UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
E.S.A. "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA

# FEIJÃO IRRIGADO

PIRACICABA-SP
1991

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
E.S.A. "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA

# FEIJÃO IRRIGADO

(2ª edição)

DOI: 10.11606/9788586481970

A.L. FANCELLI
D. DOURADO NETO
(*editores*)

PIRACICABA-SP
1991

**Catalogação na Publicação**
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Feijão irrigado [recurso eletrônico] / editores Antônio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto. - - 2. ed. .- - Piracicaba : ESALQ/Departamento de Produção Vegetal, 1991.
266 p. : il.

ISBN: 978-85-86481-97-0
DOI: 10.11606/9788586481970

1. Feijão 2. Irrigação I. Fancelli, A. L., ed. II. Dourado Neto, D., ed. III. Título

CDD 635.652

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons

## APRESENTAÇÃO

No Brasil, a cultura do feijoeiro reveste-se de elevada importância, sob o ponto de vista sócio-econômico, já que o feijão é considerado a principal fonte de proteína das camadas de baixo poder aquisitivo e, juntamente com o arroz, consiste na base de alimentação do nosso povo.

Em detrimento desse fato, a referida cultura não vem merecendo por parte das autoridades governamentais a devida atenção e a contemplação de diretrizes políticas favoráveis no sentido de se reverter a atual tendência de significativos desequilíbrios entre a oferta e a demanda do mencionado produto.

Face à essa problemática, apesar do Brasil situar-se entre os principais produtores mundiais, a oferta de feijão encontra-se estabilizada em torno de 2,0 a 2,5 milhões de toneladas anuais, assentada em pouco mais de 5 milhões de hectares.

Tal situação, em função da crescente demanda, tem suscitado drástica redução no consumo desse produto, passando de 28 kg/habitante/ano (1970), para cerca de 10 kg/habitante/ano (1988).

Assim, destaca-se como uma das mais importantes estratégias relacionadas à mudança do atual panorama da cultura de feijão no Brasil, os sistemas irrigados de produção (3ª época). Há já visto que, culturas adequadamente conduzidas, dentro de um ajustado padrão tecnológico, possibilitam a expressão do potencial produtivo da espécie, que oscila em torno de 3.000 kg/ha a 3.500 kg/ha.

Desta feita, a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", através de seu Departamento de Agricultura, vem por intermédio da presente publicação promover uma discussão mais ampla sobre o assunto; propiciar o levantamento de subsídios relevantes para o processo de tomada de decisão, bem como contribuir para a proposição de eventuais soluções e sistemas eficientes de produção dessa importante espécie alimentícia.

**Antonio Luiz Fancelli**

## CONTEÚDO

FENOLOGIA E EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS DO FEIJOEIRO
**Antonio Luiz Fancelli** ..... 7

PRINCIPAIS PROBLEMAS DA CULTURA DO FEIJOEIRO IRRIGADO
**Eduardo Antonio Bulisani** ..... 25

CULTIVARES DE FEIJOEIRO E ATUAIS DIRETRIZES PARA O MELHORAMENTO
**Antonio Sidney Pompeu** ..... 31

CALCÁRIO E USO DO GESSO NA CULTURA DO FEIJOEIRO
**Godofredo Cesar Vitti & Valter Casarin** ..... 38

FUNGOS DE SOLO NA CULTURA DO FEIJOEIRO IRRIGADO
**José Emilson Cardoso** ..... 61

PRINCIPAIS DOENÇAS DA PARTE AÉREA DO FEIJOEIRO COMUM E SEUS CONTROLES
**Aloisio Sartorato** ..... 71

PRAGAS DA CULTURA DE FEIJÃO IRRIGADO
**José Djair Vendramim** ..... 86

APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES E HERBICIDAS VIA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO
**Pedro César Soares Maia; José Antônio Frizzone; Durval Dourado Neto** ..... 96

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS COMPONENTES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO
**Durval Dourado Neto** ..... 110

ASPECTOS PRÁTICOS DO MANEJO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.): O exemplo do Município de Guaíra - SP
**Antonio Melhem Saad & Paulo Leonel Libardi** ..... 118

MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS IRRIGADAS
**José Laércio Favarin & Geraldo Victorino de França**..... 131

A ADUBAÇÃO DO FEIJOEIRO SOB IRRIGAÇÃO
**Ciro Antonio Rosolem**..... 163

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO FEIJOEIRO
**Ricardo Victória Filho**..... 201

MANEJO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)
**Durval Dourado Neto**..... 210

TRATAMENTO DE SEMENTES
**José Otavio M. Menten**..... 232

ADUBAÇÃO VERDE
**Antonio Luiz Fancelli**..... 254

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA ELABORAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO EM CULTURAS ANUAIS E PERENES: APLICAÇÃO EM FEIJÃO
**Quirijn de Jong van Lier & Durval Dourado Neto**..... 260

# FENOLOGIA E EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS DO FEIJOEIRO

**Antonio Luiz Fancelli**[1]

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão constitui-se num dos alimentos básicos e na fonte de proteína acessível do povo brasileiro e de grande parte da América Latina, além de apresentar elevado conteúdo energético, quando comparado a outros gêneros alimentícios. Seu teor de proteínas varia de 15 a 33%, sendo que a maioria dos cultivares nacionais evidenciam composição aproximada de 20 a 25% desses compostos.

A cultura do feijão, além das sementes, também possibilita o consumo de vagens verdes, ou seja, aquelas que ainda não atingiram a maturidade, o que representa típica fonte de alimento de inúmeras regiões produtoras dessa leguminosa.

Atualmente, apesar do Brasil se constituir no principal produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), verifica-se que a oferta do produto encontra-se estacionada, e consequentemente, o consumo per capita tem experimentado drástica redução (26 kg per capita - 1970 para 12 kg per capita - 1986). Tais fatos podem ser reflexos de inúmeros problemas relacionados à política agrícola desfavorável; atual situação sócio-econômica, bem como ao emprego de tecnologias padronizadas e de caráter reducionista ou simplista.

Assim, o estabelecimento de estratégias de manejo condizentes com a complexicidade da cultura e o devido apoio governamental em seus mais diferentes aspectos, poderão contribuir significativamente para o seu pleno desenvolvimento.

## 2. CARACTERÍSTICAS DA PLANTA

O gênero *Phaseolus* inclui, atualmente, cerca de 35 espécies, das quais quatro delas apresentam importância econômica, ou seja: **1)** Feijão Escarlate (*P. coccineus*), que apresenta grãos grandes e glo bosos, sendo cultivado em regiões de altitudes elevadas; **2)** Feijão Tapari (*P. acutifolius*) que possui sementes e folhas pequenas, sendo bastante comum nos Estados Unidos; **3)** Feijão Lima (*P. lunatus*), no

[1] Engº Agrº; MS; Dr. e Prof. do Departamento de Agricultura - ESALQ/USP. Caixa Postal 09, CEP 13400, Piracicaba-SP.

qual se evidencia a grande variabilidade de tamanhos e formas de sementes, além de excelente adaptação a temperaturas mais elevadas, sendo comumente cultivado no Peru, Bolívia e Equador e 4) Feijão cumum (*P. vulgaris*) que apresenta baixa tolerância a trópicos úmidos e se constitui no tipo de feijão mais difundido e de uso mais generalizado no mundo e, principalmente, no Brasil.

A espécie *Phaseolus vulgaris* também apresenta acentuada variação de hábitos de crescimento, formas de sementes, cores de tegumento e textura de vagens devido à intensa pressão de seleção e a expansão de cultivo a distintas faixas de temperatura ocorridas na América Central e América do Sul, desde a sua domesticação.

O feijoeiro comum é uma planta anual, herbácea, pubescente, com folhas trifoliadas e ciclo vegetativo entre 75 e 120 dias, podendo apresentar, em termos ontogenéticos, dois tipos de hábitos de crescimento; **a)** hábito de crescimento determinado, caracterizado pela presença de inflorescência terminal no talo principal, e **b)** hábito de crescimento indeterminado, caracterizado pela continuidade da emissão de ramos vegetativos (crescimento) mesmo após a floração.

Seu sistema radicular, predominantemente, apresenta natureza pivotante e distribuição superficial (80 a 90% das raízes encontram-se localizadas nos primeiros 20 cm do solo), embora possa atingir profundidade correspondente a 1 m. Alguns fatores relacionados às características do solo, tais como a estrutura, a porosidade, o grau de aeração, a capacidade de retenção de umidade, temperatura, fertilidade, acidez, concentração de alumínio e manganês, presença de matéria orgânica e camadas de compactação de sub-superfície, podem influenciar sobremaneira a conformação, tamanho e distribuição do sistema radicular do feijoeiro.

Ainda, como membro da subfamília Papilionoideae, o feijoeiro comum apresenta, normalmente, nódulos distribuídos nas raízes laterais da parte superior e média de seu sistema radicular que, em função das condições de ambiente, podem se encontrar inativos.

Suas folhas são trifoliadas, exceção feita às folhas primárias, apresentando folíolos inteiros, ovalados e triangulares, porém sem aurículas, estando inseridas nos nós dos talos e ramos laterais, através dos pecíolos. O número, cor e pilosidade das folhas compostas (trifoliadas) são variáveis em função do cultivar, idade da planta e condições ambientais.

O feijoeiro, predominantemente, reproduz-se por autofecundação (autogamia), o que é favorecido pela sua morfologia floral, isto é, as anteras estão localizadas ao mesmo nível do estigma e ambos encontram-se completamente envolvidos por uma das pétalas modificadas, denominada quilha. Quando se processa a deiscência das anteras (ante-se), o pólen atinge diretamente o estigma. Todavia, taxas de cruza-

mentos naturais oscilando entre 0,2 a 10% podem ser observados, culminando principalmente, em significativos transtornos à produção de sementes. Taxas elevadas de cruzamentos têm sido, frequentemente, atribuídas à presença de tripes associada à cultura do feijão.

Ainda, a referida planta produz número elevado de flores, muito acima daquele possível de ser sustentado, em decorrência da acentuada queda natural de flores, característica dessa espécie, a qual oscila entre 40 e 75%, que é função de sua estreita interação climática.

Os frutos do feijoeiro são do tipo vagem constituída basicamente por um par de valvas, apresentando-se normalmente achatados e ligeiramente curvados, com comprimento variável entre 8 e 12 cm, encerrando em seu interior cerca de 4 a 10 sementes. Na união das duas valvas aparecem duas suturas, uma delas denominada de sutura placental, que se localiza na região dorsal da vagem e a outra presente na região inferior do fruto determinada como sutura ventral. A conformação dessas duas suturas são muito importantes no processo da deiscência e, consequentemente, na caracterização dos cultivares, evidenciando sua aptidão para a produção e consumo de grãos secos ou vagens verdes.

A semente do feijoeiro é exalbuminosa, com germinação epígea, podendo exibir inúmeras cores e formas, (com predomínio da reniforme); cujo conjunto de 100 unidades podem pesar de 15 a 58 g. A semente está constituída, basicamente, pela testa ou tegumento (6 a 9%), par de cotilédones (90 a 92%) e pelo embrião (1 a 1,5%). O complexo plúmula-radícula (embrião) está situado entre os cotilédones, a um lado do grão junto à testa, que o torna sobremaneira sensível a danificações mecânicas. Ainda, as sementes de feijão, apresentam notória tendência à redução de seu potencial germinativo e ao aumento da porcentagem de plântulas anormais; quando armazenadas em condições sub-ótimas, em proporção mais acentuada que o observado em sementes de milho, arroz, trigo e soja.

Finalmente, o feijoeiro comum por ser uma planta de fisiologia "$C_3$", apresenta consideráveis limitações quando cultivada em regiões tropicais e subtropicais, principalmente relacionadas aos processos de fotossíntese, respiração, aproveitamento de água, competitividade, saturação lumínica e fotorrespiração.

## 3. HÁBITOS DE CRESCIMENTO

De forma geral, as plantas cultivadas apresentam fase de crescimento determinada, ou seja, a emissão e a elongação de folhas e ramos cessam por ocasião do aparecimento das flores. No caso do feijoeiro, evidencia-se também plantas apresentando o processo de cresci

mento após o início da floração, as quais são classificadas como plantas de hábito de crescimento indeterminado.

Os principais caracteres morfo-agronômicos, segundo o CIAT (1981), que auxiliam na avaliação do hábito de crescimento são:

1) Características da parte terminal do talo ou haste principal.
2) O número de nós.
3) O comprimento dos entrenós e altura da planta.
4) Necessidade de tutoramento.
5) Grau e tipo de ramificação.
6) Presença de guia (haste principal sobressaindo do nível da folhagem).
7) Distribuição das flores e vagens na planta.

Ainda, considera-se que os hábitos de crescimento podem ser agrupados em quatro tipos principais: tipo I (plantas de crescimento indeterminado); tipo II (plantas de crescimento indeterminado arbustivo); tipo III (plantas de crescimento indeterminado prostrado); tipo IV (plantas de crescimento indeterminado trepador).

As plantas relacionadas ao **TIPO I** apresentam o talo principal e os ramos laterais terminando em inflorescências (flores). O talo principal é bastante resistente, muito pouco ramificado, onde se evidencia um reduzido número de entrenós (5 a 10), comumente curtos. Desta feita, tais plantas possuem baixo porte, variando entre 25 e 50 cm de altura, além de apresentarem, geralmente, ciclo precoce. O período de florescimento é reduzido em comparação a outros tipos, conforme evidenciado na Figura 1. Em decorrência dessa característica, tais plantas não possuem marcante capacidade de recuperação quando submetidas a condições climáticas adversas. No entanto, exibem acentuada uniformidade de maturação de vagens favorecendo a operação de colheita, apesar de seu baixo potencial produtivo. Assim, em função das características mencionadas, recomenda-se o emprego de maior número de plantas na área e seu cultivo mostra-se adequado a épocas e regiões com comportamento climático regular.

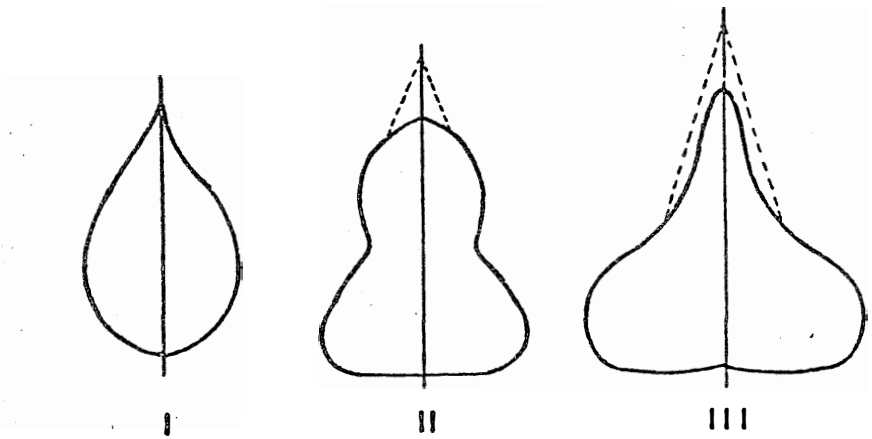
As plantas pertencentes ao **TIPO II** apresentam hábito de crescimento indeterminado arbustivo, talo ou haste principal com tendência de crescimento francamente vertical, ramos laterais não numerosos e, geralmente, curtos. Ainda, pode-se constatar a presença de guias curtas ou longas, não se caracterizando, porém, a necessidade de tutoramento. Como todas as plantas de hábito de crescimento indeterminado, as mesmas continuam crescendo mesmo durante a floração. Cultivares classificados como plantas do tipo II, apresentam satisfatório potencial produtivo e adequada capacidade de compensação de baixo "stand" (número de indivíduos na área menor que o recomendado), embora inferior àquela correspondente às plantas do tipo III. Normalmente são preconizadas para sistemas de produção especiais e de média a alta tecnologia. Para CIRINO et alii (1989) este tipo de planta facilita

a capina, cujas operaçoes podem ser inteiramente mecanizadas, desde que a lavoura seja conduzida com essa finalidade. Ainda, o referido hábito de crescimento propicia adequada distribuição das flores e, consequentemente, das vagens na planta, conforme constatado na Figura 2. Tal fato, assegura melhor qualidade do produto, mesmo quando da ocorrência de período úmido no final do ciclo da cultura, por não permitir o contato com o solo, da maioria das vagens produzidas.

As plantas relacionadas ao **TIPO III** apresentam hábito de crescimento indeterminado prostrado ou semi-prostrado com grande número de ramificações. Esse tipo de planta possui guias longas que, aliado aos ramos laterais bem desenvolvidos, evidenciam aptidão trepadora, principalmente quando crescem junto a qualquer tipo de suporte. Como característica de planta de crescimento indeterminado, continuam emitindo folhas e ramos vegetativos após o início da florada. Ainda, seu período de florescimento é extremamente amplo (15 a 20 dias) quando comparado ao tipo I (5 a 7 dias) e ao tipo II (10 a 15 dias), o que proporciona a diminuição significativa de riscos de perda total de produção originários de fatores climáticos desfavoráveis. Por essa razão, cultivares de feijão classificados como plantas do tipo III são recomendados para sistemas de produção de baixa tecnologia, para cultura de subsistência e para lavouras consorciadas. Também pode-se destacar como características relevantes desse tipo de planta seu grande potencial de produção; excelente capacidade de compensação de espaços vazios (baixo "stand") presentes no campo e satisfatória rusticidade. Todavia, verifica-se também grande desuniformidade de maturação das vagens; grande quantidade de vagens localizadas na parte basal da planta, o que possibilita seu contato com o solo, além da frequente redução de produção quando da constatação de inadequada distribuição e excesso de plantas na área.

