

## **DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO, AO NÍVEL DE PARCELA, NO PROJETO DE IRRIGAÇÃO BEBEDOURO — PETROLINA, PERNAMBUCO\***

Marcos Vinícios Pereira Leal\*\*

Salassier Bernardo\*\*\*

Maurício Bernardes Coelho\*\*\*\*

Paulo Afonso Ferreira\*\*\*

### **1. INTRODUÇÃO**

As irregularidades do regime pluviométrico, quer de incidência mensal, quer de intervalos mais longos, como é o caso das grandes secas, impõem restrições ao desenvolvimento da economia agrícola da região semi-árida do Nordeste brasileiro (Polígono das Secas), que ocupa uma área de 950.000 km<sup>2</sup>, representando 58% da região, aproximadamente (8).

Ultimamente, o Vale do Rio São Francisco tem merecido especial atenção do Governo Federal, visto tratar-se de uma região com potencial para o desenvolvimento agropecuário e agroindustrial. Com uma área de 640.000 km<sup>2</sup>, equivale a 7,5% do território nacional e abrange 6 Estados e 409 municípios (6). A SUDENE, com a colaboração da FAO/PNUD, efetuou o levantamento dessa área e concluiu ser exeqüível a irrigação de 507.000 hectares (10).

---

\* Trabalho baseado na tese apresentada à U.F.V., pelo primeiro autor, como uma das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola.

Recebido para publicação em 31.05.1979. Projeto n.º 4.1674 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

\*\* Escritório Regional do INCRA — João Pessoa, PB.

\*\*\* Universidade Federal de Viçosa — Dep. de Engenharia Agrícola. 36 570 — Viçosa-MG.

\*\*\*\* Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido. 56 300 — Petrolina-Pe.

Em se tratando de irrigação de regiões áridas, deve-se procurar obter sempre o máximo de eficiência no uso da água.

Considerando que pouco se sabe com referência à eficiência de irrigação nos projetos em implantação no País, este trabalho teve os seguintes objetivos:

- a) determinar a eficiência de irrigação no Projeto de Irrigação Bebedouro (PIB);
- b) analisar os efeitos da vazão e da declividade dos sulcos sobre a eficiência de irrigação, com e sem redução da vazão inicial, com vistas a oferecer sugestões e alternativas que possibilitem maior eficiência de irrigação no PIB.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado de agosto a outubro de 1978, no Projeto de Irrigação Bebedouro (PIB) e na Estação Experimental de Bebedouro, o primeiro administrado pela Companhia de Desenvolvimento Vale do São Francisco (CODEVASF) e a segunda pertencente à rede de Estações Experimentais do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA-EMBRAPA), contida na área do PIB.

Geograficamente, o Projeto de Irrigação Bebedouro está localizado a cerca de 45 km da cidade de Petrolina (Br-122), Estado de Pernambuco, e aproximadamente a 800 km de Recife.

A área do Projeto se localiza a uma latitude de 09°09'S e longitude de 40°22'W, numa altitude de 367 metros.

O clima da região, segundo Köppen, corresponde a BSh, em que B = clima seco, S = estepe e h = quente, semi-árido quente.

As características climatológicas da Barra do Bebedouro encontram-se no Quadro 1 (4).

QUADRO 1 - Características climatológicas da Barra do Bebedouro

Descrição	Unidade	Valores				
		Máximo	Mês	Mínimo	Mês	Médio
Temperatura	°C	39,1	jan.	12,1	jun.	26,1
Precipitação anual	mm	1055,0	-	175,0	-	443,3
Evaporação diária	mm	7,8	set.	3,9	jan.	5,7
Umidade relativa	%	68,0	mar.	54,9	nov.	67,8

Os solos da área são classificados como latossolos. Este trabalho foi executado nas unidades 37AA, 37AB e 37BB, cuja profundidade média é 1,50m. Essas unidades de solo são as mais representativas da área do Projeto e, em razão disso, foram escolhidas para este estudo.

Os solos da unidade 37AA são originários de sedimentos terciários. São de textura mais grossa, variando de arenosa a areno-barrenta, com profundidades de mosqueado abaixo de 1 metro, e apresentam transição difusa entre os horizontes.

A unidade 37AB varia de arenosa, na superfície, até barro-argilo-arenosa leve,



depois de 0,80m, onde já há presença de mosqueado, e apresenta transição clara entre os horizontes.

Finalmente, os solos da unidade 37BB são profundos, de cor amarelo-avermelhada, com textura que varia de arenosa, na superfície, a barro-argilo-arenosa ou argilo-arenosa, a partir de 0,50m, com presença mosqueada abaixo dessa profundidade, apresentando transição clara e, às vezes, abrupta entre os horizontes (7).

Os testes de campo foram realizados em 2 locais diferentes. O primeiro, no Projeto de Irrigação Bebedouro, onde se trabalhou em 9 áreas (parcelas de colônias), nas unidades de solo 37AA, 37AB e 37BB.

Em cada unidade de solo mais representativa do PIB foram tomadas 3 áreas ao acaso.

