

# A IRRIGAÇÃO E A CULTURA DO FEIJOEIRO



Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária  
 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA  
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF  
Goiânia, GO

## **A IRRIGAÇÃO E A CULTURA DO FEIJOEIRO**

Pedro Marques da Silveira  
Luis Fernando Stone  
Gerson Pereira Rios  
Tarcísio Cobucci  
Alexandre Moraes do Amaral

EMBRAPA-CNPAF  
Área de Publicações e Audiovisuais  
Goiânia, GO  
1996

EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 63.

**Comitê de Publicações**

Luis Fernando Stone (Presidente)

Carlos Agustín Rava

José Geraldo Di Stefano

Maria José Del Peloso

Massaru Yokoyama

Luiz Roberto Rocha da Silva (Secretário)

**Supervisão Gráfica e Editorial**

Marina Biava

**Digitação**

Fabiano Severino

Sinábio de Sena Ferreira

**Programação Visual**

Lauro Pereira da Mota

Sebastião José de Araújo

**Normalização Bibliográfica**

Ana Lúcia D. de Faria

**Tiragem:** 1.000 exemplares.

SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F.; RIOS, G.P.; COBUCCI, T.;  
AMARAL, A.M. do. **A irrigação e a cultura do feijoeiro.** Goiânia:  
EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. 51p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 63).

ISSN 0101-9716

1. Feijão - Irrigação. 2. Feijão - Práticas Culturais. I. STONE, L.F., colab.  
II. RIOS, G.P., colab. III. COBUCCI, T., colab. IV. AMARAL, A.M. do, colab.  
V. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO).  
VI. Título. VII. Série.

CDD 635.65287

© EMBRAPA, 1996.

## APRESENTAÇÃO

O feijoeiro irrigado é uma das culturas em que são empregados, pelos produtores, os maiores níveis de tecnologia. O rendimento final da planta depende da qualidade e quantidade dos insumos e das práticas culturais usadas. Neste aspecto, o manejo da irrigação é grandemente afetado por estes fatores de produção, além de interferir na performance da cultura em campo.

Esta publicação reúne informações sobre vários fatores de produção do feijoeiro, buscando esclarecer a interdependência entre eles e a irrigação, com a finalidade de orientar os produtores na condução de suas lavouras.

Homero Aidar  
Chefe do CNPAF



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. A IRRIGAÇÃO E O PREPARO DO SOLO .....	8
3. A IRRIGAÇÃO E AS CULTIVARES .....	11
4. A IRRIGAÇÃO E A POPULAÇÃO DE PLANTAS .....	13
5. A IRRIGAÇÃO E A ÉPOCA DE PLANTIO .....	14
6. A IRRIGAÇÃO E A ADUBAÇÃO .....	17
7. A IRRIGAÇÃO E A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO ...	22
8. A IRRIGAÇÃO E A QUIMIGAÇÃO .....	23
9. A IRRIGAÇÃO E OS HERBICIDAS .....	27
10. A IRRIGAÇÃO E AS PRAGAS .....	31
11. A IRRIGAÇÃO E AS DOENÇAS .....	32
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43



# A IRRIGAÇÃO E A CULTURA DO FEIJOEIRO

Pedro Marques da Silveira<sup>1</sup>  
Luis Fernando Stone<sup>1</sup>  
Gerson Pereira Rios<sup>2</sup>  
Tarcisio Cobucci<sup>2</sup>  
Alexandre Moraes do Amaral<sup>3</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Das grandes culturas plantadas no outono/inverno nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e em algumas áreas da Região Nordeste no Brasil, sob irrigação por aspersão, o feijão é a principal. Em nível de lavoura, têm-se conseguido rendimentos geralmente superiores a 1.500 kg/ha, bem maiores que os obtidos sem irrigação nas outras épocas de plantio. Esses rendimentos são tanto mais elevados quanto maiores e mais apropriados os níveis de tecnologia utilizados pelos produtores, podendo ultrapassar 3.000 kg/ha.

A experiência acumulada da pesquisa tem mostrado que é grande a interdependência do manejo da irrigação com as práticas culturais do feijoeiro. O consumo de água da cultura varia conforme o sistema de preparo do solo, a cultivar, o número de plantas por hectare, a época de plantio e a adubação, tornando necessário estabelecer manejos de irrigação diferenciados para cada situação. A eficiência de adubos e defensivos e a incidência de pragas e doenças também estão ligadas ao manejo. Assim, a correta associação da irrigação com essas práticas culturais condicionará o teto de produtividade da cultura a ser alcançado.

---

<sup>1</sup> Pesquisador, Dr., EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Bolsista do CNPq, Caixa Postal 179, 74001-970 Goiânia, GO.

<sup>2</sup> Pesquisador, Dr., EMBRAPA-CNPAF.

<sup>3</sup> Técnico Especializado, M.Sc., EMBRAPA-CNPAF.

## 2. A IRRIGAÇÃO E O PREPARO DO SOLO

O preparo do solo consiste no conjunto de operações efetuadas antes do plantio, que têm por objetivo revolver o solo, alterando algumas das suas características e propriedades físicas, incorporar adubos, corretivos e restos de cultura, além de enterrar a cobertura vegetal como forma de eliminar plantas daninhas. Os implementos utilizados nesse processo, para a cultura do feijão, são os arados de aiveca, os arados de disco e as grades, usados individualmente ou de forma combinada.

Dentre as principais características/propriedades físicas ligadas diretamente à irrigação que são alteradas pelo preparo do solo estão a porosidade, a densidade e a estrutura. A porosidade do solo é uma medida de seu espaço total disponível para o ar e a água. Quando todo o espaço é ocupado pela água, o solo está saturado e, quando ocupado pelo ar, está seco. Normalmente, água e ar ocupam o espaço poroso em diferentes proporções (Reichardt, 1978). Do ponto de vista do movimento da água, é importante a distribuição dos macro e microporos. Assim, o movimento livre da água é observado nos macroporos, enquanto a retenção e o movimento por capilaridade ocorrem nos microporos.

A densidade do solo ( $D_s$ ) expressa a massa do solo por unidade de volume de sólidos do mesmo. A  $D_s$  é variável e depende da estrutura, da textura e da compactação do solo. Os solos arenosos possuem, via de regra,  $D_s$  mais alta e a sua variação não é muito grande, devido à maior dificuldade de sofrerem compactação. Os solos argilosos, pelo fato de poderem ser compactados com maior facilidade, apresentam uma variação maior na  $D_s$ , mas geralmente apresentam valores de  $D_s$  menores que os de um solo arenoso (Reichardt, 1978).

A estrutura é uma característica intrínseca do próprio solo e continuamente dinâmica, formada pela junção dos agregados, os quais, por sua vez, são formados pela junção das partículas primárias do solo. A importância da estrutura é evidenciada pela sua influência na maioria dos fatores de crescimento das plantas. Ela é decisiva na produtividade, afetando grandemente a retenção de água do solo. A irrigação excessiva em solos estruturados e o preparo do solo em condições de umidade elevada tendem a prejudicar a estrutura, através da desintegração dos agregados. A importância da distribuição do tamanho dos agregados do solo fundamenta-se no fato de que o tamanho dos agregados determina a sua suscetibilidade à erosão, e também porque é importante na determinação do espaço poroso. O tamanho dos poros, por sua vez, afeta o movimento e a distribuição da água.

Os diferentes implementos de preparo do solo possuem influência direta sobre a estrutura do solo. Grohmann & Arruda (1961) avaliaram a influência de diferentes sistemas de preparo do solo sobre o diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados em uma Terra Roxa Estruturada do Estado de São Paulo. Os resultados mostraram que o trabalho mecânico do solo, quando muito intenso, fez com que o DMG dos agregados ficasse bastante reduzido. Nos tratamentos com duas arações, os agregados apresentaram um DMG de 0,54 mm, enquanto nos tratamentos com apenas uma aração, o DMG foi da ordem de 0,7 mm.

Allmaras et al. (1965) observaram que diferentes tratamentos de preparo do solo proporcionavam diferentes DMG. Verificaram também que a maior diferença entre os valores do DMG ocorreu entre o preparo com arado de aiveca (> DMG) e o que combinou arado de aiveca e grade de disco (< DMG). Bhushan et al. (1973) conduziram um experimento de campo, em um solo de textura franco arenosa, para verificar a influência de diferentes práticas de preparo sobre o tamanho dos agregados, a porosidade e a retenção de água. Foram utilizados os seguintes implementos: arado e grade de disco; arado de aiveca e grade de disco; grade aradora; e enxada rotativa. Esses autores concluíram que o uso de arado de disco ou de arado de aiveca, seguido de gradagem, produziu o maior diâmetro de agregados na camada mobilizada, o que ajudou a manter uma baixa densidade do solo, alta porosidade e maior retenção de água. Em seguida, por ordem decrescente de tamanho de agregados, destacaram-se os preparos com grade aradora e enxada rotativa. Chaves (1977), ao comparar sistemas de preparo do solo, utilizando arado de aiveca, arado de disco, grade e plantio direto, num Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, observou que a estrutura do solo tendeu a ser mais estável quando se utilizou o plantio direto.

Miranda (1986) estudou os tratamentos de preparo do solo com: arado escarificador; arado escarificador e grade de disco; e grade de disco e arado escarificador, em solos Podzólico Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro. No primeiro solo, o uso de grade após o arado escarificador diminuiu o DMG dos agregados do solo em relação ao tratamento com apenas arado escarificador. No Latossolo Vermelho-Escuro, o DMG foi similar em todos os tratamentos.

Tais resultados levam à conclusão de que o intenso trabalho mecânico do solo diminui o DMG dos agregados, prejudicando a estrutura do solo e, por conseguinte, a retenção de água.

O plantio direto é um sistema de semeadura em que a semente é colocada diretamente no solo não revolvido, usando implementos com recursos especiais. É aberto somente um sulco, de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo. O sistema, que prepara no máximo 25% a 30% da superfície do solo, começou no Sul do Brasil, com o objetivo inicial de controlar a erosão. Com o passar dos anos, observou-se que o sistema trazia outras vantagens. A eliminação da aração e gradagem do solo, aliada à manutenção de uma camada de palha na sua superfície, trouxe vários benefícios nas características/propriedades físicas do solo, tais como: diminuição da temperatura e da evaporação da água do solo, aumento da capacidade de armazenamento de água, da velocidade de infiltração, da porosidade e do número de agregados. Vieira (1981) verificou que os teores de água no solo sob plantio direto foram significativamente mais elevados que no solo sob preparo convencional. Em trabalhos mais detalhados, Sidiras et al. (1982) verificaram que o conteúdo de água no solo no plantio direto, comparado ao preparo convencional, foi consideravelmente maior nas tensões de 6, 33 e 100 kPa. Sob plantio direto, o conteúdo de água na “capacidade de campo”, nas profundidades de 3-10 cm, 11-20 cm e 21-30 cm, superou o convencional em, respectivamente, 31%, 20% e 5%.

Barros & Hanks (1993) observaram que a cobertura morta aumentou a eficiência do uso da água e a produtividade do feijoeiro em todos os níveis de irrigação estudados. A relação evapotranspiração-productividade para a cobertura morta foi linear mas distinta do solo nu, indicando diferente partição da evapotranspiração em evaporação da água do solo e transpiração. Aumentos na produtividade parecem estar relacionados ao efeito da cobertura morta em reduzir a evaporação e aumentar a transpiração. Considerando o ciclo da cultura, houve aumento de aproximadamente 43 mm de água na transpiração e redução da mesma magnitude na evaporação, numa dada evapotranspiração, para os tratamentos com cobertura morta em relação ao solo nu. Entretanto, para o mesmo nível de irrigação, a evapotranspiração foi menor nas parcelas com cobertura morta em relação ao solo nu, indicando que nem toda a água economizada foi para a transpiração.

Stone & Moreira (1995), ao estudarem a resposta de duas cultivares de feijão a diferentes lâminas de irrigação, sob diferentes preparos do solo em Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa, constataram que o sistema de plantio direto com cobertura morta foi o mais eficiente no uso da água, propiciando maiores produtividades com menor quantidade de água aplicada. Com a cultivar Safira, a produtividade máxima nesse sistema foi obtida com

392 mm de água, semelhante às obtidas com 536,4 mm nas parcelas em que foram utilizadas a grade aradora ou o arado de aiveca. Com a cultivar Aporé, os resultados obtidos no sistema plantio direto com cobertura morta foram ainda mais expressivos, sendo a produtividade máxima obtida com 382 mm de água. Nesse sistema, com apenas 252 mm de água, obteve-se produtividade semelhante à obtida com 536,4 mm no preparo do solo com arado de aiveca, o que representou uma economia de 53%. Esta maior economia de água no sistema de plantio direto está associada à redução da evaporação de água, que é consequência de uma maior cobertura e da diminuição da temperatura do solo, como verificaram Sidiras et al. (1984), Vieira (1984) e Barros & Hanks (1993).

### 3. A IRRIGAÇÃO E AS CULTIVARES

Entre os vários fatores que afetam a perda de água pelo feijoeiro e, conseqüentemente, a quantidade de água a ser repostada pela irrigação, inclui-se a cultivar. Sua influência se dá através da quantidade de energia solar interceptada, que depende do índice de área foliar, da arquitetura da planta e das características da superfície transpirante. O sistema radicular também afeta a perda de umidade à medida que suas características (densidade, profundidade e eficiência de absorção) influenciam na quantidade e velocidade com que a água é absorvida, e a sua resistência ao fluxo de água influencia no movimento da mesma dentro da planta. Guimarães (1992) observou diferenças entre variedades de feijão em relação à densidade radicular linear e à eficiência radicular na absorção de água.