As plantas pertencentes ao **TIPO IV** apresentam hábito de crescimento indeterminado trepador. Plantas desse tipo não são comumente cultivadas no Brasil, exceção feita a alguns cultivares relacionados à produção de vagens verdes. Contudo, são muito utilizados na Colômbia, Venezuela e Guatemala em associação com o milho. Tais plantas são caracterizadas pelo grande desenvolvimento da haste principal (2 a 3 metros); pelo baixo número de ramos laterais em cada nó; pelo grande número de nós presentes (aproximadamente 30 nós) e acentuada dominância ápical. A floração alcança várias semanas e na parte basal do talo ou haste principal pode-se observar vagens secas, apesar do ápice da planta continuar florindo. Assim, sua cultura exige colheita parcelada, além da presença de tutores adequados para a expressão de seu elevado potencial de produção.

Cumpre salientar que a expressão do hábito de crescimento pode ser influenciada pelas condições ambientais reinantes no período, principalmente no que concerne a plantas do tipo II, III e IV. Segundo CIAT (1981), outros fatores como a fertilidade do solo, densidade populacional, presença de tutores, estresse mecânico e sistemas de cul-




-----flores não aproveitáveis

Figura 1 - Distribuição das flores na planta de feijão em função do hábito de crescimento. (FANCELLI, 1987).

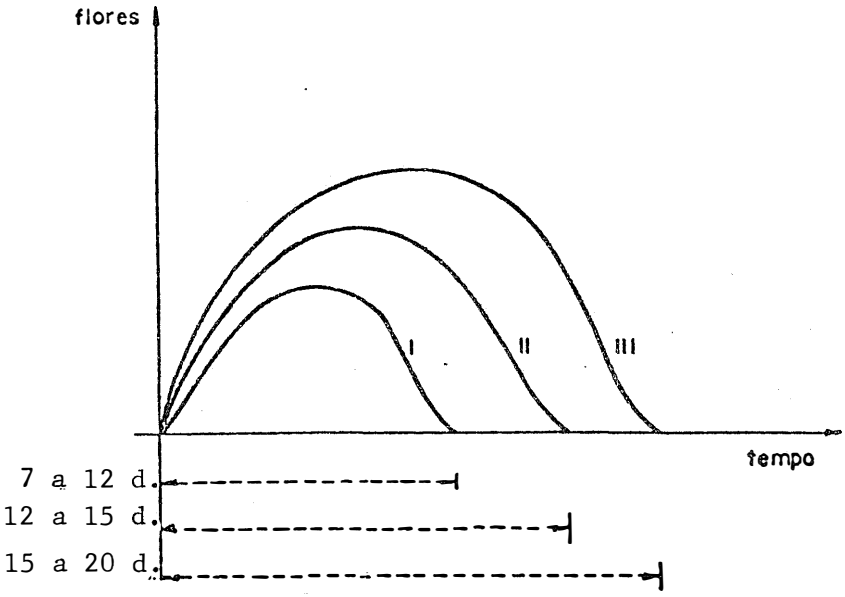



Figura 2 - Distribuição do florescimento ao longo do tempo, em função do hábito de crescimento (FANCELLI, 1987).

tivo, também apresentam a capacidade de alterar o comportamento da planta quanto ao hábito de crescimento estipulado.

## 4. ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO (FENOLOGIA)

O desenvolvimento do feijoeiro compreende, basicamente, duas fases distintas e sucessivas, denominadas de Fase Vegetativa e Fase Reprodutiva, diferenciadas entre si pela manifestação de diferentes eventos bioquímicos, morfológicos e fisiológicos. A fase vegetativa tem seu início caracterizado pelo desdobramento das folhas primárias prosseguindo até o aparecimento dos primeiros botões florais. Tal fase é favorecida pela ocorrência de temperaturas moderadamente elevadas, adequada disponibilidade hídrica e abundante luminosidade. A fase reprodutiva se transcorre desde a emissão dos botões florais até o pleno enchimento das vagens e a maturação do grão. A mencionada fase evidencia notória sensibilidade a déficits e excessos de umidade.

As fases de desenvolvimento, na cultura do feijão, não apresentam nítida separação, principalmente quando consideradas plantas de hábito de crescimento indeterminado, constatando-se sobreposições representadas pela possibilidade de emissões simultâneas de folhas, flores e vagens.

O pleno conhecimento dessas fases e de suas subdivisões (estádios) possibilita o estabelecimento de estratégias racionais e efetivas de manejo, objetivando assegurar rendimentos satisfatórios da cultura.

Desta feita, GETS & FERNANDEZ (1982) identificaram dez (10) etapas ontogenéticas relativas ao desenvolvimento do feijoeiro, conforme constatado na Tabela 1. Para a avaliação e a determinação do estádio de desenvolvimento referido, utiliza-se área mínima de 1 $m^2$, devendo 50% das plantas ali presentes evidenciar a diferenciação estipulada.

A seguir proceder-se-á a descrição dos estádios referidos, acompanhada das principais considerações relativas às limitações e cuidados exigidos em cada etapa.

### . Estádio $V_0$ (germinação)

Após a absorção de agua pela semente, inicia-se o processo de germinação, caracterizado pelo aparecimento da radícula (geralmente pelo lado do hilo). O feijão possui grande sensibilidade à falta de água após a semeadura; valores superiores a 3,5 atm podem reduzir drasticamente a germinação (MAGALHÃES & CARELLI, 1972). Ainda, o feijoeiro não apresenta satisfatória tolerância à semeadura profunda. Tal procedimento poderá contribuir para o aumento dos efeitos negati-

vos oriundos da presença de camadas duras (crostas) na superfície do solo, em decorrência da natureza epígea de sua germinação. Depois do aparecimento da radícula, o hipocótilo também se alonga e os cotilédones aparecem na superfície do solo.

TABELA 1. Etapas do desenvolvimento da planta do feijão comum (GEPTS & FERNANDÉZ, 1982).

| Fase | Código da etapa | Descrição do início de cada etapa |
|---|---|---|
| Vegetativa | $V_0$ | germinação |
| | $V_1$ | os cotilédones de 50% das plantas aparecem ao nível do solo |
| | $V_2$ | as folhas primárias de 50% das plantas estão desdobradas |
| | $V_3$ | a primeira folha trifoliada de 50% das plantas está desdobrada |
| | $V_4$ | a terceira folha trifoliada de 50% das plantas está desdobrada |
| Reprodutiva | $R_5$ | aparecem os primeiros botões em 50% das plantas |
| | $R_6$ | abriu a primeira flor em 50% das plantas |
| | $R_7$ | aparecimento das primeiras vagens em 50% das plantas, ao murchar a corola |
| | $R_8$ | primeira vagem cheia de semente em 50% das plantas |
| | $R_9$ | modificação da cor das vagens em 50% das plantas (do verde ao amarelo ou pigmentado) |
| | | colheita |

**. Estádio $V_1$ (emergência)**

A emergência é caracterizada pela presença dos cotilédones acima da superfície do solo em processo de desdobramento da "alça" do hipocótilo. A seguir, o epicótilo se alonga e as folhas primárias, que já se encontravam diferenciadas no embrião da semente, se expandem.

. **Estádio $V_2$ (desdobramento das folhas primárias)**

As primeiras folhas do feijoeiro são denominadas de folhas primárias e são simples (unifoliadas), opostas e encontram-se inseridas no 2º nó da haste principal.

O desdobramento, conformação e tamanho das folhas primárias são extremamente importantes para o estabelecimento da cultura no campo por representar a sede inicial de conversão de energia. Normalmente, o tamanho potencial das folhas primárias está relacionado ao tamanho das sementes.

**Estádio $V_3$ (emissão da primeira folha trifoliada)**

O presente estádio inicia-se quando a primeira folha trifoliada ou verdadeira encontra-se plenamente desdobrada, o que pode ser caracterizado pela constatação dos folíolos em posição horizontal. A partir deste momento evidencia-se o rápido desenvolvimento vegetativo da planta, o qual assume ritmo máximo no estádio $V_4$. Nesse estádio, os cotilédones foram exauridos e, frequentemente, já sofreram o processo de abscisão (queda). Desta feita, a planta passa a depender diretamente dos nutrientes presentes no solo ou no substrato de seu cultivo. O período compreendido entre os estádios $V_1$ e $V_3$, conferem à planta de feijão maior tolerância a estresses hídricos e baixas temperaturas, em níveis não muito acentuados.

. **Estádio $V_4$ (emissão da terceira folha trifoliada)**

Nesse período a terceira folha trifoliada está plenamente desdobrada e tem início o processo de ramificação da planta. O tipo de ramificação (principalmente o número e o tamanho dos ramos) depende de inúmeros fatores, tais como genótipo (características do cultivar), condições ambientais, sistemas de produção adotados e densidade de semeadura, além de outros.

Déficits hídricos nesse período poderão restringir significativamente o porte e o índice de área foliar do feijoeiro. Ressalta-se que os efeitos relacionados a disponibilidade de água e nutrientes estão diretamente ligados à população de plantas utilizadas. Para BRANDES et alii (1973), a altura das plantas de feijão atingiram valores máximos aos 40 dias após a emergência, nas maiores densidades e aos 50 dias, nas menores densidades de plantio empregadas. Da mesma forma, espaçamentos mais estreitos ocasionam a diminuição do número de ramos laterais, contribuindo para a redução da área foliar de cada planta.

. **Estádio $R_5$ (início da fase reprodutiva)**

Nesse estádio ocorre o aparecimento dos primeiros botões florais. Nos cultivares de hábito de crescimento indeterminado (II, III e IV) o desenvolvimento vegetativo prossegue, mediante a emissão de novos nós, ramos e folhas.

O genótipo, a temperatura, restrições hídricas e fotoperíodo constituem-se nos principais elementos determinantes do momento do aparecimento dos botões florais.

Para diversos autores (DUBETZ & MAHALLE, 1969; MAGALHÃES et alii, 1979 e HOSTALÁCIO & VÁLIO, 1984), a mencionada etapa de desenvolvimento pode ser considerada como uma das mais críticas quando há falta de água.

Ao término da pré-floração, os pedúnculos se alongam, a corola se sobressai por entre as bracteolas e as pétalas adquirem a pigmentação característica do cultivar.

. **Estádio $R_6$ (floração)**

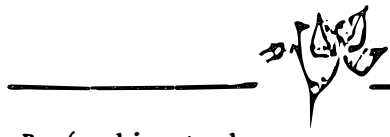
A abertura das primeiras flores definem o presente estádio. Nas plantas de hábito de crescimento determinado (TIPO I), a floração tem início no último nó da haste principal e prossegue em sentido descendente. Nas plantas de hábito de crescimento indeterminado (TIPOS II, III e IV), a abertura das flores apresenta sentido ascendente.

As flores do feijoeiro são extremamente sensíveis a danificações mecânicas e produtos químicos de natureza diversa.

As primeiras flores apresentam normalmente maior probabilidade e capacidade de originarem vagens. Aquelas correspondentes do meio e final do florescimento estão sujeitas a maior índice de abortamento.

**Estádio $R_7$ (início da formação das vagens)**

Nesse estádio, começa a aparecer as primeiras vagens, após a murcha da corola, apesar da planta continuar emitindo novas flores, por tempo relacionado aos tipos de plantas correspondentes. A presente etapa é também extremamente influenciada pelas condições climáticas reinantes, além de ser também considerada como uma das etapas críticas quanto à falta de água. Déficits hídricos nesses estádios proporcionam a redução da produção pela queda de vagens (abortamento) e pela diminuição do tamanho das vagens.



. **Estádio R8 (enchimento das vagens**

A etapa R8 se inicia com o enchimento da primeira vagem. Nesse estádio o tamanho da vagem já se encontra definido e a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis, principalmente falta de água e nutrientes, poderão concorrer para a diminuição da produção, em número e peso de grãos.

No final da presente etapa, evidencia-se o começo do processo de pigmentação das sementes e em seguida das vagens. No estádio R8 termina o desenvolvimento vegetativo dos cultivares com hábito de crescimento indeterminado (TIPOS III e IV, principalmente), além de se evidenciar o início do amarelecimento e queda das folhas inferiores da planta.

. **Estádio R9 (maturação)**

O referido estádio é caracterizado pela mudança da cor das vagens (amarela ou pigmentada de acordo com o cultivar). As sementes adquirem sua cor e brilho final. O processo de senescência da planta (amarelecimento e queda das folhas) se acelera. A evolução normal dessa etapa exige a ausência ou baixa disponibilidade de água na area.

## 5. INFLUÊNCIA DO AMBIENTE NO DESEMPENHO DA PLANTA

O ambiente, constitui-se num complexo extremamente dinâmico, o que o torna difícil de ser plenamente conhecido; contudo, devido à sua influência decisiva no desenvolvimento, crescimento e produção vegetal não pode ser, em hipótese alguma, ignorado. Dos componentes do ambiente de uma cultura, o solo tem sido mais profundamente estudado, sendo desta feita melhor compreendido do que o clima. Por esse motivo, os agricultores utilizam mais frequentemente fundamentos de manejo de solo, em detrimento de uma exploração racional dos recursos climáticos. Assim, embora o homem não seja, ainda, capaz de mudar o tempo e o clima, exceto em escala muito reduzida, encontra-se plenamente apto a ajustar as exigências ecológicas da cultura e as práticas agrícolas às potencialidades climáticas da região, assegurando de forma satisfatória a evolução do processo produtivo (FANCELLI, 1987).

Ainda, independentemente da tecnologia aplicada, o período de tempo e as condições climáticas em que a cultura permanece no campo, definem-se como preponderantes fatores de produção. Dentre os elementos de clima conhecidos, a temperatura e a precipitação pluvial, têm sido os mais utilizados para se avaliar a viabilidade e a estação para a implantação das mais diversas culturas.

A temperatura média ideal para a cultura do feijão corresponde

a 21°C, sendo consideradas regiões aptas para o seu cultivo aquelas que apresentam temperaturas médias entre 17°C e 29°C.

Altas temperaturas por ocasião do florescimento e início de formação de vagens, acompanhadas de escassez de umidade podem promover elevada porcentagem de abortamento de flores e vagens, com consequente queda de produção. Para KAY (1979), temperaturas superiores a 30°C durante o dia e 25°C no período noturno, contribuem consideravelmente para o incremento do fato mencionado.

Ainda, plantas submetidas a alta temperatura, além da evidência do aumento da taxa respiratória e do fenômeno da fotorrespiração, sofrem sensível redução no número de grãos por vagem (DICKSON & BOETTGER, 1984), bem como podem apresentar maior concentração de etileno nas folhas, composto relacionado ao processo de abscisão ou queda de folhas, flores e vagens (ABELES & GAHAGAN, 1968). O aumento da concentração de etileno na planta também pode ser determinado pela ocorrência de danificações mecânicas de origem diversa (FIELD, 1981).

Temperaturas baixas em feijoeiro promovem a diminuição da formação de ramos laterais ou axilares (CROOKSTON et alii, 1975), bem como acentuam o abortamento de sementes e falhas na formação e fisiologia das estruturas reprodutivas (FARLOW et alii, 1979). A germinação do pólen do feijoeiro é também afetada pela predominância de temperaturas inferiores a 10°C, ao passo que temperaturas abaixo de 16,8°C concorrem para a redução do crescimento do tubo polínico interferindo no processo de fecundação (FARLOW et alii, 1979).

Ainda, plantas de feijão expostas a temperaturas noturnas próximas a 5°C, podem evidenciar no dia seguinte severa redução na taxa fotossintética, acompanhada de menor potencial hídrico, menor absorção de $CO_2$ e menor taxa transpiratória (CROOKSTON et alii, 1974).

A água é definida como um dos mais importantes elementos de seleção do tipo de vegetação que é observada numa região. Desta feita, a necessidade de adequado suprimento hídrico para o pleno desenvolvimento dos vegetais, decorre das múltiplas funções que ela desempenha na fisiologia das plantas, pois, praticamente todos os processos metabólicos são influenciados pelo conteúdo de água. Assim, se deficiências hídricas iniciais podem afetar sensivelmente o processo germinativo comprometendo desta forma o estabelecimento da cultura; deficiências posteriores poderão paralizar o crescimento, bem como retardar o desenvolvimento reprodutivo das plantas.

O feijoeiro comum é considerado como uma espécie pouco tolerante à seca em decorrência de suas limitações anátomo-fisiológicas e pela baixa capacidade geral de recuperação a condições de estresse hídrico. Dos tipos de plantas de feijão, classificadas quanto ao seu hábito de crescimento, para a produção de grãos secos, aquelas rela-

cionadas ao tipo III, podem apresentar melhor desempenho em condições relativamente desfavorável de umidade.

Para o feijoeiro, as maiores exigências em umidade se concentram nas fases de emergência, florescimento e formação de vagens.

A cultura do feijão exige um mínimo de 300 mm de precipitação para que produza a contento, sem a necessidade de utilização da prática de irrigação. Assim, as regiões cujas precipitações oscilem entre 250 a 500 mm anuais são consideradas aptas para o plantio da mencionada espécie, embora tal limitação encontre-se mais diretamente condicionada à distribuição, do que à quantidade total de chuvas ocorrida no período.

Para alguns autores, a ocorrência de ligeiros "déficits" hídricos no início do desenvolvimento da cultura pode concorrer para estimular um maior desenvolvimento radicular das plantas, porém, estresse hídrico próximo e anterior ao florescimento pode ocasionar severa retração do crescimento vegetativo, limitando a produção. Períodos de "déficits" hídricos de uma semana por ocasião da floração podem promover queda de produção ao redor de 48%. GARRIDO et alii (1979) constataram perda correspondente a 58% quando a limitação hídrica ocorreu no período efetivo de formação de vagens.