Nas áreas escolhidas, teria de estar sendo cultivada uma das 3 culturas seguintes: tomate, melão ou melancia, porque são esses os cultivos de maior interesse econômico na área do Projeto.

O segundo local utilizado foi a Estação Experimental de Bebedouro, onde foram utilizadas 3 áreas, nas mesmas unidades de solo em que se trabalhou no PIB. Selecionaram-se ali apenas as unidades de solo, visto que os testes foram feitos em áreas sem culturas.

A indicação dos sulcos nas áreas ou parcelas do PIB foi feita ao acaso. O espaçamento entre sulcos dependeu das culturas exploradas em cada área escolhida e variou de 1,50m, para o tomate, até 4,00m, para a melancia. O comprimento dos sulcos variou de 70 a 100 metros, dependendo da área escolhida. A primeira leitura foi feita a cerca de 2,5m do canal parcelar, para evitar a influência do aterro. Nas áreas do PIB, a declividade dos sulcos variou de 0,17 a 1,0%. Todos os sulcos do Projeto de Irrigação Bebedouro são abertos no final.

Na Estação Experimental, o espaçamento entre os sulcos foi de 1 metro, e o comprimento variou de acordo com as áreas, desde 50 até 90 metros. As declividades usadas foram de 0,5 e 1,0%. Esses sulcos são também abertos no final.

No Projeto de Irrigação Bebedouro, seguiu-se a metodologia utilizada pelos irrigantes, para que os resultados representassem a realidade do PIB. A aplicação de água nos sulcos foi feita a partir de um canal parcelar, por meio de sifões de plástico. Os sifões usados no PIB têm diâmetros de 37,50 mm (1 1/2 polegada) e 43,75mm (1 3/4 polegada) e comprimento variável, de 1,20 a 1,60m. A vazão inicial nos sulcos foi medida com a utilização de uma calha WSC-FLUME-A, previamente calibrada na Estação Experimental.

Considerando que a vazão inicial variou em cada leitura, utilizou-se, nos cálculos, a média das leituras. As vazões variaram de 0,65 a 1,79 l/s. No PIB não se faz redução da vazão inicial e os sifões são retirados sempre que a frente de avanço atinge o final dos sulcos.

Na Estação Experimental, a água foi aplicada nos sulcos com o auxílio de uma motobomba, dotada de registro de gaveta, visto que ali se fez o controle de vazão. Foram testadas as vazões de 0,5, 1,0, 1,4 e 1,8 l/s.

As curvas de avanço foram determinadas com o uso da vazão inicial. Inicialmente, colocaram-se estacas ao longo dos sulcos, de dez em dez metros, para servir de pontos de referência. Em seguida, colocou-se água e cronometrou-se o tempo necessário para que a frente de avanço atingisse cada estaca. A equação de avanço foi a utilizada por BERNARDO (2),  $L = C T^m$ , sendo L o comprimento, em metros, atingido pela frente de avanço da água no tempo T (minuto), e C e m constantes, determinadas experimentalmente. Os parâmetros das equações de avanço foram determinados por regressão linear.

Nos testes de infiltração, usou-se o método de «Entrada-Saída» d'água no sulco, BERNARDO (1). Foram instalados 2 medidores WSC-FLUME-A nos sulcos, em duas estações, A e B, à distância de 30 metros um do outro, unidades de solo

37AA e 37BB. Quando a frente de avanço atingia a metade do trecho entre as estações A e B, fazia-se uma leitura no 1.º medidor (estação A). Atingida a estação B, liam-se, simultaneamente, os dois medidores.

No início, as leituras eram feitas de minuto a minuto, até que fosse atingida a velocidade de infiltração básica.

A equação de infiltração acumulada foi a da forma  $D = aT^m$ , sendo D a infiltração acumulada, em mm, e a e m parâmetros, determinados experimentalmente, e T o tempo, em minutos. Obtida a equação de infiltração acumulada, por derivação, obteve-se a equação da velocidade de infiltração, do tipo  $VI = K T^n$ , sendo VI a velocidade de infiltração, em mm/h, e K e n parâmetros, que dependem do solo e das suas características físicas.

Com a equação de infiltração acumulada foram calculadas as lâminas infiltradas no início e no final de cada sulco. O tempo de avanço para cada cálculo foi dado pelos testes de campo.

A metodologia adotada pelos colonos impossibilitou a avaliação precisa do tempo de irrigação. Os irrigantes do PIB retiram os sifões quando a frente de avanço atinge o final dos sulcos. Entretanto, considerando que cada vez são ligados, um a um, 10 a 12 sifões, decorre um intervalo de tempo para que a 1.ª e a 12.ª frente de avanço atinjam, respectivamente, o final dos sulcos. Observou-se que a variação de tempo para que as 10 ou 12 frentes de avanço atinssem o final dos sulcos esteve em torno de 5 minutos. Diante do exposto, utilizou-se, nos cálculos da lâmina infiltrada no final do sulco, o tempo de 5 minutos.

O tempo de aplicação de água no início do sulco foi a soma do tempo de avanço com o tempo de irrigação.

