sulco permitem avaliar a eficiência de aplicação (Tabela 6), determinada como o efeito combinado de eficiência de condução no sulco e a eficiência de uso.

TABELA 5. Perímetro Irrigado de Bebedouro 1982. Demandas de água. Eficiência de condução e aplicação.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Eo												
ETP (1)	6,4	5,9	5,5	5,0	5,1	5,1	5,4	6,0	6,9	7,3	6,8	6,2
PP (2)	20	40	60	70	5	16	6	0	0	0	0	40
Déficit mm	178,4	125,2	110,5	80,0	153,1	137,0	161,4	186,0	207,0	226,3	204,0	152,2
Liq. m <sup>3</sup> /ha	1.784,0	1.252,0	1.105,0	800,0	1.531,0	1.370,0	1.614,0	1.860,0	2.070,0	2.263,0	2.040,0	1.522,0
CEROLA												
60/ha	0,42	0,55	0,55	0,42								
60/ha		0,42	0,55	0,55	0,42							
30/ha			0,42	0,55	0,55	0,42						
Vol. m <sup>3</sup> /ha	44.956,8	72.866,4	86.853,0	59.760,0	63.842,7	17.262,0						
TOMATE												
50/ha			0,34	0,44	0,62	0,34						
70/ha				0,34	0,44	0,62	0,34					
60/ha					0,34	0,44	0,62	0,34				
40/ha						0,34	0,44	0,62	0,34			
30/ha							0,34	0,44	0,62	0,34		
Vol. m <sup>3</sup> /ha			18.785,0	36.640,0	125.848,2	137.548,0	143.323,2	108.624,0	66.654,0	23.082,6		
MELANCIA												
50/ha			0,39	0,44	0,52	0,39	(70)*0,39	0,44	0,52	0,39		
70/ha				0,39	0,44	0,52	0,39	(90)*0,39	0,44	0,52	0,39	
90/ha					0,39	0,44	0,52	0,39	(80)*0,39	0,44	0,52	0,39
90/ha	0,39					0,39	0,44	0,52	0,39	(80)*0,39	0,44	0,52
Vol. m <sup>3</sup> /ha	62.618,4		21.547,5	45.680,0	140.698,9	178.922,0	227.574,0	274.908,0	294.561,0	317.951,5	228.276,0	110.801,6
30/ha					0,39	0,44	0,52	0,39				
MELÃO												
50/ha						0,39	0,44	0,52	0,39			
40/ha							0,39	0,44	0,52	0,39		
30/ha								0,39	0,44	0,52	0,39	
Vol. m <sup>3</sup> /ha					17.912,7	44.799,6	85.864,8	124.620,0	110.745,0	70.605,6	23.868,0	
FELJÃO												
80/ha				0,47	0,60	0,13						
90/ha					0,47	0,60	0,13					
80/ha						0,47	0,60	0,13				
75/ha							0,47	0,60	0,13			
75/ha								0,47	0,60	0,13		
Vol. m <sup>3</sup> /ha			30.080,0	138.249,3	139.740,0	153.249,3	168.609,0	113.332,5	22.064,3			
ALCOBÃO												
30/ha		0,34	0,62	0,62	0,34							
30/ha			0,34	0,62	0,62	0,34						
Vol. m <sup>3</sup> /ha		12.770,4	31.824,0	29.760,0	44.092,8	13.974,0						
ALHO												
10/ha			0,42	0,55	0,55	0,55	0,42					
Vol. m <sup>3</sup> /ha			4.641,0	4.400,0	8.420,5	7.535,0	6.778,8					
VIDEIRA												
16/ha	0,20	0,30	0,39	0,39								
Vol. m <sup>3</sup> /ha	5.708,8	6.009,6	6.895,2	4.992,0								
Vol. Total m <sup>3</sup>	113.284,0	91.646,4	170.545,7	211.312,0	539.065,1	539.780,6	616.790,1	674.436,0	585.292,5	433.704,0	252.144,0	110.801,6
Vol. Fornec.	108,9	282,0	413,6	585,0	1.350,0	1.252,7	1.056,6	1.005,8	1.194,5	1.113,9	1.024,0	582,6
Efic. aplic.		0,32	0,41	0,36	0,40	0,43	0,58	0,67	0,49	0,39	0,25	0,19

Média da eficiência de aplicação = 0,4

(1) Evapotranspiração Penman, mm/d

(2) Chuva 75% probabilidade, mm/mês

\*Área a partir desse mês.