O consumo de água por parte do feijoeiro, raramente excede 3,0 mm/dia, enquanto a planta estiver nas fases iniciais de desenvolvimento ($V_1$, $V_2$ e $V_3$). Todavia, durante o período compreendido entre o pleno crescimento ($V_4$), florescimento ($R_5/R_6$) e enchimento de vagens ($R_7$ e $R_8$), seu consumo pode se elevar para 4 - 4,5 mm diários. Outros dados experimentais referentes a essa cultura, evidenciam índices diários de consumo de água ligeiramente superiores a 5 mm, quando as plantas encontram-se submetidas a condições de intenso calor e baixa umidade relativa do ar (CAIXETA, 1978).

A incidência de vento constante em lavouras de feijão pode aumentar a demanda de água por parte da planta, tornando-a mais suscetível a períodos curtos de estiagem, afetando o desempenho da cultura. Da mesma forma, ventos frios podem ocasionar a queima das folhas, flores e vagens, sendo considerado como importante fator limitante à produção em algumas regiões. Assim, experimentos conduzidos no CIAT, Colômbia, mostraram que o emprego de quebra-ventos, devidamente localizados na área assolada por brisa contínua, podem contribuir para o incremento de produção, próximo a 15%.

Muitas tentativas têm sido envidadas no sentido de minimizar os efeitos da perda excessiva de umidade por parte do feijoeiro, dentre elas podem ser destacadas a aplicação de antitrasnpirantes, cujos resultados obtidos até então têm se mostrado contraditórios. No entanto, o emprego de extratos de algaroba (*Prosopis juliflora*); aroeira (*Schinus molle*) e cactus (*Opuntia ficus indica*) na concentração de

1/12,5, promoveram eficientemente a redução da transpiração, de acordo com estudos desenvolvidos por SOUZA & GONZALES (1975). Porém, o desenvolvimento efetivo do sistema radicular em densidade e profundidade pode ser considerado como o principal elemento determinante de maior tolerância a condições de baixa disponibilidade hídrica.

A estimativa do fator umidade no clima de uma região deve considerar os dados relativos à precipitação pluvial e às perdas hídricas impostas pelo processo da evapotranspiração, bem como a contabilização desses processos meteorológicos, denominado balanço hídrico.

O balanço hídrico pode indicar, de forma mais consistente, as disponibilidades hídricas de uma região no decorrer do ano, auxiliando sobremaneira o planejamento efetivo da cultura em função do local escolhido, bem como no fornecimento de valiosas informações sobre a necessidade do uso de irrigação em determinada época do ano.

O feijoeiro também apresenta relativa sensibilidade ao excesso de água, que prejudica seu metabolismo e restringe seu potencial de produção. O excesso de umidade ocasiona a deficiência de oxigênio e a redução acentuada da atividade microbiana do solo. Tais condições devem ser evitadas, pois a cultura do feijão, segundo VIEIRA (1978), não suporta acúmulo de água no solo, mesmo por curto espaço de tempo.

A amplitude dos prejuízos inerentes ao encharcamento está relacionada ao tempo e ao estádio de desenvolvimento da planta. SILVA (1982) verificou que todos os componentes da produção foram afetados pela inundação do sistema radicular. No período de florescimento o encharcamento por 2, 4 e 6 dias ocasionaram, respectivamente, reduções de produção correspondentes a 48%, 57% e 68%. Ainda, constatou-se que as fases de início de florescimento e início de formação de vagens possuem maior sensibilidade às condições de excesso de umidade no solo.

Com relação à resposta à luz, de acordo com Salisbury, citado por MARIOT (1989), a espécie *Phaseolus vulgaris* apresenta plantas neutras ao fotoperíodo e outras exigentes em dias curtos para a floração. Para essas últimas, cada hora a mais de luz/dia pode ocasionar o retardamento da maturação de 2 a 6 dias (WHITE, 1985).

No Brasil, a quase totalidade dos cultivares comerciais, atualmente recomendados, não respondem ao fotoperiodismo.

Tal fato possibilita seu cultivo durante todo o ano, desde que a temperatura e a disponibilidade de água não se constituam em fatores limitantes à produção.

Para plantas neutras, quanto ao fotoperíodo, a ocorrência de temperaturas elevadas promovem ligeira redução na fase vegetativa, ao passo que plantas sensíveis ao fotoperíodo respondem a essa mesma con

dição climática; antecipando a floração em dias curtos e retardando o período para florescimento em dias longos, conforme relatado por Enriquez e citado por MARIOT (1989).

Em feijoeiros cultivados em regiões ou épocas de grande intensidade solar, as folhas, talos, ramos e vagens podem apresentar escaldaduras (descoloração e queimaduras), especialmente, após período de alta umidade e nebulosidade (CIAT, 1980).

Ainda, o feijoeiro também apresenta satisfatória adaptabilidade à luz difusa, o que permite seu cultivo em sistemas consorciados de produção.

Com relação às exigências edáficas, o feijoeiro não tolera níveis elevados de alumínio e manganês tóxicos; salinidade; compactação e encharcamento do solo.

A toxidez de alumínio ocasiona alterações drásticas no desenvolvimento, crescimento e funcionamento do distema radicular, cujos efeitos são amplificados em condições do solo com pH inferior a 5,5. A neutralização dos elementos mencionados pode ser efetuada mediante a aplicação de calcário solo. Ainda, como medidas complementares recomenda-se a adição frequente de matéria orgânica, além da possibilidade da prática de peletização de sementes com cal (DOBEREINER & ALVAHYDO, 1966).

A faixa de pH recomendada para a cultura do feijão situa-se entre 5,7 a 6,5, apesar de tolerar índices variáveis entre 4,2 e 7,7 (DUKE, 1981). Em plantas cultivadas em solo apresentando pH inferior a 5,7, o número de nódulos encontrados foi muito reduzido, mesmo com a aplicação de molibdênio, conforme estudos realizados por FRANCO & DAY (1980).

Resultados experimentais têm demonstrado que a cultura do feijão é amplamente beneficiada por elevados teores de matéria orgânica do solo, sendo que, diferentemente da maioria das plantas, o feijoeiro responde acentuadamente à matéria orgânica em decomposição (MIYASAKA et alii, 1967).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estabelecimento de estratégias racionais de manejo objetivando o melhor desempenho da cultura, encontra-se na dependência do pleno conhecimento da planta, em seus amplos aspectos, e dos fatores de produção disponíveis, bem como da interação desses elementos.

Assim, o desenvolvimento de técnicas e tecnologias agrícolas apropriadas sempre deveria ser fundamentado na integração efetiva das áreas do conhecimento agronômico e na consideração de parâmetros eco-

lógicos locais aliados às condições sócio-econômicas prevalescentes.

Tal procedimento poderia alterar a tendência comodista e simplista característica de relevantes segmentos da agricultura nacional, que pouco tem contribuído para a criação de sistemas eficientes de produção.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ABELES, F.B. & GAHAGAN, H.E. Abscision; the role of ethylene, ethylene analogues, carbon dioxide and oxygen. **Pl. Physiol., 43**:1255-8, 1968.

BRANDES, D.; VIEIRA, C.; MAESTRI, M.; GOMES, F.R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). III. Interceptação de luz e eficiência de conversão da energia solar. **Experientiae**, Viçosa, **15**(1):23-30.

CAIXETA, T.J. Irrigação do feijoeiro. **Inf. Agropecuário**, Belo Horizonte, **4**(46): 36-40, 1978.

CIAT. Morfología de la planta de frijol comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, 1981. 50p. (Guia de Estudio).

CIRINO, V.M.; KRANZ, W.M.; LOLLATO, M.A.; OLIARI, L.; RIBEIRO, P.G.F. Escolha e zoneamento de cultivares. In: O feijão no Paraná. Londrina, 1989. p. 43-53. (Circular Técnica, 23).

CROOKSTON, R.K.; TREHARNE, K.J.; LUDFOR, P.; OZBUN, J.L. Response of beans of shading. **Crop Sci., 15**: 412-6, 1975.

DICKSON, M.K. & BOETTGER, M.A. Effect of high and low temperatures on pollen germination and seed set in snaps beans. **J. Amer. Soc. Hort. Sci., 109** (3): 372-4, 1984.

DUBETZ, S. & MAHALE, R.S. Effect of soil water stress on busch beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at three stages of growth. **J. Amerc. Soc. Hort. Sci., 94**: 479-81, 1969.

FANCELLI, A.L. **Instruções básicas para a cultura do feijão.** Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Agricultura, 1988. 19p.

FANCELLI, A.L. **Cultura do feijão**. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, 1987. 138p.

FIELD, R.J. A relationship between membrane permeability and ethylene production of high temperature in leaf tissue of *Phaseolus vulgaris* L. **Ann. Bot.**, London, **48**: 33-9, 1981.

GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C.; LIMA, C.A.S. Efeitos de diferentes regimes de irrigação sobre o rendimento do feijoeiro na região Norte de Minas Gerais. In: EPAMIG. **Projeto feijão**: relatório 77/78. Belo Horizonte, 1979. p.27-9.

GEPTS, P. & FERNANDÉZ, F. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol comun** (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, CIAT, 1982. 10p. (mimeografado).

HOSTALÁCIO, S. & VÁLIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, **19**(2): 211-8, 1984.

MAGALHÃES, A.C. & CARELLI, M.L. Germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob condições variadas de pressão osmótica. **Bragantia**, Campinas, **31**(32): 19-26, 1972.

MAGALHÃES, A.A.; MILLAR, A.A.; CHOUDHURY, E.N. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. **Turrialba**, Costa Rica, **29**(4): 269-73, 1979.

MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: O feijão no Paraná. Londrina, IAPAR, 1989. p.25-42. (Circular Técnica, 23).

MIYASAKA, S.; INFORZATO, R.; MASCARENHAS, H.A.A.; KIEHL, R.A.S. Alongamento do caule do feijoeiro estimulado pela incorporação ao solo de massa vegetal de plantas de tremoço (*Lupinus albus* L.). **Bragantia**, Campinas, **26**(25): 27-31, 1967.

SCHWARTZ, H.F. & GÁLVEZ, G.E. **Problemas de producción del frijol**. Cali, Colômbia, CIAT, 1980. 424p.

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

VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. Viçosa, Imprensa Universitária, 1978. 146p.

# PRINCIPAIS PROBLEMAS DA CULTURA DO FEIJOEIRO IRRIGADO

Eduardo Antonio Bulisani[1]

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Origem do feijoeiro

É indiscutível a origem americana do gênero *Phaseolus*, no qual inclui-se a espécie *P. vulgaris* L., o feijoeiro comum. Há controvérsia sobre o centro de origem primário se a América Central (México-Guatemala), América do Sul (regiões andinas) ou em ambas. A domesticação ameríndia do feijoeiro modificou-o dos tipos selvagens, tornando-o mais compacto, de hábito de crescimento mais ereto, folhas maiores, vagens mais largas e menos deiscentes, sementes maiores, menor sensibilidade ao fotoperíodo e sem sementes dormentes. Esta domesticação, provavelmente, iniciou-se entre 10 a 7.000 a.C. Atualmente, o feijoeiro comum é uma das leguminosas alimentícias mais importante, devido à sua amplitude de cultivo a nível mundial e por ser complemento alimentar indispensável de amplos segmentos populacionais das Américas Central e do Sul.

### 1.2. Características botânicas e fisiológicas do feijoeiro

As plantas do feijoeiro são anuais (grande número de cultivares apresenta ciclo de 90 a 100 dias), herbáceas, sistema radicular superficial, e cujo desenvolvimento se caracteriza por elevada dependência a condições climáticas bastante favoráveis. Em outras palavras, é uma planta que apresenta, relativamente, baixa tolerância a estresses ambientais, respondendo com baixa produtividade ou redução acentuada no seu desenvolvimento na presença de condições subótimas de clima e solo. Os cultivares mais comuns apresentam melhor desenvolvimento a temperatura variando entre 15 a 27°C, abaixo destes valores ocorre retardamento no seu desenvolvimento e, acima, aceleração. Uma planta pode suportar extremos amplos, como 5 ou 40°C e estes irão ocasionar desde falta de florescimento até esterilidade. Os extremos são suportáveis por períodos limitados, ocorrendo danos irrecuperáveis, principalmente se considerarmos que o feijoeiro é planta de ciclo curto e em poucos dias acontecem eventos que definirão o desempenho da planta.

O feijoeiro é considerado uma planta de dias curtos, porém, na maioria das áreas de cultivo com esta espécie, ela apresenta gran-

(1) Seção de Leguminosas, Instituto Agronômico, Caixa Postal 28, Campinas, SP, CEP 13001.

de estabilidade de ciclo, sendo o genótipo e provavelmente a temperatura (baixa) os principais fatores que governam a duração do ciclo das plantas.

Desenvolvimento adequado a alta produtividade só são conseguidos com suficiente disponibilidade de água e são definidos quatro períodos críticos, que a falta de água afeta sobremaneira o feijoeiro. O primeiro corresponde à germinação e estabelecimento de população satisfatória de plantas em determinada área. A seguir, há necessidade de água que promova um crescimento normal das plantas para que elas possuam um arcabouço, onde se desenvolverão as unidades reprodutivas (flores e vagens), isto é, as plantas precisam crescer para possibilitarem o aparecimento das posições (nós) para flores e vagens. A terceira fase crítica corresponde ao florescimento, quando a disponibilidade de água é importante para fecundação e pegamento das vagens e por último, o quarto período crítico corresponde ao enchimento dos grãos, fenômeno impossibilitado de ocorrer se não houver fluxo de água que carreie os fotossintetizados das folhas e hastes para os grãos.

Assim, verifica-se que a disponibilidade de água, tanto durante a fase vegetativa, quanto a reprodutiva é de capital importância ao crescimento desta espécie. Estes são os aspectos que tornam o feijoeiro dependente de condições ambientais satisfatórias para o bom desenvolvimento.

### 1.3. O cultivo tradicional do feijoeiro

A adequação das necessidades ecofisiológicas das plantas do feijoeiro às condições ambientais e aos sistemas de produção definem as épocas de cultivo ou exploração do feijoeiro. Tradicionalmente, essa cultura é explorada sob suprimento hídrido pluvial e em extensas áreas do Sul, Sudeste e do Centro-Oeste brasileiro, o feijoeiro é cultivado duas vezes ao ano, nominados "safra" e "safrinha" ou cultivo "das águas" e "da seca". Estes dois cultivos coincidem com a primeira e com a segunda metade do período chuvoso, respectivamente, ou com plantios de final de inverno até meados de primavera (safra ou das águas) e plantio de verão (safrinha ou das secas). Pelas características da planta do feijoeiro, pela errática precipitação pluvial (freqüência e quantidade), pela interação de componentes do ambiente (temperatura e umidade), com a planta e organismos patogênicos, o cultivo do feijoeiro é considerado de alto risco, ocasionando oscilações elevadas de produção com conseqüentes crises de abastecimento (e preços), apesar da possibilidade de múltiplas safras anuais, se considerados as grandes regiões brasileiras.

## 1.4. O cultivo do feijoeiro irrigado (3ª época)

A partir do final dos anos 70, baseado em experiências-piloto de produção de feijão, efetuadas principalmente no norte do Estado de São Paulo (município de Guaíra e Barretos), incentivados em 1980 através do programa PRÓ-FEIJÃO IRRIGADO DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, e a partir de 1981 pelos programas PROFIR, PROVÁRZEAS e PROINE do Governo Federal, estabeleceu-se no norte-oeste dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Bahia e em menor escala no estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Mato Grosso e uma cultura de feijão efetuada no outono-inverno, com pressuposta irrigação. O outono-inverno entre os paralelos 10 e 22°S que abrange aqueles estados, exceto pelas regiões de altitude, não apresenta limitações térmicas no cultivo do feijoeiro, e se caracteriza por um déficе hídrico bastante acentuado e alta luminosidade no período, condições plenamente favoráveis ao crescimento e produção do feijoeiro, desde que atendida sua demanda dágua. Esta mesma situação de alto déficе hídrico é portanto baixa umidade relativa do ar, desfavorável à maioria dos patógenos, agentes das principais moléstias que atacam esta leguminosa. Daí, a grande relevância deste cultivo na produção de sementes sadias, destinação mais nobre do cultivo de outono/inverno irrigado.

Uma medida indireta destes efeitos é a importância relativa de algumas moléstias, como por exemplo, o crestamento bacteriano, causado pela **Xanthomonas campestris** pv. **phaseoli**. Esta moléstia era prevalente em nosso meio, com surtos de alta intensidade e causadores de elevados prejuízos. O agente causal é transmitido a longa distância e de geração em geração, pelas sementes (internamente), e sempre que houvesse calor e umidade adequados, ocorria forte ataque da moléstia. A utilização em larga escala de sementes sadias por períodos prolongados, a exemplo do que aconteceu no Estado de São Paulo, desde o final da década de 70, causou uma redução na sua importância. Neste período foram comercializados apenas pelo órgão certificador (DSMM/CATI), ao redor de 80 a 100 mil sacos anuais de sementes, correspondentes a 20-25% do total semeado no Estado. Outro aspecto que fundamenta a qualidade do ambiente de outono-inverno, para a produção de feijão em condições de alta sanidade, foi o trabalho efetuado pelo Instituto Agronômico no período de 1978-1981, onde verificou-se que as sementes produzidas a campo, por três ou quatro gerações apresentam o mesmo índice de sanidade que aquelas produzidas em casa-de-vegetação.