As lâminas aplicadas no início e no final do sulco foram calculadas diretamente pela equação de infiltração acumulada.

A vazão usada para calcular a lâmina média aplicada no sulco foi a média das vazões de entrada na estação A, onde estava instalado o primeiro medidor. O valor da lâmina média foi calculado a partir do produto do tempo de aplicação de água no início do sulco pela vazão de entrada, dividida pela área molhada ao longo do sulco:

$$Lm = \frac{T_i \times 60 \times Q}{C \times E} \quad (\text{eq. 1})$$

em que

Lm = lâmina média aplicada em cada sulco (mm),

T<sub>i</sub> = tempo de aplicação da água no início do sulco (min),

Q = média da vazão aplicada (l/s),

C = comprimento do sulco (m),

E = espaçamento entre sulcos (m).

Com as lâminas infiltradas no início (Li) e no final do sulco (Lf) e com a lâmina média aplicada (Lm) foram calculadas as lâminas percoladas (Lp) e de «runoff» (Lr), com a utilização das seguintes equações:

$$Lp = \frac{Li + Lf}{2} - Lf \quad (\text{eq. 2})$$

$$Lr = Lm - Lf - Lp \quad (\text{eq. 3})$$

Utilizando as equações que se seguem, foram calculadas as eficiências de dis-



tribuição (Ed) e de aplicação (Ea), a percentagem de água percolada (Pp) e a percentagem de «runoff» (Pr):

$$Ed = \frac{Lf}{(Li + Lf)/2} \times 100 \quad (\text{eq. 4})$$

$$Ea = \frac{Lf}{Lm} \times 100 \quad (\text{eq. 5})$$

$$P_p = \frac{Lp}{Lm} \times 100 \quad (\text{eq. 6})$$

$$Pr = \frac{Lr}{Lm} \times 100 \quad (\text{eq. 7})$$

Todos esses cálculos foram feitos para cada sulco, em cada tipo de solo separadamente.

Na última parte do trabalho foram testadas, na Estação Experimental de Bebedouro, as vazões de 0,5, 1,0, 1,4 e 1,8 l/s, nas declividades de 1,0 e 0,5%.

Para a simulação da aplicação de lâminas de 15 a 30mm as vazões foram reduzidas a 0,5 l/s, quando a frente de avanço atingiu o final dos sulcos.

As equações de infiltração acumulada foram obtidas com dados dos testes feitos na Estação Experimental, nas mesmas unidades de solo estudadas no PIB.

Nos cálculos, simulando redução de vazão, a lâmina média aplicada em cada sulco foi calculada pela seguinte equação:

$$Lm = \frac{60 [(Ti - Tf) Qi + (Tf \cdot Qr)]}{C \times E} \quad (\text{eq. 8})$$

em que

Tf = tempo necessário para aplicar a lâmina conveniente no final do sulco (min),

Qi = vazão inicial (l/s),

Qr = vazão reduzida (l/s).

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Na área do Projeto de Irrigação Bebedouro, apenas duas parcelas, na unidade de solo 37BB, apresentaram sulcos com vazões iguais, o que se explica pelas diferentes cargas em cada sifão.

As vazões médias usadas pelos irrigantes e as vazões máximas não-erosivas, calculadas pela equação apresentada por CRIDDLE *et alii* (3),  $Q_{max} = 0,63/S$ , em que  $Q_{max}$  é a vazão não-erosiva e S é a declividade do sulco em percentagem, encontram-se no Quadro 2.

De acordo com a análise do Quadro 2, vê-se que, nas três parcelas da unidade 37BB, numa da 37AB e numa da 37AA, são usadas vazões superiores às vazões máximas não-erosivas calculadas teoricamente.

A declividade dos sulcos em cada parcela do Projeto de Irrigação Bebedouro

QUADRO 2 - Vazões médias usadas nas parcelas e vazões máximas não-erosivas

Unidade de solo	Prefixo de parcela	Declividade média (%)	Vazão média usada (l/s)	Vazão máxima não-erosiva (l/s)
37 AA	2-BIII-Pa3-10	0,17	1,03	3,71
	1-III-Pc5-7	0,48	1,26	1,31
	2-BIV-Pb2-16	0,94	1,40	0,67
37 AB	4-III-Pb2-4	0,72	0,86	0,88
	4-III-Pc1-4	0,88	0,92	0,72
	4-II-Pa1-3	0,61	0,81	1,03
37 BB	4-IV-Pc4-4	0,98	0,73	0,64
	4-IV-Pc2-4	0,99	1,07	0,63
	1-III-Pd7-7	0,93	1,00	0,68

também apresentou considerável variação.

Vazões iguais ou superiores a 1 l/s, testadas na Estação Experimental, na declividade de 1,0%, causaram considerável erosão nos sulcos. Isso se deve, provavelmente, ao fato de as três unidades de solo apresentarem percentagem de areia relativamente alta na camada de 0 a 30 cm de profundidade.

Os testes feitos na declividade de 1% foram excluídos porque a erosão verificada nos sulcos e os valores dos coeficientes de variação dos parâmetros K e m das equações de infiltração acumulada foram muito altos.

