Circular Técnica

Nº 20

ISSN 0100 - 8382

Abril - 1986

IRRIGAÇÃO DO FEIJOEIRO

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – MA

EMBRAPA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

CNPAF

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO

Goiânia, GO.

- 346 -

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: José Sárney
Ministro da Agricultura: Iris Rezende Machado

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Presidente: Ormuz Freitas Rivaldo
Diretores: Ali Aldersi Saab
Derli Chaves Machado da Silva
Severino de Melo Araújo

CIRCULAR TÉCNICA

Nº 20

ISSN 0100 - 8382
Abril - 1986

IRRIGAÇÃO DO FEIJOEIRO

Luis Fernando Stone
José Aloísio Alves Moreira

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – MA
EMBRAPA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CNPAF
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO
Goiânia, GO.

Comitê de Publicações
Ricardo José Guazzelli (Presidente)
Alaídes Puppin Ruschel
José Geraldo da Silva
Noris Regina de Almeida Vieira

Assessoria Técnico-Científica
Cleber Morais Guimarães
Rogério Faria Vieira
Silvio Steinmetz

Editoração
Marina de Lourdes Biava (Coordenação)
Pedro Ferreira da Costa
Claudeci Alexandre da Silva

Programação Visual
Antonio Pereira da Silva Filho
Lauro Pereira da Mota
Gilson Dias de Oliveira

Tiragem: 5.000 exemplares

Stone, Luis Fernando
Irrigação do feijoeiro, por Luis Fernando Stone e José Alofsio Alves Moreira. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1986.
p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular técnica, 20)

1. Feijão - Irrigação. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Goiânia, GO. II. Moreira, José Alofsio Alves, colab. III. Título. IV. Série.

CDD 635.65287

© EMBRAPA - 1986

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 5

2. PERÍODOS CRÍTICOS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA 6

3. CONSUMO DE ÁGUA 6

4. COEFICIENTE DE CULTURA 8

5. TURNO DE REGA E LÂMINA D'ÁGUA 11

6. TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO ADEQUADA PARA O FEIJOEIRO 16

7. CONTROLE DA IRRIGAÇÃO 18

7.1 Tanque USWB Classe A 18

7.2 Tensiômetro 19

8. MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO 22

9. CONCLUSÕES 27

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 27

IRRIGAÇÃO DO FEIJOEIRO

Luis Fernando Stone[1]
José Aloisio Alves Moreira[2]

1. INTRODUÇÃO

Nas regiões produtoras de feijão do pais predominam duas safras: a das águas, com plantios de agosto a novembro, e a da seca, de janeiro a março. A partir de 1981 começou a ter expressão a chamada safra de inverno, ou de terceira época, com plantios de maio a julho e conduzida inteiramente com irrigação.

No plantio das águas, a colheita pode ser dificultada e até perdida, em razão das altas precipitações na época de maturação do feijoeiro. No plantio da seca, o risco de chuvas durante a maturação é pequeno e normalmente colhe-se feijão de boa qualidade. Contudo, as estiagens (veranicos), que muitas vezes ocorrem nesta época, comprometem a produtividade da cultura. Devido a estes riscos, a utilização de insumos pelos agricultores, nestas duas épocas de plantio, é pequena. No plantio de inverno estes riscos são eliminados. Com a utilização das tecnologias recomendadas para o cultivo do feijoeiro obtêm-se, neste plantio, produtividade até três vezes superiores às obtidas nas águas e na seca. Outras vantagens inerentes ao plantio de inverso são: em razão da boa qualidade sanitária e fisiológica dos grãos, eles podem ser vendidos, com maiores retornos, como semente; oferta do produto em período de entressafra, quando alcança preços mais elevados; facilidade na obtenção de mão-de-obra.

A irrigação, obviamente, além de imprescindível para a produção do feijão de inverno, pode resolver o problema de deficiência hídrica nas outras épocas de plantio. Com isto, o agricultor poderá investir mais no plantio da seca pois o principal entrave para se obter alta produtividade nesta época, o veranico, é eliminado. Para se obter sucesso na irrigação, entretanto, é necessário considerar os seguintes pontos:

a. Conhecimento das fases de desenvolvimento do feijoeiro em que o suprimento adequado de água é uma necessidade absoluta.

b. Conhecimento da quantidade de água requerida pela cultura nas suas diferentes fases.

c. Determinação correta do intervalo entre irrigações e da quantidade de água a ser aplicada.

---

[1] Eng. —Agr., Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Caixa Postal 179, CEP 74000 Goiânia, GO.

[2] Eng. —Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPAF.

2. PERÍODOS CRÍTICOS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

A maioria das culturas possui períodos críticos, durante os quais a deficiência de água causa sérios decréscimos na produção.

Para o feijoeiro, estes períodos já estão bem determinados. Raggi et al. (1972) verificaram que a deficiência hídrica é mais prejudicial ao feijoeiro, nas fases de floração e de desenvolvimento da vagem. De fato, Garrido et al. (1979) relatam que um deficit hídrico no final da floração do feijoeiro reduziu a sua produção em 42%. Quando o deficit ocorreu na fase de formação e crescimento das vagens, a redução foi de 58%. Dubetz & Mahalle (1969) observaram reduções na produção da ordem de 53, 71 e 35%, quando o feijoeiro foi submetido a estresse hídrico nas fases de pré-floração, floração e pós-floração, respectivamente.

A redução na produção do feijoeiro é devida à baixa porcentagem de vingamento de flores, quando o estresse hídrico ocorre na fase de abertura das flores, e ao abortamento de óvulos, produzindo vagens chochas, se ocorrer na fase de formação das vagens (Pârjol 1976). Couto (1979) observou que o estresse hídrico reduziu o índice da área foliar e o rendimento total da matéria seca. O peso das sementes, seguido do número de vagens por planta, foram os mais afetados entre os componentes da produção. O número de grãos por vagem foi o menos afetado. Miranda & Belmar (1977) também observaram decréscimos no peso das sementes e no número de vagens por planta, devido à deficiência hídrica. Estes autores afirmam que a deficiência hídrica na fase de crescimento vegetativo também é prejudicial ao feijoeiro. De fato, Pârjol (1976) relata que o estresse hídrico nesta fase reduz o tamanho das plantas, mas é menos prejudicial do que se ocorrer nas fases mencionadas anteriormente. Plantas de feijão submetidas a estresse hídrico intenso, na fase vegetativa, recuperaram-se, quando irrigadas adequadamente do início da floração em diante, embora não tenham produzido tão bem quanto aquelas irrigadas adequadamente durante todo o ciclo (Maurer et al. 1969). Em condições de deficiência hídrica há uma alteração na coloração das folhas do feijoeiro, as quais mudam do verde normal para verde-azul escuras.

Deve-se ter em conta que as cultivares de feijão podem apresentar graus distintos de suscetibilidade ao deficit hídrico. Silveira et al. (1981b), em experimento realizado em Goiânia, onde foram comparadas oito cultivares do grupo preto e seis do grupo mulatinho, observaram que a produção das cultivares do grupo mulatinho foi maior e mais estável que a do preto, quando submetidas a diferentes graus de estresse hídrico durante a floração.

3. CONSUMO DE ÁGUA

O conhecimento da evapotranspiração das culturas é um antecedente básico na determinação das taxas de irrigação. Existem metodologias apropriadas, que permitem determinar a evapotranspiração com certo grau de confiança. Entre estas se podem mencionar o balanço de energia, o balanço hídrico de campo e o uso de lisímetros. Com menor precisão, podem-se obter resultados de utilidade prática, através do uso de fórmulas empíricas.

Existem, na literatura, algumas informações sobre o consumo de água pela cultura do feijoeiro, geralmente obtidas através do balanço hídrico ou do uso de lisímetros. Silveira & Stone (1979) verificaram, em experimento conduzido em Goiânia, que o consumo de água pelo feijão da seca foi igual a 3,2 mm/dia, da ger-

minação à floração plena, e 1,7 mm/dia, do desenvolvimento das vagens à maturação. Guimarães et al. (1982), também em Goiânia, encontraram os valores apresentados na Tabela 1 para o feijão da seca, irrigado ou submetido a deficiência hídrica, nas populações de 200.000 ou 300.000 plantas/ha. Para o feijão das águas, Demattê et al. (1974) encontraram os valores de 2,9 e 3,5 mm/dia para o consumo médio de água, em Monte Alegre do Sul (SP) e Ribeirão Preto (SP), respectivamente. Para o feijão de inverno, Garrido & Teixeira (1978a, 1978b), em Minas Gerais, encontraram os valores de 4,17 e 3,34 mm/dia para as localidades de Vale do Sapucaí e Careaçu, respectivamente. No CNPAF, foram conduzidos dois experimentos, para determinar o consumo de água pelo feijão de inverno. Os resultados são apresentados na Tabela 2. Observa-se que, durante a floração, o consumo de água determinado através dos dois experimentos foi bem diferente. Isto ocorreu devido às elevadas precipitações verificadas durante a fase de floração do feijoeiro, no primeiro experimento, as quais propiciaram uma baixa demanda evaporativa da atmosfera durante esta fase. Precipitações elevadas durante esta época são raras. Assim sendo, o valor obtido no segundo experimento representa melhor o consumo de água durante a floração do feijoeiro, no plantio de inverno.