\*\*1000 m<sup>3</sup>

Efic. aplic. média = 0,41

TABELA 5A. Perímetro Irrigado de Bebedouro 1983. Demanda de água. Eficiência de condução e aplicação.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ETP <sup>(1)</sup>	6,4	5,9	5,5	5,0	5,1	5,1	5,4	6,0	6,9	7,3	6,3	6,2
PP <sup>(2)</sup>	20	40	60	70	5	16	6	0	0	0	0	40
Déficit mm	178,4	125,2	110,5	80,0	153,1	137,0	161,4	186,0	207,0	226,3	204,0	152,2
Liq. m <sup>3</sup> /ha	1.784	1.252	1.105	800	1.531	1.370	1.614	1.860	2.070	2.263	2.040	1.522
CEBOLA	50/ha	0,42	0,55	0,55	0,42							
	50/ha		0,42	0,55	0,55	0,42						
	50/ha			0,42	0,55	0,55	0,42					
	20/ha				0,42	0,55	0,55	0,42				
	20/ha					0,42	0,55	0,55	0,42			
	20/ha						0,42	0,55	0,55	0,42		
	18/ha							0,42	0,55	0,55	0,42	
	Vol. m <sup>3</sup> /ha	37.464,0	60.722,0	83.980,0	6.752,0	103.954,9	70.418,0	61.267,4	54.498,0	37.881,0	17.108,3	
MELANCIA	80/ha		0,39	0,44	0,52	0,39						
	90/ha			0,39	0,44	0,52	0,39					
	90/ha				0,39	0,44	0,52	0,39				
	90/ha					0,39	0,44	0,52	0,39			
	90/ha						0,39	0,44	0,52	0,39		
	90/ha							0,39	0,44	0,52	0,39	
	80/ha								0,39	0,44	0,52	0,39
	70/ha	0,39								0,39	0,44	0,52
Vol. m <sup>3</sup> /ha	48.703,2		34.476,0	5.624,0	178.055,3	209.199,0	252.752,4	291.276,0	316.089,0	326.777,2	22.930,0	102.887,2
MELÃO	50/ha				0,39	0,44	0,52	0,39				
	50/ha					0,39	0,44	0,52	0,39			
	50/ha						0,39	0,44	0,52	0,39		
	20/ha							0,39	0,44	0,52	0,39	
Vol. m <sup>3</sup> /ha					29.854,5	56.885,0	108.945,0	140.058,0	112.401,0	67.663,7	1.591,2	
FELIÃO	50/ha		0,47	0,60	0,13							
	60/ha			0,47	0,60	0,13						
	80/ha				0,47	0,60	0,13					
	80/ha					0,47	0,60	0,13				
	80/ha						0,47	0,60	0,13			
	50/ha							0,47	0,60	0,13		
Vol. m <sup>3</sup> /ha			25.967,5	4.656,0	122.633,1	127.958,0	154.944,0	152.334,0	83.628,0	14.709,5		
ALHO	20/ha		0,42	0,55	0,55	0,55	0,42					
	Vol. m <sup>3</sup> /ha		9.282,0	880,0	16.841,0	15.070,0	13.557,6					
VIDEIRA	16/ha	0,20	0,30	0,39	0,39		0,20	0,30	0,39	0,39		
	Vol. m <sup>3</sup> /ha	5.708,8	6.009,6	6.895,2	499,2		5.164,8	8.928,0	12.916,8	14.121,1		
ALGODÃO	30/hã		0,34	0,62	0,62	0,34						
	30/ha			0,34	0,62	0,62	0,34					
Vol. m <sup>3</sup> /ha		12.770,4	31.824,0	2.976,0	44.092,8	13.974,0						
Volume Total*	91.876,0	79.502,0	183.142,7	21.387,2	495.431,6	493.504,0	596.631,2	647.094,0	562.915,8	440.379,8	24.521,2	102.887,2
Vol. Fornec.**	300,9	94,7	331,6	830,2	1.491,4	1.499,3	1.166,9	1.139,6	1.309,2	1.206,3	s.i.	217,9
Efic. aplic.	0,31	0,84	0,55		0,33	0,33	0,51	0,57	0,43	0,37		0,47

\*m<sup>3</sup>

(1) Evapotranspiração, mm/d.