A maior vazão testada que não causou erosão, na declividade de 0,5%, foi 1,0 l/s. Teoricamente, a vazão máxima não-erosiva, de acordo com CRIDDLE *et alii* (3), seria de 1,26 l/s.

Na Figura 1 vêem-se as quatro curvas de avanço da água no sulco, correspondentes à parcela 2-BIII-Pa3-10 da unidade de solo 37AA.

Observou-se que houve grande variação no tempo necessário para que a frente de avanço atingisse o final dos sulcos, visto que as vazões e as declividades dos sulcos variaram em cada parcela.

No Quadro 3 vêem-se as equações de avanço para as vazões testadas na Estação Experimental, na declividade de 0,5%, em cada uma das três unidades de solo. Utilizando essas equações, pode-se observar que, com todas as vazões testadas, os fluxos atingiram o final dos sulcos em tempo inferior a 80 minutos. Na unidade de solo 37AA, com a vazão de 0,5 l/s, o tempo necessário para que o fluxo atingisse o final do sulco foi 78 minutos; na 37AB, 76 minutos; na 37BB, 42 minutos. Os resultados encontrados justificam-se pelo fato de a textura da unidade de solo 37AA ser a mais arenosa das três.

Observou-se que em todos os casos houve aumento do teor de umidade no perfil do solo e que, apesar da diferença entre as lâminas aplicadas, a menor delas foi suficiente para atingir a maior profundidade amostrada.



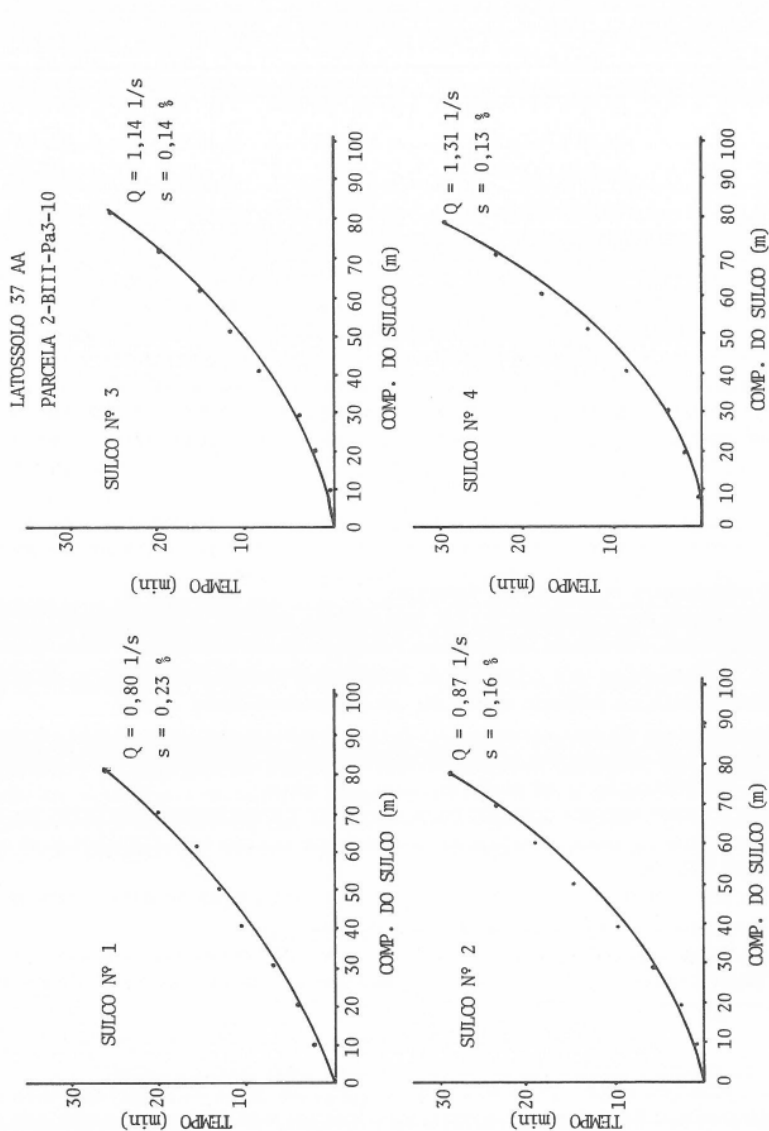


FIGURA 1 - Curvas de avanço de 4 sulcos na parcela 2-BIII-Pa3-10 do Projeto de Irrigação Bebedouro.