A estrutura da planta e a sua coloração modificam o albedo, coeficiente de reflexão para radiação de onda curta, acarretando uma variação no balanço de energia da superfície evaporante, que afeta a radiação líquida e, conseqüentemente, a variação da perda de água pelas plantas para a atmosfera. Em cultivares com maior albedo, a perda de água é menor. A rugosidade aerodinâmica do dossel afeta a transferência de calor para a atmosfera (emissão de ondas longas). Cultivares que propiciam um dossel mais rugoso apresentam menor emissão de ondas longas e, por consequência, maior evapotranspiração. A condutividade e capacidade termal da cultivar afetam o fluxo de calor do dossel e do solo.

O efeito da extensão da superfície transpirante na perda de água pôde ser observado nos resultados obtidos por Bergamaschi et al. (1988). Estes autores, trabalhando com a variedade de feijão Aroana 80, verificaram que,

para um índice de área foliar (IAF) de 1,80, o balanço de energia mostrou que 87% da energia líquida foi utilizada como calor latente de evaporação (evapotranspiração), 7% como calor sensível (aquecimento do ar) e 6% como calor destinado ao aquecimento do solo, ao longo de todo o dia. Para um IAF de 1,25, 77% da energia líquida foi utilizada como calor latente de evaporação, 16% como calor sensível e 7% como fluxo de calor para o solo. Portanto, a diferença de cobertura do solo, em decorrência da área foliar, determinou que, com maior IAF, maior quantidade de energia fosse destinada à evapotranspiração, com menor utilização no processo de aquecimento do ar. Oliveira & Silva (1990) verificaram, para a cultivar de feijão IPA 74-19, que o maior IAF ocorreu simultaneamente com a máxima evapotranspiração da cultura, evidenciando, assim, o efeito da área foliar fotossinteticamente ativa na demanda de água pelas plantas.

Bergamaschi et al. (1989) observaram que a evapotranspiração do feijoeiro oscilou conforme as variações do índice de área foliar, porém buscando um nível de estabilização a partir de determinado limite, o que seria biologicamente esperado.

Existem poucas informações da comparação do consumo de água entre cultivares de feijão. Vieira et al. (1989) verificaram que a cultivar Aeté 3 apresentou, durante o ciclo, menor consumo de água que a Aroana 80, quando considerados os mesmos tratamentos de regime hídrico no solo e estádios de crescimento da planta. Isto pode ser atribuído à menor atividade do sistema radicular, já que a mesma apresentou uma menor intensidade de esgotamento da água do solo, ou a outros fatores inerentes às cultivares, tais como: resistência estomática à difusão de vapor de água, ajuste osmótico e fenômenos de paraleliotropismo. Os resultados obtidos por Stone & Pereira (1994) mostraram que a cultivar Safira, do tipo II, crescimento indeterminado e plantas eretas, apresentou, no período de formação e enchimento das vagens, um consumo médio de água, expresso pelo valor do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) igual a 0,88, superior ao da linhagem TC 1558-1 ( $K_c = 0,65$ ), do mesmo hábito de crescimento e porte. A cultivar EMGOPA 201-Ouro, do mesmo hábito de crescimento e porte um pouco menos ereto, apresentou um  $K_c$  médio igual a 0,81.

#### 4. A IRRIGAÇÃO E A POPULAÇÃO DE PLANTAS

O consumo de água do feijoeiro é afetado pela população de plantas à medida que esta pode influenciar a arquitetura da planta, o índice de área foliar e a densidade radicular. A Figura 1 mostra curvas ajustadas do índice de área foliar das cultivares Safira e Carioca em função do espaçamento de plantio e dias após a emergência das plantas. Observa-se que, nas duas cultivares, os menores espaçamentos de plantio proporcionaram maiores índices de área foliar, o que pode ocasionar maior perda de água por evapotranspiração.

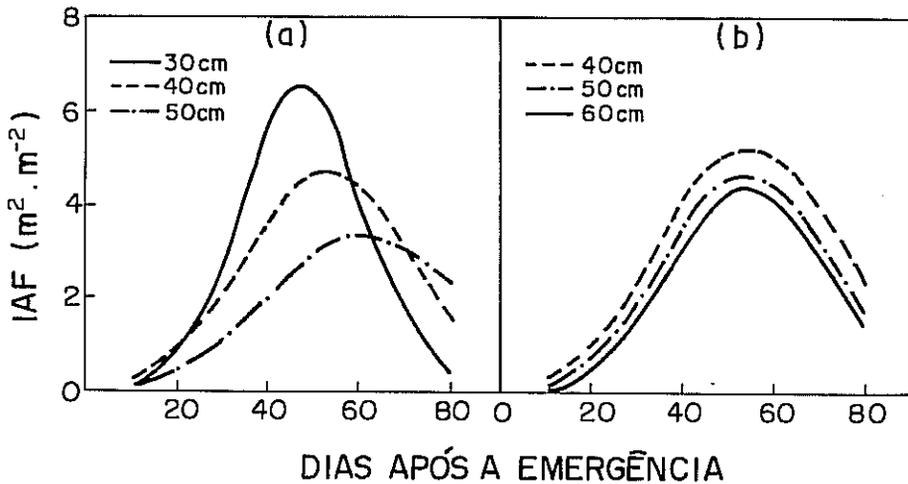


FIG. 1. Curvas ajustadas de índice de área foliar (IAF) das cultivares Safira (a) e Carioca (b) em função do espaçamento de plantio e dias após a emergência.

Mack & Varseveld (1982), ao compararem as populações de 43 e 21,5 plantas/m<sup>2</sup>, verificaram mais rápida depleção da água do solo na população maior (Figura 2). Guimarães et al. (1982) observaram que na população de 30 plantas/m<sup>2</sup> o feijoeiro consumiu mais água do que na população de 20 plantas/m<sup>2</sup>, especialmente na floração. Os resultados obtidos por Stone & Pereira (1994) mostraram que com a população de 50 plantas/m<sup>2</sup>, resultante do espaçamento entrelinhas de 0,30 m e 15 plantas/m, o consumo médio de água, expresso pelo valor de Kc, foi maior do que com a população de 30 plantas/m<sup>2</sup>, resultante do espaçamento entrelinhas de 0,50 m e 15 plantas/m. No estágio de formação e enchimento das vagens, estes autores obtiveram os valores de Kc de 0,83 e 0,78, para a cultivar de feijão EMGOPA 201-Ouro, 0,90 e 0,87, para a Safira, e 0,69 e 0,58, para a linhagem TC 1558-1, com as populações de 50 e 30 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente.

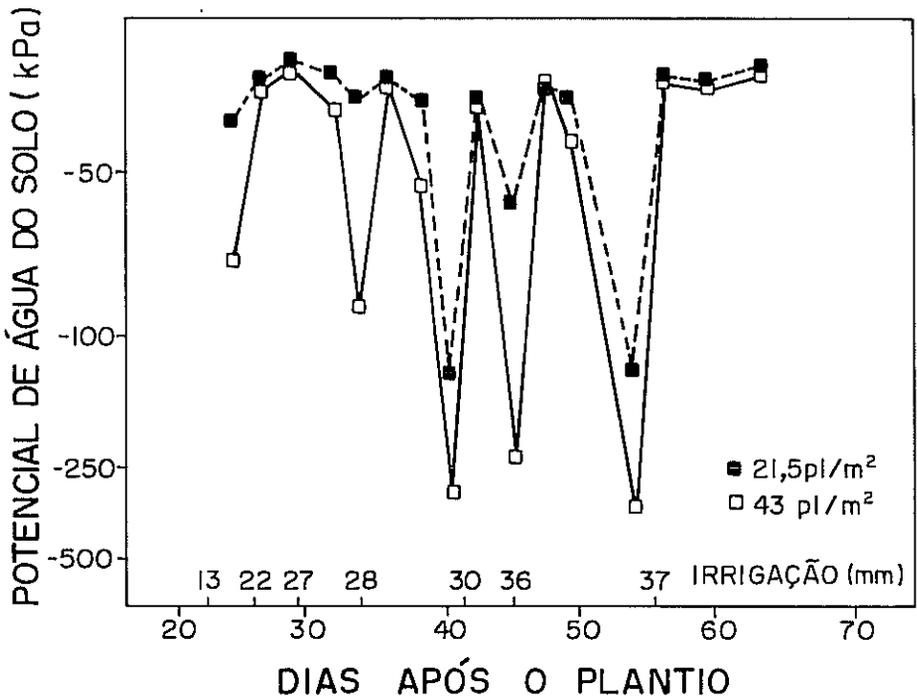


FIG. 2. Potencial de água no solo ao longo do ciclo do feijoeiro em duas populações de plantas (adaptado de Mack & Varseveld, 1982).

## 5. A IRRIGAÇÃO E A ÉPOCA DE PLANTIO

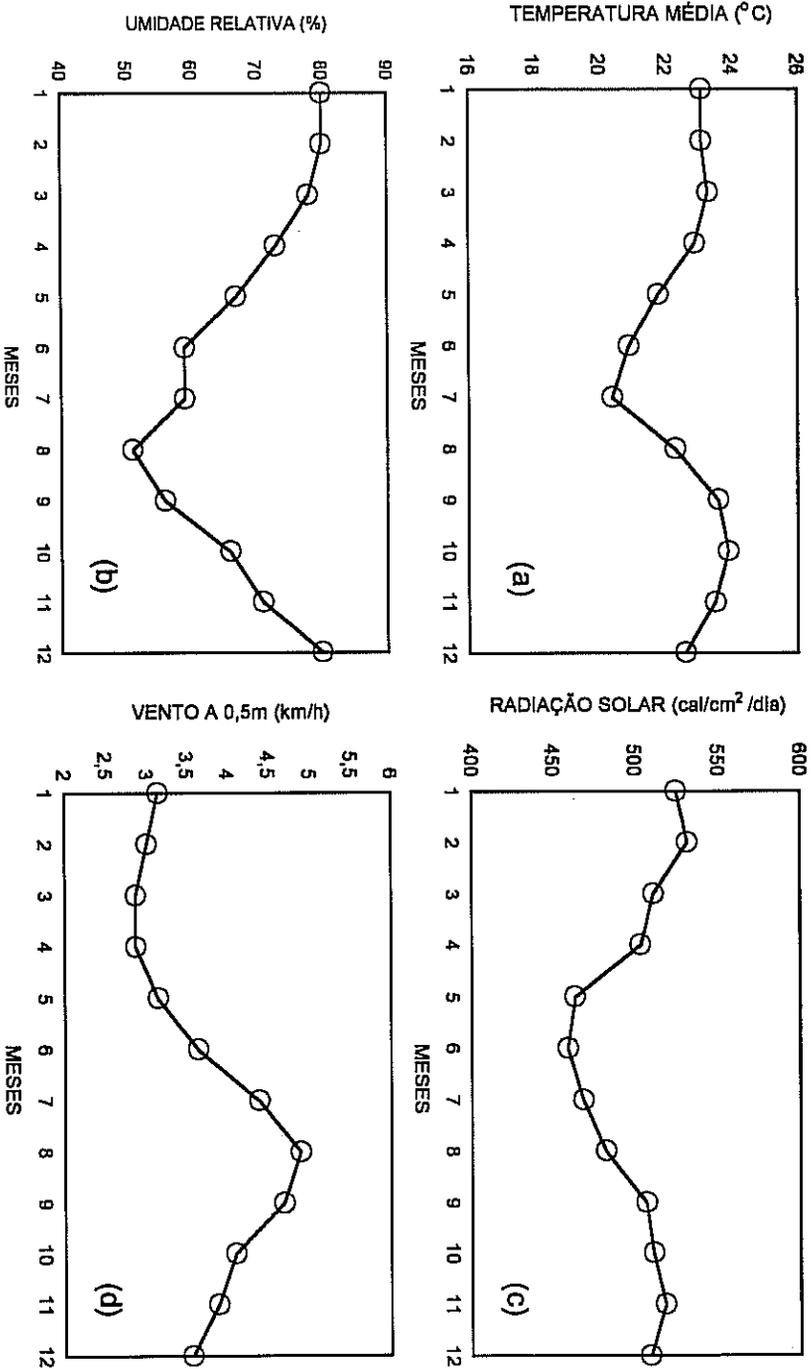
Em condições de ótima disponibilidade de água no solo, a perda de água através da evapotranspiração é função da vegetação e, na sua maior parte, das condições meteorológicas. Assim, a radiação solar, a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento são os principais parâmetros que vão determinar a magnitude da evapotranspiração e da lâmina de irrigação para o feijoeiro.

A evapotranspiração é, fundamentalmente, um processo dependente da energia disponível para a mudança do estado físico da água. A energia pode ser suprida para a cultura pela radiação solar e pela energia advectiva. Em regiões úmidas ou na estação chuvosa, a radiação é a responsável pela maior parte da energia suprida à cultura. A advecção tem maior influência em climas áridos ou em condições de lavouras irrigadas cercadas por áreas não irrigadas, como ocorre na estação seca.