\*\*1000 m<sup>3</sup>

(2) Chuva 75% probabilidade, mm/mês.

s.i. - sem informação.

Efic. aplic. média = 0,47

TABELA 6. Controle da irrigação em nível parcelar e determinação da eficiência de aplicação.

Data	cm h	ℓ/s q	min t <sub>1</sub>	min T	min t <sub>2</sub>	m <sup>3</sup> V <sub>e</sub>	m <sup>3</sup> V <sub>s</sub>	m <sup>3</sup> V <sub>i</sub>	e <sub>cs</sub> = $\frac{V_i}{V_e}$	e <sub>u</sub> = $\frac{UC}{V_i}$
7 jul	12	0,65	33,0	47,5	63,5	1,77	0,44	1,33	0,75	0,62
12 jul	20,5	0,81	20,5	30,5	45,4	1,48	0,48	1,00	0,68	0,68
	15,5	0,70	27,4	49,0	64,3	2,06	0,60	1,46	0,71	0,64
	11,0	0,59	36,2	50,8	67,3	1,80	0,43	1,37	0,76	0,60
21 jul	21,0	0,82	33,3	47,6	62,9	2,34	0,56	1,78	0,76	0,60
	23,0	0,85	23,9	37,5	54,0	1,91	0,59	1,32	0,69	0,66
	29,5	0,97	19,6	44,0	58,0	2,56	0,86	1,70	0,66	0,70
$\bar{X}$									0,72	0,64

t<sub>1</sub> = tempo para chegar ao fim do sulco

T = tempo de fornecimento de água (sifão funcionando)

t<sub>2</sub> = fim de escoamento

V<sub>e</sub> = volume aplicado por sulco, m<sup>3</sup>

V<sub>s</sub> = volume de escoamento superficial, m<sup>3</sup>

V<sub>i</sub> = volume infiltrado, m<sup>3</sup>

e<sub>cs</sub> = eficiência de condução no sulco

e<sub>u</sub> = eficiência de utilização

UC = uso consuntivo.

As seguintes relações, obtidas com base para essa definição, representam a expressão para a eficiência de aplicação.

$$e_a = e_{es} \times e_u = \frac{V_i}{V_e} \times \frac{UC}{V_i} \dots\dots\dots \text{eq. 7}$$

onde:

$e_a$  = eficiência de aplicação

$e_{es}$  = eficiência de escoamento

$e_u$  = eficiência de uso consuntivo

$V_i$  = volume infiltrado,  $m^3$

$V_e$  = volume de entrada no sulco,  $m^3$

UC = uso consuntivo ou  $V_m$ ,  $m^3$

### Eficiência em nível de zona

Os volumes fornecidos (Tabelas 2 e 2A), resultantes da soma dos volumes medidos entregues a cada parcela, podem ser considerados como o  $V_d$  da equação 5, e a relação  $V_m/V_d$  a eficiência em nível de zonas,  $e_z$  que é equivalente ao efeito combinado das eficiências de distribuição e da aplicação,  $e_d$  e  $e_a$  respectivamente.

$$e_z = e_d \times e_a = \frac{V_f}{V_d} \times \frac{V_m}{V_f} = \frac{V_m}{V_d} \dots\dots\dots \text{eq. 8}$$

### Eficiência total do projeto

Para o cálculo da eficiência total do projeto intervêm as eficiências de condução, distribuição, aplicação (Bos & Nugteren 1978).

$$e_p = e_c \times e_d \times e_a \dots\dots\dots \text{eq. 9}$$

$e_p$  = eficiência de projeto, fração de unidade

$e_c$  = eficiência de condução, id

$e_d$  = eficiência de distribuição, id

$e_a$  = eficiência de aplicação.

O coeficiente  $e_c$  considera a eficiência de condução de rede de canais: principal, secundário e terciários.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Eficiência de irrigação

As eficiências de condução médias anuais zonais variam de 0,59 a 0,92; estas são relativamente baixas nas zonas Z1, Z2 e Z3, acusando mau estado de conservação do revestimento dos canais. O maior valor de eficiência de condução corresponde ao canal principal. A eficiência da condução para canais secundários e terciários foi calculada em 0,65 (Tabela 3 e 3A). As eficiências de aplicação são da ordem de 0,4, concordando com levantamentos prévios como o de Leal (1979). Estes valores são razoavelmente bons, mas estima-se que podem ainda ser melhorados.