QUADRO 3 - Equações de avanço da água no sulco das unidades de solo 37AA, 37AB e 37BB, na declividade de 0,5%

Vazão (l/s)	Equações		
	Solo 37AA	Solo 37AB	Solo 37BB
1,8	$L = 11,41 T^{0,72}$	$L = 10,70 T^{0,88}$	$L = 10,41 T^{0,92}$
1,4	$L = 9,62 T^{0,72}$	$L = 9,62 T^{0,78}$	$L = 10,81 T^{0,82}$
1,0	$L = 11,62 T^{0,60}$	$L = 10,05 T^{0,76}$	$L = 6,39 T^{0,95}$
0,5	$L = 6,70 T^{0,62}$	$L = 8,44 T^{0,57}$	$L = 6,49 T^{0,73}$

Determinaram-se as equações de infiltração acumulada, a velocidade de infiltração e as lâminas infiltradas em cada sulco das parcelas estudadas no PIB. Observou-se que os parâmetros dessas equações apresentaram grande variação, o que se explica pelas mudanças de vazões aplicadas. Notou-se também que as lâminas aplicadas no final de cada sulco foram pequenas, a maior tinha 12mm, aproximadamente. Isso ocorre por causa do manejo de água adotado no Projeto, isto é, sempre que a frente de avanço atinge o final do sulco, os sifões são retirados.

As pequenas lâminas aplicadas nos sulcos, a grande demanda evapotranspirométrica da região e a pequena capacidade de retenção de água dos solos concorrem para que o intervalo de irrigação no PIB seja pequeno.

Determinaram-se as equações de infiltração das três unidades de solo estudadas na Estação Experimental, com vazões controladas e declividade previamente estabelecida.

Uma análise dessas equações demonstrou que a unidade 37AA apresentou velocidade de infiltração maior que as das outras duas, 37AB e 37BB.

A avaliação da eficiência de irrigação foi feita, inicialmente, para as parcelas do Projeto de Irrigação Bebedouro, nas condições da irrigação ali praticada. Em seguida, calculou-se a eficiência de irrigação, simulando a aplicação de lâminas d'água de 15 a 30mm, utilizando equações obtidas por meio de testes de infiltração realizados na Estação Experimental de Bebedouro, nas mesmas unidades de solo.

### 3.1. Eficiência de Irrigação no Projeto de Irrigação de Bebedouro

Com a curva de avanço para cada sulco e usando um tempo de irrigação no final dos sulcos de 5 minutos foram calculadas, pela equação de infiltração acumulada, as lâminas infiltradas no início ( $L_i$ ) e no final de cada sulco.

Com as equações de 1 a 7 foram calculadas as eficiências de distribuição e de aplicação e as percentagens de percolação e de «runoff» para as parcelas estudadas. Os resultados das eficiências de irrigação do PIB, para os três tipos de solo, por sulcos, encontram-se nos Quadros 4, 5, 6.

Analisando esses resultados, observa-se que apenas dois sulcos, os de números 9 e 10, apresentaram eficiência de aplicação acima de 50%; os demais forneceram valores inferiores a 40%. Provavelmente, isso decorreu do manejo de água utilizado no PIB. Observou-se também que as perdas por percolação, na unidade de solo 37AA, foram maiores que as perdas por «runoff», o que se justifica pela sua



textura, mais grossa.

Os valores médios, por parcela e por tipo de solo, aparecem nos Quadros 7, 8 e 9.

QUADRO 4 - Eficiências de distribuição e de aplicação e percentagens de percolação e de "runoff" nas parcelas 2-BIII-Pa3-10, 1-III-Pc5-7 e 2-BIV-Pb2-16 do PIB, na unidade de solo 37AA

Sulco	Ed %	Ea %	Pp %	Pr %
1	45,45	38,43	46,11	15,46
2	39,01	33,63	52,62	13,75
3	42,71	35,85	48,11	16,04
4	30,75	30,18	67,95	1,86
5	54,85	33,33	27,44	39,23
6	42,21	39,32	53,83	6,85
7	41,94	32,20	44,56	23,24
8	40,77	26,61	38,66	34,71
9	58,89	58,15	40,58	1,27
10	65,95	65,72	33,93	0,35
11	47,43	36,40	40,35	23,25
12	46,39	39,70	45,86	14,44

Pelos Quadros 7, 8 e 9 observam-se que, das três unidades de solo, a 37AA foi a que apresentou eficiência de aplicação média mais alta, cerca de 39% e a 37BB a mais baixa, aproximadamente 26%. A eficiência de distribuição nas três unidades foi superior a 45%, ao passo que as perdas por percolação e por «runoff» foram superiores a 30 e 15%, respectivamente. Observou-se também que, no solo 37AA, houve uma parcela que perdeu por percolação mais de 50% de água aplicada na irrigação.

No Quadro 10 vêem-se as eficiências e as perdas médias no Projeto de Irrigação Bebedouro.

### 3.2. Eficiência de Irrigação Simulada

A eficiência de aplicação média no Projeto de Irrigação Bebedouro, com valor de 33%, realmente foi baixa, pois, de acordo com IRAESEN E HANSEN (5), na prática normal de irrigação por superfície as eficiências de aplicação se situam em torno de 60%. Provavelmente, a desuniforme declividade dos sulcos e o manejo de irrigação usado no PIB foram as principais razões dessa baixa eficiência de aplicação.

Os valores médios das perdas por percolação observados na área do PIB foram de 36%, sendo que, na unidade de solo 37AA, talvez pela sua textura, muito grossa, observou-se valor mais alto, 45%.