A temperatura do ar está grandemente associada à radiação solar e, portanto, também se correlaciona positivamente com a evaporação. Um aumento na temperatura do ar influi favoravelmente na intensidade da evaporação porque torna maior a quantidade de vapor de água que pode estar presente no mesmo volume de ar ao se atingir o grau de saturação. Isto ocorre porque o fluxo de vapor de água para a atmosfera é diretamente proporcional ao déficit de saturação ( $e_s - e$ ), onde  $e_s$  é a pressão de saturação do vapor de água, e  $e$ , a pressão atual do vapor de água. Assim, a taxa de evaporação será tanto maior quanto maior for o déficit de saturação entre a camada saturada e o ar externo. Como mencionado anteriormente, a elevação da temperatura do ar aumenta  $e_s$ , incrementa o déficit de saturação e, conseqüentemente, a evaporação. Com a umidade relativa do ar ocorre o oposto. O seu aumento reduz o déficit de saturação, pois eleva o valor de  $e$ , e reduz a intensidade de evaporação.

O efeito do vento na evaporação é exercido pela remoção e renovação do ar logo acima da superfície evaporante. Normalmente, o vento retira da camada acima da superfície evaporante o ar saturado ou próximo à saturação, ficando sobre a mesma superfície ar mais seco, o que determina a manutenção do processo evaporativo. A relação entre o vento e a evaporação, contudo, é limitada. Acima de uma determinada velocidade, a evaporação torna-se independente da velocidade do vento.

Todos esses parâmetros variam com a época do ano (Figura 3). Assim, para uma dada cultura, a evapotranspiração varia ao longo do ano. Considerando os parâmetros meteorológicos obtidos na estação meteorológica do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), da EMBRAPA, no período de 1978 a 1993, observa-se que na estação seca, que vai de maio a setembro, a evaporação aumenta de maio a agosto, influenciada, principalmente, pelo aumento da velocidade do vento e pela diminuição da umidade relativa. A radiação solar, neste período, começa a aumentar a partir de junho. A temperatura diminui até julho e, portanto, tem efeito negativo na evaporação. Na estação seca, quanto mais tarde for feita a semeadura, maior será o consumo de água devido a maiores perdas por evapotranspiração. Isto está evidenciado pelos dados de Stone & Silveira (1995), reproduzidos na Tabela 1. Verifica-se que à medida que a semeadura do feijoeiro é feita mais tardiamente, a partir de abril, o consumo de água aumenta. De acordo com a Tabela 1, o equipamento de irrigação deveria ser projetado para fornecer uma lâmina líquida de 6,7 mm/dia para atender datas de semeadura de abril a agosto.



**FIG. 3.** Valores médios da temperatura média do ar, da umidade relativa, da radiação solar e da velocidade do vento, a 0,5 m de altura, obtidos na estação meteorológica do CNPAF, em Santo Antônio de Goiás (GO), no período de 1978 a 1993.

**TABELA 1. Evapotranspiração máxima ( $Et_m$ ) do feijoeiro, conforme o mês de semeadura, em Santo Antônio de Goiás (GO).**

Mês de semeadura	ET <sub>m</sub> (mm/dia)							ET <sub>m</sub> ciclo (mm)
	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	
abr.	2,9	4,6	3,9					294,5
maio		2,5	4,8	4,5				297,5
jun.			2,6	5,5	5,4			336,5
jul.				3,0	6,7	5,3		378,5
ago.					3,6	6,5	4,8	384,5

Fonte: Stone & Silveira (1995).

## 6. A IRRIGAÇÃO E A ADUBAÇÃO

A pesquisa evidencia a influência da quantidade de água do solo sobre a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Segundo Malavolta (1980), para que um determinado nutriente existente na solução do solo possa ser absorvido pelas raízes é necessário, antes de tudo, que haja o contato nutriente/raiz. Existem três processos para estabelecer esse contato, quais sejam:

- 1. Interceptação radicular:** é o encontro da raiz absorvente com o elemento em forma disponível no solo. As raízes interceptam mais nutriente quando crescem em solo irrigado, simplesmente porque crescem mais (Rosolem, 1987).
- 2. Fluxo de massa:** pode ser definido como o movimento do íon em uma fase aquosa móvel. O processo é semelhante ao que ocorre quando se tem uma solução numa bureta: abrindo-se a torneira, a solução escorre, isto é, o solvente e o soluto caminham na mesma velocidade. À medida que as raízes absorvem solução do solo, cria-se um gradiente de potencial e a solução se move para a superfície da raiz (Malavolta, 1980). A quantidade do elemento que pode atingir as raízes desse modo é proporcional ao volume de água absorvido e a sua concentração na solução do solo.
- 3. Difusão:** é o movimento do íon em fase aquosa não móvel. A absorção do elemento pela raiz faz com que diminua a sua concentração na superfície da mesma, criando um gradiente ao longo do qual o elemento se difunde. A difusão é um transporte a pequenas distâncias e depende muito da espessura do filme de água nas partículas do solo. Quanto maior o teor de umidade do solo, mais espesso é o filme e mais facilmente se dará a difusão.

As formas de contato dos macro e micronutrientes com as raízes das plantas são apresentadas na Tabela 2.

**TABELA 2. Formas de contato dos macro e micronutrientes com as raízes das plantas\*.**

Nutriente	Interceptação	Fluxo de Massa	Difusão
N	x	x**	
P	x	x	x**
K	x	x	x**
Ca	x	x**	
Mg	x	x**	
S	x	x**	
B	x	x**	
Cu	x	x**	
Fe	x	x**	x
Mn	x	x**	
Mo	x	x**	
Zn	x	x	x

\* Adaptado de Malavolta (1980).

\*\* Forma preferencial de contato.

Assim, a forma de contato mais importante para o N é o fluxo de massa, e para o P e K, a difusão, formas nas quais a presença de água é imprescindível.

Saito et al. (1982) observaram que a deficiência de água no solo levou a drásticas reduções na eficiência de absorção de nitrogênio e fósforo pelo feijoeiro, sendo a absorção do fósforo mais afetada que a do nitrogênio.

O efeito da lâmina de água de irrigação, da adubação nitrogenada e da interação destes fatores sobre o rendimento do feijoeiro foi estudado por Frizzone et al. (1987) que, analisando os resultados obtidos (Tabela 3), concluíram que:

- O máximo rendimento de grãos estimado (2.261,8 kg/ha) foi alcançado com a aplicação de 570,4 mm de água e 117,4 kg de nitrogênio/ha.

- Na ausência de quantidades adequadas de água, a adubação nitrogenada, isoladamente, não viabilizou economicamente o sistema produtivo.

**TABELA 3. Valores médios do rendimento de grãos de feijão (kg/ha), em função das lâminas totais de água e das doses de nitrogênio.**

Lâminas Totais de Água (mm)	Doses de Nitrogênio (kg.ha <sup>-1</sup> )*				Médias		
	0	30	60	90		120	150
105	(C) 341,2 a	(C) 352,8 a	(D) 425,5 a	(D) 432,6 a	(D) 441,1 a	(E) 352,8 a	(E) 391,5
181	(BC)494,1 b	(C) 637,1 ab	(C) 765,6 ab	(C) 865,2 a	(C) 834,4 a	(D) 729,4 ab	(D) 712,0
298	(A) 843,3 c	(B) 1233,7 b	(B) 1421,5 ab	(B) 1549,6 a	(B) 1510,9 a	(C) 1370,8 ab	(C) 1321,6
420	(A) 991,2 d	(A) 1629,6 c	(A) 1986,6 ab	(A) 2242,8 a	(A) 2175,6 ab	(AB)1944,6 b	(AB) 1828,4
534	(A) 983,7 d	(A) 1538,3 c	(A) 2269,5 ab	(A) 2499,1 a	(A) 2397,7 ab	(A) 2146,7 b	(A) 1972,5
621	(AB)882,5 e	(AB) 1347,6 d	(A) 1987,2 bc	(A) 2341,2 a	(A) 2117,6 ab	(B) 1769,9 c	(B) 1724,3
Médias	739,3 e	1123,2 d	1476,0 bc	1655,1 a	1580,0 ab	1385,7 c	1326,5

Fonte: Frizzone et al. (1987).

\* Em cada série de médias na horizontal, os valores seguidos pela mesma letra minúscula, não diferem, significativamente, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em cada série de médias na vertical, os valores precedidos pela mesma letra maiúscula entre parênteses, não diferem, significativamente, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Com relação ao fósforo, Mahtab et al. (1971), estudando o coeficiente de difusão do  $^{32}\text{P}$ , em quatro solos com diferentes percentagens de argila (12,5; 25; 36 e 59%), com aplicação de quatro doses de fósforo (0, 25, 50 e 100 ppm) e com três níveis de umidade (35, 60 e 100% de água disponível), concluíram que os coeficientes de difusão, observados para todos os níveis de argila e P, aumentaram de  $10,25 \times 10^{-10}$  para  $27,76 \times 10^{-10}$  cm/s com o aumento de 35 para 100% do conteúdo de água disponível. Os dados indicaram que a redução da água disponível tem menor efeito na taxa de difusão do fósforo, em solos argilosos que em solos de textura arenosa.

Dentro de determinados limites, o rendimento do feijoeiro é incrementado com o aumento da dosagem de fósforo e da lâmina de água de irrigação. A Figura 4, obtida de Frizzone et al., citados por Rosolem (1987), atesta esta afirmativa. Houve um incremento na produção, para uma mesma dosagem de fósforo, com o aumento da lâmina de água de irrigação.

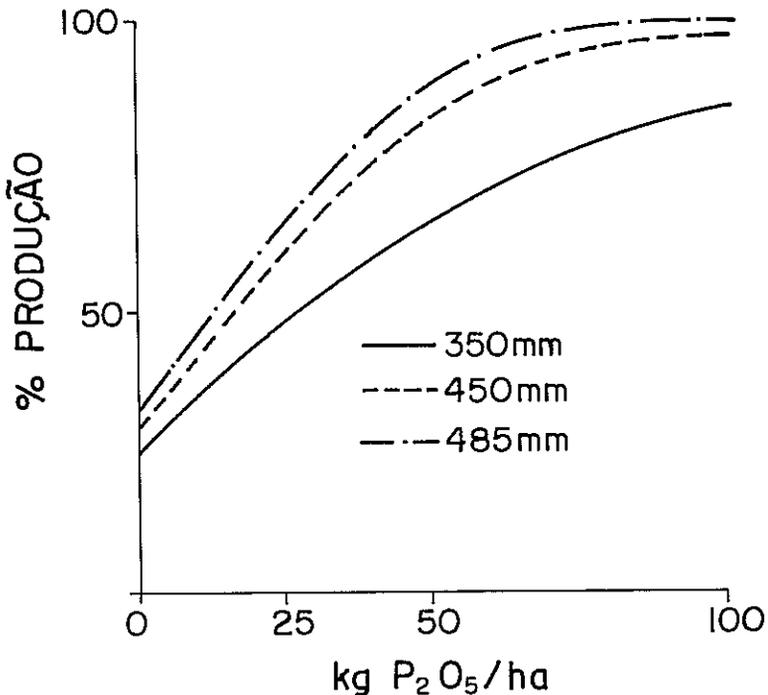


FIG. 4. Resposta do feijoeiro ao fósforo em função da quantidade de água aplicada (Rosolem, 1987).

Ainda dentro do estudo da interação fósforo e água, Silveira & Moreira (1990), para estudar a resposta do feijoeiro a estes dois fatores, conduziram um ensaio, por dois anos consecutivos e em condições de campo, em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa. As doses de fósforo corresponderam a 0, 25, 50, 100, 200 e 400 kg/ha e as lâminas totais de água a 204, 304, 388 e 447 mm/ciclo, média dos dois anos de plantio. A produção de grãos (Tabela 4) e o conteúdo de fósforo na planta aumentaram com o incremento da dose de fósforo e da lâmina de água de irrigação.

**TABELA 4. Rendimento de grãos de feijão, em kg/ha, em função de diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e lâminas de água de irrigação.**

Lâmina de água (mm/ciclo)	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)					
	0	25	50	100	200	400
204	523	578	627	709	860	733
304	1.374	1.458	1.536	1.676	1.888	2.046
388	1.706	1.814	1.916	2.104	2.413	2.765
447	1.729	1.854	1.973	2.195	2.573	3.060

Fonte: Silveira & Moreira (1990).

A resposta sobre o rendimento de grãos foi mais acentuada pelo efeito das lâminas de água do que pelas doses de fósforo; em baixa lâmina, a resposta à aplicação de fósforo foi pequena. Observou-se, também, que um mesmo rendimento de grãos pode ser conseguido por diferentes combinações de doses de fósforo e lâminas de água de irrigação.

Se, por um lado, as boas condições de umidade do solo condicionadas pela irrigação tornam os nutrientes mais disponíveis, melhorando a eficiência do fertilizante aplicado, por outro lado, a planta cresce mais e a evapotranspiração aumenta, o que leva a uma maior exigência da planta por nutrientes e, conseqüentemente, à maior produtividade (Rosolem, 1987).

## 7. A IRRIGAÇÃO E A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

A umidade do solo é imprescindível em importantes eventos biológicos que ocorrem no solo, a exemplo da colonização das raízes do feijoeiro pelas bactérias fixadoras do  $N_2$ . Os rizóbios estão sujeitos a várias formas de estresse, além da deficiência hídrica, como por altas temperaturas, solos com acidez pronunciada, salinidade, encharcamento, antibióticos e toxinas produzidas por outros microrganismos do solo (Peoples & Herridge, 1990; Araujo, 1994).

Além disso, há a possibilidade de tais fatores atuarem em conjunto, dificultando ainda mais sua identificação, como é o caso do déficit de água e o concomitante aumento da temperatura, causando danos aos nódulos e dificultando sua interpretação em nível de campo (Gibson et al., 1982).