Em nível de projeto, as eficiências totais são da ordem de 0,25, valor bastante baixo, atribuído principalmente às perdas em canais e ao abuso ao nível de parcela. Isso evidencia a necessidade de medidas principalmente no melhoramento do revestimento dos canais e no manejo da irrigação.



### Umidade do solo

Determinações de umidade do perfil do solo manifestaram excessos ao longo de um período que cobriu cerca de quatro irrigações nas parcelas estudadas, dando um caráter supérfluo às mesmas (Fig. 3).

As freqüências de irrigação de sete dias em média e as condições de alto lençol freático não permitem um melhor e mais adequado regime de umidade. Nestas condições, a aeração da zona de raízes e, conseqüentemente, o desenvolvimento radicular são deficientes.

### Balanco de águas

Com as medidas dos volumes de água aplicados ao sulco, estimadas do escoamento superficial, do controle da umidade do perfil do solo, da demanda evaporativa, fez-se um balanço de águas, determinando-se de maneira grosseira uma drenagem interna média da ordem de 2 mm/d. A ascensão capilar manifestada nos intervalos de rega menos freqüentes ficou em torno de 0,7 mm/d (Tabela 7).

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. Os dados de bombeamento embora influenciados pelas variações do nível do rio mostram certa consistência. No entanto recomenda-se a instalação de régua limnimétricas no rio.

2. As eficiências de irrigação nos diferentes níveis encontram-se nas seguintes faixas:

condução	0,97	utilização	0,64
distribuição	0,85	zona	0,40
aplicação	0,45	projeto	0,25

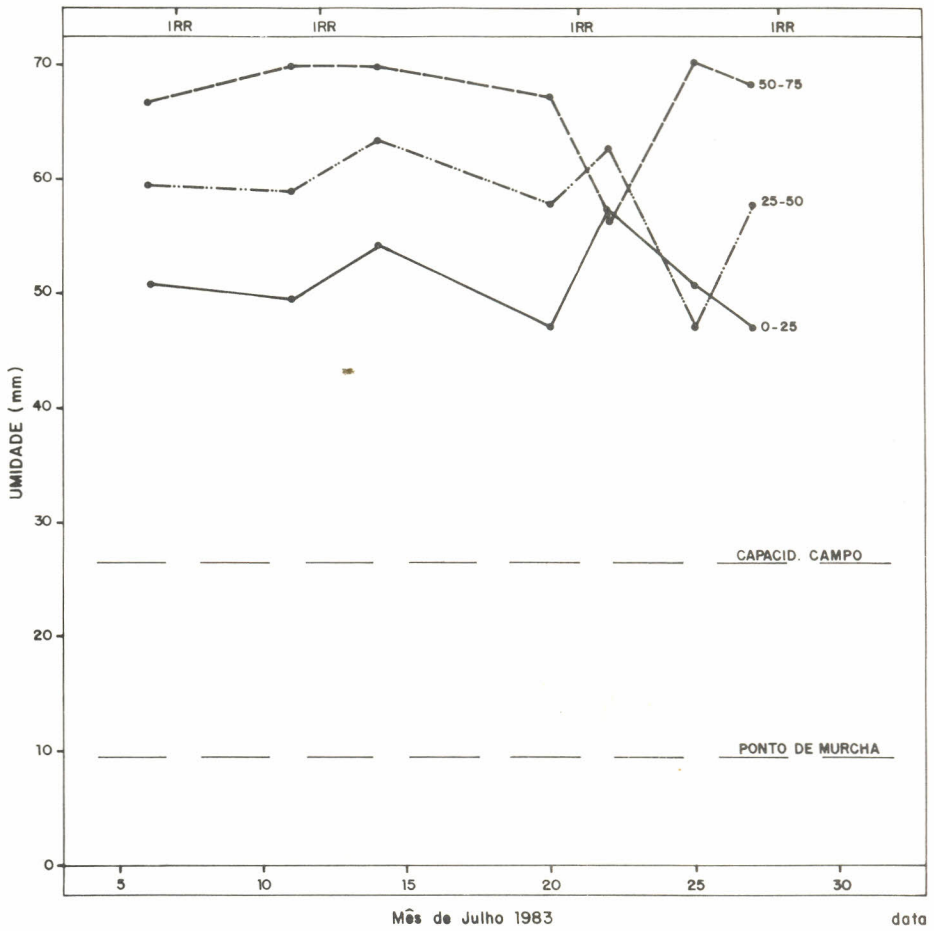


FIG. 3. Irrigação e variações da umidade do solo.