QUADRO 5 - Eficiências de distribuição e de aplicação e percentagens de percolação e de "runoff" das parcelas 4-III-Pb2-4, 4-III-Pc1-4 e 4-II-Pd1-3 do Projeto de Irrigação Bebedouro, na unidade de solo 37 AB

Sulco	Ed %	Ea %	Pp %	Pr %
13	58,80	30,20	21,16	48,64
14	60,22	36,61	24,19	39,20
15	64,19	33,70	18,80	47,50
16	46,00	31,82	37,36	30,82
17	50,31	36,53	36,08	27,39
18	62,62	34,37	20,52	45,11
19	61,20	38,75	24,57	36,68
20	39,65	32,26	49,11	18,63
21	44,88	33,47	41,13	25,40
22	53,70	36,98	30,62	32,40
23	40,59	27,40	40,09	32,51
24	57,83	36,58	26,67	36,75

As perdas médias por escoamento superficial, ou «runoff», 31%, coincidem com resultados de experiências realizadas por Marsh *et alii*, citados por SCARDUA (9).

O valor da eficiência de distribuição, cerca de 48%, foi influenciado, principalmente, pelo pequeno tempo de irrigação no final do sulco, o que aumenta a diferença entre as lâminas aplicadas no início e no final do sulco. Melhor manejo de irrigação aumentaria também a eficiência de distribuição.

Os dados de infiltração dos três tipos de solos da Estação Experimental foram obtidos com o mesmo procedimento usado anteriormente, à exceção da lâmina média aplicada, em cujo cálculo, no caso de redução de vazão, foi usada a equação 8.

Os resultados encontrados para os três tipos de solos acham-se nos Quadros 11, 12 e 13, e indicam que, nos três, a eficiência de aplicação foi sempre maior quando se reduziu a vazão, exceto quando se aplicou, no sulco, uma vazão de 1,8 l/s, na unidade de solo 37BB. Quando não se fez redução de vazão, a lâmina média aplicada no sulco foi sempre maior, o que acarretou diminuição da eficiência de aplicação.

Com a vazão de 1,8 l/s, na unidade de solo 37BB, a mais argilosa, o tempo de avanço foi pequeno. Isso resultou na aplicação de uma lâmina média no sulco menor, quando não se fez redução de vazão.

Observou-se também que, quando se aumentou o tamanho da lâmina aplicada, aumentou também a eficiência de distribuição, tendo em vista que a velocidade de infiltração diminuiu com o tempo; portanto, infiltração de lâmina maior significa maior tempo de aplicação, o que dá, conseqüentemente, menor diferença



QUADRO 6 - Eficiência de distribuição e de aplicação e percentagens de percolação e de "runoff" nas parcelas 4-IV-Pc4-4, 4-IV-Pc2-4 e 1-III-Pd7-7 do Projeto de Irrigação Bebedouro, na unidade de solo 37BB

Sulco	Ed %	Ea %	Pp %	Pr %
25	58,16	26,87	19,33	53,80
26	46,43	25,21	29,09	45,71
27	50,94	29,22	28,14	42,65
28	41,48	23,92	33,75	42,33
29	42,02	15,25	21,04	63,71
30	45,22	27,50	33,31	39,20
31	58,73	32,38	22,75	44,87
32	50,56	36,63	44,87	27,55
33	36,51	21,61	37,57	40,82
34	35,79	25,61	45,96	28,43
35	31,38	19,09	41,76	39,15
36	41,83	26,48	36,82	36,70

QUADRO 7 - Médias das eficiências de distribuição e de aplicação e percentagens de percolação e "runoff" nas parcelas da unidade de solo 37AA

Parcela	Ed%	Ea%	Pp%	Pr%
2-BIII-Pa3-10	39,48	34,52	53,70	11,78
1-III-Pc5-7	44,94	32,87	41,12	26,01
2-BIV-Pb2-16	54,67	49,99	40,18	9,83
Valores Médios	46,36	39,13	45,00	15,80

entre as lâminas aplicadas no início e no final dos sulcos.

A percentagem de «runoff» diminuiu com a redução da vazão inicial; entretanto, a percentagem de água percolada foi maior com a redução da vazão, visto que, nesse caso, a água permaneceu por mais tempo no início do sulco.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi realizado no Projeto de Irrigação Bebedouro (PIB), administrado pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF),

QUADRO 8 - Médias das eficiências de distribuição e de aplicação e percentagens de percolação e "runoff" nas parcelas da unidade de solo 37AB

Parcela	Ed%	Ea%	Pp%	Pr%
4-III-Pb2-4	57,30	33,08	25,38	41,54
4-III-Pc1-4	53,45	35,48	32,57	31,95
4-II-Pd1-3	49,50	33,61	34,63	31,77
Valores Médios	53,42	34,06	30,50	35,10

QUADRO 10 - Eficiências Médias no Projeto de Irrigação Bebedouro

Unidade do solo	Ed%	Ea%	Pp%	Pr%
37 AA	46,36	39,13	45,00	15,80
37 AB	53,42	34,06	30,50	35,10
37 BB	44,92	25,82	32,50	42,10
Valores Médios	48,23	33,00	36,00	31,00

QUADRO 9 - Médias das eficiências de distribuição e de aplicação e percentagens de percolação e "runoff" nas parcelas da unidade de solo 37BB

Parcela	Ed%	Ea%	Pp%	Pr%
4-IV-Pc4-4	49,25	26,31	27,58	46,12
4-IV-Pc2-4	49,13	27,94	30,49	43,83
1-III-Pd7-7	36,38	23,20	40,53	36,28
Valores Médios	44,92	25,82	32,50	42,10

e na Estação Experimental de Bebedouro, pertencente ao Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPSTSA-EMBRAPA), ambos localizados em Petrolina, Estado de Pernambuco.