Ao ser estudada a influência da umidade e do fornecimento do nitrogênio na nodulação do feijoeiro, constatou-se que o peso de nódulos foi drasticamente afetado pela diminuição do teor de água no solo, independentemente da dosagem de nitrogênio, sendo a atividade da nitrogenase positivamente correlacionada com a disponibilidade hídrica (Saito et al., 1984).

Com referência ao efeito do fósforo e da umidade do solo na nodulação de raízes do feijoeiro, observa-se que a planta tem aumento de massa seca em conseqüência da maior disponibilidade de fósforo para as raízes e para os rizóbios, sendo esta disponibilidade gerada pelo aumento do conteúdo de água no solo (Bonetti et al., 1984).

A deficiência hídrica do solo também apresenta reflexos no processo de fixação biológica do nitrogênio, além da diminuição do número de colônias da bactéria (Tabela 5). Com a diminuição do fluxo de seiva no xilema, ocasionada pelo menor teor de água no sistema, o transporte do nitrogênio fixado para a parte aérea da planta fica comprometido, além de não haver a compensação da perda de água dos nódulos para o meio externo (Pate, 1976; Siqueira & Franco, 1988). Daí, a necessidade de que o nódulo esteja freqüentemente envolto em uma camada de água, que possa evitar a desidratação da estrutura (Lie, 1981).

Outro aspecto na nodulação das raízes pelos rizóbios é a capacidade de movimentação do microrganismo, inoculado ou não, até a raiz e sua posterior infecção. Para que esta movimentação possa ocorrer, é necessário um mínimo de umidade do solo (Hamdi, 1971).

**TABELA 5. Efeito do estresse hídrico no número, tamanho e atividade de nódulos de duas raças de *Rhizobium phaseoli* inoculadas em sementes do feijoeiro (plantas com 44 dias de idade).**

Variável	Raças de <i>R. phaseoli</i>			
	3601		3605	
	Sem estresse	Com estresse	Sem estresse	Com estresse
Atividade do simbionte (pmolesC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /mg/min)	16,45	1,75	37,45	3,15
Número de nódulos	28,40	8,30	18,50	4,50
Peso médio de nódulo (mg)	1,44	0,95	1,72	1,16

Fonte: Adaptado de Sprent (1976).

Cabe salientar que, assim como a falta de água reflete negativamente nos nódulos, o seu excesso também pode causar sérios danos ao processo de fixação biológica. Tal fato pode ocorrer devido a expulsão do oxigênio da rizosfera e conseqüente impossibilidade de microsimbionte (bactéria) e macrosimbionte (hospedeiro) sobreviverem em ambiente anaeróbico (Bushby, 1982).

## 8. A IRRIGAÇÃO E A QUIMIGAÇÃO

A quimigação é a técnica de aplicação de produtos químicos no solo e na planta usando, como veículo, a água de irrigação. Assim, fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, entre outros insumos utilizados para o feijoeiro, podem ser aplicados por este método, que vem sendo bastante empregado dadas as suas vantagens e eficácia.

Algumas vantagens apresentadas pela quimigação, quando comparada com outros métodos de aplicação, segundo Johnson et al. (1986), são: possibilidade de aplicação uniforme, redução do custo de aplicação, redução dos riscos ao operador, redução de danos mecânicos à cultura e à compactação do solo, ampliação do horário e época de aplicação.

O sistema de irrigação pivô central, muito usado na cultura do feijoeiro, é também um dos mais adequados para a quimigação. Os pivôs centrais comercializados no Brasil aplicam, em geral, uma lâmina que varia de 4 a 9 mm de água por volta (40 mil a 90 mil litros de água/ha), na velocidade máxima (Vieira, 1994). Como resultado, a concentração do produto na água é muito baixa, e ele, em sua maior parte, é depositado no solo. Se o solo estiver seco, esta quantidade de água é retida nos primeiros 5 a 10 cm de profundidade, região de atuação apropriada para herbicidas pré-plantio e pré-emergentes.

Por causa do grande volume de água, as chances de insetos serem atingidos são maiores. Também, o molhamento completo da superfície da planta e do solo favorece o controle das doenças do feijoeiro, tanto as que afetam a parte aérea quanto aquelas causadas por fungos do solo.

Embora os resultados da pesquisa sobre fungigação no feijoeiro sejam extremamente escassos, alguns evidenciaram a eficiência da técnica no controle de algumas doenças, como mofo branco (Recco & Oliveira, 1991; Oliveira et al., 1993), oídio (Recco & Oliveira, 1991; Oliveira et al., 1992a, 1992b; Sartorato & Rava, 1994), mancha angular (Recco & Oliveira, 1991; Sartorato & Rava, 1994) e ferrugem (Recco & Oliveira, 1991; Pinto et al., 1992).

Os resultados da aplicação de produtos químicos na água de irrigação são altamente variáveis. O grau de sucesso geralmente é determinado pela quantidade e uniformidade da cobertura química. De acordo com Cochran et al. (1984), a obtenção de bons resultados com a aplicação, via água de irrigação, depende não somente da formulação química e da taxa de aplicação, mas também das características físicas do sistema de irrigação.

Assim, a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação é de grande importância para o sucesso da aplicação de quaisquer produtos químicos, especialmente aqueles que requerem retenção foliar. Com produtos direcionados à superfície do solo, como alguns fertilizantes e herbicidas, a falta de uniformidade de distribuição de água, embora não deixe de ser importante, pode ser amenizada pela redistribuição da água no perfil do solo. Paiva (1980) verificou que, após a irrigação, houve um acréscimo nos coeficientes de uniformidade, ao longo do tempo, em todas as profundidades do solo estudadas e na distribuição média de umidade abaixo da superfície do solo, e concluiu que os critérios de avaliação dos sistemas de irrigação por aspersão subestimam a uniformidade de distribuição de água. De fato, Bisconer (1986) relatou que a distribuição subsuperficial melhora sensivelmente à medida que ocorre o movimento lateral de água no perfil do solo.

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados dois perfis de distribuição de água. Verifica-se, na Figura 5, que as precipitações variam menos em torno da média (coeficiente de uniformidade de distribuição, CUD = 85,4%) do que no perfil exposto na Figura 6 (CUD = 74,1%). Em um pivô central, com este último perfil de distribuição de água, a aplicação de adubos ou defensivos via água de irrigação seria menos eficiente devido a maior desuniformidade na distribuição. Quanto menor o CUD, maior percentagem de área receberá excesso ou déficit do produto químico aplicado por esta técnica. Para uma eficiente aplicação de produtos químicos via água de irrigação, o CUD do sistema de irrigação deve ser superior a 80%.

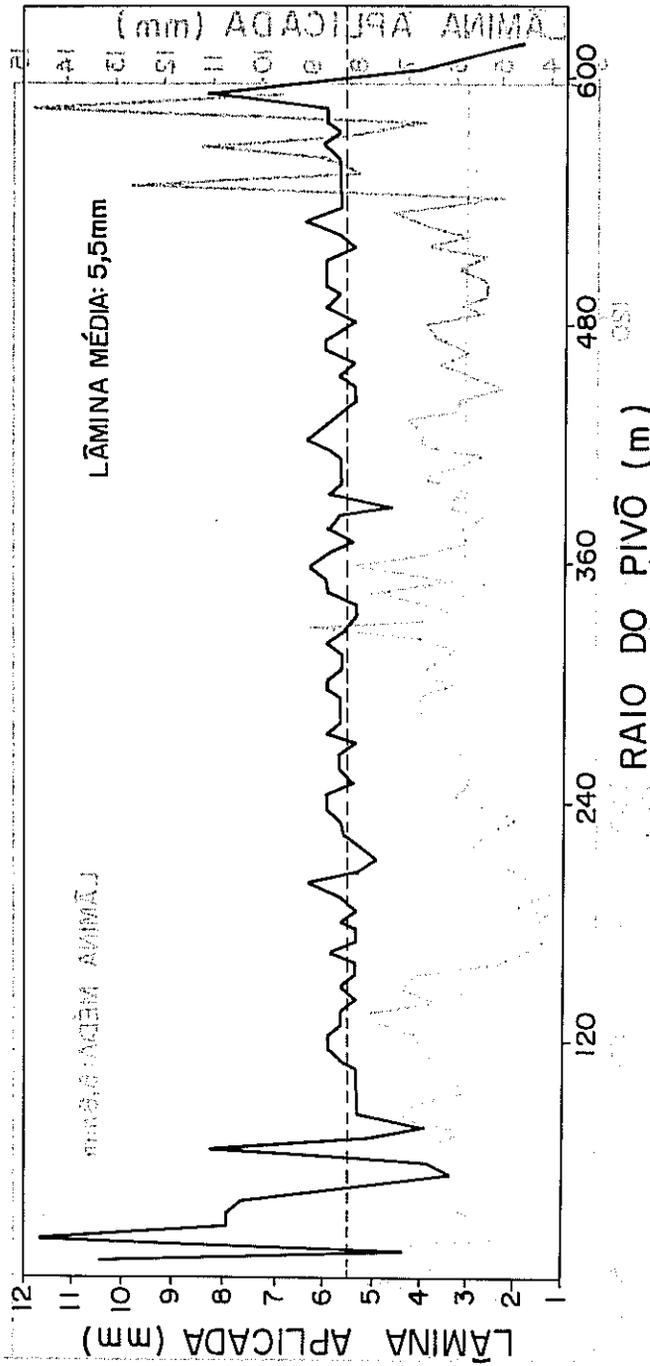


FIG. 5. Perfil da precipitação, em mm, ao longo da linha lateral, com CUD = 85,4%.

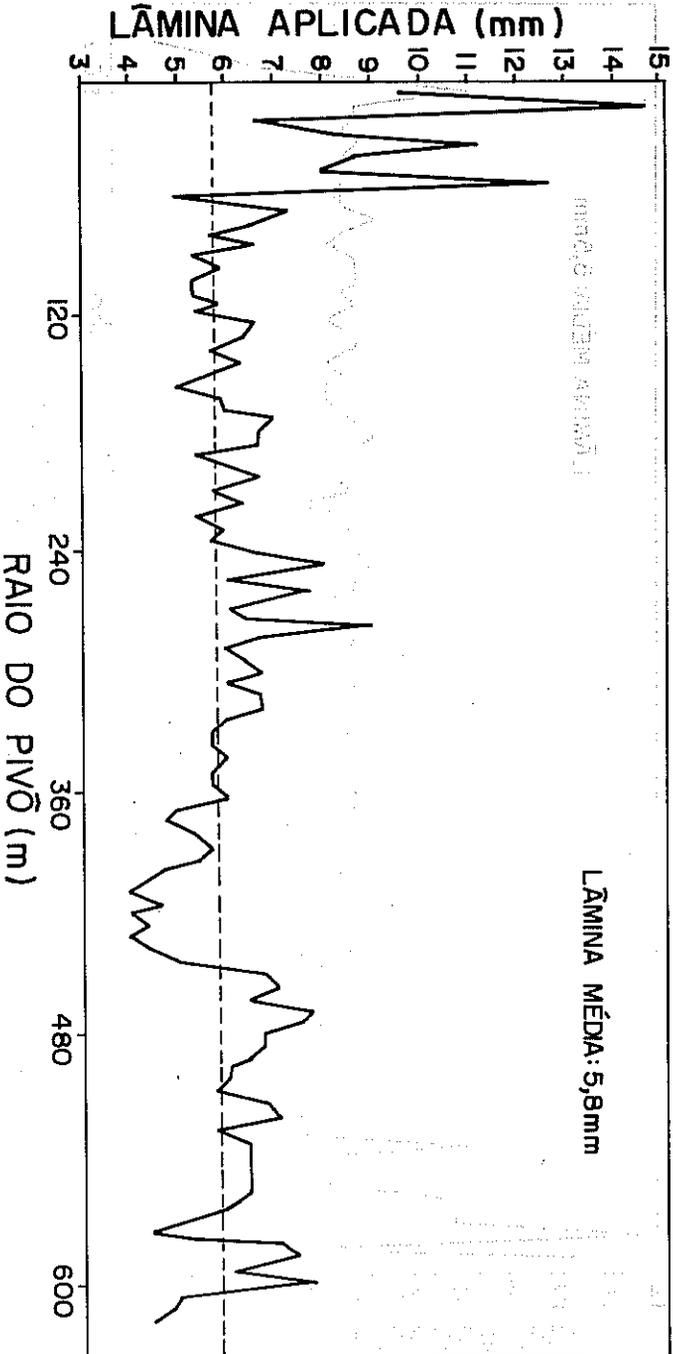


FIG. 6. Perfil da precipitação, em mm, ao longo da linha lateral, com CUD = 74,1%.

## 9. A IRRIGAÇÃO E OS HERBICIDAS

### 9.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS HERBICIDAS

As diferentes características físico-químicas das moléculas dos herbicidas atuando em conjunto darão a cada produto propriedades distintas; por conseguinte, serão necessários diferentes manejos da água de irrigação e das formas de aplicação para se obter a máxima eficiência dos produtos.

**A solubilidade em água** é definida como a quantidade do herbicida que é dissolvida em água, sendo expressa em partes por milhão (ppm), a qual representa o herbicida na solução do solo. Uma vez nesta, o produto torna-se disponível para os diversos processos físico-químicos, adsorção pelos colóides do solo, absorção pelas plantas, biodegradação, volatilização e lixiviação.

**A pressão de vapor** é o principal indicador da capacidade do herbicida de passar do estado líquido ou sólido para o estado gasoso. Quanto maior a pressão de vapor, mais volátil será o herbicida. A pressão de vapor, expressa geralmente em mmHg, a 25° C, varia com a temperatura.