Caracteriza-se então o cultivo do feijoeiro de terceira época por um período de semeadura que vai de março a agosto, quase sempre agrupado em períodos de 45 a 60 dias, como os mais indicados, para cada região fisiográfica. Assim, para os Estados de São Paulo, Goiás e Distrito Federal, o plantio é indicado em maio e junho; no Estado do Rio de Janeiro, de maio a 15 de julho; no Estado do Espírito Santo, em março e abril (1º período) e junho/julho (2º período); e, no Estado de Minas Gerais, em abril, junho ou julho, na maior parte do Estado, em a-

gosto, no Sul e em julho a agosto, no Norte. A irrigação corresponde quase sempre àquela por aspersão, sendo relativamente pouco expressiva a área sob irrigação por infiltração (quase sempre restrita a regiões específicas no estado de Minas Gerais). Exceto pela época e plantio e pela irrigação, principalmente por esta última, não houve uma mudança acentuada na tecnologia da produção do feijão de cultivo tradicional, para o de terceira época.

## 2. PRINCIPAIS PROBLEMAS AGRONÔMICOS DO FEIJOEIRO IRRIGADO

### 2.1. Desequilíbrios nutricionais - adubação

Muitas áreas que estão sob irrigação, são intensivamente utilizadas também durante outros períodos do ano, normalmente com culturas de verão (milho, arroz, soja, etc.), muitas delas já se encontravam incorporadas aos processos produtivos há longo tempo. Foi, ou ainda é costume a utilização de fórmulas de adubação que contêm maior proporção de fósforo que potássio. Alta retirada de potássio por elevada produtividade ao longo dos anos e reposição inferior à retirada, acabam levando o solo a se tornar deficiente em potásio. Este processo pode ser acelerado ou intensificado em áreas que recebem quantidades maiores de cálcio e magnésio através de calagem, tornando a relação (Ca+Mg):K muito alta, com a consequente redução na absorção do potássio pelas plantas. Muitas vezes, não se observa a produção ou sintomas claros de deficiências, mas plantas ficam mais sensíveis a estresses ambientais e ao ataque de moléstias.

Por outro lado, as condições de acidez do solo são condutivas a pior desempenho do feijoeiro, normalmente pela presença de alumínio e manganês, cátions aos quais o feijoeiro é sensível. Outro fato que deve ser salientado com relação à presença de níveis de manganês, é que o feijoeiro estará sendo cultivado em períodos em que a temperatura do solo pode chegar a valores subótimos, o que em determinadas circunstâncias aumenta a absorção deste elemento. O inverso pode ser esperado para o nutriente boro, com redução na sua absorção devido ao abaixamento da temperatura. A acidez do solo, é sem dúvida um dos fatores a ser monitorado, uma vez que a situação de exploração intensiva com adubações frequentes em presença da irrigação, pode levar a processos de acidificação mais intensos e em menor lapso de tempo que em outras situações de cultivo.

### 2.2. Disponibilidade de água - irrigação

O consumo de água por uma cultura do feijoeiro não é constante durante seu ciclo. Tanto no início, período de germinação e emergência das plantas, até que haja sensível cobertura do solo, quanto no final

do ciclo, no período de maturação, o consumo de água é menor, em relação ao período que vai do pré-florescimento (ao redor de 30 dias após o plantio) até o período de enchimento dos grãos (70-85 dias após o plantio). O outro fator que interfere no consumo de água corresponde às condições de ambientes (temperatura e umidade), intimamente relacionadas à evapotranspiração. O aspecto relevante quanto à disponibilidade de água é que as plantas do feijoeiro respondem com perda irreversível na produção a estresses hídricos durante suas fases críticas (germinação, crescimento, florescimento/frutificação e enchimento dos grãos). Se por um lado, ocorre prejuízo pela falta de água, o excesso também causa danos, tanto maiores quanto mais duradouro for o período de encharcamento. Pela natureza do sistema radicular e pela prioridade das relações fonte:dreno, a recuperação destes órgãos é problemática, considerando-se o feijoeiro como planta muito sensível ao encharcamento, ou à falta de oxigênio.

Provavelmente, a excessiva desagregação do solo e a formação de camadas subsuperficiais adensadas é o fator singular mais ligado ao problema hídrico do feijoeiro irrigado. A impossibilidade do solo de armazenar água em quantidade satisfatória e fornecê-las às plantas por falta de macro e microporosidade que manteria adequada a relação entre as fases sólida, líquida e gasosa, leva tanto à necessidade de irrigação com menor lâmina dágua e muito freqüentes quanto à permanência de condições anaeróbicas com conseqüente estresses às plantas.

## 2.3. Fitossanidade

O cultivo do feijoeiro sob irrigação, durante o outono - inverno, reúne condições para a solução de alguns dos problemas fitossanitários básicos desta cultura porque, no período são disponíveis condições adequadas ao desenvolvimento e crescimento das plantas e parcialmente inadequadas à maioria dos agentes causais das moléstias mais importante, tais como o crestamento bacteriano, a antracnose, mancha angular, mancha de alternaria e outros patógenos causadores, principalmente, de doenças foliares, especialmente fungos e bactérias. E, o motivo que leva a esta inadequação é a baixa umidade relativa do ar, durante a maior parte do período em que o cultivo do feijoeiro é indicado, mesmo que a temperatura seja moderada e condutiva a umidades relativas mais altas. Esta baixa umidade faz com que as folhas fiquem secas, ou que não se encontre água livre na superfície foliar durante período necessário para os processos de germinação e infecção dos esporos, agentes causais de moléstias. Então, mesmo cultivando-se variedades de feijoeiro suscetíveis a determinadas moléstias, o manejo adequado de água e da cultura, pode favorecer a obtenção de elevada sanidade. A estratégia do manejo da água é a redução no número de irrigações ou no seu período, fazendo com que a cada turno de rega, as plantas fiquem molhadas durante o menor lapso de tempo possível, e o manejo da cultura corresponde ao controle do desenvolvimento vegetativo,

evitando-se o excessivo auto-sombreamento, com conseqüente formação de um dossel que favoreça alta umidade. Assim, não só a quantidade de água deve ser controlada, como também, por exemplo, a disponibilidade de nitrogênio, fator que pode predispor as plantas a excessivo crescimento vegetativo.

De modo geral, considerando-se um consumo médio de 3 a 5 mm de água por dia, dependendo do estágio da cultura e das condições ambientais, do ponto de vista logístico da sanidade, é muito mais interessante providenciar-se irrigações com 15 a 35 mm a cada 5-7 dias do que fazer-se um turno de rega de reposição a cada 24-48 horas. Este pode encontrar respaldo do ponto de vista fisiológico, mas por certo não o encontra como estratégia de produção.

Conforme já citado, provavelmente sejam as condições de solo o fator singular de maior relevância também à sanidade das plantas. A baixa permeabilidade do solo, induzida pelo seu mau preparo conduz à condição de anaerobiose, por excesso de água no perfil, tornando - o não um fornecedor de água às plantas, mas ambiente inóspito ao crescimento das raízes. Aí, com excesso de água na superfície, mesmo organismos não-virulentos poderão invadir plantas causando moléstias e danos acentuados.

Os aspectos de fitossanidade do feijoeiro cultivado no inverno sob irrigação, são ainda ligados a épocas de plantio. Têm-se verificado nos últimos anos um recrudescimento no ataque de determinadas pragas e moléstias, devido à manutenção por períodos prolongados de elevado potencial de inóculo, propiciado por plantios em períodos muito prolongados, de modo a observar-se por períodos de 6 a 7 meses desenvolvimento vegetativo das plantas.

Não se pode deixar de apontar também o intenso trânsito de sementes e grãos, que afluem para as regiões produtoras, sementes ou grãos, estes muitas vezes contaminados por patógenos que irão contaminar novas áreas ou aumentar ainda mais o potencial de inóculo.

A associação do cultivo do feijoeiro, por períodos prolongados ao mau preparo do solo, levando à baixa capacidade de infiltração e manutenção de umidade excessiva por períodos prolongados, e aos baixos teores de matéria orgânica não decomposta, levam ao estabelecimento de patógenos cujo controle é cada vez mais difícil e oneroso, como por exemplo, os fungos do solo (fusarium, rizoctonia, esclerotinia, etc.) e os nematóides. A reversão de situações desta natureza envolvem medidas de controle que passam por processos diferenciados de preparo do solo, de rotações de culturas racionalizadas e de um manejo de água mais aprimorado.

# CULTIVARES DE FEIJOEIRO E ATUAIS DIRETRIZES PARA O MELHORAMENTO

**Antonio Sidney Pompeu***

A produção brasileira de feijão, em 1988, foi de 2.884.032t, em uma área de 5.930.530 ha, com rendimento médio de 488 kg/ha. Desta caram por suas produções os Estados do Paraná, São Paulo, Bahia, Minas Gerais e Santa Catarina, com 440.967, 401.416, 292.299, 284.772 e 265.521 t em 740.821, 445.110, 878.321, 549.876 e 320.607 ha, correspondendo a rendimentos de 595, 882, 332, 517 e 697 kg/ha, respectivamente. Esses baixos rendimentos são devidos a vários fatores, como uso de sementes de má qualidade, ausência de calagem, adubação e tratos fitossanitários inadequados, falta de água durante o florescimento ou desenvolvimento dos grãos ou excesso de água por ocasião da colheita e principalmente, pela ocorrência de moléstias. O feijoeiro tem-se mostrado suscetível ao ataque de vários agentes patogênicos, como bactérias, vírus, fungos e nematóides, alguns dos quais com várias raças fisiológicas e tendo nas sementes o seu principal meio de disseminação.

Várias são as moléstias que ocorrem no Estado de São Paulo, destacando-se entre elas a antracnose, a queima bacteriana, a mancha angular, a ferrugem e os mosaicos comum e dourado. Destas, a antracnose, causada pelo fungo **Colletotrichum lindemuthianum**, tem-se constituído nos últimos anos na moléstia mais importante, pela sua ocorrencia nas três épocas de cultivo do feijoeiro: das águas, seca e inverno, com plantios nos meses de agosto-setembro, janeiro-fevereiro e maio-junho, respectivamente. A queima causada por **Xanthomonas campestris** pv. **phaseoli** (=**X. phaseoli**, **X.phaseoli** var. **fuscans**) é uma doença que, além de difícil controle pela ausência de produtos químicos eficientes, tem nas sementes, como acontece para o fungo da antracnose, o principal meio de disseminação do seu agente causal. Embora a ferrugem, devida ao fungo **Uromyces phaseoli** var. **typica**, esteja presente nas épocas de cultivo do feijoeiro, ela não é considerada altamente prioritária no programa de melhoramento, pela facilidade de controle através de pulverizações com fungicidas e pelo fato de que a maioria dos cultivares em distribuição ser resistente a esse microrganismo. Contudo, procura-se obter cultivares resistentes a esse fungo nos grupos Rosinha e Roxinho, nos trabalhos em realização na Seção de Genética do Instituto Agronômico.

Embora o mosaico comum não seja uma moléstia de importância na grande lavoura, pois os cultivares colocados à disposição dos agricul

* Seção de Genética, Instituto Agronômico, Cx. Postal 28 - CEP 13001, Campinas, SP. Bolsista do CNPq.

tores são resistentes, tem-se trabalhado nos grupos Rosinha e Roxinho, os quais são constituídos por materiais altamente suscetíveis ao vírus. A obtenção de novos cultivares resistentes nesses grupos facilitará a produção de sementes genética e básica isentas de vírus, evitando-se com isto, a eliminação de plantas com sintomas.

Outras moléstias aparecem no feijoeiro constituindo-se em problemas para a cultura, em determinadas circunstâncias, como o mosaico dourado, o qual ocorre principalmente no cultivo de seca - plantio de janeiro-fevereiro e a mancha angular de ocorrência irregular e em feijoeiros em fase final de desenvolvimento. No momento não existem cultivares resistentes ao vírus do mosaico dourado e ao fungo da mancha angular.

Com o cultivo do feijoeiro praticamente sempre na mesma área (águas e seca) na mais importante região produtora de São Paulo - a sudoeste (Dira-Sorocaba) e principalmente com a expansão do cultivo de inverno no norte do Estado, onde o sistema de irrigação dominante é o do pivô central, alguns agentes patogênicos podem, como no caso do complexo fungos do solo e dos nematóides, constituir, a curto ou a médio prazo, problemas sérios para a cultura do feijoeiro.

Para que a cultura do feijoeiro possa se expandir e alcançar posição de destaque, torna-se necessário que todas as operações, desde o preparo do solo até a colheita, sejam mecanizadas. Destas, uma das fases da colheita, o arranquio das plantas, ainda é feita manualmente, pela grande maioria dos agricultores, embora mais de 5.900.000 ha sejam cultivados com o feijoeiro no Brasil. A colheita manual, além de ser um dos fatores a impedir a expansão da cultura, onera o preço do produto, pois o custo da mão-de-obra é elevado, principalmente em São Paulo.

Como feijão constitui a principal fonte de proteína vegetal para a população brasileira e a maioria dos cultivares em distribuição no Estado de São Paulo, como por exemplo Carioca e Carioca 80, apresentam um conteúdo protéico ao redor de 22%, procurar-se-á obter novos cultivares de elevada produtividade e de bom teor em proteína, ao redor de 26%, embora essas características estejam negativamente correlacionadas.

Como resultado do programa de melhoramento em realização na Seção de Genética do Instituto Agronômico, já foram colocados à disposição dos agricultores, vários cultivares de alta capacidade produtiva, como Rosinha $G_1$, Rosinha $G_2$, Preto $G_1$, Pintado, Iuba 1, Iuba 2, Iuba 3, Aeté-1, Aeté-2, Piratã-1, Piratã-2, Moruna e Aroana. Recentemente foram lançados, para o cultivo em escala comercial, os cultivares Catu, Aeté-3, Aroana 80, Moruna 80, Carioca 80 e Aysó. Todos esses cultivares, além de elevado potencial de produtividade, em média 2.000 kg/ha, são resistentes ao vírus do mosaico comum e ao fungo da

ferrugem - **Uromyces phaseoli** var. **typica**. Os cultivares Aroana 80, Moruna 80, Carioca 80 e Aysó, por possuírem o gene **Are**, são resistentes aos grupos alfa, beta, gama, delta, mexicano I, mexicano II, mexicano III, brasileiro I, brasileiro II, épsilon, lâmbda, eta, teta, zeta e mu do fungo da antracnose - **Colletotrichum lindemuthianum**. Desses seis cultivares, todos apresentam arquitetura de planta mais adequada para a colheita mecânica, com exceção do Aysó.

Alguns dos cultivares mencionados estão também sendo recomendados e plantados em escala comercial, em outros Estados, como por exemplo Rosinha $G_2$ em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e Carioca 80 em Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina.

Portanto, visa-se no programa de melhoramento em execução na Seção de Genética, conseguir novos cultivares que possuam alta capacidade produtiva, resistência múltipla ou a pelo menos dois patógenos considerados de importância para a cultura, para aumentar o rendimento e estabilizar a produção, porte adequado para a colheita mecânica e de bom teor protéico.

Devido aos problemas na produção de sementes genética, básica, certificada e fiscalizada, tem-se procurado recomendar para o plantio nas três épocas de cultivo no Estado de São Paulo, cultivares que mostram ampla adaptação e consequentemente, apresentem produções médias elevadas. Na Tabela 1 pode-se notar o bom comportamento dos cultivares Aysó, Carioca 80, Aroana 80 e Moruna 80, nas três épocas de cultivo (águas, seca, inverno), com produções médias de 2.189, 2.024, 2.016 e 2.007 kg/ha, comparadas a 1.749 kg/ha do Carioca. Verifica-se também que o Aysó obteve as maiores produções médias nas águas, seca e inverno com 2.274, 2.181 e 2.113 kg/ha, respectivamente.

Procurando conhecer o comportamento das novas linhagens desenvolvidas no programa de melhoramento, na Seção de Genética, todas resistentes aos patógenos de antracnose e mosaico comum, com ou sem características desejáveis para a mecanização, visando a recomendação de novos cultivares, ensaios estão sendo instalados nas épocas de cultivo nas principais regiões produtoras do Estado. Os resultados iniciais obtidos no plantio de inverno de 1989, em Pariquera-Açu, Votuporanga e Campinas (Tabelas 2 e 3) com irrigação, mostram que várias linhagens tiveram produções acima do controle Carioca 80 SH. Destas, destacaram H853-50-6, H853-50-2, H8515-52 (Tabela 2) com produções médias de 2.529 (3.224, 2.873 e 1.391 kg/ha em Pariquera-Açu, Votuporanga e Campinas, respectivamente), 2.345 (3.207, 2.654 e 1.175) e 2.264 kg/ha (3.113, 2.684 e 994 kg/ha), conseguindo o controle Carioca 80 SH, 1.879 kg/ha (1.582, 2.618 e 1.436 kg/ha) e Gen 2-1-4-1-1-4, Gen 2-1--5-3-1 e (10-3-1.H1178-100) x (H1178-100.H580-31) 8-3-12 com 2.121 (3.352, 2.014 e 996 kg/ha), 2.089 (3.113, 2.153 e 1.000 kg/ha) e 2.046 kg/ha (2.662, 2.094 e 1.382 kg/ha) para 1.738 kg/ha (1.673, 2.305 e 1.236 kg/ha), obtida pelo Carioca 80 SH (Tabela 3). Nos ensaios insta

lados em Votuporanga e Campinas em 1989, várias linhagens sobressaíram em relação ao controle Carioca 80 SH, como por exemplo 60-1, 6-51 e 62-10 do cruzamento (DOR41.H1178-101-1,2) x (A248.H1178-100) e H8557-54 (Tabela 4), com 2.334 (2.989,1.700), 2.208 (2.807, 1609) e 2.171 kg/ha (2.604, 1.738), Carioca 80 SH - 1.866 kg/ha (2.196, 1.536 kg/ha); (H5380-41-3-3.A156) x (H5380-41-3-2,3,4.AB136) 9-1-1 - 1.997 kg/ha (3.207, 788 kg/ha), H791-16-1-2-2-2-2 x H5380-41-3-4,6 4-2-2-1-1 - 1.957 (3.127, 788), H791-16-1-2-2-2-2 x H5380-41-3-4,6 4-2-2-1-5 - 1.891 kg/ha (2.873, 909kg/ha) com os controles Rosinha $G_2$ e Carioca 80 SH produzindo em média 1.418 (1.636, 1.200) e 1.870 kg/ha (2.225, 1.515 kg/ha), em Votuporanga e Campinas, respectivamente (Tabela 5). Em outro ensaio nessas localidades (Tabela 6), as maiores produções médias foram obtidas pelas linhagens H853-50, H1178-100-3, 9, 10 x XP398-2 50, e H85125-54-3-3 com 2.098(2.960, 1.236 kg/ha), 2.088 (3.185, 991) e 1.978 kg/ha (2749, 1.207) conseguindo o Carioca 80 SH 1.776 kg/ha (2.480, 1.073 kg/ha).