Foram realizados testes de avanço e de infiltração, visando a determinar a eficiência de irrigação no PIB e a analisar os efeitos da vazão e da declividade dos sulcos sobre essa eficiência.

Nos testes de infiltração usou-se o método de «Entrada-Saída» d'água no sulco, com medidores WSC-FLUME-A, com espaçamento de 30 ou 40 metros, de acordo com o tipo de solo.



QUADRO 11 - Eficiências de distribuição e de aplicação e percentagens de percolação e de "runoff", com e sem redução da vazão, para 0,5 l/s e declividade de 0,5%, nos solos 37AA e no sulco 37

Vazão (l/s)	Lâmina aplicada (mm)	Eficiência de distribuição %		Eficiência de aplicação %		Percentagem percolada		Percentagem de "runoff"	
		c/red.	s/red.	c/red.	s/red.	c/red.	s/red.	c/red.	s/red.
1,8	15	57,69	62,50	53,76	53,42	39,43	32,05	6,81	14,53
	30	75,00	83,33	72,99	67,75	24,33	13,55	2,68	18,70
1,4	15	66,67	73,17	53,30	49,60	26,65	18,19	20,04	32,21
	30	82,19	90,91	72,57	48,26	15,72	4,83	11,71	46,91
1,0	15	61,22	62,50	53,76	51,02	34,05	30,61	12,19	18,37
	30	80,00	81,08	72,99	64,10	18,25	14,96	8,76	20,94

QUADRO 12 - Eficiências de distribuição e de aplicação e percentagens de percolação e de "runoff", com e sem redução da vazão, para 0,5 l/s e declividade de 0,5%, no solo 37AB e no sulco 38

Vazão (l/s)	Lâmina aplicada (mm)	Eficiência de distribuição %		Eficiência de aplicação %		Percentagem percolada		Percentagem de "runoff"	
		c/red.	s/red.	c/red.	s/red.	c/red.	s/red.	c/red.	s/red.
1,8	15	76,92	85,71	62,66	51,44	18,80	8,57	18,54	39,99
	30	88,24	96,77	63,78	33,07	8,50	1,10	27,72	65,83
1,4	15	71,43	76,92	56,18	52,52	22,47	15,76	21,35	31,72
	30	85,71	92,31	60,24	48,92	10,04	4,08	29,72	47,00
1,0	15	83,33	88,24	66,67	43,86	13,33	5,85	20,00	50,29
	30	93,75	96,77	65,79	27,17	4,39	0,91	29,82	71,92

QUADRO 13 - Eficiências de distribuição e de aplicação e percentagens de percolação e de "runoff", com e sem redução da vazão, para 0,5 l/s e declividade de 0,5%, no solo 37BB e no sulco 39

Vazão (l/s)	Lâmina aplicada (mm)	Eficiência de distribuição %		Eficiência de aplicação %		Percentagem percolada		Percentagem de "runoff"	
		c/red.	s/red.	c/red.	s/red.	c/red.	s/red.	c/red.	s/red.
1,8	15	65,22	73,17	58,00	73,10	30,94	26,80	11,06	0,10
	30	80,00	86,96	57,41	77,16	14,35	11,57	28,24	11,27
1,4	15	75,00	83,33	58,82	57,60	27,45	11,52	13,72	42,40
	30	86,96	95,24	57,80	45,79	8,67	2,29	33,53	51,92
1,0	15	85,71	93,75	63,29	39,68	10,55	2,65	26,16	57,67
	30	95,24	98,36	59,88	18,18	2,99	0,30	37,13	81,52



As variações de umidade no solo devidas à irrigação foram estimadas pelo método-padrão de estufa, colhendo-se amostras do lado das culturas, em três locais ao longo dos sulcos, antes e 24 horas depois das irrigações.

Na Estação Experimental, para análise da irrigação nos solos do PIB, usaram-se vazões de 0,5, 1,0, 1,4 e 1,8 l/s, em sulcos com declividades de 1,0 e 0,5%. Foi calculada a eficiência de irrigação com a aplicação de lâminas de 15 a 30mm.