TABELA 1. Evapotranspiração do feijão da seca em dois regimes hídricos e em duas populações de plantas.

FASE DA CULTURA	TRATAMENTO [1]	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm/dia)
10 dias após a germinação	AD	1,96
	BD	2,14
	AI	2,24
	BI	2,36
Floração	AD	5,27
	BD	6,56
	AI	7,03
	BI	7,26
Início da maturação	AD	0,79
	BD	0,90
	AI	1,56
	BI	1,45

FONTE: Guimarães et al. (1982).

[1] A = 200.000 plantas/ha, B = 300.000 plantas/ha, D = com deficiência hídrica, I = Irrigado.

TABELA 2. Evapotranspiração do feijão de inverno em Goianira (GO).

FASE DA CULTURA	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm/dia)	
	Silveira et al. (1981a)	Steinmetz (1984)
Germinação ao início da floração	3,4	3,4
Floração	3,5[1]	6,0
Desenvolvimento de vagens à maturação	3,6	4,7

[1]Ocorreu precipitação elevada.

4. COEFICIENTE DE CULTURA

Como pode ser observado no ítem anterior, o consumo médio de água do feijoeiro variou com a época de plantio, com o local e com o ano. De fato, a evapotranspiração depende, além de fatores da planta, de fatores climáticos e do solo. Portanto, as informações sobre o consumo de água do feijoeiro, obtidas em um dado local, só servem para aquele local e para a época de plantio considerada e, mesmo assim, as medições devem ser repetidas por vários anos, para que seja obtido um valor médio representativo. Em vista disto, o que se procura fazer é estabelecer uma relação entre o consumo de água pela planta, medido em condições que não haja restrição de umidade do solo (ETm) e a evapotranspiração do cultivo de referência (ETo). A ETo é a evapotranspiração verificada em uma superfície vegetada com grama batatais (*Paspalum notatum* L.), sem restrições de água, em fase de desenvolvimento ativo e com bordadura adequada.

A ETo pode ser estimada através de fórmulas empíricas ou através de tanques evaporimétricos, dos quais o mais usado é o tanque USWB Classe A. Quando o tanque Classe A é usado, a evaporação do tanque (ECA) é transformada em ETo através de um coeficiente de tanque (Kp), que leva em conta o clima e o meio circundante ao tanque (Tabela 3). Assim,

$$ETo = ECA \times Kp \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

TABELA 3. Valores do coeficiente de tanque (Kp).

VENTO (km/dia)	POSIÇÃO DO TANQUE	TANQUE CIRCUNDADO POR GRAMA			TANQUE CIRCUNDADO POR SOLO NU		
		UR[2]			UR[2]		
	R(m)[1]	Baixa <40%	Média 40-70%	Alta >70%	Baixa <40%	Média 40-70%	Alta >70%
Fraco <175	0	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	0	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	0	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	0,40	0,45	0,55
Muito Forte > 700	0	0,40	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	0,35	0,40	0,45

FONTE: Doorembos & Kassan (1979).

[1]R = Menor distância (em metros) do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).

[2]UR = Umidade relativa média.

A relação entre a ETm e a ETo é chamada de coeficiente de cultura (Kc). Este coeficiente tem uma aplicação mais geral do que a simples medição do consumo de água do feijoeiro em um dado local, num dado ano, principalmente quando ele for obtido em relação à ETo estimada pelo tanque Classe A. Como a planta responde às mesmas variáveis climáticas que afetam a evaporação de uma superfície livre de água, existe uma boa relação entre a água evaporada de um tanque e a evapotranspiração de uma cultura. Desta maneira, com os dados de evaporação do tanque

Classe A (média de vários anos) de um dado local e com o Kc, pode-se estimar a demanda de água do feijoeiro, ou seja:

$$ETm = ETo \times Kc \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Para a maioria das culturas, o valor de Kc aumenta desde um valor mínimo na germinação até um valor máximo, quando a cultura atinge seu pleno desenvolvimento, e decresce a partir do início da maturação. Steinmetz (1984) em experimento conduzido no CNPAF, determinou os valores de Kc para as várias fases do ciclo do feijoeiro (Tabela 4), utilizando lisímetro para medir a ETm e tanque Classe A para estimar a ETo. O valor de Kc é maior na fase da cobertura vegetal máxima, que ocorre, geralmente, logo após o início da floração.

TABELA 4. Coeficiente de cultura (Kc) para três fases do ciclo do feijoeiro.

FASE DA CULTURA	DURAÇÃO (dia)	IDADE DA PLANTA (dia)	(Kc)
Germinação ao início da floração	35	0 - 35	0,69
Floração	25	36 - 60	1,28
Desenvolvimento de vagens à maturação	20	61 - 80	1,04

FONTE: Steinmetz (1984).

Na Tabela 5 é apresentado um exemplo da aplicação do Kc na estimativa da demanda de água do feijoeiro. O cálculo foi feito com base na evaporação média do tanque Classe A, no período de 1978-1983, localizado na sede do CNPAF, em Goianira (GO), e com um Kp = 0,8, para uma cultura de feijão plantada em 1º de junho. A divisão do ciclo do feijoeiro em três fases parece ser suficiente para o propósito de irrigação, como também observou Smittle (1976).

TABELA 5. Estimativa da demanda de água do feijoeiro plantado em 1º de junho, em Goianira (GO).

MES	ECA[1]		ETo[2]	FASE DA	Kc[4]	ETm[5]
	mm	mm/dia	mm/dia	CULTURA[3]		mm/dia
Junho	146,4	4,9	3,9	G - IF	0,69	2,7
Julho	172,8	5,6	4,5	F	1,28	5,8
Agosto	211,6	6,8	5,4	DV - M	1,04	5,6

[1]ECA = evaporação do tanque Classe A;
[2]ETo = evapotranspiração do cultivo de referência;
[3]G = germinação; IF = início da floração; F = floração; DV = desenvolvimento de vagens; M = maturação.
[4]Kc = coeficiente de cultura;
[5]ETm = evapotranspiração máxima.

5. TURNO DE REGA E LÂMINA D'ÁGUA

A freqüência de irrigação, bem como a quantidade de água a ser aplicada são funções da cultura, do solo, das condições climáticas reinantes nas diferentes fases do desenvolvimento da planta e do método de irrigação.

Irrigações muito freqüentes não têm sido recomendadas pela maioria dos pesquisadores por aumentar os custos de operação e perdas de água por evaporação. Dependendo da cobertura vegetal e das condições de umidade da superfície do solo, as perdas por evaporação podem atingir 50% da evapotranspiração. Alguns estudos, entretanto, indicam que é possível manter a mesma produção a um nível de evapotranspiração menor que seu valor máximo, quando são usadas irrigações com alta freqüência, e citam como vantagens: manutenção do potencial matricial relativamente constante; melhor controle da percolação profunda; menor lixiviação de nutrientes e maior controle de salinidade.

Resende et al. (1981), em trabalho conduzido nos Estados Unidos, em que compararam alta freqüência (dias alternados) com freqüência normal (7 ou 12 dias) de irrigação, verificaram que a produção do feijoeiro foi semelhante em ambas. A evaporação, entretanto, foi maior nos tratamentos de alta freqüência. Outras pesquisas conduzidas no exterior também têm mostrado que com um turno de rega de

7 - 10 dias foram obtidas produções de feijão elevadas (Couto 1979, Kemp et al. 1974, El Nadi 1975). Em Minas Gerais, Raggi et al. (1972) verificaram que as irrigações podem ser mais espaçadas (9 dias) na fase de crescimento vegetativo do feijoeiro e devem ser mais freqüentes (3 dias) da fase de floração em diante. Em trabalho mais recente, Caixeta et al. (1983) recomendam que as irrigações do feijoeiro, nas terras altas de Minas Gerais, sejam feitas com um turno de rega entre 4 e 7 dias. Silveira et al. (1984) em experimento conduzido em Goiânia, onde foram comparadas três lâminas d'água (2, 4 e 6 mm/dia) em quatro turno de rega (1, 4, 7 e 10 dias), observaram que a produção do feijoeiro foi muito mais afetada pela lâmina d'água do que pelo turno de rega. Contudo, a produção decresceu linearmente com o aumento do turno de rega, nas lâminas d'água de 4 e 6 mm/dia.