Nesses ensaios, os quais serviram de base para a instalação dos regionais, várias linhagens comportaram-se também como resistentes aos fungos da mancha angular e ferrugem.

Embora as dificuldades sejam muitas, principalmente as relacionadas com a produção de sementes das diversas categorias, quando se aumenta o número de cultivares recomendados, no futuro, dependendo do comportamento das linhagens, poder-se-á indicar novas variedades específicas para o plantio de inverno e para determinadas condições de cultivo em nosso Estado.

TABELA 1 - Produções médias e média geral em kg/ha, conseguidas por cultivares de feijoeiro nos cultivos das águas (1981, 1982, 1983), seca (1981, 1982, 1983) e inverno (1982, 1984) em vários municípios no Estado de São Paulo.

| Cultivar | Época | | | média geral |
|---|---|---|---|---|
| | Águas | Seca | Inverno | |
| Aysõ | 2274 | 2181 | 2113 | 2189 |
| Carioca 80 | 2016 | 1992 | 2065 | 2024 |
| Aroana 80 | 1970 | 2138 | 1940 | 2016 |
| Moruna 80 | 1973 | 2048 | 2001 | 2007 |
| Carioca | 1682 | 1850 | 1714 | 1749 |

TABELA 2 - Produções em kg/ha obtidas por linhagens e cultivar de feijoeiro nos municípios de Pariquera-Açu e Campinas, no plantio de inverno de 1989.

| Linhagem e Cultivar | | Local | | | Média | Média P + V |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pariquera Açú (P) | Votupo-ranga(V) | Campinas | | |
| | | kg/ha | kg/ha | kg/ha | kg/ha | kg/ha |
| H853-50-6 | | 3324 | 2873 | 1391 | 2529 | 3098 |
| H853-50-2 | | 3207 | 2654 | 1175 | 2345 | 2930 |
| H8515-52 | | 3113 | 2684 | 994 | 2264 | 2898 |
| (DOR60.H1178-101-2,1)x(A154.H7718-100) | 94-1-3 | 2473 | 2596 | 1182 | 2084 | 2534 |
| | 94-1-1 | 2284 | 2829 | 1042 | 2052 | 2556 |
| H85125-51-2-1,6-1 | | 2909 | 2044 | 1200 | 2051 | 2476 |
| H1178-100-3,9,10 x XP398-2 | 51-1 | 1927 | 2836 | 1318 | 2027 | 2381 |
| (A249.H1178-100)x(A154.H7718-100) | 63-2 | 2036 | 2524 | 1391 | 1984 | 2280 |
| Gen 1-1-1-4-3 | | 1891 | 2654 | 1391 | 1979 | 2272 |
| H1178-100-3,9,10 x XP398-2 | 50-1-1 | 1607 | 3047 | 1236 | 1963 | 2327 |
| (DOR41.H1178-101-1,2)x(A154.H7718-100) | 51-3-6 | 2073 | 2480 | 1285 | 1946 | 2276 |
| H1178-100-3,9,10 x XP398-2 | 50-3-1 | 1302 | 3142 | 1191 | 1878 | 2222 |
| (A249.H1178-100)x(A154.H7718-100) | 63-1-4 | 2044 | 2414 | 1200 | 1886 | 2229 |
| Carioca 80 SH | | 1582 | 2618 | 1436 | 1879 | 2100 |

TABELA 3 - Produtividade em kg/ha das linhagens e cultivar de feijoeiro nos municípios de Pariquera-Açu, Votuporanga e Campinas, no plantio de inverno de 1989.

| Linhagem e Cultivar | | Local | | | Média | Média (P+V) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pariquera Açú(P) | Votupo-ranga(V) | Campinas | | |
| | | kg/ha | kg/ha | kg/ha | kg/ha | kg/ha |
| Gen 2-1-4-1-1-4 | | 3352 | 2014 | 996 | 2121 | 2683 |
| Gen 2-1-5-3-1 | | 3113 | 2153 | 1000 | 2089 | 2633 |
| (10-3-1.H1178-100)x(H1178-100.H580-31) | 8-3-12 | 2662 | 2094 | 1382 | 2046 | 2378 |
| Gen 2-1-5-4-9-1 | | 2771 | 2102 | 1076 | 1983 | 2436 |
| Gen 2-1-2-10 | | 2545 | 2407 | 824 | 1974 | 2476 |
| Gen 2-1-2-10-2 | | 2596 | 2189 | 1100 | 1962 | 2392 |
| Gen 1-2-2-2-4-5 | | 2945 | 1745 | 1000 | 1897 | 2345 |
| H4778-100-7-2-4 | | 1847 | 2334 | 1364 | 1848 | 2090 |
| H4778-100-7-1-3 | | 1716 | 2516 | 1273 | 1835 | 2116 |
| H4778-100-7-1-13 | | 1651 | 2364 | 1464 | 1826 | 2007 |
| Gen 2-1-4-1-5 | | 2909 | 1633 | 873 | 1801 | 2265 |
| H4778-100-7-1-6 | | 1556 | 2574 | 1200 | 1777 | 2065 |
| H4778-100-3-9-2 | | 1694 | 2342 | 1182 | 1739 | 2018 |
| Gen 2-1-3-3-4-3 | | 2560 | 1745 | 885 | 1730 | 2152 |
| (10-3-1.H1178-100)x(H1178-100.H580-31) | 8-3-7 | 2116 | 1680 | 970 | 1589 | 1898 |
| Carioca 80 SH | | 1673 | 2305 | 1236 | 1738 | 1989 |

TABELA 4 - Produções em kg/ha, conseguidas pelas linhagens e cultivar de feijoeiro, nos ensaios, nos municípios de Votuporanga e Campinas, no inverno de 1989.

| Linhagem e Cultivar | | Local | | Média |
|---|---|---|---|---|
| | | Votuporanga | Campinas | |
| | | kg/ha | kg/ha | kg/ha |
| (DOR41.H1178-101-1,2)x(A248.H1178-100) | 60-1,6-51 | 2989 | 1700 | 2344 |
| | 62-10 | 2807 | 1609 | 2208 |
| H8557-54 | | 2604 | 1738 | 2171 |
| (DOR41.H1178-101-1,2)x(A248.H1178-100) | 62-1-4 | 2669 | 1636 | 2152 |
| | 62-1-7 | 2640 | 1519 | 2079 |
| | 62-2-4 | 2662 | 1482 | 2072 |
| | 51-10 | 2844 | 1127 | 1985 |
| Carioca 80 SH | | 2196 | 1536 | 1866 |

TABELA 5 - Produções de feijão obtidas pelas linhagens e cultivares nos municípios de Votuporanga e Campinas, no cultivo de inverno de 1989.

| Linhagem e Cultivar | | Local | | Média |
|---|---|---|---|---|
| | | Votuporanga | Campinas | |
| | | kg/ha | kg/ha | kg/ha |
| (H5380-41-3-3.A156)x(H5380-41-3-2,3,4.AB136) | 9-1-1 | 3207 | 788 | 1997 |
| H791-16-1-2-2-2-2 x H5380-41-3,4,6 | 4-2-2-1-1 | 3127 | 788 | 1957 |
| | 4-2-2-1-5 | 2873 | 909 | 1891 |
| (H791-16-1-2-2-2-2-1-3-4-1)x(XP209-6.A296) | 51 | 2473 | 1091 | 1782 |
| Rosinha $G_2$ | | 1636 | 1200 | 1418 |
| Carioca 80 SH | | 2225 | 1515 | 1870 |

TABELA 6 - Produções em kg/ha de algumas linhagens de feijoeiro nos ensaios instalados nos municípios de Votuporanga e Campinas, no inverno de 1989.

| Linhagem e Cultivar | Local | | Média |
|---|---|---|---|
| | Votuporanga | Campinas | |
| | kg/ha | kg/ha | kg/ha |
| H85350 | 2960 | 1236 | 2098 |
| H1178-100-3,9,10 x XP398-2 50 | 3185 | 991 | 2088 |
| H85125-54-3-3 | 2749 | 1207 | 1978 |
| (DOR60.H1178-101-2,1)x(A154.H7718-100) 68 | 2676 | 1045 | 1860 |
| (A249.H1178-100)x(DOR41.H1178-101-1,2) 51 | 2713 | 973 | 1843 |
| (DOR60.H1178-101-2,1)x(A154.H7718-100) 53 | 2676 | 938 | 1807 |
| Carioca 80 SH | 2480 | 1073 | 1776 |

# CALCÁRIO E USO DO GESSO NA CULTURA DO FEIJOEIRO[1]

Godofredo Cesar Vitti[2]

Valter Casarin[3]

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os fatores de produção, a calagem e a adubação mineral são considerados o meio maior, mas rápido e mais barato para se aumentar a produtividade agrícola.

Em termos de culturas de grãos (milho, trigo, feijão, arroz e soja) as perspectivas para o Brasil, com o emprego de calcário, é de um incremento de produção de 23,2 milhões t, sendo o valor do incremento de US$ 4,18 bilhões, para um investimento de US$ 1,29 bilhões, isto é, uma relação benefício/custo de aproximadamente 4:1.

Para o mesmo incremento na produção, porém sem o emprego de calcário, seria necessário o cultivo de 16,0 bilhões de ha de novas áreas, com um custo total de US$ 3,21 bilhões, isto é, uma relação benefício/custo de aproximadamente 1,3:1. Logo o emprego adequado de fertilizantes e corretivos irá propiciar menor área cultivada e a menores custos.

## 2. CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

### 2.1. Acidez do solo

Os solos tropicais são normalmente ácidos, seja pela ocorrência de precipitação suficientemente alta para lixiviar quantidades apreciáveis de bases permutáveis do solo, seja pela ausência de minerais primários e secundários, responsáveis pela reposição dessas bases. Sendo assim, devido a grandes áreas de solos ácidos aráveis, a importância de acidez, sob o aspecto prático, sobrepuja o da alcalinidade.

Além da ocorrência natural da acidez do solo, pelos motivos an

---

[1] Palestra apresentada no Simpósio sobre a Produtividade da Cultura do Feijão Irrigado. FEALQ - Piracicaba, 25 a 28 de setembro de 1990.

[2] Engº Agrº, Prof. Adjunto - Depto. de Solos, Geologia e Fertilizantes. ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

[3] Engº Agrº, aluno do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

teriormente expostos, o próprio cultivo tende a acentuar o problema, principalmente devido a absorção de cátions pelas raízes das plantas, deixando em seus lugares quantidades equivalentes de íons hidrogênio. Também a atividade biológica produzindo ácidos e práticas agrícolas, como exemplo, a aplicação ao solo de fertilizantes nitrogenados (uréia, nitrato e sulfato de amônio), resultam na acidificação devido a acumulação de $HNO_3$ e/ou $H_2SO_4$, apresentando aqueles fertilizantes índice de acidez, respectivamente 71,62 e 110*.

Do exposto até aqui, conclui-se que a acidificação do solo é um processo inevitável, exigindo-se, portanto, correções periódicas do mesmo pela aplicação de materiais corretivos, para que se maximize a produção agrícola.

Além de se discutir aspectos relacionados aos corretivos convencionais da acidez, também será discutido o emprego do gesso agrícola, visando o fornecimento de enxofre, bem como visando aumentar o teor de cálcio e diminuição da saturação em alumínio dos horizontes subsuperficiais do solo.

## 2.2. Mecanismos de neutralização

O calcário em contato com a umidade do solo irá dissolver-se, provavelmente com a reação:

$$CaCO_3.MgCO_3 + H_2O \rightleftharpoons Ca^{++} + Mg^{++} + HCO_3^- + OH^-$$

Os produtos da reação anterior, irão neutralizar a acidez do solo, conforme as reações seguintes:

(1) $H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3$

$H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_2$

(2) $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$

(3) $Al^{3+} + 3\ OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_3$

O $Ca^{2+}$ e o $Mg^{2+}$ simultaneamente à medida que se processam as reações citadas, irão ocupar os pontos de troca que estavam com $H^0$ e $Al^{3+}$.

---

* Quantidade de carbonato de cálcio que deve ser adicionada ao solo para neutralizar a aplicação de 100 kg de fertilizante.

## 2.3. Reação do solo e o feijoeiro

Em condições de solo ácido o desenvolvimento do feijoeiro é afetado pelas condições de reação (pH) do solo, que influi na disponibilidade da maioria dos nutrientes, como também pela elevada concentração de íons de alumínio e de manganês.

As plantas com sintomas de toxidez de alumínio apresentam as folhas inferiores amarelas e necróticas, enquanto que as superiores apresentam-se reduzidas, com um verde intenso, demonstrando deficiência de fósforo (RUSCHEL et alii, 1968). O alumínio reduz a permeabilidade do protoplasma, dificulta a entrada de fósforo na planta e reduz a atividade metabólica do fósforo no tecido. O excedente de alumínio do meio não é absorvido, mas é acumulado na superfície da raiz (WALLIHAN, 1948), ocorrendo uma precipitação de fósforo, o que resulta na deficiência deste elemento na região meristemática. As raízes são caracterizadas por apresentarem um desenvolvimento reduzido.

O manganês, ao contrário do alumínio, é um elemento essencial para as plantas. A toxicidade de manganês é caracterizada pelo crescimento reduzido da planta, que apresenta coloração amarelo-esverdeada no tecido internerval das folhas trifoliadas em expansão. O tecido, ao longo das nervuras, é verde-escuro. As folhas ficam reduzidas, com aparência rugosa. Com o desenvolvimento dos sintomas, ocorre necrose severa (WILCOX & FAGERIA, 1976).

Pelo fato do feijoeiro ser uma leguminosa, o aumento do pH do solo favorece a fixação simbiótica do $N_2$, por influenciar o crescimento das raízes, a absorção de água e de nutrientes. Favorece também a atividade do **Rhizobium**, que é muito sensível a acidez, embora existam estirpes menos sensíveis a este fator (VOSS et alii, 1984).

MIRANDA & LOBATO (1978) mostram, na Figura 1, o efeito da calagem em aumentar a eficiência da adubação fosfatada na produção de grãos. O aumento da disponibilidade de fósforo e o seu aproveitamento pelas plantas, é um dos efeitos mais importantes atribuídos a calagem.

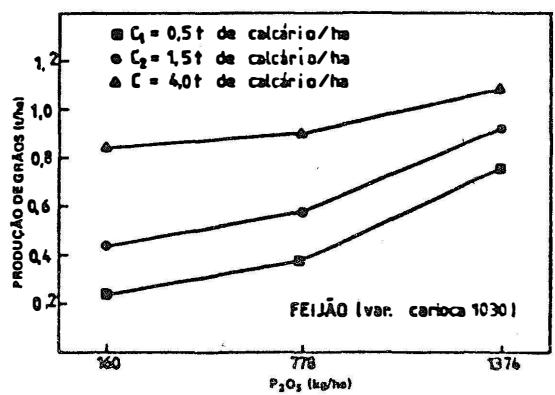



FIGURA 1 - Produção de feijão em função de níveis de fósforo e de calcário aplicados em LE.

Na Figura 2 observa-se que as doses de calcário suficientes para neutralizar o alumínio tóxico não são suficientes para que a produtividade máxima seja atingida, o que somente ocorre quando o nível de manganês no solo cai a menos de 5 ppm, em pH próximo de 6,0.

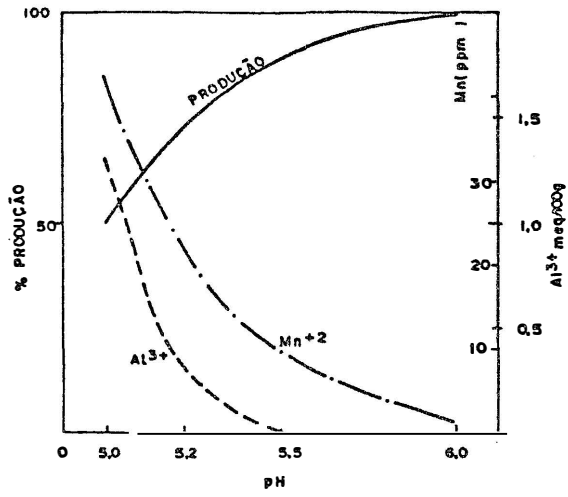



FIGURA 2 - Produção de feijão em função do pH, alumínio e manganês do solo.

Fonte: Goepfert & Freire, citados por VIEIRA (1978).

Em estudo com diversas variedades de feijoeiro, conclui-se que a produtividade da maioria dos cultivares de feijoeiro aumentou com a elevação dos níveis de calagem, conforme está apresentado na Tabela 1.

A calagem bem conduzida traz inúmeros efeitos benéficos, dentre os quais podem ser citados os seguintes:

a) Aumenta a absorção pelas raízes das plantas de nutrientes e dos aplicados ao solo, conforme pode ser observado pela análise da Tabela 2 (EMBRAPA, 1980).

b) Fornece cálcio e magnésio, sendo que o feijoeiro para uma produção de 1 t de grãos, extrai 54 e 18 kg/ha, respectivamente de Ca e Mg.