**A meia-vida no solo ( $T^{1/2}$ )** representa a persistência do herbicida no solo. Seu valor é obtido colocando-se o produto com o  $C^{14}$  em contato com uma massa de solo, e determina-se o número de dias necessários para que a metade do  $CO_2$  oriundo da degradação do produto seja liberado do solo. A meia-vida de cada produto pode variar conforme o “tipo” de solo, temperatura, espécies de microrganismos, etc. Na prática, utiliza-se uma base de dados e seu valor deve ser usado meramente para comparação. Os valores visualizados na Tabela 6 representam a meia-vida de alguns herbicidas empregados na cultura do feijão.

**O coeficiente de partição (Kd)** representa a relação entre a quantidade de herbicida adsorvido nas partículas do solo e a quantidade do mesmo na solução do solo. Assim, quanto maior o valor de Kd, maior a tendência do herbicida da solução ser adsorvido pelos colóides. Os valores de Kd variam com as características de cada solo e, quando baixos, indicam a tendência do herbicida de permanecer na solução e se movimentar com ela. Quando se considera que os colóides do solo são representados apenas pela parte orgânica, o Kd é chamado de coeficiente de partição do carbono orgânico (Koc).

**TABELA 6. Características físico-químicas de alguns herbicidas usados na cultura do feijão.**

Herbicida	T <sup>1/2</sup> (dias)	Koc (ml/g)
Fomesafen	180	2
Metolachlor	44	99
Trifluralin	83	7.950
Pendimethalin	60	16.300

Fonte: Gustafson (1989).

## 9.2. MANEJO DA IRRIGAÇÃO E A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Alguns herbicidas, como o EPTC e a trifluralina, por exemplo, apresentam alta pressão de vapor,  $1,0 \times 10^{-1}$  e  $1,1 \times 10^{-3}$  mm de Hg, respectivamente. De modo geral, os herbicidas que têm uma pressão de vapor variável de  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$  mm de Hg, à temperatura ambiente, são considerados voláteis. Estes produtos devem ser aplicados ao solo e incorporados simultaneamente, no caso do EPTC, e até oito horas após aplicação, para a trifluralina. Esta prática evita a perda do herbicida na forma de gás. Exemplificando: um herbicida de ação pré-emergente, como o metolachlor, apresenta uma pressão de vapor de  $1,3 \times 10^{-5}$  mm Hg, ou seja, é 7.700 vezes menos volátil que o EPTC.

O manejo da irrigação é um fator importante no processo de incorporação dos herbicidas voláteis aplicados em pré-plantio incorporado. Em geral, estes herbicidas se volatilizam e são perdidos mais rapidamente quando incorporados em solos úmidos. Isto ocorre porque os herbicidas são mais fortemente adsorvidos nos solos secos. Nos solos úmidos, as moléculas de água competem com mais sucesso que as moléculas dos herbicidas pelos pontos de adsorção dos colóides do solo. Assim, as moléculas do produto tendem a permanecer livres na solução do solo e podem ser conduzidas para a superfície por capilaridade e perdas por volatilização (Scoyoc & Ahlrischs, 1990). Nos casos de aplicações via água de irrigação, onde a água faz o trabalho de incorporação do produto no solo, o efeito residual do produto decresce devido à maior perda do produto por volatilização, conforme discutido anteriormente.

Nas aplicações de herbicidas em pré-emergência, a irrigação, antes ou logo após aplicação dos produtos, é fundamental para a eficiência dos mesmos, visto que a lâmina de água é a responsável pela dispersão dos produtos no

solo, atingindo, desse modo, as sementes das plantas daninhas. Geralmente, à medida que o tempo entre a aplicação e as irrigações aumenta, a efetividade do produto diminui, pois, apesar dos herbicidas pré-emergentes serem considerados não voláteis, pequena quantidade do produto pode se perder por volatilização, quando o herbicida fica na superfície do solo. Se as plantas daninhas germinarem antes da irrigação, o controle poderá não ser eficiente também, porque estes produtos geralmente inibem a germinação ou a mitose.

A lâmina de água é muito importante para a atuação dos herbicidas aplicados em pré- emergência. Uma lâmina pequena pode ser insuficiente para dispersão do herbicida no solo, e uma precipitação intensa pode conduzir os herbicidas para fora da zona adequada. O excesso de lixiviação pode reduzir a eficiência de controle das plantas daninhas e ainda causar fitotoxicidade à cultura. A lâmina de irrigação necessária para um ótimo resultado varia com o "tipo" do solo e as características específicas de cada herbicida, como o coeficiente de partição ( $K_d$  ou  $K_{oc}$ ) e a solubilidade.

A solubilidade pode afetar o movimento e a bioatividade do herbicida no solo. À medida que decresce a solubilidade dos herbicidas, aumenta a adsorção e, com ela, a resistência à lixiviação. Conseqüentemente, são necessárias lâminas de água maiores para a dispersão das moléculas do herbicida no perfil do solo. Estas comparações, no entanto, são limitadas a produtos com características similares. Assim, por exemplo, não se pode comparar o movimento e as interações no solo de um herbicida como o paraquat, que tem uma solubilidade em água de 70.000 ppm, com o 2,4-D, cuja solubilidade em água é de apenas 650 ppm. O paraquat tem propriedades catiônicas e é facilmente adsorvido pelos colóides do solo, enquanto o 2,4-D, com características ácidas ou aniônicas, é adsorvido somente em pequenas quantidades (Heitwing et al., 1974).

Aliado à característica de solubilidade, o coeficiente de partição do herbicida ( $K_d$  ou  $K_{oc}$ ) também pode determinar a quantidade de lâmina de água. Como exemplo, verifica-se, na Tabela 6, que o metolachlor apresenta um  $K_{oc}$  relativamente baixo (99 ml/g) quando comparado ao pendimethalin (16.300 ml/g), o que significa que o metolachlor tem menor adsorção nos colóides do solo e, conseqüentemente, maior facilidade de lixiviação que o pendimethalin. O pendimethalin, ao contrário do metolachlor, exigirá lâmina de água maior para sua ativação no solo. Segundo Ogg et al. (1983), em aplicações de herbicidas pré-emergentes, via água de irrigação, a lâmina de água pode variar de 5 a 25 mm. Aplicações de produtos de alta solubilidade e pequeno  $K_d$  ou  $K_{oc}$  em solos arenosos requerem lâminas de água menores para a ativação dos mesmos.

No caso de aplicações de manejo (preparo da área para o plantio direto) com 2,4-D, a utilização de lâminas de água superiores a 40 mm, em solos com textura média, pode reduzir o tempo de espera entre a aplicação do produto e o plantio do feijão em até três dias, pois o herbicida é lixiviado para camadas do solo abaixo do nível das sementes de feijão.

Em aplicações de herbicidas em pós-emergência, os fatores climáticos são da maior importância, já que os herbicidas são aplicados diretamente às folhas das plantas. Baixa umidade relativa do ar, durante e após a aplicação dos produtos, causa a desidratação da cutícula. Com isto, ocorre a redução da penetração dos herbicidas solúveis em água, além de evaporar as gotículas de água em menor tempo e deixar o herbicida cristalizado na superfície foliar, sem condições de ser adsorvido. A alta luminosidade aliada à baixa umidade relativa e à baixa umidade do solo induz a síntese da cutícula com um aumento da camada lipofílica, diminuindo a penetração dos herbicidas (Hess, 1990).

A umidade do solo é fundamental nas aplicações de herbicidas pós-emergentes e de manejo de área. A eficiência de controle é máxima quando esses produtos são aplicados em plantas com elevada atividade metabólica. Por este motivo, quando aplicados em plantas que estão sob déficit hídrico, tornam-se necessárias maiores doses do produto ou, então, a realização de irrigações dois a três dias antes da aplicação do produto para permitir à planta voltar a uma elevada atividade metabólica.

A irrigação imediatamente antes da aplicação dos herbicidas pode aumentar a umidade relativa do ar e favorecer a absorção do produto pela planta. Entretanto, deve-se esperar que a superfície das folhas seque pois, caso contrário, o herbicida pode escorrer para o solo com as gotas de água remanescentes da irrigação. Irrigações logo após a aplicação dos herbicidas podem prejudicar a absorção dos mesmos, devido à lavagem do produto. O bentazon necessita de quatro horas sem a ocorrência de precipitação para que ocorra completa absorção do produto pelas folhas. Para o glifosate, o intervalo é de seis horas.

A meia-vida dos herbicidas no solo também pode ser influenciada pela lâmina de água. No caso específico do fomesafen, o produto apresenta meia-vida de 180 dias (Tabela 6), podendo ultrapassar o período da cultura e deixar resíduos para a safra seguinte. Altas aplicações de água pela irrigação podem diminuir a meia-vida do produto, devido à maior degradação do herbicida.

## 10. A IRRIGAÇÃO E AS PRAGAS

Entre outros aspectos, a cultura do feijoeiro caracteriza-se pela freqüente presença de insetos que podem diminuir sobremaneira sua produtividade. Entre tais pragas, citam-se as vaquinhas (*Diabrotica speciosa* e *Cerotoma* sp.), a lagarta-elasmô (*Elasmopalpus lignosellus*) e a cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*).

A ocorrência de pragas na cultura está relacionada, direta ou indiretamente, à umidade do solo, seja pelo condicionamento do solo, para que possa haver ou não sua reprodução ou movimentação, seja pela maior suscetibilidade da planta aos seus danos, quando sob estresse.

Em alguns países, o sistema de irrigação utilizado, o momento de aplicar a lâmina e a sua duração são de grande importância no controle de pragas, visando não somente dificultar o ciclo reprodutivo mas, principalmente, incentivar a ocorrência de seus inimigos naturais, como fungos e outros insetos (Coppel & Mertinez, 1977).

Contudo, freqüentemente a utilização de uma irrigação extra, com o objetivo de prorrogar a colheita de algumas culturas, pode muitas vezes incentivar o surgimento de mais uma geração de determinadas pragas (Flint & Bosch, 1987).

Em experimentos com o feijoeiro no plantio da “seca”, têm sido observados grandes danos à cultura devidos à lagarta-elasmô, em conseqüência do baixo teor de umidade do solo, o que pode ser atenuado pela prática da irrigação (Barrigossi et al., 1988; Cruz et al., 1990).

Em estudo sobre o efeito da umidade do solo, controlada pela irrigação, sobre a seleção do local de postura da mariposa da lagarta-elasmô, Viana & Costa (1994) concluíram que o baixo teor de água no solo levou à maior infestação e maiores danos para a cultura do milho (Tabela 7).

Deste fato se reforça a opinião de que, dentre as formas de controle da lagarta-elasmô do feijoeiro da “seca”, a irrigação é uma prática plausível (Vieira, 1983).

Bulisani et al. (1987) observaram que, no caso da cigarrinha-verde, seu ataque é mais intenso em épocas de temperatura elevada e com períodos de estiagem, mesmo na primavera e verão, sugerindo que a irrigação ou a ocorrência de chuvas sejam formas de manter a população da praga abaixo do nível de dano.

**TABELA 7. Efeito da lâmina de água aplicada ao solo sobre a seleção do local de postura pela mariposa *Elasmopalpus lignosellus*.**

Lâmina de água (mm)	Plantas atacadas (%)
50	0,67a*
40	0,32a
30	0,69ab
20	1,38b
10	1,57b
0	16,55c
CV(%)	17,12

\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Fonte: Viana & Costa (1994).

A *Diabrotica* sp. revela perda de sua mobilidade no perfil do solo devido à falta ou excesso de água, fazendo com que o inseto não consiga se estabelecer nas raízes, além do fato de que seu ciclo se torna mais lento, seus ovos apresentam maior abortamento e suas larvas ficam sujeitas à morte por dessecação ou falta de oxigênio (Brust & House, 1990a; MacDonald & Ellis, 1990). Acredita-se que a praga oviposita apenas naqueles solos onde a camada superficial possua umidade, não apresentando o mesmo comportamento quando somente a camada abaixo de 5 cm está úmida (Brust & House, 1990b). Entretanto, na condição de seca, a vaquinha pode descer no perfil do solo durante o dia, e retornar ao ponto de alimentação na raiz durante a noite, dependendo das condições de umidade deste solo (Weiss et al., 1983; Chandler, 1984). Da mesma forma, em trabalho com *Cerotoma* sp., que também ataca folhas do feijoeiro, observou-se que o inseto não oviposita naqueles solos em que há desequilíbrio hídrico, ou seja, com déficit ou excesso de água (Marrone & Stinner, 1983).

## 11. A IRRIGAÇÃO E AS DOENÇAS

Os efeitos da irrigação nas doenças que ocorrem no feijoeiro resultam das ações exercidas pelo microclima criado pela própria irrigação sob a influência do clima local, da cultivar e das particularidades de cada patógeno. Na foliosfera, a irrigação por aspersão exerce uma ação na umidade e temperatura, patrocinadores de todos os processos de uma doença. Na cultivar,

pode determinar o desenvolvimento vegetativo, o vigor e, indiretamente, sua suscetibilidade às doenças. No solo, afeta algumas propriedades físicas, podendo favorecer a formação de crostas e interferir na profundidade da camada de solo favorável ao crescimento vertical das raízes. A flora e a fauna microbiana do solo são particularmente sensíveis às quantidades de água contida no solo, o que afeta as ações sobre o desenvolvimento das doenças causadas por patógenos habitantes do mesmo. Afeta, de maneira efetiva, a sobrevivência e a consistência de certas estruturas de resistência dos patógenos e de outras fontes de inóculo existentes no solo.