O turno de rega (TR) e a lâmina d'água necessária por irrigação (LB) podem ser calculados através de fórmulas que levam em consideração a quantidade de água disponível no solo (AD), a fração (f) que dela pode ser extraída sem prejuízo para a cultura, a profundidade efetiva do sistema radicular (Pe), a evapotranspiração máxima (ETm) e a eficiência de aplicação d'água (Ef).

A AD, em mm, é calculada através da seguinte fórmula:

$$AD = 0{,}1\ (CC - PMP) \times dg \times Pe \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

onde CC e PMP são a umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murchamento permanente, respectivamente, ambas expressas em porcentagem à base de peso, e dg é a densidade global ou aparente, expressa em $g.cm^{-3}$. Pe é expressa em cm.

A lâmina líquida (LL), em mm, é calculada por:

$$LL = AD \times f \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

A lâmina bruta (LB), ou seja, a quantidade de água a ser aplicada por irrigação, em mm, é calculada por:

$$LB = LL/Ef \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Finalmente, o TR, em dias, é calculado através da fórmula:

$$TR = LL/ETm. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

onde ETm é expressa em mm/dia.

A água disponível é função da textura, grau de compactação, estrutura e teor de matéria orgânica do solo. Na Tabela 6 são apresentados valores da água disponível em função da textura do solo, relatados por vários autores. Estes valores podem ser utilizados na falta de dados reais de campo. Os dados foram adaptados para a profundidade de 60 cm, por ser esta considerada a profundidade efetiva do sistema radicular do feijoeiro, segundo Daker (1973) e Hargreaves (1976). De fato, Garrido et al. (1978) observaram que cerca de 90% das raízes do feijoeiro irrigado concentravam-se nos primeiros 60 cm de profundidade do solo. Caixeta et al. (1983) relatam que, em Minas Gerais, tem-se observado que 75% das raízes do feijoeiro irrigado estão concentrados até a profundidade de 20 cm, e o restante não vai além

60 cm de profundidade. Em experimento conduzido em Goiânia, Guimarães & Portes e Castro (1982) também observaram que cerca de 85 a 90% das raízes do feijoeiro encontravam-se nos primeiros 60 cm de profundidade.

TABELA 6. Água disponível, mm/60cm, em função da textura do solo.

TEXTURA	Quackenbush et al. (1957)	Israelsen & Hansen (1965)	Silva & Silva (1983)
Areia	20 - 40	—	18 - 36
Areia franca	40 - 50	30 - 60	36 - 90
Franco arenoso	50 - 80	54 - 90	60 - 78
Franco areno-siltoso	80 - 120	84 - 120	78 - 108
Franco argilo-arenoso, franco argilo-siltoso e franco argiloso	90 - 130	96 - 132	78 - 120
Argila arenosa, argila siltosa e argila	80 - 130	108 - 138	90 - 144
Turfa	100 - 150	—	—

O fator f, de acordo com Doorembos & Kassam (1979), é uma função da evapotranspiração máxima (Tabela 7). A determinação deste fator tem sido objeto de estudo para vários pesquisadores. Alguns resultados são apresentados na Tabela 8.

A eficiência de aplicação d'água é função do método de irrigação, lâmina d'água a ser aplicada e condições climáticas. Com o uso da Tabela 9, pode-se estimar a eficiência de aplicação d'água na irrigação por aspersão.

Um exemplo da aplicação das equações 3 a 6 no cálculo do turno de rega e da lâmina de irrigação, utilizando-se dados do CNPAF, é apresentado a seguir:

$$AD = 0,1\ (23,50 - 14,75) \times 1,15 \times 60 = 60,4 \text{ mm}$$

Os valores de CC e de PMP foram obtidos da curva de retenção de água no solo (Fig. 1), nas tensões de 0,1 e 15 atm, respectivamente.

Considerando 0,45 como valor de f, tem-se:

$$LL = 60,4 \text{ mm} \times 0,45 = 27,2 \text{ mm}$$

TABELA 7. Fração da água disponível que pode ser extraída sem prejuízo para o feijoeiro, em função da evapotranspiração máxima (ETm).

ETm (mm/dia)								
2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,425	0,375	0,35	0,30

FONTE: Doorembos & Kassan (1979).

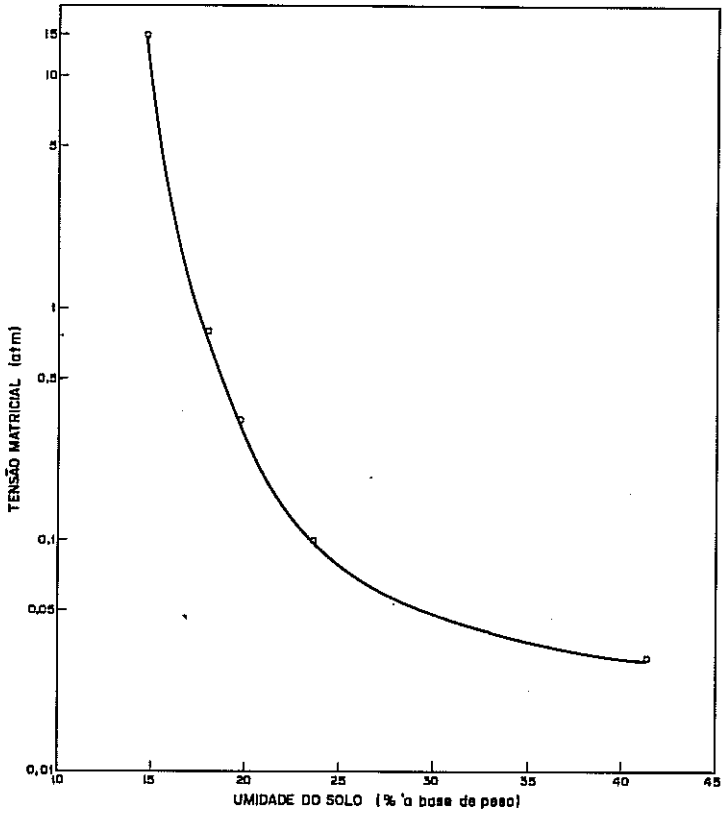


Figura 1 - Curva de retenção de água de um Latossolo Vermelho-Escuro, textura franco argilo-arenoso.

TABELA 8. Fração da água disponível que pode ser extraída sem prejuízo para o feijoeiro, de acordo com vários autores.

AUTOR	f
Hargreaves (1976)	0,30
Miranda & Belmar (1977)	0,30
Mack & Varseveld (1982)	0,40 – 0,45
Awad et al. (1982)	0,50

TABELA 9. Eficiência de aplicação d'água (%) na irrigação por aspersão.

VELOCIDADE DO VENTO (km/h)	CU[1] (%)	LÂMINA LÍQUIDA (mm)	ETm[2] (mm/dia)		
			0 – 5,1	5,2 – 7,6	>7,6
0 – 6,4	85 a 3,2 km/h	25,4	68	65	62
		50,8	70	68	65
		101,6	75	70	68
		152,4	80	75	70
6,5 – 16,0	85 a 11,3 km/h	25,4	65	62	60
		50,8	68	65	62
		101,6	70	68	65
		152,4	75	70	68
16,1 – 24,1	80 a 19,3 km/h	25,4	62	60	58
		50,8	65	62	60
		101,6	68	65	62
		152,4	70	68	65

[1]CU = coeficiente de uniformidade;

[2]ETm = evapotranspiração máxima.

Adotando os valores de ETm apresentados na Tabela 5, tem-se:

TR = 27,2 mm/2,7 mm/dia $\tilde{=}$ 10 dias, germinação ao início da floração.

TR = 27,2 mm/5,8 mm/dia $\tilde{=}$ 5 dias, floração à maturação

Pela Tabela 9 observa-se que a eficiência de aplicação d'água para uma velocidade do vento entre 0 e 6,4 km/h, estaria em torno de 65%, desta maneira.

LB = 27,2 mm/0,65 = 41,8 mm.

6. TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO ADEQUADA PARA O FEIJOEIRO

Como pode ser observado na Tabela 8, foram encontrados diferentes valores para a fração da água disponível (f) que pode ser extraída do solo sem que haja queda na produção do feijoeiro. Isto ocorreu porque solos diferentes têm formas distintas de curva de retenção de água entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento permanente. Assim, uma dada porcentagem da água disponível corresponde a diferentes tensões da água do solo, dependendo do tipo de solo. Conseqüentemente, os resultados de experimentos de irrigação, expressos em porcentagem de água disponível, só podem ser aplicados a solos com características semelhantes ao do experimento. O clima também afeta o valor de f, de acordo com Doorembos & Kassam (1979). Por outro lado, se for usado um conceito de energia, como tensão da água do solo (tensão tem a dimensão de energia/unidade de volume de água do solo), os resultados obtidos em um determinado tipo de solo podem ser mais facilmente aplicados a outro tipo de solo. Isto ocorre porque, em solos não salinos, a tensão matricial é o fator dominante da água do solo que influencia o crescimento das plantas. Deve-se ter em conta, entretanto, que a demanda evaporativa do ambiente modifica a curva tensão-rendimento, especialmente nas tensões mais altas.

A determinação da tensão máxima da água do solo, que pode ser atingida antes de cada irrigação, para que não haja redução na produtividade do feijoeiro, têm sido objeto de estudo para vários pesquisadores. Stone et al. (s.d.), em experimentos conduzidos no CNPAF, verificaram que a tensão adequada da água do solo para a irrigação do feijoeiro, medida a 15 cm de profundidade, situou-se na faixa de 0,25 a 0,30 bar, dependendo da demanda atmosférica. Stansell & Smittle (1980) obtiveram alto rendimento de vagens também irrigando o feijoeiro a baixa tensão de água do solo (0,25 bar medida a 10cm de profundidade). Irrigações às tensões de 0,50 e 0,70 bar reduziram este rendimento em 41 e 48%, respectivamente. De fato, Millar & Gardner (1972) verificaram que a taxa de transpiração do feijoeiro decresceu rapidamente a tensões maiores do que 0,25 bar. Quando a tensão da água do solo atingiu 0,40 bar, o valor da taxa de transpiração foi igual a 50% do valor observado na tensão de 0,25 bar. Além disto, a taxa de produção de matéria seca foi reduzida em 47%, quando a tensão da água do solo aumentou de 0,28 bar para 0,40 bar. Por outro lado, Magalhães & Millar (1978), apesar de terem alcançado a máxima produtividade do feijoeiro também irrigando a baixa tensão, 0,20 bar, não observaram uma redução tão drástica com o incremento da tensão da água do solo. A tensão atingiu 6 bar para uma redução de 50% na produção. Em trabalho conduzido em vasos, Bernardo et al. (1970) verificaram que a produção relativa do fei-

TABELA 10. Valor máximo que a tensão da água do solo pode atingir, para que não haja redução na produtividade do feijoeiro, segundo vários autores.

AUTOR	TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO bar	PROFUNDIDADE DE MEDIÇÃO cm	MODO DE MEDIÇÃO	LOCAL DE EXECUÇÃO	PARÂMETRO AVALIADO
Maurer et al. (1969)	0,20	—	umidade à base de peso e curva de retenção da água do solo	lisímetro de pesagem	produção de vagens
Diaz-Durán & Castillo (1983)	0,35	—	tensiômetro	campo	produção de grãos
Bascur & Fritsch (1975)	0,40	20	tensiômetro	campo	produção de grãos
Elliott et al. (1980)	0,50	—	—	campo	produção de grãos
Mack & Varseveld (1982)	0,60	30	blocos de gesso	campo	produção de vagens
Forsythe & Legarda (1978)	0,60	15	tensiômetros com manômetros de água	vasos	produção de grãos

joeiro foi igual a 100, 78 e 54%, irrigando-se quando a tensão da água do solo a 10cm atingia 0,50, 0,65 e 0,75 bar, respectivamente. Os resultados obtidos por outros pesquisadores, com relação à tensão adequada para irrigação do feijoeiro, são apresentados na Tabela 10. Os diferentes valores encontrados são decorrentes das diversas condições de execução dos experimentos, como mostrado nesta Tabela. Observa-se, entretanto, que o feijoeiro deve ser irrigado a baixas tensões de água no solo, para alcançar boa produtividade.

7. CONTROLE DA IRRIGAÇÃO

O uso de um turno de rega que fixa previamente os dias de irrigação e de uma lâmina de irrigação também fixa, possui o inconveniente de poder levar a uma aplicação d'água em excesso, com seus malefícios e perdas, ou em quantidade deficiente, ocasionando queda na produtividade. Por isso, têm-se buscado métodos mais precisos para determinar o momento de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada, visando um melhor controle da irrigação. Os mais usados têm sido o método do tanque evaporimétrico e o que utiliza tensiômetros.

7.1. Tanque USWB Classe A

Existem vários tipos de tanques evaporimétricos. Dentre eles, o USWB Classe A é o mais usado. Ele consiste de um tanque circular, de aço galvanizado, chapa 22, ou de metal monel 0,8 mm, com 121 cm de diâmetro interno e 25,4 cm de profundidade (Fig. 2). O tanque deve ser instalado sobre um estrado de madeira de 15 cm de altura. O nível inicial da água deve ficar 5 cm abaixo da borda superior. Não se deve permitir uma variação do nível da água maior que 2,5 cm. A água deve ser renovada regularmente para mantê-la limpa. A evaporação é medida com um mi-

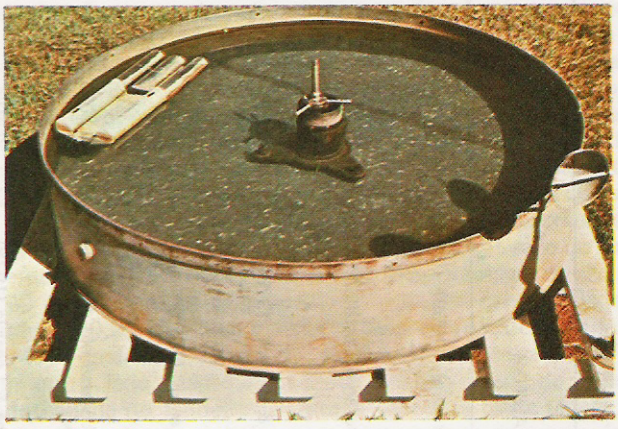


Figura 2 - Tanque evaporimétrico USWB — Classe A.

crômetro de gancho colocado sobre um poço tranquilizador ou por régua especialmente graduada colocada de forma inclinada, ou ainda, com uso de mangueira transparente conectada à parede lateral do tanque. Um pluviômetro deve ser instalado próximo ao tanque, porque as chuvas também são consideradas no controle da irrigação. Quando estas ocorrerem, se o tanque estiver com o nível acima do normal, deve-se esvaziá-lo até que o nível d'água volte ao normal.

Existem basicamente duas maneiras de controlar a irrigação com um tanque evaporimétrico:

a. Fixa-se um turno de rega mediante o uso da equação 6. A lâmina d'água será igual à evapotranspiração acumulada no intervalo entre uma irrigação e outra, calculada através da equação 2, com os dados de evaporação do tanque Classe A.

b. Fixa-se um valor para a lâmina d'água mediante o uso da equação 4 e, quando a evapotranspiração acumulada, calculada como no caso anterior, atinge este valor, procede-se à irrigação. Uma variação deste procedimento é fixar a lâmina d'água em função da curva de retenção da água do solo e da tensão mais adequada para irrigar a cultura. Por exemplo, considerando que ela seja igual a 0,30 bar, isso corresponderia a um valor da umidade do solo igual a 19,5%, de acordo com a curva da Fig. 1. Na capacidade de campo (tensão igual a 0,1 bar) a umidade do solo é igual a 23,5%. Admitindo que a densidade global seja igual a 1,15g/cm^3 e a profundidade efetiva do sistema radicular igual a 60 cm, a lâmina d'água seria igual a:

$$LL = 0,1\ (23,5 - 19,5) \times 1,15 \times 60 = 27,6 \text{ mm}$$

Desta maneira, irrigar-se-ia toda vez que a evapotranspiração acumulada atingisse 27,3 mm. Considerando os dados de evaporação do tanque Classe A, obtidos no CNPAF, para oe meses de junho e agosto de 1983, uma cultura de feijão plantada em 1º. de junho seria irrigada aproximadamente 16 vezes com turnos de rega de 10 dias da germinação ao início da floração e de 4 - 6 dias do início da floração à maturação (Figura. 3).