TABELA 1 - Efeitos de 3 níveis de calagem na produtividade de diferentes cultivares de feijoeiro. Média de 3 safras.

| Níveis de calagem | Sem cal | Cal para Al = 0 | Cal para pH = 6 |
|---|---|---|---|
| Quantidade de calcário aplicado (t/ha) | 0 | 6,9 | 29,7 |
| % Saturação de Al | 49 | 10 | 0 |
| Cultivar | Produção de grãos (kg/ha) | | |
| Aeté-1 | 854 | 1028 | 1232 |
| Goiano precoce | 781 | 1088 | 1071 |
| Turrialba 1 | 1129 | 1517 | 1687 |
| Rico 23 | 1011 | 1262 | 1357 |
| Moruna | 770 | 949 | 1144 |
| S.Cuva 168 | 721 | 911 | 1262 |
| Preto 143 | 845 | 1035 | 1226 |
| Piratã-1 | 851 | 970 | 1042 |
| Carioca | 1006 | 1287 | 1431 |
| H24P1675C1721 | 620 | 726 | 861 |

Fonte: PARRA & VOSS (1978).

TABELA 2 - Estimativa de variação percentual na assimilação dos macronutrientes pelas plantas, em função do pH do solo.

| Elementos | pH em $H_2O$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 |
| Nitrogênio | 20 | 50 | 75 | 100 | 100 | 100 |
| Fósforo | 30 | 32 | 40 | 50 | 100 | 100 |
| Potássio | 30 | 35 | 70 | 90 | 100 | 100 |
| Enxofre | 40 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Cálcio | 20 | 40 | 50 | 67 | 83 | 100 |
| Magnésio | 20 | 40 | 50 | 70 | 80 | 100 |

c) Reduz a absorção de elementos tóxicos as raízes, quando em excesso no solo, como o alumínio e o manganes.

d) Favorece a ação de bactérias decompositoras de matéria orgânica e de fixação biológica do nitrogênio do ar.

e) Melhora a estrutura do solo, através do efeito de agregação do cálcio.

O efeito adicional da calagem na produtividade de feijão, associada a uma adubação adequada de N-$P_2O_5$- $K_2O$, propiciou à cultura aumento de produtividade de 400 kg/ha de grãos correspondente a 50% no Estado do Paraná (MALAVOLTA, 1986).

## 2.4. **Consumo de calcário**

Embora da importância fundamental da prática da calagem no processo produtivo, o seu emprego em nossa agricultura está muito aquém das necessidades. Assim, a nossa necessidade de calcário é de cerca de 75 milhões t/ano, enquanto que a capacidade instalada é de 49 milhões t/ano, e o consumo foi de apenas 16,5 milhões t/ano, isto é, 34% da capacidade instalada, correspondente a uma relação calcário/adubo de 1,6/1,0, dados estes relativos ao ano de 1989 (LOPES et alii, 1990).

Dentre os principais fatores responsáveis pelo baixo consumo de calcário, podem ser citados os seguintes:

a) desconhecimento e baixa divulgação dessa técnica;
b) elevação do preço deste insumo pelo transporte;
c) taxas de juros elevadas;
d) redução de preços dos produtos;
e) relação de troca desfavorável.

Quanto a esse último fator, em 1980 eram necessárias 2,2 sacas de feijão de 60 kg para pagar 1,0 t de fertilizantes, enquanto que em 1989 foram necessárias 5,1 sacas, isto é, 132% a mais (LOPES et alii, 1990).

## 2.5. **Fatores de sucesso da calagem**

Os fatores que propiciam maior retorno pelo emprego da calagem, podem ser divididos em três grupos:

(1) Fatores externos (aplicação do corretivo);
(2) Fatores do corretivo;
(3) Determinação da dose adequada do corretivo.

### 2.5.1. Fatores externos

Os fatores externos, ou de aplicação do corretivo, estão rela-

cionados com a:

a) aplicação homogênea;
b) antecedência de aplicação;
c) profundidade de incorporação;
d) localização.

(a) Aplicação homogênea - evidentemente, o calcário deve ser aplicado na dose determinada em toda área, pois doses menores não irão controlar adequadamente os efeitos nocivos de acidez, enquanto que em doses excessivas, poderão apresentar alguns problemas, como maior possibilidade de desbalanço de micronutrientes e potássio.

(b) Antecedência de aplicação

As reações que ocorrem com o calcário são lentas, isto devido a insolubilização do mesmo. Desta maneira a solubilização do calcário, sem o que não há neutralização da acidez, demanda do tempo e exige a sua incorporação para aumentar o contato entre o corretivo e as partículas do solo.

Na Figura 3, construída com dados de campo (MALAVOLTA, 1981), verifica-se que foram necessários 6 meses para que se completasse a neutralização e o pH atingisse o valor desejado. Esse intervalo de tempo é variável em função de: teor de matéria orgânica e textura do solo, precipitação, poder relativo de neutralização total do corretivo, modo de aplicação, etc. É por isso, que a prática ensina, que a calagem deve ser feita com a maior antecedência possível, pelo menos de 2 a 3 meses antes da semeadura. No caso da utilização de calcários calcinados e de outros materiais mais reativos, a calagem pode ser feita até 30 dias antes da semeadura, visto que, esses materiais são bastante finos e reagem mais rapidamente com o solo.

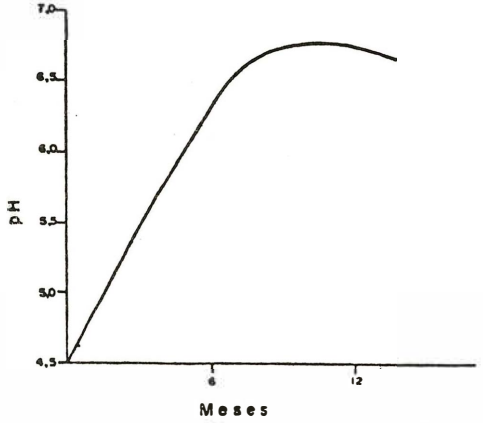
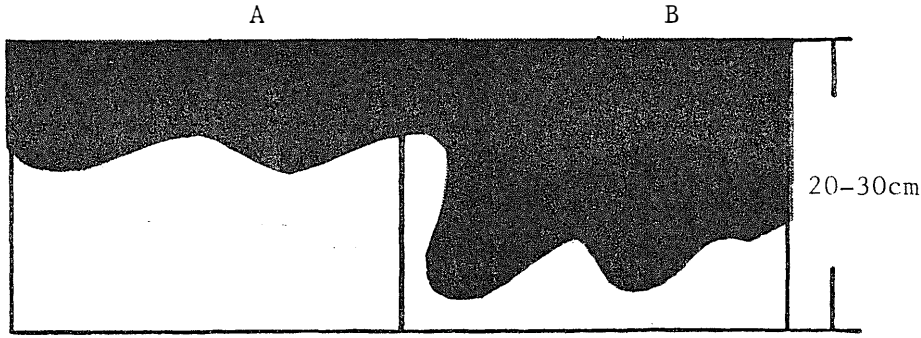



FIGURA 3 - Relação entre época de aplicação do calcário e mudanças no pH do solo.

(c) Profundidade de incorporação

Além da uniformidade de distribuição, a profundidade de incorporação é fundamental para a maior resposta das culturas a calagem. Numa cultura a ser estabelecida, recomenda-se a aplicação de metade da dose antes da aração e metade depois da mesma, com incorporação na camada de 0 a 30 cm, pelo menos, tanto em culturas anuais como em perenes. Desse modo se consegue uma distribuição mais uniforme e mais profunda do corretivo conforme apresentado na Figura 4.




A = aplicação do calcário após aração e incorporação com gradagem.

B = incorporação de 1/2 com aração e 1/2 depois de 2ª aração e gradação em seguida.

FIGURA 4 - Efeito do parcelamento na ação do calcário em profundidade no solo.

A incorporação do calcário na camada de 0 a 30 cm, pelo menos, consegue-se uma distribuição mais uniforme e mais profunda do corretivo. Assim, as raízes terão um volume maior de terra para explorar, aproveitando melhor a água e os elementos minerais, ficando a planta menos sujeita ao risco da falta de chuvas, conforme apresentado na Figura 5.

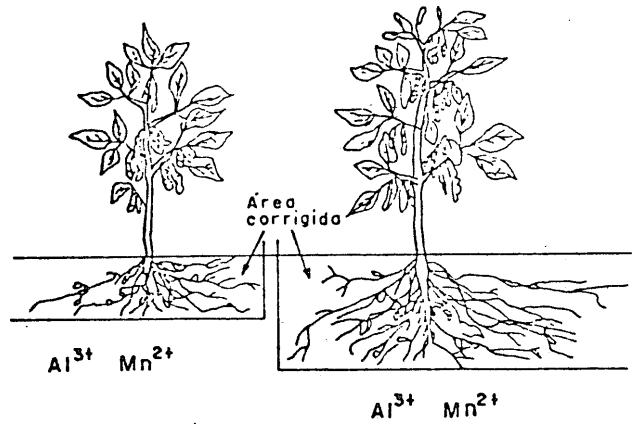



FIGURA 5 - Distribuição do sistema radicular de leguminosa em profundidades diferentes de incorporação do calcário.

(d) Localização

O calcário, conforme já comentado, deve ser aplicado em área total, sendo que a aplicação adicional desse insumo no sulco de plantio, em pequenas quantidades (até 500 kg/ha), é desaconselhável o seu uso em substituição à calagem como alternativa de produção (ANGHINONI, 1989).

Conforme citado em QUAGGIO (1986), em várias regiões brasileiras há o predomínio de jazidas calcárias com baixos teores de Mg, as quais, podem contribuir para a redução dos custos do frete com calcário, devido a maior proximidade das propriedades agrícolas dessas regiões, em relação às jazidas de calcário dolomítico. Nessas condições, conforme citado em MALAVOLTA (1985), poderá ser econômico corrigir a acidez com o calcítico e fornecer o Mg na forma de uma fertilizante contendo esse nutriente no sulco de plantio, ou mesmo até na forma de calcário "filler" mais rico nesse nutriente no sulco de plantio separadamente do adubo em doses relativamente pequenas, de 100 a 250 kg/ha.

2.5.2. Fatores do corretivo

Os calcários representam quase que a totalidade dos corretivos de acidez empregados no país. As principais características desses materiais para maior retorno dessa prática agrícola são a sua efi

ciência neutralizante, a qual é função de seu conteúdo de óxidos (CaO + MgO) e da sua granulometria (reatividade), bem como, outra característica importante é o conteúdo de magnésio (MgO) e a relação CaO/MgO do corretivo.

A eficiência neutralizante do corretivo é dada pelo seu conteúdo de CaO e MgO e pela sua granulometria determinada pelas peneiras ABNT nº 10 (2 mm), ABNT nº 20 (0,84 mm) e ABNT nº 50 (0,30 mm). Estes dois parâmetros podem ser englobados num valor único que define a qualidade do corretivo, denominada de "poder relativo de neutralização total" ou PRNT, dado pela seguinte expressão:

$$PRNT = \frac{\text{equivalente } CaCO_3 \times (Ax0,0 + Bx0,2 + Cx0,6 + Dx1,0)}{100}$$

onde: equivalente $CaCO_3$ = PN (Poder de Neutralização) =

= %CaO x1,79 + %MgO x 2,48;

A = % de calcário que fica retido na peneira 10;
B = % de calcário que fica retido entre as peneiras 10 e 20;
C = % de calcário que fica retido entre as peneiras 20 e 50;
D = % de calcário que passa pela peneira 50.

Para melhor compreensão da avaliação da eficiência de um corretivo, está transcrita a seguir a Portaria SEFIS nº 03, de 12/06/86, que determina o seguinte:

Art. 1º - Os corretivos de acidez do solo deverão possuir as seguintes características físicas mínimas:

- passar 100% em peneira de 2 mm, ABNT - 10; 70% em peneira de 0,84 mm, ABNT -20 e 50% em peneira de 0,30 mm, ABNT -50, sendo permitida tolerância de 5% na peneira ABNT -10.

Art. 2º - Os corretivos de acidez passarão a ser comercializados de acordo com suas características próprias e com os valores mínimos constantes na descrição abaixo:

| Materiais Cooretivos de Acidez | PN % em $CaCO_3$ | SOMA %CaO + %MgO |
|---|---|---|
| Calcários | 67 | 38 |
| Cal virgem agrícola | 125 | 68 |
| Cal hidratado agrícola | 94 | 50 |
| Escórias | 60 | 30 |
| Calcário calcinado agrícola | 80 | 43 |
| Outros | 67 | 38 |

TABELA 3 - Relação CaO/MgO nos diversos tipos de calcário.

| Calcário | Relação CaO/MgO |
|---|---|
| Calcítico | 174 a 7,0/1,0 |
| Magnesiano | 5 a 1,7/1,0 |
| Dolomítico | 3,2 a 0,9/1,0 |

Assim, além da escolha do tipo de calcário, de acordo com a análise do solo, normalmente calcário dolomítico ou magnesiano, é também importante observar a relação CaO/MgO, sendo desejável que o corretivo apresente um teor de magnésio entre 1/5 e 1/2 do teor de cálcio (TEDESCO & GIANELLO, 1989).

2.5.3. Dose adequada de calcário

Para a determinação adequada de dose de calcário a ser utilizada é fundamental amostragem e análise corretas do solo, bem como do critério de recomendação de calagem.

Os dois principais critérios para se determinar a necessidade do calcário em milho, são:

(1) Critério baseado na eliminação do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio.

No caso da eliminação do Al trocável, o cálculo das quantidades de calcário é dada pela fórmula:

$$\text{calcário (t/ha)} = \text{meq } Al^{3+}/100 \text{ ml TFSA} \times 1,5.$$

Entretanto, existem solos que apresentam teores baixos de alumínio, mas também contém muito pouco cálcio e magnésio. Nesses casos é adotada a prática de adicionar calcário ao solo para elevar os teores desses nutrientes para 2,0 e 3,0 emg/100 ml, respectivamente para solos mais arenosos (%MO < 2,0) e mais argilosos (%MO > 2,0). Assim a quantidade de calcário é dada pela fórmula:

$$\text{calcário (t/ha)} = [x - (Ca^{2+} + Mg^{2+})] \times 1,5,$$

onde: x = 2 ou 3

$Ca^{2+} + Mg^{2+}$ = soma dos teores de Ca e Mg trocáveis em emg/100ml.

Esses dois critérios devem ser aplicados concomitantemente, utilizando-se o de maior valor para estabelecer a quantidade de calcá-

rio e aplicar. Entretanto, esses critérios estão sendo substituídos de vido principalmente aos seguintes motivos:

(a) Quando a calagem é recomendada pelo alumínio, o pH conseguido nem sempre ultrapassa 5,5 e por isso, embora se neutralize Al, pode so brar Mn tóxico;

(b) Eles nivelam todas as culturas como sendo pouco exigentes em calcário, não permitindo o cálculo de acordo com as exigências e respostas das culturas à mesma;

(c) Fixam arbitrariamente os números 1,5; 2,0 e 3,0, pelo que deverá também ser abandonado (QUAGGIO, 1983).

(2) Método baseado na elevação da saturação de bases

Existe de fato uma correlação positiva entre pH e porcentagem de saturação em bases (V%) do solo, conforme demonstrado, entre outros por CATANI & GALLO (1955) e CASTRO et alii (1972). Através de equações que correlacionam o valor pH do solo e a porcentagem de saturação em bases (V%) pode-se preconizar a elevação da V% a valores pré-estabelecidos, de acordo com a seguinte expressão (RAIJ, 1983):

$$\text{calcário (t/ha)} = \frac{(V_2 - V_1) \cdot T}{PRNT}$$

Nesta fórmula, a necessidade de calagem é dada para uma profundidade de 0 a 20 cm.

$V_1$ = saturação em bases atual do solo ($V_1 = \frac{S_1}{T} \times 100$, sendo:

$S_1$ = soma de bases trocáveis = K + Mg + Ca),
T = capacidade de troca catiônica potencial do solo (T = S + H + Al);

$V_2$ = saturação em bases mais adequadas para a cultura do feijoeiro (60 - 70%).

PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total do calcário.

Com base em experimentos de campo, com a cultura da soja, observou-se que o critério do $Al^{3+}$ trocável subestima a necessidade de calagem necessária para otimizar a produção das culturas, enquanto que os métodos de saturação de bases, recomendam doses de calcário que resultam em produções estimadas muito próximas das máximas produções obtidas com calcário.

## 2.6. Escolha do corretivo a aplicar

A comercialização do calcário no Brasil é feita com base no peso do material, sem levar em conta, em termos proporcionais, e qualidade do produto.

Respeitando os itens citados anteriormente, a decisão final para escolha do calcário, deverá ser tomada em termos de preço por tonelada efetiva, utilizando-se a seguinte relação (CFSEMG, 1989).

$$\text{Preço/t efetiva} = \frac{\text{Preço/t na propriedade}}{\text{PRNT (\%)}}$$

## 2.7. Frequência, efeitos residuais e aspectos econômicos da calagem

O efeito do calcário neutralizando a acidez é geralmente mais duradouro que o do adubo. Não é, porém, permanente porque o proceso de geração da acidez continua no solo, mesmo se este não for cultivado, enquanto que em solo sob cultivo o processo tende a acentuar conforme já discutido anteriormente.

Após a aplicação da dose recomendada para elevar o pH do solo a um valor desejado, as doses necessárias nos anos seguintes para mantê-lo nesse nível são geralmente menores do que as primeiras.