TABELA 7. Perímetro Irrigado de Bebedouro. Balanço de águas no mês de julho de 1983.

Data	6	11	14	20	22	25	27
I	+26,6	+25,6	-	+32,0	-	-	
KEo*	-12,98	- 8,4	-18,73	- 7,18	- 9,24	- 4,06	
W0-25	50,8 + 1,2	49,6 - 4,8	54,4 + 7,2	47,2 -10,4	57,6 + 6,8	50,8 + 3,6	47,2
W25-50	59,45 + 0,41	59,04 - 4,51	63,55 + 5,74	57,81 - 4,92	62,73 +15,58	47,15 -10,66	57,81
W50-75	66,83 - 4,74	70,09 -	70,09 + 3,25	67,24 11,00	56,24 -13,85	70,09 + 1,63	68,46
G	-	-	- 2,54	-	- 0,71	-10,39	13,64
Dr	10,49	7,89	-	20,5	-	-	38,8

\* K crop = 0,4

I = irrigação, mm

Eo = evaporação, mm

W = umidade do solo na camada respectiva, mm

G = ascensão capilar, mm

Dr = drenagem natural, mm

3. Eficiências de aplicação, maiores que 0,45, têm que ser observadas com cautela porque podem corresponder a uma deficiente uniformidade de distribuição de umidade na zona de raízes, em decorrência de insuficiente irrigação na parte final dos sulcos ou, mais provável ainda, à contribuição capilar.

4. A zona de raízes recebe uma contribuição de umidade por ascensão capilar desde o lençol freático, normalmente em pouca profundidade.

5. Como consequência da conclusão anterior, as aplicações de água de irrigação resultam frequentemente demasiadas e desnecessárias.

6. É evidente a necessidade de uma revisão no planejamento e reestruturação da operação do sistema de irrigação, adequado para as condições atuais. Isto deve constituir uma medida de importância para a redução de taxas de água e para o controle do problema de drenagem.

7. Restauração do revestimento de canais e estruturas, assim como o controle de vazões de operação, de acordo com a habilidade de manejo por parte do agricultor, além da melhor adequação de parâmetro de vazão no sulco e comprimento do sulco à textura dos solos e declividade do terreno permitirão melhorar as eficiências de irrigação.

8. Novos programas de treinamento de agricultores e canalheiros, no sentido de um melhor manejo do regime de umidade, é também uma medida positiva e necessária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOS, M.G. & NUGTEREN, J. **On irrigation efficiencies.** 2.ed.rev. Wageningen, The Netherlands, ILRI, 1978. 138p.il. (ILRI. Publication, 19).
- KIDMAN, D.C. & JAMES, D.W. **On-farm management research and demonstration in Northeast Brazil.** Logan, Utah State University, 1977. 71p.
- LEAL, M.V.P. **Determinação da eficiência de irrigação, a nível de parcela, no Projeto de Irrigação Bebedouro - Petrolina, Pernambuco.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 94p. Tese Mestrado - Engenharia Agrícola.
- MERRIAN, J.L. & KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation; a guide for management.** Logan, Utah State University, 1978. 271p.il.
- MICHAEL, A.M.; SHRI MOHAN & SWAMINATHAN, K.R. **Design and evaluation of irrigation methods.** New Delhi, Indian Agricultural Research Institute, Water Technology Centre, 1972. 208p. (IARI. Monograph, 1).
- PEREIRA, J.M. de & SOUZA, R.A. de. **Mapeamento detalhado da área do Bebedouro, Petrolina, PE; relatório.** Recife, PE, SUDENE, 1968. 57p.

SILVA, M.A. da; CHOUDHURY, E.N.; GUROVICH, L.A. & MILLAR, A.A. Metodologia para determinar as necessidades de água das culturas irrigadas. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Pesquisa em irrigação no trópico semi-árido: solo, água, planta.** Petrolina, PE, 1981. p.25-44. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 4).

Editoração: Elisabet Gonçalves Moreira  
Composição: Margarida Maria Lima do Nascimento Santiago  
Desenhos/Figuras: José Clétis Bezerra  
Normatização bibliográfica: SID/CPATSA

**Fotolito e Impressão:**  
Gráfica Santa Marta, Rua da Areia, 528  
Fone: (083) 221-5072 - João Pessoa-PB