Os cultivos irrigados de feijoeiro são instalados normalmente durante os meses de abril a junho, época seca e de baixa umidade relativa do ar. Estes plantios, do ponto de vista epidemiológico, são importantes. Constituem-se em locais e épocas adicionais de multiplicação e disseminação de patógenos, reduzindo desta maneira os espaços físicos e temporais entre os plantios, facilitando a presença de estruturas infecciosas nas regiões produtoras e exigindo, cada vez mais, cuidados e técnicas aprimoradas de controle. Este aspecto é muito importante com relação à maioria das doenças, principalmente aquelas da parte aérea do feijoeiro. Nestes cultivos irrigados, a temperatura e a umidade são mais propícias ao desenvolvimento de doenças. Além disso, é interrompido o período de “dormência”, impróprio ao crescimento do patógeno e necessário à sobrevivência do mesmo nos intervalos de cultivo. Os novos hospedeiros, representados pelas plantas daninhas que surgem dentro e em volta da própria lavoura, também contribuem para a multiplicação e sobrevivência de outros patógenos durante os plantios de outono e inverno.

## 11.1. DOENÇAS DA PARTE AÉREA

### 11.1.1. Efeito da Irrigação na Foliosfera do Feijoeiro

A umidade e a temperatura são fatores de ambiente que patrocinam todos os processos de uma doença. A irrigação por aspersão, principalmente nas áreas ou épocas secas, exerce uma ação fundamental nos níveis desses dois fatores, aumentando a umidade relativa e o período de orvalho e reduzindo a temperatura na foliosfera.

Algumas doenças da parte aérea do feijoeiro, como ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha angular (*Isariopsis griseola*), oídio (*Erysiphe polygoni*), mancha de *Alternaria* (*Alternaria* spp.) e mancha de *Ascochyta* (*Ascochyta phaseolorum*),

encontram nos plantios irrigados as condições apropriadas para causarem infecções nas folhas, caules e vagens. Quando o macroclima é favorável à doença, o microclima resultante da irrigação tem importância menor. Essa importância aumenta à medida que o macroclima torna-se desfavorável. Em caso de condições totalmente desfavoráveis à doença, a irrigação dificilmente apresentará efeito perceptível (Rotem & Palti, 1969).

Algumas práticas culturais interferem no ambiente criado pela irrigação, entre elas citam-se:

- Densidade de plantio. Plantios mais densos contribuem para a redução da temperatura e o aumento da umidade na foliosfera, durante ou nos períodos que seguem ao da irrigação (Rotem & Palti, 1969).
- O hábito ou porte da cultivar exerce influência na temperatura e na umidade da foliosfera, por facilitar ou dificultar a aeração. A forma e o tamanho das folhas, bem como o número de ramos, são características da cultivar que interferem igualmente neste aspecto.
- Irrigações contínuas ou simultâneas em áreas próximas ou contíguas e também a forma e o tamanho da área irrigada podem afetar as condições de temperatura e de umidade relativa nas áreas de irrigação.
- As condições de tempo interferem nos efeitos da irrigação, na umidade e na temperatura da foliosfera. Estes efeitos são mais pronunciados sob condições locais de alta temperatura, baixa umidade e forte radiação solar. Certamente, sob condições totalmente adversas à doença, nem a irrigação, nem a densidade de plantio ou o tipo de planta apresentarão efeitos significativos. Em estudos da forma de irrigação e seus efeitos na severidade de doenças, observou-se que as maiores baixas de temperatura e os maiores aumentos de umidade relativa aconteceram quando os valores nas áreas vizinhas, respectivamente para sem irrigação e com irrigação, eram de 29-32°C e 12-25% de umidade relativa. Quando os valores nas mesmas áreas vizinhas foram de 10-20°C e 80-90% de umidade relativa, a temperatura reduziu apenas em 1°C e a umidade relativa aumentou 2-3% (Rotem & Cohen, 1966). Sob o ponto de vista fitopatológico, o que importa são as temperaturas e a umidade da superfície foliar (Rotem & Palti, 1969). Também neste caso, quanto mais alta a temperatura e maior a radiação solar, maior o efeito da aspersão na queda da temperatura.
- Topografia do terreno. Em cultivos desenvolvidos em terrenos inclinados ou em solos arenosos, o processo de secamento superficial é mais rápido e, por conseqüência, mais rápido é o enxugamento das superfícies foliares e a diminuição da umidade na foliosfera.

### 11.1.2. Efeito da Irrigação na Planta

A ação da irrigação na planta e, por extensão, na incidência das doenças da parte aérea está relacionada ao excesso e ao déficit de água, fatores que podem predispor o feijoeiro à infecção e ao desenvolvimento das doenças. Como os cultivos irrigados são instalados principalmente em épocas ou regiões secas, a irrigação favorece o crescimento vigoroso da planta, estimulando as brotações, promovendo o alongamento dos ramos e, por conseqüência, maior sombreamento, diminuição da temperatura e prolongamento do período de alta umidade na foliosfera (Palti, 1981). Esses efeitos são mais pronunciados nas cultivares de hábito indeterminado que nas de hábito determinado ou precoces. Essa mudança de microclima na foliosfera, decorrente da irrigação, propicia, principalmente nas cultivares de ciclo indeterminado, a formação sucessiva de novos órgãos de crescimento, naturalmente mais suscetíveis a certas doenças, havendo, em conseqüência, o prolongamento do período de crescimento, expondo as cultivares, suas partes e órgãos suscetíveis aos patógenos por um período mais longo e, desta maneira, sujeitando-as a situações favoráveis a diferentes patógenos.

O excesso de água pode promover o surgimento de tecidos e cutículas muito delicados, vulneráveis ao ataque de bactérias e de outros patógenos dos tecidos mais tenros. As folhas baixas e partes inferiores do caule sofrem os efeitos do acúmulo de umidade facilitando a penetração dos agentes patogênicos. A turgidez das folhas e o orvalho favorecem principalmente doenças causadas por bactérias e fungos dos gêneros *Alternaria* e *Colletotrichum* (Riker, 1929; Diachun et al., 1944; Stakman & Harrar, 1957; Kenaga, 1974). As folhas mais velhas e mais suscetíveis a certos fungos localizam-se normalmente nas partes inferiores das plantas, mais úmidas e mais expostas aos patógenos e sob ótimas condições de ambiente para serem infectadas.

O excesso de água de irrigação pode também enfraquecer a planta através da formação de necroses, dificultando a absorção de água e de nutrientes, originando situações de deficiência de oxigênio e, desta forma, tecidos mais vulneráveis aos patógenos. O excesso de umidade pode dar origem à gutação. Os exsudatos emitidos durante as gutações podem favorecer a ocorrência de doenças (Duvdevani et al., 1946; Endo & Amacher, 1964; Rotem & Palti, 1969).

A predisposição da planta às doenças como conseqüência do déficit de água é mais comum e mais fácil de ser percebida. Aliás, esta predisposição ao ataque do patógeno pode ser resultado da falta ou do excesso de água ocorridos antes do contato do patógeno com o tecido suscetível (Duvdevani et al., 1946; Endo & Amacher, 1964; Palti, 1981).

Nas cultivares com grande potencial de produtividade, quando fertilizadas visando altas produções, a deficiência de água é significativamente prejudicial. Esta deficiência é também extremamente sentida pelas plantas nos estádios iniciais do desenvolvimento. Neste período, principalmente se ocorrerem ventos com freqüência, as folhas secam rapidamente, enfraquecem e, então, tornam-se vulneráveis a certos patógenos.

### 11.1.3. Efeito da Irrigação no Patógeno

A irrigação por aspersão favorece a dispersão do patógeno dentro da lavoura, removendo as estruturas infecciosas das folhas superiores para as inferiores, onde as condições de maior umidade podem facilitar o processo de infecção. Em alguns casos, como o da *Isariopsis griseola*, os esporos removidos das folhas para as partes mais baixas do caule causam lesões alongadas capazes de contribuir para o enfraquecimento da planta suscetível. Além disso, as infecções nos órgãos mais consistentes, como o caule e as vagens, favorecem a manutenção das estruturas infecciosas nos restos culturais por mais tempo, assegurando o inóculo inicial para o cultivo subsequente. A irrigação por aspersão igualmente facilita a precipitação dos esporos que estão no ar, colocando-os em contato com a superfície dos órgãos do hospedeiro.

Para causar doença, os esporos viáveis do patógeno, ao entrarem em contato com o tecido suscetível do hospedeiro, dependem, principalmente, de quão extenso é o período úmido necessário à germinação e à penetração até que o processo infeccioso se inicie. Este período está condicionado ao momento e à duração da irrigação, mais o tempo decorrido até que a folhagem ou órgão suscetível fique seco. Claro está, que a velocidade de secamento da superfície suscetível depende de fatores ligados ao clima, como pressão de vapor no ar, velocidade e freqüência dos ventos, nebulosidade e outros relacionados aos tratamentos culturais, como densidade de plantio, porte e hábito da cultivar utilizada.

Ao analisarem os fatores que influenciaram na incidência de podridões das vagens (*Botrytis cinerea*) através de um modelo de regressão múltipla, Johnson & Powelson (1983) concluíram que o número de infecções esporulantes antes da floração, o intervalo de irrigação, a duração acumulada do ponto de orvalho, devido à irrigação, e o tamanho da copa explicaram 82% das variações em percentagem de podridões de vagens, entre os campos.

A irrigação afeta a produção de esporos e, no caso de *Sclerotinia sclerotiorum*, promove a descarga das estruturas de infecção a partir dos órgãos de resistência, os escleródios. Em muitos casos, a irrigação após um dia úmido, ou por um período muito prolongado, facilita a esporulação.

A colisão das gotas caídas durante a irrigação por aspersão com os propágulos contidos na superfície foliar úmida, facilita a dispersão dos esporos que aderem às gotas recém-formadas. *Pseudomonas phaseolicola* (Walker & Patel, 1964) e possivelmente outras bactérias e fungos causadores de doenças foliares do feijoeiro são favorecidos por esse processo de dispersão. No caso de *Colletotrichum lindemuthianum*, os esporos que normalmente estão aderidos às lesões através de uma substância mucilaginosa são disseminados pelos respingos da irrigação.

Alguns fatores são importantes na efetividade da dispersão e infecção dos patógenos. Existem fungos cujos esporos são resistentes ao secamento, e outros, muito sensíveis. Como, na maioria dos casos, os esporos são formados à noite, a irrigação no início do dia favorecerá principalmente aqueles que são sensíveis, incapazes de manterem-se viáveis durante o dia, se este for seco. Fontes complementares de umidade, como o orvalho, podem prolongar o período úmido favorecendo a germinação, crescimento e penetração no tecido hospedeiro. A irrigação pela manhã encontrará maior quantidade de esporos no ar e nas folhas, favorecendo sua dispersão. Por outro lado, a irrigação ao fim da tarde ou no início da noite também terá como efeito o prolongamento do período úmido até a formação de orvalho, fornecendo tempo suficientemente longo para que o esporo germine, penetre e cause a infecção.

## **11.2. DOENÇAS CAUSADAS POR PATÓGENOS HABITANTES DO SOLO**

### **11.2.1. Efeitos da Irrigação no Solo**

A irrigação pode alterar algumas propriedades do solo, podendo contribuir na formação de crostas, no adensamento ou na compactação do solo. São fatores que facilitam ou dificultam o crescimento vertical das raízes do feijoeiro e o seu próprio cultivo. Estes efeitos e suas conseqüências no desenvolvimento da cultura dependem da característica de cada solo, quais sejam, textura, conteúdo de matéria orgânica e das características da cultivar, principalmente de sua área foliar. Os próprios tratos culturais levados a efeito na área, como tipo de preparo do solo e densidade de plantio, em combinação com as ações do clima, podem contribuir para a alteração do solo proporcionada pela irrigação, com reflexos no desenvolvimento de certas doenças. As condições do solo têm papel importante em todo o ciclo de vida dos fungos habitantes do solo e podem afetar a vulnerabilidade da planta ao mesmo.

### 11.2.2. Efeitos da Irrigação no Hospedeiro

Como no caso das doenças da parte aérea, a irrigação tem forte influência nas doenças causadas por fungos habitantes do solo. Na verdade, dentro deste grupo de patógenos, podem ser considerados aqueles causadores das doenças das raízes, do colo e do caule, quais sejam: *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, responsáveis pelas podridões das raízes; *Sclerotium rolfsii*, responsável pela podridão do colo; *Macrophomina phaseolina*, pela podridão cinzenta do caule; e *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, responsável pela murcha de *Fusarium*. Outro grupo é representado por dois fungos patogênicos que atacam toda a parte aérea do feijoeiro, causando duas doenças muito importantes, quais sejam: mela (*Thanatephorus cucumeris*) e mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Os efeitos da água de irrigação no feijoeiro dizem respeito à predisposição da planta ao ataque dos patógenos do solo, decorrente do excesso ou do déficit de água. A ação da umidade na planta está intimamente ligada àquelas decorrentes de outros fatores, como temperatura e nutrição, que por sua vez são fundamentais na perda ou na absorção de água pela planta. O excesso de água pode ser responsável pelo enfraquecimento da planta, ao inibir a absorção de nutrientes, inclusive reduzindo o teor de oxigênio no solo. Este enfraquecimento manifesta-se através do amarelecimento ou murcha da planta, tornando-a mais vulnerável ao ataque dos patógenos. A intensidade da murcha de *Fusarium* está associada ao processo de transpiração. O feijoeiro desenvolvido em condições de alta umidade no solo, alta temperatura e baixa umidade relativa do ar terá uma taxa de transpiração alta. Neste caso, o fluxo de água nos vasos é alto e, desta maneira, há maior ascensão dos microconídios através dos vasos. De modo geral, as doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii* e *Rhizoctonia solani* são favorecidas por solos úmidos. O mofo branco, embora causado por fungo do solo, está sujeito aos mesmos efeitos da irrigação na foliosfera e no hospedeiro a que estão as doenças causadas por fungos da parte aérea.