O Projeto de Irrigação Bebedouro apresentou 33% de eficiência de aplicação d'água. Quando se fez redução de vazão, houve aumento da eficiência de aplicação d'água, que foi maior quando foi aplicada uma lâmina de 30mm. Pelos resultados obtidos pode-se concluir o seguinte:

1. Há grande variação na declividade e na vazão entre os sulcos de irrigação nas parcelas do PIB.

2. Vazões iguais ou superiores a 1 l/s em sulcos com declividade de 1,0% provocam erosão nos sulcos, nas três unidades de solo estudadas.

3. As vazões médias nas parcelas do Projeto de Irrigação Bebedouro, em sua maioria, tiveram valores superiores às vazões máximas não-erosivas calculadas teoricamente.

4. Na maior parte das parcelas estudadas as irrigações foram feitas quando o teor de umidade do solo ainda estava próximo à capacidade de campo, o que ocorre muito para aumentar as perdas por percolação.

5. As eficiências médias de aplicação nas parcelas do Projeto de Irrigação Bebedouro foram de 39, 34 e 26%, respectivamente, para as unidades de solo 37AA, 37AB e 37BB.

6. As eficiências médias de aplicação e distribuição d'água para o Projeto de Irrigação Bebedouro foram de 33 e 48%, respectivamente.

7. Os baixos valores da eficiência de aplicação nas parcelas demonstram, principalmente, a necessidade de uma melhoria no manejo de água utilizado no Projeto.

8. Quando se fez redução de vazão, obteve-se aumento da eficiência de aplicação. Os aumentos foram maiores, nos três tipos de solo, quando as vazões foram reduzidas de 1,4 e 1,0 para 0,5 l/s e quando foi aplicada uma lâmina de 30mm, o que foi evidenciado pelos coeficientes de variação das eficiências de aplicação com e sem redução de vazão.

Visando a racionalizar o manejo e aumentar a eficiência de aplicação da água no Projeto de Irrigação Bebedouro, recomenda-se:

a. Determinar turnos de rega, de modo que seja evitada a aplicação de água no solo quando o teor de umidade for ainda elevado, diminuindo assim as perdas por percolação.

b. Aumentar a lâmina aplicada no final dos sulcos, aumentando, desse modo, as eficiências de distribuição e de aplicação e o turno de rega.

c. Reduzir a vazão inicial de 1,0 para 0,5 l/s, com a declividade de 0,5%, nas unidades de solo 37AA, 37AB e 37BB.

d. Analisar periodicamente os dados de profundidade do lençol freático, obtidos nos poços de observação espalhados pela área do PIB, e modificar, quando necessário, o manejo de água utilizado no Projeto.

## 5. SUMMARY

The objective of this study was to determine the efficiency of irrigation in the Bebedouro Irrigation Project in Petrolina, Pernambuco.

The irrigation method in use in this project is furrow irrigation with a constant flow rate.

The following conclusions were reached:

- Among the irrigation unit areas (plots), there is a great variation in slope and in flow rates in the furrows.
- Where furrow flow rate was 1.0 l/sec or more, on slope of 1.0%, erosion occurred along the furrows.
- The average furrow flow rate in use in the Bebedouro Irrigation Project is greater than the maximum nonerosive furrow flow rate.
- The average water application efficiency ( $E_a$ ) and the water distribution efficiency ( $E_d$ ) in the system were 33% and 48%, respectively.
- By using the cut-back furrow irrigation system there is an increase in irrigation efficiency.

## 6. LITERATURA CITADA

1. BERNARDO, S. *Água no solo*. Viçosa, UFV, 1977. 23 p. (Boletim de Extensão 1).
2. BERNARDO, S. Determinação de perda d'água por percolação e por «runoff» em irrigação por sulco. *Rev. Ceres*, 25(138):169-178, 1978.
3. CRIDDLE, W.D., DAVIS, S., PAIR, C.H. & SHOCKLEY, D.G. *Methods for evaluating irrigation systems*. U.S.D.A., Soil Conservation Service, 1956. 24 p. (Handbook n.º 82).
4. FAO/PNUD. *Estudios de la cuenca del Río São Francisco. (Segunda etapa); estudios de irrigation a ingenieria*. Roma, FAO/PNUD, 1971. 301 p. (Informe Técnico 4, AGIL, SF/BRA 19).
5. ISRAEISEN, O.W. & HANSEN, V.E. *Principios y aplicaciones de riego*. 2 ed. Barcelona, Reverté, 1965. 396 p.
6. MINTER. CODEVASF. *Governo e empresários unidos num programa de desenvolvimento regional*. Brasília, Gabinete do Ministro, 1974, 34 p.
7. PEREIRA, J.M. de A. & SOUZA, A.A. *Mapeamento detalhado da área do Bebedouro, Petrolina, Pe*. Recife, MINTER/SUDENE, 1967. 57 p. (Relatório).
8. REIS, M.R. *Ação do Ministério do Interior*. Brasília, MINTER, 1976. 87 p.
9. SCARDUA, R. *Irrigação*. Piracicaba, Centro Acadêmico «Luiz de Queiroz». 1971. 297 p. (Mimeografado).
10. VASCONCELOS SOBRINHO, J. *Áreas irrigáveis*. In: —. *As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização*. Recife, CONDEPE, 1971. p. 337-338.