Em todos os casos, deve-se considerar a eficiência do método de irrigação.

7.2. Tensiômetro

Os tensiômetros são aparelhos que medem a tensão da água do solo. Eles são constituídos de uma cápsula de porcelana porosa ligada a um tubo com uma tampa hermética na extremidade superior, onde também se encontra um manômetro de mercúrio, ou um vacuômetro (Figs. 4a e b, 5a e b). O tubo é cheio com água e, quando o solo está secando, a cápsula úmida em contato com o solo perde água para este, ocasionando um vácuo dentro do tubo, indicado pelo aumento da altura da coluna de mercúrio ou da leitura do vacuômetro. Os tensiômetros são capazes de medir até 1 bar ou 760 mm de mercúrio, mas pode-se contar com a sua indicação mais precisa até 0,8 bar. A tensão em um manômetro de mercúrio é calculada pela seguinte equação:

$$T = 0,001\ (12,6\ h_2 - h_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

onde T é a tensão da água do solo no ponto X, expressa em bar, e h_1 e h_2 são as alturas representadas na Fig. 4a, em centímetros. A tensão em um manômetro com vacuômetro é calculada pela equação:

$$T = 0{,}01\ (L - 0{,}1\ h) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

onde L é a leitura do vacuômetro, em centibar, e h é a altura da coluna d'água dentro do tubo, em cm.

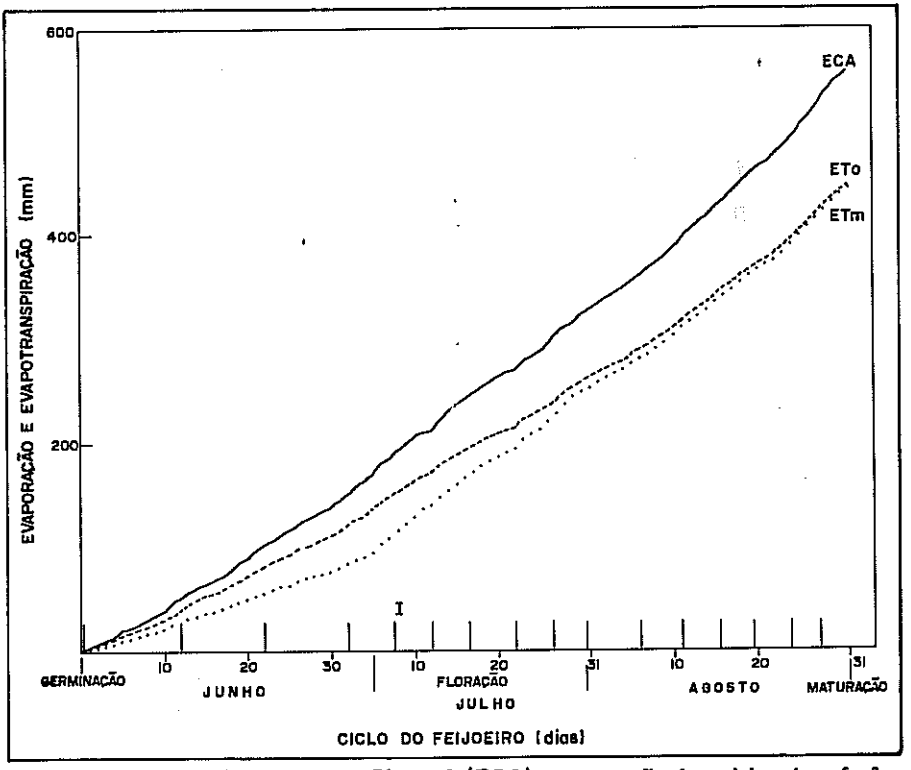


Figura 3 - Evaporação do tanque Classe A (ECA), evaporação do cultivo de referência (ETo), evapotranspiração máxima (ETm) e irrigações (I), verificadas durante o ciclo do feijoeiro.

A água utilizada no tensiômetro deve ser destilada e livre de ar dissolvido e, por isso, precisa ser fervida antes. Caso contrário, logo que o tensiômetro começar a funcionar, o ar contido na água irá acumular-se na parte superior do tubo, sob a tampa. Como a água do solo contém ar dissolvido, toda vez que esta penetra na cápsula porosa, em resposta a uma irrigação ou chuva, uma pequena quantidade de ar se acumula sob a tampa. Assim, de vez em quando, deve-se tirar a tampa para eliminar este ar acumulado. Após, completa-se com água e fecha-se novamente.

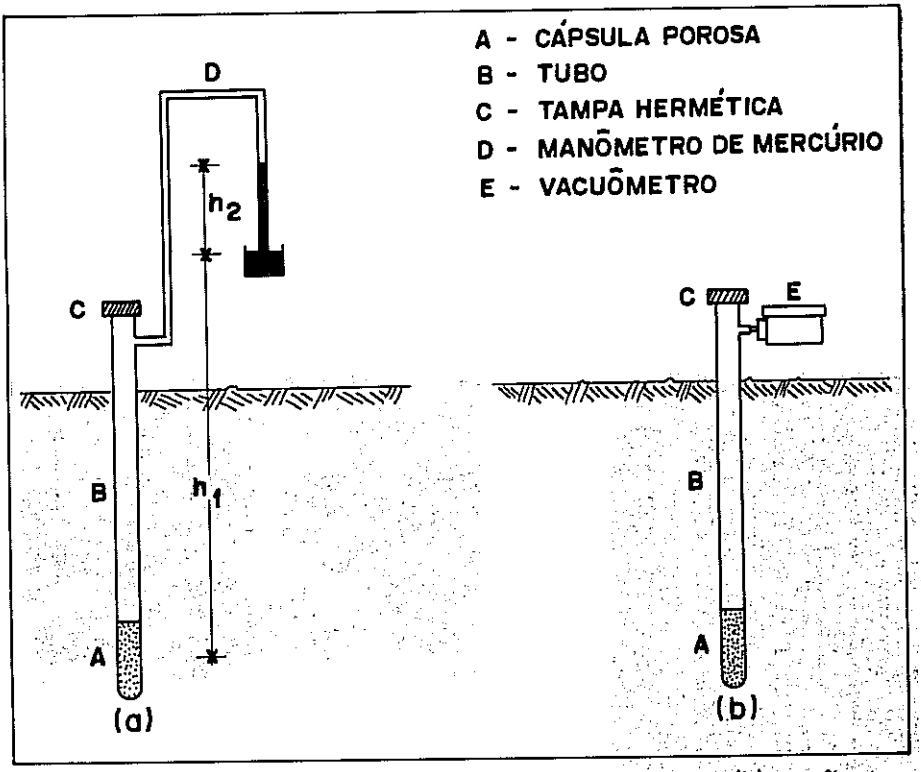


Figura 4 - Tensiômetros com (a) manômetro de mercúrio e com (b) vacuômetro.

Para instalar os tensiômetros, abre-se um buraco no solo, com o mesmo diâmetro do corpo do tensiômetro, até a profundidade desejada. Isto pode ser feito com um trado, barra de ferro pontiaguda ou um tubo de aço ou ferro galvanizado. Em seguida, o tensiômetro é firmemente inserido no buraco. É importante que haja um bom contato entre o solo e a cápsula porosa. Para isto, antes de inserir o tensiômetro, coloca-se um pouco de terra solta, juntamente com uma pequena quantidade de água, no fundo do buraco. Por fim, ajusta-se um pouco de terra ao redor do tubo do tensiômetro para evitar qualquer empoçamento d'água. Sempre que possível, a instalação deve ser feita quando o solo estiver úmido.

O controle da irrigação pelo uso de tensiômetros pode ser feito de duas maneiras:

a. Utilizando-se dois tensiômetros, um instalado raso e outro mais profundo. A irrigação é iniciada quando o tensiômetro raso atinge a faixa de início da irrigação, conforme discutido no ítem 6. Se o tensiômetro profundo, no momento em que a irrigação for iniciada, marcar tensão superior à correspondente à capacidade de campo, a irrigação será interrompida quando

a leitura naquele tensiômetro começar a baixar. Caso contrário, a irrigação será suspensa quando o tensiômetro raso marcar 0,1 bar. A quantidade de água recolocada no solo não será previamente calculada, mas determinada pela observação dos tensiômetros durante a aplicação da irrigação. Normalmente instalam-se os tensiômetros raso e profundo, a uma profundidade correspondente a 1/4 e 3/4 da profundidade efetiva do sistema radicular, respectivamente. Para o feijoeiro, isto corresponde a 15 e 45 cm.

b. Utilizando-se apenas um tensiômetro, instalado a 15 cm de profundidade, no caso do feijoeiro. A irrigação é iniciada da mesma maneira que no procedimento anterior. A lâmina d'água será igual à evapotranspiração acumulada calculada, como no ítem 7.1.a ou estimada através da curva de retenção da água do solo, como no ítem 7.1.b.