Quando foram adotados diferentes regimes de irrigação, o ataque de mofo branco foi maior na cultivar Great Northern Tara, de porte maior, que em Aurora, de porte menor, e as temperaturas foram consistentemente mais baixas nas folhas, na foliosfera e no solo, sob condições de irrigação mais intensa (Weiss et al., 1980a). As temperaturas de 10 a 25°C foram favoráveis ao desenvolvimento do mofo branco; no entanto, sob forte irrigação, a doença foi 13 vezes mais intensa do que sob irrigação normal, indicando que a duração das condições de alta umidade nas folhas é que limita o desenvolvimento da

doença, em vez da temperatura do ar (Weiss et al., 1980b). A reposição de 100% da evapotranspiração proporcionou o maior desenvolvimento do mofo branco (Burke, 1965). Houve um aumento significativo na produção em decorrência da irrigação mais intensa em área infestada com *F. solani*, f. sp. *phaseoli*; entretanto, os danos por *S. sclerotiorum* foram maiores com o aumento da irrigação em solos livres de *F. solani*, e foram pequenos em solos infestados com *F. solani* (Miller & Burke, 1986). Quando três cultivares de feijoeiro foram submetidas a três regimes de irrigação, em solos infestados com *M. phaseolina*, obteve-se o maior número de plantas sadias no regime de maior número de irrigações (Miller & Burke, 1986).

O déficit de água predispõe as plantas do feijoeiro às doenças causadas por *Macrophomina phaseolina* e *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. Esses patógenos são mais eficientes em solos com teores de umidade inferiores àqueles considerados desejáveis para o bom desenvolvimento da planta, embora o *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* possa ser altamente patogênico também em solos com excesso de água, desde que suficiente para tornar a planta debilitada e suscetível (Miller & Burke, 1975).

A irrigação aplicada freqüentemente e a baixas taxas pode ocasionar déficits temporários no fim de cada intervalo de irrigação. Este processo promove a formação de raízes superficiais, já que a planta fica dependente da umidade superficial que acaba rapidamente e, como resultado, as raízes ficam mais próximas de patógenos habitantes do solo.

Plantios muito densos podem levar as plantas ao estresse hídrico que, combinado a outros fatores estressantes decorrentes da competição, podem torná-las mais suscetíveis a *F. solani* f. sp. *phaseoli* (Burke, 1965).

Em cultivos irrigados de feijoeiro conduzidos em solos ondulados foi possível observar a presença de *F. solani* f. sp. *phaseoli*, nas plantas localizadas nos declives, e de *S. sclerotiorum*, nos pontos mais baixos. Os declives estavam sujeitos à maior ventilação, e as plantas, mais estressadas; nos pontos mais baixos observava-se o acúmulo excessivo de umidade. Tem sido evidenciado que a incidência de *M. phaseolina* é mais comum nos solos arenosos de regiões quentes, enquanto *F. solani* f. sp. *phaseoli* e *R. solani* prevalecem em solos argilosos ou argilo-arenosos. Em experimentos conduzidos no CNPAF, os índices de podridão cinzenta do caule, causada por *M. phaseolina* em feijoeiro, foram maiores quando as plantas, após um ataque forte de mela (*T. cucumeris*), sofreram um período de estiagem. Nos canteiros preparados com grade, esses índices foram maiores que nos canteiros preparados com arado de aiveca. Foi

possível observar o crescimento e boa produção de plantas de feijoeiro num plantio irrigado em locais do solo onde houve alto índice de podridão das raízes por *F. solani* f. sp. *phaseoli* no plantio anterior. Possivelmente, o bom preparo do solo, a rotação de cultura e um adequado manejo da irrigação dificultaram nova infestação pelo patógeno.

### 11.2.3. Efeitos da Irrigação no Patógeno e na Microflora do Solo

O principal efeito da irrigação nos plantios feitos em estações secas é a eliminação do período de “dormência”, ou estruturas de resistência, que permitem aos patógenos sobreviverem durante as condições adversas. Certos patógenos, como *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotium rolfsii*, têm nos escleródios as suas estruturas de resistência, as quais necessitam de um certo tempo de acondicionamento antes de germinarem e iniciarem o processo de infecção.

Na estação seca, estando satisfeitas outras condições básicas como de temperatura e de umidade, a irrigação pode interromper este período de acondicionamento e enfraquecer os escleródios, tornando-os mais vulneráveis aos microorganismos antagonísticos habitantes do solo. Por outro lado, nos cultivos instalados de abril a junho, ou seja, durante as estações mais frias, a germinação e a formação de estruturas infectivas são favorecidas. São justamente as temperaturas mais baixas, aliadas a condições de alta umidade, que permitem o aparecimento do mofo branco causado por *S. sclerotiorum*. As condições ótimas para a formação dos apotécios e, conseqüentemente, dos ascósporos, estruturas infecciosas iniciais, são alta umidade do solo, ou seja, potencial matricial de água no solo de -25KPa e temperatura de 25°C ou menos. No caso de escleródios de *S. rolfsii*, a germinação é lenta quando a umidade relativa é inferior a 99%, sendo o mínimo para o seu crescimento de 96-98%. Provavelmente, o escleródio será mais ativo em situações onde hajam alta umidade e forte sombreamento (Palti, 1981). Patógenos pertencentes aos gêneros *Phytium*, *Phytophthora*, *Aphanomyces* e outros considerados fungos aquáticos ou semi-aquáticos são naturalmente favorecidos por solos úmidos (Garrett, 1944).

O sistema de irrigação tem um efeito primordial na dispersão dos esporos dos patógenos. A irrigação por aspersão dispersa os fungos do solo através de respingos. A irrigação por sulco pode ser responsável pelo transporte de estruturas de patógeno de um local para outro. No entanto, a irrigação por aspersão tem uma importância maior na incidência de doenças no feijoeiro,

pela diversidade de ações relacionadas a fatores favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento das mesmas. Ela umedece toda a superfície do solo e das folhas, produz respingos efetivos na dispersão das estruturas patogênicas, conduz os esporos das folhas superiores até as inferiores ou partes mais baixas das plantas e, portanto, mais úmidas, e ainda lava os fungicidas e outros defensivos das folhas (Rotem & Palti, 1969).

A irrigação tem um efeito significativo nas atividades dos microorganismos e microfauna do solo, que podem ser antagônicas ou competitivas. O déficit de água, ao reduzir as atividades destes microorganismos, pode favorecer o desenvolvimento de fungos do solo como *M. phaseolina*, *R. solani*, entre outros. A irrigação aumentou muito a proporção de afídeos mortos por *Erynia neoaphids*, confirmando as proposições segundo as quais este fungo seria limitado por condições de seca (Wilding et al., 1986).

### **11.3. EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA ATRAÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE INSETOS VETORES E OUTROS HOSPEDEIROS**

As áreas irrigadas do feijoeiro, por serem conduzidas durante o período seco, apresentam-se como verdadeiras “ilhas verdes” distribuídas entre a vegetação seca. Desta maneira, constituem-se em pontos de atração para insetos vetores de agentes fitopatogênicos e para outros insetos danosos ao cultivo. A irrigação, ao promover o crescimento de plantas daninhas dentro da lavoura ou em torno dela, as quais podem ser hospedeiras de patógenos, intensifica a multiplicação destes patógenos e prolonga a sua viabilidade, ao permanecerem nos tecidos que continuarão no local após a colheita.

O cultivo de feijoeiro em áreas próximas ou em seqüência ao cultivo de soja está exposto ao ataque de mosca branca (*Bemisia tabaci*), principal vetor do vírus do mosaico dourado. No primeiro caso, a migração pode ocorrer em decorrência do envelhecimento das plantas de soja, que se tornam menos preferidas pelo vetor que as plantas mais tenras do feijoeiro. No segundo caso, as plantas de soja emergentes no campo após a colheita servem como hospedeiras da mosca branca, infestantes do novo plantio de feijoeiro.

Essas áreas irrigadas são também importantes como multiplicadoras e como fontes de disseminação de patógenos e dispersão de vetores. Tornam mais próximas, no tempo e no espaço, as áreas onde são multiplicados e de onde são disseminados tais agentes fitopatogênicos.

#### 11.4. MANEJO DA IRRIGAÇÃO PARA O CONTROLE DAS DOENÇAS DO FEIJOEIRO

Para serem eficientes, as ações de controle das doenças de uma cultura qualquer devem ser abrangentes e incluir a escolha do local, levando em consideração o solo e o clima. Se estes forem apropriados, a cultivar deverá ser adaptada a fim de que, recebendo os tratamentos recomendados, cresça com vigor e, por consequência, com maior resistência a doenças e com possibilidades de manifestar todo o seu potencial em produtividade. Os demais cuidados referem-se à escolha das sementes e à adoção de práticas culturais capazes de evitar a entrada de patógenos, a sua disseminação e o progresso das doenças. As práticas culturais nem sempre são as mesmas para diferentes locais; por isso, para que a previsão e a decisão sejam as mais adequadas possíveis, as recomendações devem ser decorrentes de conhecimentos sobre as causas e fatores. Além disso, no controle das doenças, devem ser levados em consideração os nematóides, as plantas daninhas e os insetos, vetores ou não de doenças. Somente quando todos esses aspectos forem observados, a aplicação de fungicidas será econômica e eficiente no controle das doenças.

O manejo da irrigação é um dos fatores mais importantes no controle das doenças do feijoeiro irrigado. O sistema de irrigação por aspersão, apesar de ser o mais favorável às doenças, é o mais utilizado. No suprimento de água visando manejar as doenças do feijoeiro devem ser observados alguns cuidados, tais como:

- Manter uniforme o suprimento de água, evitando excesso ou déficit. A frequência de irrigação deve estar associada ao “tipo” de solo, ao preparo do solo e ao clima, dependendo também do porte ou hábito da cultivar, da adubação, e da densidade de plantio. Maior área foliar decorrente da densidade de plantio e do porte da planta dará origem a maior taxa de transpiração e, por conseguinte, ao maior suprimento de água. Na maioria das situações, é preferível a irrigação a intervalos maiores com maior quantidade de água do que a menores intervalos e menor quantidade de água.
- Observar o estágio de desenvolvimento das plantas. As plantas de feijoeiro, durante os seus primeiros estágios de desenvolvimento, incluindo germinação e emergência, são muito suscetíveis, principalmente aos patógenos habitantes do solo. Para minimizar tal problema, uma das técnicas recomendadas consiste em irrigar o

so antes da sementeira e fazer o plantio quando a superfície estiver seca. Assim, as plantas germinarão através da superfície seca, pouco apropriada aos fungos do solo. Nos locais onde prevalecem solos arenosos e clima quente, condições ótimas ao ataque de *M. phaseolina*, a irrigação deve ser contínua a fim de evitar o secamento da superfície do solo. A irrigação também pode ser reduzida à medida que as plantas iniciam o estágio de maturação e senescência, tanto pela menor exigência natural de água quanto para minimizar os efeitos das doenças foliares que são freqüentes nos tecidos mais velhos.

- Minimizar as horas de umidade nas folhas. A irrigação durante a noite, quando possível, é preferível, por coincidir com o período em que as folhas estão naturalmente úmidas pelo orvalho. Quando não for possível irrigar à noite, deve-se evitar a irrigação antes que o orvalho da noite anterior tenha secado, ou planejar seu início em horário que permita a interrupção em tempo suficiente para que as folhas sequem antes da formação do orvalho da noite seguinte. Quanto mais longo o período de orvalho, mais tempo os esporos terão para germinar, crescer e completar todo o processo de infecção.

## 12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLMARAS, R.R.; BURWELL, R.E.; VOORHEES, W.B.; LARSON, W.E. Aggregate size distribution in the row zone of tillage experiments. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 29, p.645-650, 1965.
- ARAUJO, R.S. Fixação biológica do nitrogênio em feijão. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Eds). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.91-120. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 44).
- BARRIGOSI, J.A.; CHANDLER, L.; LOPES, N.F. Resposta fisiológica do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao forate e suas consequências entomológicas. IV. Efeito sobre as pragas e a produção da cultura, no plantio da "seca". **Revista Ceres**, Viçosa, v.35, n.200, p.370-387, 1988.
- BARROS, L.C.G.; HANKS, R.J. Evapotranspiration and yield of beans as affected by mulch and irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.692-697, 1993.