Apesar de poucos estudos abordando aspectos econômicos da calagem, o assunto foi bem discutido em RAIJ & QUAGGIO (1984). Assim, esses autores comentam que o estabelecimento de doses mais econômicas de calcário difere, com relação às doses econômicas de fertilizantes. A diferença mais importante está no longo efeito residual, que deverá ser incluído no estudo econômico. Além disso, por tratar-se de produto de baixo custo por tonelada, o custo do frete influi muito no custo total do corretivo posto na propriedade, podendo o custo do transporte facilmente superar o custo da aquisição na indústria. Há também a considerar a qualidade dos corretivos expressas pelo PRNT, o qual influi nas quantidades reais a serem aplicadas.

É importante ressaltar que a dose de máxima eficiência econômica (MEE) de calcário, por área cultivada, depende da magnitude de respostas das culturas à calagem, do efeito residual nos anos seguintes à aplicação, dos preços dos insumos e produtos e de outros fatores que determinem os tetos de rendimento.

# 3. USO DO GESSO AGRÍCOLA NA CULTURA DO FEIJÃO

O gesso agrícola, sulfato de cálcio dihidratado ($CaSO_4 . 2H_2O$), é um subproduto da obtenção do ácido fosfórico ($H_3PO_4$), utilizado na fa

bricação de superfosfato triplo e fosfatos de amônio (MAP e DAP). Em média, para cada tonelada de $P_2O_5$ produzida se tem 4,5 toneladas desse subproduto. Trata-se de um sal neutro, não afetando, portanto, diretamente a reação do solo; apresenta-se na forma de pó branco, revelando em sua composição aproximadamente 15 a 17% umidade livre; 26 a 28% CaO e 15 a 16% S e uma solubilidade em água de 0,204 g/100 ml, enquanto que a do $CaCO_3$ é de 0,0014g/100 ml a 25°C (VITTI, 1987).

As principais utilizações do gesso na cultura do feijão podem ser como:

(a) fonte de enxofre;
(b) condicionador de subsolo (gessagem).

### 3.1. Fonte de enxofre

O feijão retira 25 kg/ha de S para produzir 1 t/ha de grãos, enquanto que a extração de fósforo é de 9 kg/ha para a mesma produção. Essa maior extração de S, proporciona melhor qualidade dos grãos e, consequentemente, maior produção, uma vez que esse nutriente é responsável pela síntese de proteínas.

Quando nessa cultura não for utilizadas fontes de N (sulfato de amônio, 24% S), fonte de $P_2O_5$ (superfosfato simples, 12% S ou fosfato natural parcialmente acidulado, 6% S) ou fonte de $K_2O$ (sulfato duplo potássio e magnésio, 22% S) pode-se empregar o gesso agrícola (15-16% S), como fonte desse nutriente em doses correspondentes a 20 kg/ha S (±150 kg/ha gesso), quando aplicado localizado ou 60 kg/ha S (±400 kg/ha gesso), quando aplicado a lanço em área total.

Assim, VITTI et alii (1982) encontraram resposta altamente significativa ao S, aplicado no sulco de plantio nessa cultura (Figura 6) em dose equivalente a 20 kg/ha de S, sendo que a dose econômica encontrada foi de 230 kg/ha de gesso.

Em Minas Gerais, BRAGA (1972) obteve resposta linear ao enxofre até a dose de 27 kg/ha.

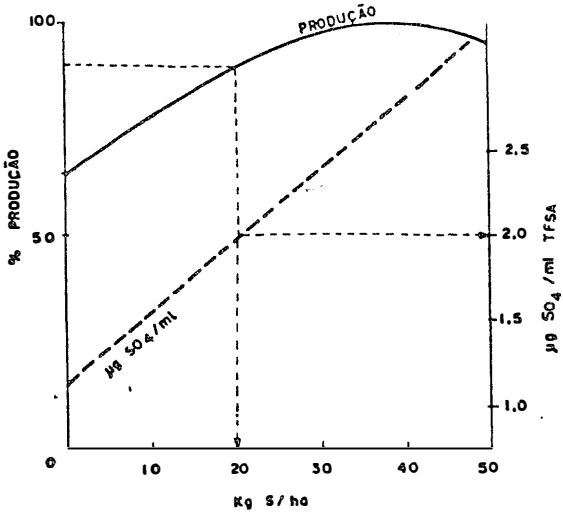



FIGURA 6 - Produtividade do feijoeiro em função de doses de enxofre e teor de $S-SO_4$ no solo (VITTI et alii, 1982).

## 3.2. Condicionador de subsolo (gessagem)

### 3.2.1. Aspectos gerais

Para solos com elevada saturação de alumínio em profundidade, a incorporação profunda de calcário é a prática recomendável quando se cultiva variedades sensíveis, pois o alumínio é tóxico às raízes. Não se pode ignorar, no entanto, as dificuldades práticas e as limitações mecânicas para essa incorporação.

Em solos com toxidez de alumínio subsuperficial, o sistema radicular das plantas é limitado e zoneado, tornando a planta mais suscetível aos efeitos de seca. A simples eliminação do alumínio tóxico em profundidade permite a formação de uma sistema radicular mais abundante que, explorando as camadas mais profundas e úmidas do solo, leva a maior produtividade do feijoeiro.

Em anos recentes, um grande interesse surgiu na procura de meios para diminuir o problema da acidez subsuperficial, principalmente sem a incorporação profunda do calcário. Apesar do movimento de bases para as camadas inferiores ser considerado prejudicial, nos oxisolos a lixiviação de cálcio pode ser usada como importante instrumento para promover o aprofundamento das raízes (LOPES, 1986). Muitos estu-

dos têm mostrado que, muito embora aplicações pesadas de calcário conduzam a uma certa movimentação de cálcio e magnésio em solos bem estruturados, como os de QUAGGIO et alii (1981), aplicações de cálcio na forma de sulfato (gesso) tem levado a maiores efeitos em profundidade.

Na cultura do feijão (OLIVEIRA et alii, 1986) observaram efeitoto linear de aplicação de gesso na produção de matéria seca, conforme observado na Figura 7.

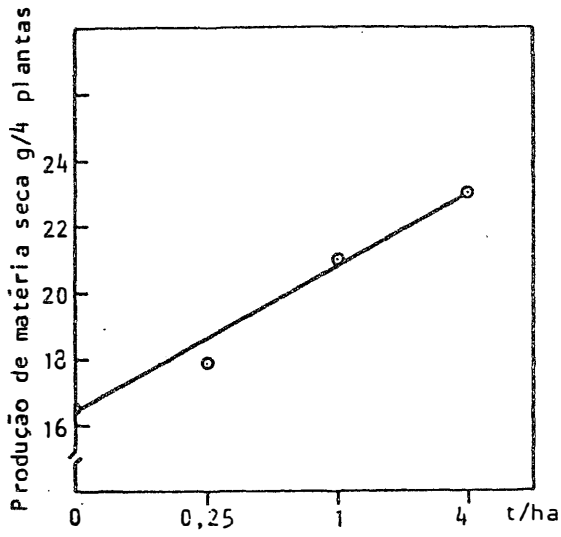



FIGURA 7 - Relação gesso aplicado e produção de matéria seca no feijoeiro.

3.2.2. Mecanismo de reação

A diminuição do $Al^{3+}$ (alumínio livre) na solução do solo pelo uso do gesso pode ser explicada por dois mecanismos:

(1) formação de $Al^{3+}$ não tóxico por reação entre o $Al^{3+}$ (deslocado do complexo de troca pelo $Ca^{2+}$ do gesso) como o $SO_4^{2-}$ do gesso. Assim, o gesso em contato com a umidade do solo irá produzir as seguintes espécies iônicas (PAVAN, 1983):

$$CaSO_4 \cdot 2\,H_2O \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+} + SO_4^{2-} + CaSO_4^0$$

Os íons $Ca^{2+}$ e $SO_4^{2-}$ irão participar das reações de troca catiônica e aniônica, respectivamente. Aproximadamente 40% do todal do cálcio solúvel está presente como $CaSO_4^0$ e segundo PAVAN et alii (1982), capaz de descer pelo perfil do solo. Sendo assim, a formação do par de íons solúvel $CaSO_4^0$, pelas características de carga zero (neutro), pode movimentar-se livremente no perfil do solo. De modo simplificado, as reações que ocorrem, ligeiramente modificada de PAVAN (1983) são as seguintes:

a) dissociação do $CaSO_4^0$ em profundidade:

$$CaSO_4^0 \longrightarrow Ca^{2+} + SO_4^{2-}$$

b) troca iônica entre o $Ca^{2+}$ do gesso e o $Al^{3+}$ adsorvido à fração argila:

$$Arg - Al^{3+} + Ca^{2+} \longrightarrow Arg - Ca^{2+} + Al^{3+}$$

c) complexação do $Al^{3+}$ (tóxico) pelo $SO_4^{2-}$:

$$\underset{\text{tóxico}}{Al^{3+}} + SO_4^{2-} \longrightarrow \underset{\text{não tóxico}}{AlSO_4^+}$$

(2) formação de complexos sólidos de sulfato de alumínio, como a jurbanita [$AlOHSO_4$ . 5 $H_2O$], alunita [$KAl_3(OH)_6(SO_4)_2$] e basaluminita [$Al(OH)_{10}SO_4$ . 5 $H_2O$].

### 3.2.3. Metodologia para recomendação de gesso

Numa primeira aproximação, como base para essa tomada de decisão, recomenda-se a aplicação de gesso, quando as camadas subsuperficiais do solo apresentarem as seguintes características: Ca < 0,3 meq/100 cm³ e/ou Al > 0,5 meq/100 cm³ e/ou saturação de Al na CTC efetiva (m) > 30% (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1989).

Desde que o solo apresente essas características são utilizadas as seguintes metodologias:

(A) Dose de gesso baseada na dose de calcário

Quando a calagem é calculada pelo método da elevação da saturação em bases (V%), acrescentar além do calcário, 25% do CaO levado pelo mesmo, através do CaO do gesso agrícola (LOPES, 1986).

(B) Dose de gesso baseado na textura do solo

As doses de gesso, segundo essa metodologia, são as seguintes (CFSEMG, 1989):

- solos arenosos (15% argila) = 0,5 t/ha;
- solos textura média (15 a 35% argila) = 1,0 t/ha;
- solos argilosos (36 a 60% argila) = 1,5 t/ha;
- solos muito argilosos (60% argila) = 2,0 t/ha.

(C) Gesso associado a calcário dolomítico calcinado

Conforme citado por VITTI & FERREIRA (1986), quando da aplicação de produtos comerciais contendo em sua composição, calcário e gesso, como por exemplo calcário dolomítico calcinado (70%) mais gesso (30%), apresentando a mistura 40% CaO, 15% MgO, 5% S e PRNT de 108%, a quantidade do produto a ser utilizada corresponde à necessidade de calagem da saturação em bases, ou seja,

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) \times T}{PRNT}$$

onde: PRNT = Poder de Neutralização Total da mistura calcário + gesso, sendo de 108, no exemplo citado.

Resultados altamente positivos foram obtidos pela aplicação dessa mistura, na dose de 4,2 t/ha, na cultura do feijão IAC Carioca, num Latossolo Vermelho Escuro do Município de Itapeva (T = 8,0 emg/100cm³ e V% = 20). A produtividade obtida na área com calcário (70%) + gesso (30%) foi de 2.010 kg/ha (33,5 sacos/ha ou 81 sacos/alq) e na área sem o produto 780 kg/ha (13 sacos/ha ou 31,5 sacos/alq), isto é, um aumento de produtividade de 1.230 kg/ha (20,5 sacos/ha ou 49,6 sacos/alqueire) (GUILHERME, 1990).

## 4. CONCLUSÕES

Em vista do exposto podem ser tiradas as seguintes conclusões:

(a) A calagem é a primeira prática a ser considerada numa atividade agrícola;
(b) O nível de calagem deve ser adequado à cultura ou variedade e ao solo;
(c) Sempre que possível, o calcário deve ser misturado ao solo da melhor maneira, se possível, aplicando-se metade antes da aração e metade após, incorporado com gradagem;
(d) A calagem deve ser feita com antecedência de pelo menos três meses ao plantio, no caso dos calcários tradicionais, para que haja tempo de reação do corretivo com o solo;
(e) O feijoeiro é uma planta exigente em enxofre, elemento esse que desempenha funções vitais para aumento de produtividade e qualidade, principalmente o valor protéico;

(f) As necessidades de enxofre pelo feijoeiro poderão ser satisfeitas desde que seja fornecido, uma vez no programa regular de adubação, uma fonte de S;
(g) Em nossas condições essa fonte de enxofre poderá ser o sulfato de amônio (24% S), o superfosfato simples (12% S), um fosfato natural parcialmente acidulado (6% S) e o sulfato duplo de potássio e magnésio (22% S);
(h) Nos casos em que nenhum dos adubos nitrogenados, fosfatados ou potássicos contenham enxofre, pode-se empregar o gesso agrícola em doses equivalentes a 20 kg/ha de S (sulco de plantio) ou 60 kg/ha de S (aplicação a lanço);
(i) A gessagem deve ser feita após, ou juntamente com a calagem, em proporções equilibradas, principalmente em solos com pouco cálcio e muito alumínio abaixo da camada arável.

## 5. LITERATURA CITADA


ANGHINONI, I. Época e métodos de aplicação de corretivos nos solos. In: Corretivos de acidez dos solos. Anais do 2º Seminário, Univ. Fed. Santa Maria, 19 e 20 de abril de 1989. p.130-150.

BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro "Rico 23" à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. Revista Ceres, Viçosa, 19(103): 222-6, 1972.

CASTRO, A.F.; BARRETO, W.O.; ANASTÁCIO, M.L.A. Correlações entre o pH e a saturação de bases de alguns solos brasileiros. Pesq. Agrop. Bras., Série Agron., 7: 9-17, 1972.

CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases. Rev. Agric., 30: 49-60, 1955.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 4ª aproximação. LOPES, A.S. & GUIMARÃES, P.T.G. (coord.). Lavras. 1989. 176p.

EMBRAPA. Projeto: Racionalização do uso de insumos. Subprojeto: Pesquisa em racionalização do uso de fertilizantes e calcário na agricultura. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1980. Brasília, DF. 78p.

GUILHERME, M.R. Efeito do "Minercal + S" na cultura do feijão. Minercal, ano XIII, nº 84. 1990. p.13.

LOPES, A.S. Calagem e gesso agrícola. Trabalho apresentado no Encontro Técnico sobre Gesso Agrícola, promovido pela Petrofértil e Fosfértil, realizado no dia 24 de abril de 1986, Belo Horizonte, 1986. 58p. (mimeografado).

LOPES, A.S.; GUIDOLIM, J.A.; GUILHERME, L.R.G. Evolução, Panorama Atual e Perspectivas da Indústria de Fertilizantes e Corretivos Agrícolas no Brasil. ANDA. Jaboticabal, SP. 13 a 17 de março de 1990. 31p.

MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola. Adubos e Adubação. 3ª ed. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, SP, 1981. 596p.

MALAVOLTA, E. A prática da calagem. 5ª ed. Mineradora Pagliato Ltda., Sorocaba, SP, 1985. 43p. (Boletim Técnico, 2).

MALAVOLTA, E. O impacto de novas tecnologias no setor de fertilizantes. In: Seminário sobre Fertilizantes - Situação Atual e Perspectivas. São Paulo, SP, Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1986. 46p.

MANAH. Qualidade dos Corretivos de Solo. Divulgação Técnica. Ano VI, nº 90/A. Maio, 1988.

MIRANDA, L.N. & LOBATO, E. Tolerância de variedades de feijão e de trigo ao alumínio e a baixa disponibilidade de fósforo no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2(1): 44-50, 1978.

OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; REYNIER, F.N. Efeito do fosfogesso na produção de feijão e arroz e no comportamento de alguns nutrientes. In: Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura. Brasília, EMBRAPA, DDT, 1986. p.17-43.

PARRA, M.S. & VOSS, M. Adubação do feijoeiro no Paraná. In: Manual Agropecuário do Paraná. Londrina, IAPAR, 1978. p.247-55.

PAVAN, M.A. Ação dos corretivos e fertilizantes na dinâmina dos íons no solo. In: Curso de Atualização em Fertilidade do Solo. IAPAR, ANDA e PPI/IPT. Londrina, Paraná, 1983. p.47-83.

QUAGGIO, J.A. Acidez do solo e calagem. In: MARCONI, A. (coord.). Curso de Atualização em Adubação de Plantas Cultivadas. ESALQ/USP, ANDA, Instituto da Potassa (EUA, Suíça). Piracicaba, SP, 1983. 19p.

QUAGGIO, J.A. Respostas das culturas à calagem. In: I Seminário sobre Fertilidade de Solos da CAC-CC. Cooperativa Agrícola de Cotia-Cooperativa Central, 13 a 15 de janeiro de 1986. 40p.

QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C. Respostas da soja [**Glycine max** (L.) Merrill] à aplicação de calcário em solo Latossolo Roxo Distrófico de cerrado. II. Efeito Residual. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 18., Salvador, BH, 1981. Programa e Resumo. p.16.

RAIJ, B. van. Acidez do soloe calagem. In: Curso de Atualização em Fertilidade do Solo. IAPAR, ANDA, PPI/IPI. Londrina, PR, 1983. p.65-85.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: OLIVEIRA, A.J.; ESPINOZA, W.; MARCHETTI, D. (coord.). Anais do Simpósio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. EMBRAPA, ANDA, POTAFOS. Brasília, DF, 1984. p.323-346.

ROSOLEM, C.A. Nutrição e Adubação do Feijoeiro. Piracicaba, POTAFOS. 1987. 93p. [Boletim Técnico, 8].

RUSCHEL, A.P.; ALVAHYDO, P.; SAMPAIO, I.V.M. Influência do excesso de alumínio no feijão (**Phaseolus vulgaris** L.) cultivado em solução nutritiva. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 3: 229-233, 1968.