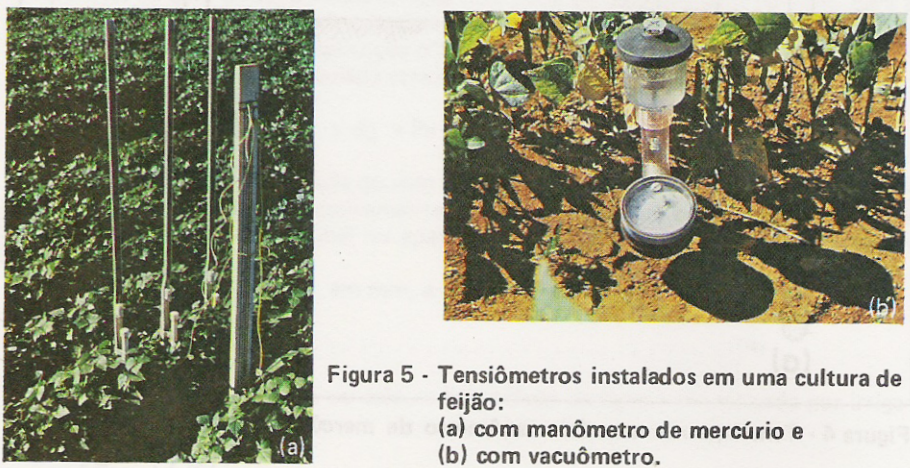


Figura 5 - Tensiômetros instalados em uma cultura de feijão:
(a) com manômetro de mercúrio e
(b) com vacuômetro.

8. MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

Não existe um método de irrigação melhor que outro, quanto ao rendimento das culturas. O que existe é um método que se adapta melhor às condições locais do solo, à topografia e à cultura a ser irrigada. Os métodos mais utilizados na irrigação do feijoeiro têm sido a aspersão, sulcos, faixas, subirrigação e inundação intermitente. A aspersão normalmente é utilizada em terras altas, e os outros métodos são mais utilizados nas várzeas.

A irrigação por aspersão deve ser preferencialmente utilizada em solos de textura mais grossa ou bem estruturados, que são mais permeáveis e apresentam baixa capacidade de retenção de água. Estes solos requerem irrigações freqüentes, com aplicação de menor quantidade de água por irrigação, o que é mais fácil de ser conseguido com irrigação por aspersão do que por superfície. O consumo de água varia entre 0,5 a 1,0 *l*/s/ha, quando o sistema trabalha 24 horas por dia. Os aspersores utilizados são de vários tipos, desde os de baixa pressão até os aspersores gigantes ou canhão hidráulico. Entre os principais sistemas de irrigação por asper-

são, distinguem-se o convencional, em que há mudança das linhas laterais e, às vezes, da principal também, o autopropelido, que utiliza canhão hidráulico, e o pivô-central. Segundo Pires (1984), o sistema convencional é indicado para áreas pequenas e médias (entre 0,2 e 20 ha) e normalmente são utilizados aspersores com pressão de 2,0 a 5,0 atm (Fig. 6); o sistema autopropelido é indicado para áreas de médias a grandes (12 a 80 ha) e normalmente são utilizados aspersores com pressão de 5,5 a 8,0 atm (Fig. 7); o sistema pivô-central é indicado para áreas grandes (acima de 40 ha) e são utilizados aspersores com pressão entre 3,5 e 4,5 atm (Fig. 8).

Figura 6 - Feijoeiro irrigado por aspersão: aspersor tipo canhão hidráulico.

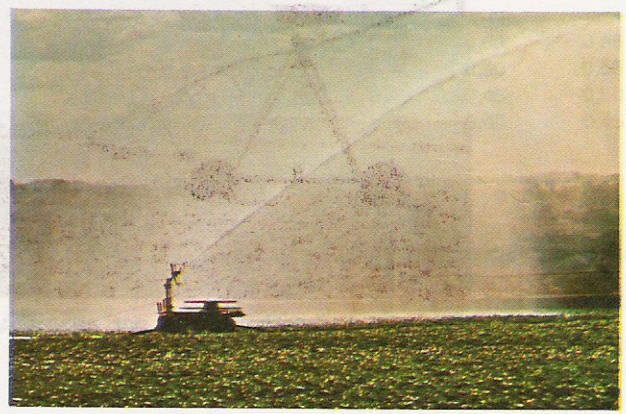


Figura 7 - Feijoeiro irrigado por aspersão: autopropelido.

A irrigação por sulcos têm sido muito usada em áreas de várzeas sistematizadas e drenadas (Fig. 9). Em áreas em que os tabuleiros apresentam desnível, os sulcos são feitos no sentido da declividade do tabuleiro, com o canal regador aberto junto à taipa superior e o dreno parcelar junto à taipa inferior. Em áreas em que os tabuleiros possuem desnível zero, o sistema é constituído de canais de pequenas dimensões, abertos junto às taipas, os quais, após a irrigação ou chuva, servirão de

drenos superficiais para a retirada do excesso de água. Os sulcos são abertos em nível, interligando os canais de tal modo que, para se fazer a irrigação, a água é aduzida ao tabuleiro em algum ponto do canal e, através deste, fluirá inundando os sulcos de modo a não submergir o terreno situado entre os sulcos onde é cultivado o feijão. Para que haja maior uniformidade de germinação, a primeira irrigação deve ser feita de modo que ocorra uma pequena lâmina de água por sobre o terreno. Nas irrigações seguintes, a inundação não deve atingir as plantas de feijão. Os sulcos normalmente apresentam a forma de V, com 15 a 20 cm de profundidade e 25 a 30 cm de largura. O espaçamento entre sulcos depende do tipo de solo. Normalmente é utilizado o espaçamento de 0,9 a 1,0 m com duas fileiras de plantas entre os sulcos. Utiliza-se também o espaçamento de 1,8m, com quatro fileiras de plantas entre os sulcos. O consumo d'água, na irrigação por sulcos, situa-se entre 1,0 a 1,5 *l*/s/ha, quando o sistema trabalha 24 horas por dia. O feijoeiro tem sido irrigado, também por sulcos, em terras altas. Silveira et al. (1978) apresentam uma descrição completá de um projeto de irrigação por sulcos, em área de cerrado, para a cultura do feijoeiro. Pequenos sulcos, chamados de corrugações, também têm sido utilizados na irrigação do feijoeiro. Estes sulcos são rasos, com aproximadamente 5 a 7 cm de profundidade, espaçados de 0,5 m e, normalmente, com uma fileira de plantas entre eles.

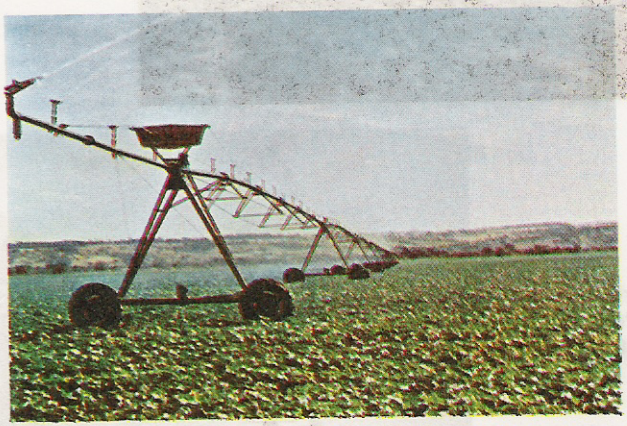


Figura 8 - Feijoeiro irrigado por aspersão: pivó-central.

A irrigação por faixas pode ser utilizada na cultura do feijoeiro, principalmente naquelas cultivares que possuem arquitetura ereta (Caixeta et al. 1983). Consiste em faixas de 3 a 15 m de largura, delimitadas por taipas nas laterais e com 30 a 150 m de comprimento, com desnível no sentido deste. No sentido da largura, o terreno é nivelado, para possibilitar a aplicação de uma lâmina uniforme de água. O plantio é feito no espaçamento normal, e o tempo em que o solo fica submerso deve ser pequeno, para não prejudicar a cultura.

Figura 9 - Feijoeiro irrigado por sulcos em várzea.