- BERGAMASCHI, H.; OMETTO, J.C.; VIEIRA, H.J.; ANGELOCCI, L.R.; LIBARDI, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro. II. Balanço de energia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.7, p.745-757, 1988.
- BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; LIBARDI, P.L.; OMETTO, J.C.; ANGELOCCI, L.R. Deficiência hídrica em feijoeiro. III. Evapotranspiração máxima e relações com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a evaporação do tanque "Classe A". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.4, p.387-392, 1989.
- BHUSHAN, L.S.; VARADE, S.B.; GUPTA, C.P. Influence of tillage practices on clod size, porosity and water retention. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v.43, p.466-471, 1973.
- BISCONER, I. **Chemigation with micro-irrigation systems: an overview with design considerations**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineer, 1986. 12p. (ASAE. Paper, 86-2583).
- BONETTI, R.; MONTANHEIRO, M.N.S.; SAITO, S.M.T. The effects of phosphate and soil moisture on the nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.103, n.1, p.95-102, 1984.
- BRUST, G.E.; HOUSE, G.J. Effects of soil moisture, texture, and rate of soil drying on egg and larval survival of the southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.19, n.3, p.697-703, 1990a.
- BRUST, G.E.; HOUSE, G.J. Influence of soil texture, soil moisture, organic cover, and weeds on oviposition preference of southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.19, n.4, p.966-971, 1990b.
- BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D'A. de; ROSTON, A.J. A cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo. In: BULISANI, E.A. (Coord). **Feijão: fatores que afetam a produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.29-88.
- BURKE, D.W. Plant spacings and *Fusarium* root rot of beans. **Phytopathology**, St. Paul, v.55, p.757-759, 1965.
- BUSHBY, H.J.A. Ecology. In: BROUGHTON, W.J. (Ed). **Nitrogen fixation: Rhizobium**. Oxford: Clarendon Press, 1982. v.2. p.35-75.

- CHANDLER, L. Crop life table studies of the pests of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at Goiânia, Goiás. **Revista Ceres**, Viçosa, v.31, n.176, p.284-298, 1984.
- CHAVES, R.S. **Sistemas de preparo do solo para milho (*Zea mays* L.) em um podzólico vermelho-amarelo câmbico, fase terraço da Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1977. 31p. Tese Mestrado.
- COCHRAN, D.L.; THREADGILL, E.D.; YOUNG, J.R. **Use of center pivot simulator for chemigation research**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineer, 1984. 9p. (ASAE. Paper, 84-2099).
- COPPEL, H.C.; MERTINEZ, J.W. **Biological insect pest suppression**. New York: Springer Verlag, 1977. 316p.
- CRUZ, I; WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A. Manejo de pragas na cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.14, n.164, p.21-26, 1990.
- DIACHUN, S.; VALLEAU, W.D.; JOHNSON, E.M. Invasion of water soaked tobacco leaves by bacteria, solutions, and tobacco-mosaic virus. **Phytopathology**, St. Paul, v.34, p.250-253, 1944.
- DUVDEVANI, S.; REICHERT, I.; PALTÍ, Y. The development of downy and powdery mildew of cucumbers as related to dew and other environmental factors. **Palestine Journal of Botany, Rehovot Series**, Jerusalém, v.5, p.127-151, 1946.
- ENDO, R.M.; AMACHER, R.H. Influence of guttation fluid on infection structures of *Helminthosporium solinianum*. **Phytopatology**, St. Paul, v.54, p.1327-1334, 1964.
- FLINT, M.L.; BOSCH, R. van den. **Introduction to integrated pest management**. New York: Plenum Press, 1987. 240p.
- FRIZZONE, J.A.; OLLITA, A.F.L.; PEREIRA, G.T. Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso do nitrogênio e lâmina de irrigação: I. Região de produção racional. **ITEM**, Brasília, n.28, p.26-32, 1987.
- GARRETT, S.D. **Root disease fungi**. Walthman: Chronica Botanica, 1944. 177p.

- GIBSON, A.H.; DREYFUS, B.L.; DOMMERGUES, Y.R. Nitrogen fixation by legumes in the tropics. In: DOMMEERGUES, Y.R.; DEM, H.G. (Eds). **Microbial of tropical soils and plant productivity**. The Hague: Junk, 1982. p.37-74.
- GROHMANN, F.; ARRUDA, H.V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da terra roxa legítima. **Bragantia**, Campinas, v.20, p.1203-1209, 1961.
- GUIMARÃES, C.M. **Características morfo-fisiológicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) relacionadas com a resistência à seca**. Campinas: UNICAMP, 1992. 131p. Tese Doutorado.
- 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., 1982, Goiânia. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.133-137. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).
- GUSTAFSON, D.I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Elmsford, v.8, p.339-357, 1989.
- HAMDI, Y.A. Soil-water tension and the movement of rhizobia. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.3, p.121-126, 1971.
- HEITWING, K. von; LEIDERMAN, L.; SANTOS, C.A.L. dos; GRASSI, N. Dissipação dos herbicidas no solo. **O Biológico**, São Paulo, v.40, p.11-21, 1974.
- HESS, F.D. Translocation. In: HERBICIDE action course. West Lafayette: Purdue University, 1990. p.18-27.
- JOHNSON, A.W.; YOUNG, J.R.; THREADGILL, E.D.; DOWLER, C.C.; SUNER, D.R. Chemigation for crop management. **Plant Disease**, St. Paul, v.70, n.11, p.998-1004, 1986.
- JOHNSON, K.B.; POWELSON, M.L. Influence of prebloom disease establishment by *Botrytis cinerea* and environmental and host factors on gray mold pod rot of snap beans. **Plant Disease**, St. Paul, v.67, n.11, p.1198-1202, 1983.
- KENAGA, C.B. **Principles of plant pathology**. 2.ed. Prospect Heights: Illinois Waveland Press, 1974. 402p.

- LIE, T.A. Environmental physiology of the legume. In: BROUGHTON, W.J. (Ed). **Nitrogen fixation: ecology**. Oxford: Clarendon Press, 1981. v.1. p.104-134.
- MAC DONALD, P.J.; ELLIS, C.R. Survival time of unfed, first-instar western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) and the effects of soil type, moisture, and compaction on their mobility in soil. **Environmental Entomology**, Lanham, v.19, n.3, p.666-671, 1990.
- 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**, Alexandria, v.107, n.2, p.286-290, 1982.
- MAHTAB, S.K.; GODFREY, C.L.; SWOBODA, A.R.; THOMAS, G.W. Phosphorus diffusion in soils: I. The effect of applied P, clay content, and water content. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.36, p.393-397, 1971.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MARRONE, P.G.; STINNER, R.E. Effects of soil moisture and texture on oviposition preference of the bean leaf beetle, *Cerotoma trifurcata* (Foster) (Coleoptera: Coccinellidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.12, n.2, p.426-428, 1983.
- MILLER, D.E.; BURKE, D.W. Temporary excessive soil moisture predisposes bean to *Fusarium* root rot. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 18, p. 48-49, 1975.
- MIRANDA, N. O. **Alterações físicas nos solos podzólico vermelho amarelo e latossolo vermelho escuro submetidos a diferentes condições de preparo reduzido**. Santa Maria: UFSM, 1986. 64p. Tese Mestrado.
- OGG, A.G., Jr.; DOWLER, C.C.; MARTIN, A.R.; LANGE, A.H., HEIKES, P.E. **Application of herbicides through irrigation systems**. Washington: USDA, 1983. 8p.
- OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, J.J.S. e. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.3 17-322, 1990.

- OLIVEIRA, S.H.F.; OLIVEIRA, D.A.; RECCO, C.A.V.; SUGAHARA, E. Avaliação comparativa da fungigação e aplicação convencional de fungicidas para controle de *Sclerotinia sclerotiorum* em feijoeiro. **Summa Phytopatologica**, Jaguariúna, v.19, p.45, 1993. (Resumo).
- OLIVEIRA, S.H.F.; RECCO, C.A.V.; OLIVEIRA, D.A. Eficiência comparativa da fungigação e aplicação convencional de fungicidas no controle de oídio e mancha de *Alternaria* em feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.17, p.67-70, 1992a.
- OLIVEIRA, S.H.F.; RECCO, C.A.V.; OLIVEIRA, D.A. Efeito comparativo da aplicação de fungicidas por pivô central e método convencional para o controle de doenças e produtividade do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.17, p.20, 1992b. (Resumo).
- PAIVA, J.B.D. de. **Uniformidade de aplicação de água abaixo da superfície do solo utilizando irrigação por aspersão**. São Carlos: USP, 1980. 333p. Tese Mestrado.
- PALTI, J. **Cultural practices and infectious crop diseases**. Berlin: Springer-Verlag, 1981. 243p. (Advanced Series in Agricultural Sciences, 9).
- PATE, J.S. Physiology of the reaction of nodulated legumes to environment. In: NUTMAN, P. S. (Ed). **Symbiotic nitrogen fixation in plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. p.335-360.
- PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F. Nitrogen fixation by legumes in tropical and subtropical agriculture. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.44, p. 156-223, 1990.
- PINTO, N.F.J.A.; COSTA, E.F. da.; RIBEIRO, E.A. Aplicação de fungicidas via água de irrigação por aspersão para o controle da ferrugem *Uromyces phaseoli* var. *typica*, em feijoeiro. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). **Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo: 1988-1991**. Sete Lagoas, 1992. p.47-48.
- RECCO, C.A.V.; OLIVEIRA, S.H.F. Observações sobre aplicação de fungicidas via pivô central vs. trator, na cultura do feijão. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 4., 1991, Campinas. **Anais**. Campinas: Secretaria da Agricultura, 1991. p.10.
- REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. Piracicaba: McGraw-Hill, 1978. 119p.

- RIKER, A.J. Studies in influence of environment on infection by certain bacterial plant parasites. **Phytopathology**, St. Paul, v.19, p.96, 1929. (Abstract).
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 91p. (Boletim Técnico, 8).
- ROTEM, J.; COHEN, Y. The relationship between mode of irrigation and severity of tomato foliage diseases in Israel. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v.50, p.635-639, 1966.
- ROTEM, J.; PALTÍ, J. Irrigation and plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.7, p.267-288, 1969. 56
- SAITO, S.M.T.; BONETTI, R.; URQUIAGA, S.; VICTÓRIA, R.L. Nodulação e utilização de nitrogênio e fósforo em duas variedades de *Phaseolus vulgaris* sob déficit de água. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.316. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).
- SAITO, S.M.T.; MONTANHEIRO, M.N.S.; VICTÓRIA, R.L.; REICHARDT, K. The effects of N fertilizer and soil moisture on the nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.103, n.1, p.87-93, 1984.
- SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Eficiência de fungicidas aplicados pelo método de fungigação no controle da mancha angular (*Isariopsis griseola* Sacc.) do feijoeiro comum. **Summa Phytopatologica**, Jaguariúna, v.20, p.51, 1994. (Resumo).
- SCOYOC, G.E.V.; AHLRISCHS, J.L. Fate of herbicide in soil. In: HERBICIDE action course. West Lafayette: Purdue University, 1990. p.353-372.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F. Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento nas culturas de verão, em latossolo roxo distrófico. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, n.9, p.4-5, 1984.
- SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C.; DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an oxisol. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, 9., 1982, Osijek, Yugoslavia. **Proceedings**. [s.l.]: ISTRO, 1982. p.537-574.

- SILVEIRA, P.M. da; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p.63-67, 1990.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ESAL, 1988. 236p.
- SPRENT, J.I. Nitrogen fixation by legumes subjected to water and light stresses. In: NUTMAN, P. S. (Ed.) **Symbiotic nitrogen fixation in plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. p.405-420.
- STAKMAN, E.C.; HARRAR, J.G. **Principles of plant pathology**. New York: Ronald Press, 1957. 581p.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta de duas cultivares de feijão a diferentes lâminas de irrigação, sob diferentes preparos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos expandidos**. Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p.1743-1745.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.6, p.939-954, 1994.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. **Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 49p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 55).
- VIANA, P.A.; COSTA, E.F. Efeito da umidade do solo sobre a seleção do local de postura pela mariposa da lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*) In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). **Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**: período 1992-1993. Sete Lagoas, 1994. p.63-64.
- VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1983. 23 lp.
- VIEIRA, M.J. O preparo do solo e o comportamento da planta. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, n.5, p.4-5, 1984.
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, 1981. p.18-32. (IAPAR. Circular, 23).

- VIEIRA, R.F. Introdução à quimigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Eds). **Quimigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.13-39.
- VIEIRA, H.J.; LIBARDI, P.L.; BERGAMASCHI, H.; ANGELOCCI, L.R. Comportamento de duas variedades de feijoeiro sob dois regimes de disponibilidade hídrica no solo. I. Extração de água do solo e evapotranspiração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.165-176, 1989.
- WALKER, J.C.; PATEL, P.N. Splash dispersal and wind as factors in epidemiology of halo blight of bean. **Phytopathology**, St. Paul, v.54, p.140-141, 1964.
- WEISS, A.; HIPPS, L.E.; BLAD, B.L.; STEADMAN, J.R. Comparison of within - canopy microclimatate and white smold disease as influenced by canopy structure and irrigation. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.22, p.11-21, 1980a.
- WEISS, A.; KERR, E.D.; STEADMAN, J.R. Temperature and moisture influences on development of white mold disease (*Sclerotinia sclerotiorum*) on great northern beans. **Plant Disease**, St. Paul, v.64, n.8, p.757-759, 1980b.
- WEISS, M.J.; MAYO, Z.B.; NEWTON, J.P. Influence of irrigation practices on the spatial distribution of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs in the soil. **Environmental Entomology**, College Park, v.12, n.4, p.1293-1295, 1983.
- WILDING, N.; MARDELL, S.K.; BROBYN, P.Y. Introducing *Erynia neoaphids* into a field population of *Aphids fabar* form of the viruculum and effect of irrigation. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v.108, p.373-385, 1986.

---

## LEIA TAMBÉM

“Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação”  
(Documentos, 55)

“Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central” (Circular Técnica, 27)

### Solicite seu exemplar à:

EMBRAPA-CNPAF  
SETOR DE MARKETING E COMERCIALIZAÇÃO  
Caixa Postal 179  
Fax: (062) 212-2960  
74001-970 Goiânia, GO

---

**ASTRO**

GRÁFICA E EDITORA LTDA.

FONE: (062) 202-1710  
FAX: (062) 202-1828