A irrigação por inundação intermitente (Fig. 10) tem sido feita com algum sucesso em áreas de várzeas, onde o cultivo anterior tenha sido o arroz. Este método de irrigação, como o anterior, pode apresentar problemas em função da ocorrência de empoçamentos e da baixa capacidade de drenagem de algumas áreas. O feijoeiro é uma cultura sensível à falta de aeração na zona radicular. Silva (1982)

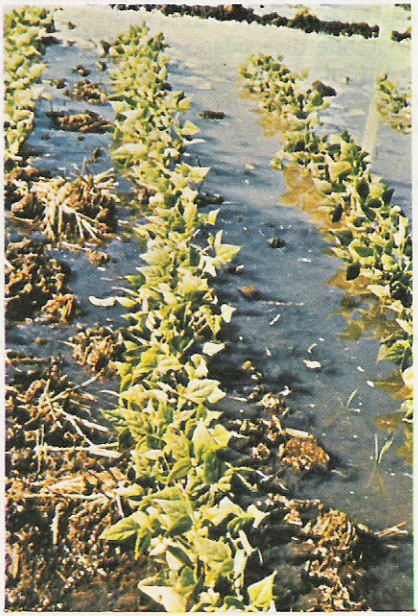


Figura 10 - Feijoeiro irrigado por inundação intermitente em várzea.

observou que a produtividade do feijoeiro foi reduzida em 48, 57 e 68%, respectivamente, quando ocorreu inundação do solo por 2, 4 e 6 dias, durante a floração. Forsythe & Pinchinat (1971) verificaram uma redução de 90% na produtividade do feijoeiro quando ocorreu inundação ou saturação do solo por 12h por semana, durante cinco semanas.

A subirrigação pode ser usada em áreas de várzeas sistematizadas ou mesmo apenas drenadas. Existem vários sistemas de subirrigação, mas o que tem sido empregado para o feijoeiro consiste na elevação do lençol freático. Este sistema é considerado o inverso da drenagem, pois os drenos têm seus fluxos de água normais controlados para provocar a elevação do nível do lençol freático. É através deste controle do fluxo que se mantém o nível do lençol à profundidade adequada à utilização das plantas. Rogers & Harrison (1974) verificaram que a produtividade do feijoeiro foi maior com uma profundidade do lençol freático de 60 cm do que de 30 ou 90 cm. A profundidade do lençol freático adequado para o feijoeiro, entretanto, depende das características do solo e ainda não está bem determinada. A subirrigação exige uma grande combinação de condições naturais que restringem sua utilização a poucas áreas. É um método que exige uma camada de solo muito permeável sobrepondo-se a uma camada impermeável ou lençol freático a cerca de 1,5 m de profundidade, topografia uniforme, pouca declividade e água abundante e de boa qualidade, principalmente no que diz respeito à concentração de sais.

Resultados preliminares de pesquisa conduzida no CNPAF mostraram que a irrigação por inundação intermitente propiciou produtividade um pouco mais elevada quando comparada com outros métodos de irrigação do feijoeiro (Tabela 11). Por outro lado, Caixeta & Bernardo (1985), em experimento conduzido em Minas Gerais, em solo aluvial de várzea, com boa drenagem natural, verificaram que a irrigação por sulco com turno de rega de 14 dias permitiu melhores produtividade do feijoeiro do que a irrigação por inundação intermitente. Estes resultados, aparentemente contraditórios, ocorrem devido à grande diversidade das várzeas brasileiras com relação às características físicas e químicas de seus solos. Desta maneira, são necessárias pesquisas a nível regional, com a perfeita caracterização dos solos onde forem realizadas, para a recomendação do método de irrigação mais adequado.

TABELA 11. Produtividade do feijoeiro sob diferentes métodos de irrigação, Goianira, 1985.

MÉTODO	PRODUTIVIDADE (kg/ha)
Inundação intermitente	1.730
Sulcos espaçados de 1,0m, com 2 linhas de feijão	1.500
Sulcos espaçados de 1,5m, com 3 linhas de feijão	1.460

9. CONCLUSÕES

O feijoeiro é sensível tanto à deficiência hídrica como ao excesso d'água. As fases de floração e desenvolvimento das vagens são as mais sensíveis a estes estresses. Ele possui um sistema radicular superficial, sendo considerada para a irrigação a profundidade de 60 cm. Nas condições climáticas de Goiânia, o consumo d'água do feijoeiro de inverno, plantado em junho, é de aproximadamente 3 mm/dia, da germinação ao início da floração, e de 6 mm/dia desta fase em diante. É uma cultura que necessita de baixa tensão da água do solo (0,25 a 0,30 bar, nas condições climáticas de Goiânia) para expressar seu potencial produtivo. Devido à baixa capacidade de retenção de água dos solos da região dos Cerrados e à demanda evaporativa da atmosfera durante o período de cultivo do feijoeiro de inverno, são necessárias irrigações freqüentes (4 a 6 dias de intervalo) do início da floração em diante. Na fase inicial do ciclo, as irrigações podem ser mais espaçadas (8 a 10 dias). O controle da irrigação pode ser feito pelo tanque USWB Classe A ou pelo uso de tensiômetros. A irrigação por aspersão tem sido a mais utilizada nas terras altas, embora a por sulcos e corrugações também sejam empregadas. Nas várzeas, a irrigação por sulcos é a mais usada, embora se possa irrigar o feijoeiro por faixas, por inundação intermitente e por subirrigação pela elevação do lençol freático.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWAD, F.; AZIZ, M.A. & OMAR, M.S. Interaction of phosphorus fertilization and soil moisture depletion on kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Yield of seeds and their N, P, K and protein contents. **Egyptian Journal of Soil Science, 22**(2) : 135-42, 1982.

BASCUR, B.G. & FRITSCH, F.N. Efectos de métodos y frecuencias de riego sobre componentes de rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultura Técnica,** Santiago, **35** (3) : 147-52, 1975.

BERNARDO, S.; GALVÃO, J.D.; GUERINI, H. & CARVALHO, J.B. de. Efeito de níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **Seiva,** Viçosa, **30** (71) : 7-13, 1970.

CAIXETA, T.J. & BERNARDO, S. Manejo de irrigação na cultura do feijoeiro em várzeas. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna,** Brasília, (21) : 36-8, 1985.

CAIXETA, T.J.; PURCINO, J.R.C. & SILVA, L. Irrigação de algumas culturas. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, **9** (100) : 65-76, 1983.

COUTO, L. Effects of water stress on growth, reproductive development, dry matter partitioning and yield components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the field. **Dissertation Abstracts International B, 39** (12) : 5695, 1979.

DAKER, A. **A água na agricultura;** irrigação e drenagem. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1973. v.3.

DEMATTÊ, J.B.I.; DEMATÊ, J.D.I.; MIYASAKA, S.; ALMEIDA, L.D.de; BULISANI, E.A.; IGUE, T. & ALVES, S. **Irrigação x adubação mineral x matéria orgânica em cultura de feijão.** Campinas, IAC, 1974. 27p. (IAC. Boletim técnico, 15).

DIAZ-DURÁN, A. & CASTILLO, J. Cuándo conviene regar el frijol. **Hojas de Frijol para América Latina,** Cali, 5 (1) : 1-2, 1983.

DOOREMBOS, J. & KASSAM, A.H. **Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos.** Roma, FAO, 1979. 212p. (Estudio FAO. Riego & Drenage, 33).

DUBETZ, S. & MAHALLE, P.S. Effect of soil water stress on bush beans *Phaseolus vulgaris* L. at three stages of growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science,** 94 (5) : 479-81, 1969.

EL NADI, A.H. Water relations of beans. 3. Pod and seed yield of haricot beans under different irrigation in the Sudan. **Experimental Agriculture, 11** (2): 155-8, 1975.

ELLIOTT, A.P.; SMUCKER, A.J.M. & BIRD, G.W. Nematode and dry bean responses to soil type and moisture. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, 72nd., Detroit, 1980. **Agronomy abstracts.** Madison, American Society of Agronomy, 1980. p. 98.

FORSYTHE, W.M. & LEGARDA, B.L. Soil water and aeration and red bean production. 1. Mean maximum soil moisture suction. **Turrialba,** Turrialba, **28** (1) : 81-6, 1978.

FORSYTHE, W.M. & PINCHINAT, A.M. Tolerancia de la variedade de frijol '27-R' a la inundación. **Turrialba,** Turrialba, **21** (2) : 228-30, 1971.

GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C. & LIMA, C.A.S. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região norte de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, MG. **Projeto feijão;** relatório 76/77. Belo Horizonte, 1978. p. 28-30.

GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C. & LIMA, C.A.S. Efeito do déficit de água em alguns períodos do ciclo de crescimento sobre o rendimento do feijoeiro comum. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, MG. **Projeto feijão;** relatório 77/78. Belo Horizonte, 1979. p.25-7.

GARRIDO, M.A.T. & TEIXEIRA, H.A. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região sul de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, MG. **Projeto feijão;** relatório 76/77. Belo Horizonte, 1978a. p. 24-7.

GARRIDO, M.A.T. & TEIXEIRA, H.A. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região sul de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, MG. **Projeto feijão**; relatório 75/76, Belo Horizonte, 1978b. p. 36-42.

GUIMARÃES, C.M. & PORTES E CASTRO, T.de A. Sistema radicular do feijoeiro condicionado aos efeitos da profundidade de aplicação e tipo de adubo fosfatado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, GO, 1982. **Anais...** Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p. 138-41. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 1).

GUIMARÃES, C.M.; STEINMETZ, S. & PORTES E CASTRO, T.de A. Uso de microlisímetros na determinação da evapotranspiração do feijoeiro da seca. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, GO, 1982. **Anais...** Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p. 133-7. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 1).

HARGREAVES, G.H. **Manual de requerimento de água para culturas irrigadas e agricultura seca.** Logan, Utah State University, 1976. 41p.

ISRAELSEN, O.W. & HANSEN, V.E. **Principios y aplicaciones del riego.** Buenos Ayres, Reverté, 1965. 397p.

KEMP, G.A.; KROGMAN, K.K. & HOBBS, E.H. Effect of sprinkler irrigation and cooling on yield and quality of snap beans. **Canadian Journal of Plant Science, 54**(3):521-8, 1974.

MACK, H.J. & VARSEVELD, G.H. Response of bush snap beans *(Phaseolus vulgaris* L.) to irrigation and plant density. **Journal of the American Society for Horticultural Science, 107** (2) : 286-90, 1982.

MAGALHÃES, A.A. de & MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. **Pesq. agropec. bras.,** Brasília, **13** (2) : 55-60, 1978.

MAURER, A.R.; ORMROD, D.P. & SCOTT, N.J. Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap beans. **Canadian Journal of Plant Science, 49** (3) : 271-8, 1969.

MILLAR, A.A. & GARDNER, W.R. Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans. **Agronomy Journal,** Madison, **64** (5) : 559-62, 1972.

MIRANDA, N.O. & BELMAR, N.C. Déficit hídrico y frecuencia de riego en frijol *(Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultura Técnica,** Santiago, **37** (3) : 111-7, 1977.

PÄRJOL, L. Investigation of drought resistance in beans at different growth stages. **Field Crop Abstracts, 29** (11) : 776, 1976.

PIRES, E.T. A.escolha do melhor método. Parte 1. **Boletim do PROVÁRZEAS & PROFIR**, Brasília, 3 (24) : 3-4, 1984.

QUACKENBUSH, T.H.; RENFRO, G.M.; BEAUCHAMP, K.H.; LAWHON, L.F. & ELEY, G.W. **Conservation irrigation in humid areas.** s.l.,U.S.D.A., S.C.S., 1957. 52p. (U.S.D.A. Agriculture Handbook, 107).

RAGGI, L.A.; BERNARDO, S. & GALVÃO, J.D. Efeito do turno de rega em três fases do ciclo do feijoeiro. **Seiva**, Viçosa, **32** (76) : 34-43, 1972.

RESENDE, M.; HENDERSON, D.W. & FERERES, E. Frequência de irrigação, desenvolvimento e produção do feijão Kidney. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **16** (3) : 363-70, 1981.

ROGERS, J.S. & HARRISON, D.S. Crop response to drainage in the flatwoods. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 87:** 193-5, 1974.

SILVA, A.M.de & SILVA, E.L.da. Necessidade de água para irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, **9** (100) : 6-13, 1983.

SILVA, E.L.da. **Suscetibilidade do feijoeiro** *(Phaseolus vulgaris* **L.) cv. Goiano Precoce a inundações temporárias do sistema radicular em diferentes fases do seu ciclo vegetativo.** Piracicaba, ESALQ/USP, 1982. 76p. Tese-Mestrado.

SILVEIRA, P.M.da; FONSECA, J.R. & GUIMARÃES, C.M. **Consumo de água pelo feijão de 3ª época irrigado por aspersão.** Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1981a. 5p. (EMBRAPA-CNPAF. Comunicado técnico, 9).

SILVEIRA, P.M.da; GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F. & KLUTHCOUSKI, J. Avaliação de cultivares de feijão para resistência à seca baseada em dias de estresse de água no solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **16** (5) : 693-9, 1981b.

SILVEIRA, P.M.da; STEINMETZ, S.; GUIMARÃES, C.M.; AIDAR, H. & CARVALHO, J.R.P.de. Lâminas de água e turnos de rega na cultura do feijoeiro de inverno. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **19** (2) : 219-23, 1984.

SILVEIRA, P.M. da & STONE, L.F. Balanço de água na cultura do feijão em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **14** (2) : 111-5, 1979.

SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F.; AJIMURA, G.M. & OLIVEIRA, E.T. de. **Projeto de irrigação por sulcos na cultura do feijão.** Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1978. 19p. (EMBRAPA-CNPAF. Comunicado técnico, 2).

SMITTLE, D.A. Reponse of snap bean to irrigation, nitrogen fertilization, and plant population. **Journal of the American Society for Horticultural Science,** 101 (1) : 37-40, 1976.

STANSELL, J.R. & SMITTLE, D.A. Effects of irrigation regimes on yield and water use of snap bean *(Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the American Society for Horticultural Science, 105** (6) : 869-73, 1980.

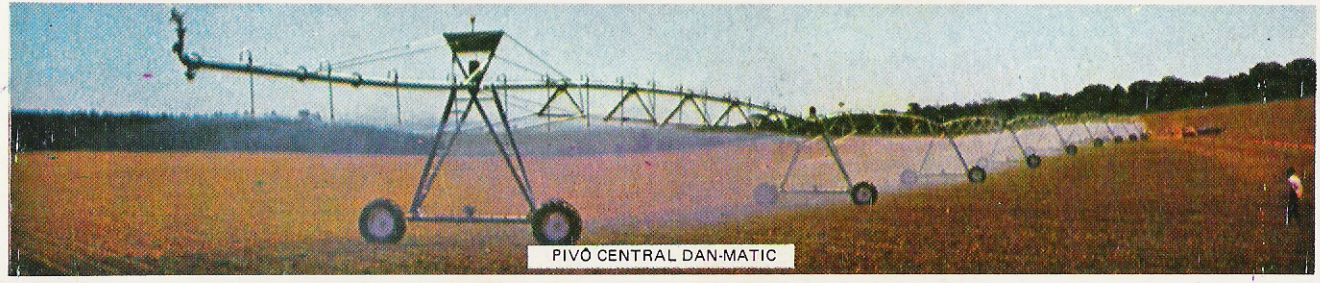
STEINMETZ, S. **Evapotranspiração máxima no cultivo do feijão de inverno.** Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1984. 4p. (EMBRAPA-CNPAF. Pesquisa em andamento, 47).

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. & SILVA, S.C.da. **Produtividade e crescimento do feijoeiro afetados pela tensão da água do solo. I. Produtividade.** (Não publicado).

DANTAS IRRIGAÇÃO LTDA

IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

IRRIGAÇÃO CONVENCIONAL



PIVÔ CENTRAL DAN-MATIC

A DANTAS FABRICA TODOS OS TIPOS DE EQUIPAMENTOS DE IRRIGAÇÃO; DESDE O GOTEJAMENTO AO PIVÔ CENTRAL DAN-MATIC. A PREOCUPAÇÃO É UMA SÓ: ALTA TECNOLOGIA APLICADA DE UMA MANEIRA PRÁTICA E OPERACIONAL.

DANTAS IRRIGAÇÃO LTDA.
Av. Marginal Direita, 4802 - Alphaville
Caixa Postal 04 - 06400 - Barueri - SP
Fone: (011) 421-5122
TLX: (011) 33426/33897

DANTAS IRRIGAÇÃO DE BRASÍLIA LTDA.
Av. W3, Norte, Quadra 712 - Bloco A
S/L 12 - 70.760 - Brasília - DF
Fone: (061) 274-2136
TLX: (061) 2708

DANMATIC IRRIGAÇÃO LTDA.
Av. 5, nº 20
14.790 - Guaíra - SP
Fone: (0173) 31-2794