TEDESCO, M.J. & CIANELLO, C. Escolha do Corretivo da Acidez do Solo. In: Corretivos da Acidez do Solo. Anais do 2º Seminário, Univ. Fed. Santa Maria, RS. p.108-127. 1989.

VIEIRA, C. Cultura do feijão. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 146p.

VITTI, G.C. Acidez do Solo, Calagem e Gessagem. In: Curso de Atualização em Fertilidade do Solo. Fundação Cargill, 18 a 22 de maio de 1987. Ilha Solteira, SP. p.303-348.

VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; MALAVOLTA, E. O Fosfogesso como Fonte de Cálcio e Enxofre. Respostas de Culturas Anuais e Perenes. In: Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.17-43.

VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; FERREIRA, M.E.; RAGAZZI, D.; LIEM, T. H. Efeito de doses de gesso na cultura de feijoeiro (**Phaseolus vulgaris** L.). R. Agric., 57(3): 119-32, 1982.

VOSS, M.; FREIRE, J.R.J.; SELBACH, A.P. Efeito de níveis de calcário no solo e na capacidade de competição de estirpes de **Rhizobium phaseoli** por sítio de inoculação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(4): 433-9, 1984.

WALLIHAN, E.F. The influence of aluminium on the phosphorus nutrition of plants. American Journal of Botany, Lawrence, 35: 106-12, 1948.

WILCOX, G.E. & FAGERIA, N.K. Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1976. 22p. (EMBRAPA-CNPAF. Boletim Técnico, 5).

ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. Cultura do Feijoeiro - Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba. POTAFOS, 1988. 589p.

# FUNGOS DE SOLO NA CULTURA DO FEIJOEIRO IRRIGADO

**José Emilson Cardoso**[1]

## ASPECTOS ECOLÓGICOS

O solo é um substrato natural bastante complexo e diversificado biologicamente, caracterizado pela intensa interrelação entre as atividades da flora e da fauna. Esta peculiaridade torna difícil a compreensão dos fenômenos que ali se processam, face às dificuldades de estudo, à luz dos métodos atualmente conhecidos.

Nas condições naturais, o solo apresenta-se em estado de equilíbrio biológico, conseqüentemente, a complexidade confere um grau elevado de estabilidade (alta capacidade de "tamponamento" biológico). Assim, os organismos que medram neste ambiente natural possuem uma forte estrutura de resistência às mudanças, pois somente aqueles bem adaptados e competitivos, são capazes de encontrar um nicho ecológico para se desenvolver. Para manter a posse desse ambiente, eles têm que integrar suas populações, seqüência temporal e atividades com os demais componentes do ecossistema.

O processo de cultivo proporciona a quebra deste estádio de equilíbrio, no sentido de beneficiar uma determinada população (e. g. espécie cultivada), com conseqüente perda da estabilidade biológica do ecossistema. No decorrer da história, o ser humano passou de simples coletor de alimentos a produtor especializado. Daí, hoje o homem utiliza uma combinação de pesticidas, fertilizantes, aração, gradagem, práticas de plantio, irrigação e cultivares selecionadas para altas produtividades. Assim, aquela complexa comunidade anteriormente mencionada é abruptamente substituída por uma quantidade reduzidíssima de espécies (i.e. uma única espécie de planta), ensejando ao homem uma maior dependência da sua cultura (planta) e vice-versa.

A artificialidade da exploração agrícola proporciona o desequilíbrio, que culmina com grandes epifitotias, exatamente pela pressão de seleção exercida sobre determinados microorganismos, que evoluem para a especialização patogênica às plantas cultivadas como forma de sobrevivência.

A modernização da agricultura, até o nível alcançado pelos nossos produtores que operam sob sistemas de irrigação, está acontecendo

---

[1] Engº Agrº, Ph.D. em Fitopatologia pela North Carolina State University, USA. Pesquisador da EMBRAPA-CNPAF e bolsista do CNPq.

de uma forma extremamente rápida, se comparada ao processo de investigação técnico-científica na área de fungos do solo. Os conhecimentos sobre a ecologia das diferentes espécies patogênicas às raízes são escassos na literatura alienígena, quiçá, na literatura brasileira. Por conseguinte, o desenvolvimento de uma estratégia de controle torna-se questionável sob o ponto de vista de eficiência.

Desta forma, o processo econômico de exploração agrícola torna-se de alto risco, principalmente a longo e médio prazo. Tem-se, hoje, vários exemplos, que podem corroborar esta assertiva. Na microregião do Meia Ponte de Goiás (e.g. Goiatuba e Vicentinópolis), por exemplo, tem sido observado recentemente uma degradação acentuada e progressiva da produtividade de feijão em áreas sob pivô central, provocadas, principalmente, por fungos de solo (e.g. *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* e *Pythium* spp.), ao ponto de inviabilizarem o cultivo desta leguminosa nessas áreas. Apesar da ausência de dados concretos sobre as prováveis causas desses fenômenos, atribui-se ao manejo empírico e imediatista da cultura, mormente no que se refere ao uso abusivo de pesticidas (fungicidas, inseticidas e herbicidas), fatores de crescimento e práticas exageradas de monocultivos como as possíveis razões para o desbalanço da microbiota desses solos em favor desses patógenos.

## ASPECTOS ETIOLÓGICOS

Em geral, os fungos de solo patogênicos ao feijoeiro podem ser classificados sob dois grupos tendo em vista as suas atividades no solo: 1) fungos invasores e 2) habitantes do solo. Os fungos habitantes do solo compreendem aquele grupo que normalmente ocorrem de uma forma constante (ubiquos e cosmopolitas) neste substrato, enquanto que os fungos invasores são aqueles que ocorrem em picos populacionais proporcionados por estímulos externos favoráveis, seguido por situações adversas. Apesar desta subdivisão fundamentar aspectos puramente ecológicos, existe uma forte relação aos aspectos etiológicos, posto que, envolve a competitividade saprofítica: elevada nos habitantes e baixa nos invasores. O nível de agressividade (capacidade de provocar danos) e a estratégia de manejo das respectivas populações destes fungos é altamente dependente deste enfoque. Fungos habitantes naturais do solo, evidentemente, são altamente destrutivos, versáteis e estáveis, conseqüentemente são bem mais difíceis de se manejar à níveis abaixo de causar danos econômicos. Exemplos típicos de fungos desse grupo são *R. solani*, *F. solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Pythium* spp. e *Macrophomina phaseolina*. Todos possuem uma atividade patogênica muito mais ocasional do que natural.

Por outro lado, os fungos tidos como invasores são mais evoluídos e mais especializados para a ação patológica do que saprofítica, como é o caso de *F. oxysporum*, que apresenta formas de patogenici

dade específica à determinada espécie de hospedeiro (e.g. F. *oxysporum* f.sp. *phaseoli*). Estes apresentam níveis de danos menos drásticos sobre a totalidade física do hospedeiro, utilizando as plantas hospedeiras como principal fonte de desenvolvimento, reprodução e proteção contra as adversidades externas.

As densidades de inóculo (i.e. quantidade de inóculo/volume ou área de solo) de ambos grupos são afetadas em maior ou menor escala por fatores diversos, tais como: matéria orgânica (relação C/N), planta cultivada (se hospedeira ou não hospedeira), umidade do solo (e.g. população de *Pythium* spp. é reduzida pela seca), tipo de solo (e.g. textura, composição química, pH, etc.), e a composição biológica do solo. Sendo este último de importância marcante nas condições de alta tecnologia, visto que o uso de fungicidas propicia um acentuado "vácuo" biológico, resultando na eliminação de muitos dos antagonistas naturais do solo.

Um outro aspecto importante no processo etiológico desses fungos é o inóculo potencial (i.e. nível de doença/unidade de propágulo do patógeno). Este aspecto está intimamente relacionado com a vitalidade do patógeno, assim é conseqüência do estado nutricional, idade (fungistasis, dormência e grau de perecibilidade), grau de estresse e da localização do propágulo (e.g. solo ou tecido hospedeiro).

## INTERAÇÕES

Obviamente, todos os fungos de solo interagem de várias formas com os outros microorganismos no solo. Segundo as definições geralmente usadas os tipos de interações microbiológicas são: 1) antagonismo (interação negativa) que envolve: competição, antibiose, parasitismo e predação; 2) mutualismo (interação positiva) que envolve interações em que ambos organismos se beneficiam e 3) neutralismo.

As interações antagônicas suscitam o controle biológico desses organismos. Esta estratégia de controle, apesar de ainda na fase embrionária, pressupõe a introdução artificial de antagonistas, o manejo do solo de forma a favorecer a microbiota (retorno ao equilíbrio ecológico) e a identificação e zoneamento de solos naturalmente supressivos aos patógenos.

## DOENÇAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

O feijoeiro é afetado por inúmeros fungos que habitam o solo, entretanto, os mais importantes são os que causam infecções nas raízes: *Rhizoctonia solani* (podridão radicular de Rhizoctonia), *Fusarium solani* (podridão seca das raízes) e *Pythium* sp. (podridão úmida das raízes); os que causam infecções no hipocótilo e nas hastes: *Sclero-*

*tium rolfsii* (podridão do colo), *Macrophomina phaseolina* (podridão cinzenta das hastes), *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* e as que causam infecções nas folhas, inflorescências e ramos: *S. sclerotiorum* (mofo branco).

As principais doenças do feijoeiro causadas por fungos de solo serão apresentadas sob a ótica mais prática possível, enfatizando o cultivo sob irrigação, de modo a possibilitar a obtenção de informações básicas e fundamentais sobre o diagnóstico, condições favoráveis e métodos de controle de cada uma individualmente, embora a ocorrência de algumas delas, conjuntamente, formando um complexo etiológico, seja um fato bastante freqüente.

Convém que, nas condições naturais (em campo) existe sempre o risco de se estabelecer o efeito como causa e vice-versa em se tratando de anormalidades produzidas por organismos do solo.

## PODRIDÃO RADICULAR DE RHIZOCTONIA

A podridão radicular de Rhizoctonia (PRR) causada por *Rhizoctonia solani*; Kuhn [sinônimo = *Thanatephorus cucumeris* 'Frank' Donk] é uma das enfermidades radiculares mais comum do feijoeiro e de maior importância no Brasil. Níveis epifitológicos são geralmente estimulados pelo plantio sucessivo de feijão ou de outra espécie suscetível, principalmente leguminosas (ervilha, soja, etc.), na mesma área durante vários anos. Nestas condições, os solos podem atingir níveis de infestação tão elevados (acima de 1 propágulo/g de solo) que a exploração econômica do feijoeiro se torna inviável.

**O patógeno** - *R. solani* sobrevive no solo saprofiticamente ou permanece dormente sob a forma de hifa de resistência e/ou escleródios, invariavelmente apresentando fungistasis. Quando as condições de ambiente são favorecidas pela presença de exsudatos do hospedeiro, a fase dormente é sustada, o fungo desenvolve-se em direção dos tecidos da planta onde cresce extensivamente na superfície epidermal. Acredita-se que substâncias específicas presentes nos exsudatos estimulam a formação de estruturas especiais do patógeno conhecidas como "colchões de infecção", que funcionam como verdadeiras "fábricas" de enzimas, facilitando a penetração direta nas células da epiderme até atingir a região cortical. Salienta-se que, mesmo quando a planta sobrevive à infecção, ela jamais atingirá seu plano potencial reprodutivo.

**Os sintomas e sinais** - Os sintomas característicos são numerosas lesões necróticas avermelhadas com bordas escuras e bem definidas. Estes cancros geralmente coalescem, "estrangulando" completamente o hipocótilo, resultando o tombamento (damping-off) da plântula.

O diagnóstico de campo mais preciso da PRR é a constatação, de minúsculas (< 1,00 mm) partículas de solo ou detritos orgânicos, que após o arranquio da planta, ficam presas às raízes infectadas por uma teia micélica . Este teste, aparentemente grosseiro, é eficaz na diferenciação entre PRR e outras podridões radiculares do feijoeiro.

**O controle** - PRR, assim como a maioria das doenças subterrâneas do feijoeiro, é bastante difícil de ser controlada por métodos convencionais. Algumas características do patógeno e do hospedeiro são utilizadas no desenvolvimento de medidas de controle; entretanto, nenhum método individual tem se mostrado eficaz.

Os métodos geralmente recomendados visando minimizar a incidência da PRR são: 1) evitar o plantio sucessivo de feijão (ou outra planta suscetível) na mesma área (diminui a densidade do inóculo); **2)** aração profunda (> 30 cm), (promove condições anaeróbicas para o inóculo); 3) plantar a baixa (< 2,5 cm) profundidade (emergência mais rápida, plantas adquirem resistência natural com a idade); **4)** aplicar fungicidas no solo e na semente (eliminação ou redução do potencial de inóculo); os fungicidas comumente usados são benomyl (50 g i.a./ 100 kg de semente), quintozene (180 g i.a./100 kg semente ou 375 g i.a./100 ℓ - aplicar 2 ℓ /$m^3$ solo), carboxin (150 g i.a./100 kg de semente), tolclofos-metil (50 a 100 g p.c./100 kg semente), thiram + Iprodione (180 g i.a./100 kg semente); 5) plantar em solos naturalmente supressivos (quando for possível).

Embora com fortes restrições ecológicas, o controle químico geralmente é feito usando-se mais de um produto, objetivando-se controlar mais de um patógeno.

## PODRIDÃO RADICULAR SECA

A podridão radicular seca (PRS), também conhecida como podridão radicular de *Fusarium* é causada por *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. O termo podridão seca é usado visando-se evitar confusão com a podridão úmida causada por *Pythium* spp.

Esta doença é comum em solos ácidos e de baixa fertilidade natural. A exemplo da PRR, a PRS pode tornar limitante a produção do feijoeiro nos trópicos.

**O patógeno** - *F. solani* pode sobreviver no solo por vários anos na ausência do feijoeiro sob a forma de clamidosporos (estruturas assexuadas de resistência). Tanto essas estruturas como os inúmeros conídios produzidos apresentam um elevado grau de fungistasis, o que assegura a sobrevivência na ausência de um hospedeiro suscetível. Entretanto, face a sua menor capacidade saprofítica em relação a *R. solani*, *F. solani* geralmente apresenta menor potencial de inóculo por

propágulo que o primeiro (1.000 a 3.000 propágulos/g de solo para produzir elevado nível de danos).

**Os sintomas e sinais** - A infecção geralmente ocorre quando a semente germina e o fungo, estimulado pelos exsudatos (a exemplo de *F. solani*), cresce na direção dos primórdios da plântula e penetra no hipocótilo. Uma descoloração parda aparece na raiz principal aproximadamente uma semana depois da emergência e aumenta gradualmente em intensidade e extensão, até alcançar a linha do solo. A coloração pode tornar-se marrom-escura e as lesões freqüentemente racham longitudinalmente.

**O controle** - Uma vez que o cultivo sucessivo de feijão pode proporcionar o aumento da densidade de inóculo no solo, rotações de 4 a 5 anos com culturas não leguminosas reduzem a severidade da doença. Desconhece-se cultivares resistentes, embora algumas se mostrem mais tolerantes. Outras medidas citadas para controle da PRR também são aplicáveis à PRS.

Convém salientar que *F. solani* interage positivamente com fitonematóides, ecto e endoparasitas (Exemplos: *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* sp.); portanto, solos reconhecidamente infestados com os mesmos devem ser evitados.

## PODRIDÃO RADICULAR ÚMIDA

A podridão radicular úmida (PRU), também chamada podridão radicular de *Pythium* (causada por várias espécies de *Pythium*), é menos freqüente que PRR e PRS, entretanto, seu processo infectivo é bem mais rápido e tão severo quanto as duas doenças referidas. Infecção típica de *Pythium* promove quase que invariavelmente o fenômeno do tombamento das plântulas resultando, por conseguinte, na morte da planta.

Esta doença é comum em todas as regiões do Brasil, sendo mais comum nas áreas encharcadas ou bastante úmidas (baixadas, várzeas, etc.).

**O patógeno** - Esta doença é causada por várias espécies de *Pythium* (e.g. *P. debaryanum* e *P. ultimum*), um fungo da classe dos Oomicetos. Este grupo de fungos difere dos demais pela ausência de septos na sua hifa, além do caráter semi-aquático que geralmente apresenta, daí a saturação hídrica de solo como condição predisponente da doença.

A exemplo dos demais patógenos apresentados, *Pythium* também é um habitante natural do solo que forma estruturas de resistência (oosporos) que podem sobreviver no mesmo por vários anos na ausência do hospedeiro.

**Os sintomas e sinais** - Nas plântulas, *Pythium* causa uma podridão úmida que geralmente provoca o tombamento e a conseqüente morte das mesmas. O caule (hipocótilo) da planta pode ser invadido pelo fungo na linha do solo ou acima, sofrendo podridão, cuja coloração varia de palha à marrom-escuro.

**O controle** - A exemplo de PRR e PRS, esta doença é bastante difícil de ser controlada, podendo ser minimizada através de uma boa drenagem (e.g. plantio em leira ou camalhões), aplicação de fungicidas e rotação de culturas. Os fungicidas recomendados para controle da PRU são metalaxyl 225-300 g/ha (pode ser aplicado com Folpet na proporção de 2 folpet: 1 metalaxyl para controlar ambas - PRR e PRV), e cloroneb (200 g i.a./100 kg de semente).

## PODRIDÃO DO COLO

A podridão do colo, causada pelo fungo *Sclerotium rolfsii* Sacc. [sinônimo = *Athelia rolfsii* (Curzi) Tu & Kimb.], ocorre com relativa freqüência nas regiões tropicais e subtropicais onde prevalecem as altas temperaturas durante a estação chuvosa. A ocorrência da podridão do colo é invariavelmente fatal para o hospedeiro, conseqüentemente, acentuadas perdas da produção ocorrem em função da redução do estande final. Reduções de 5% da produção têm sido observadas com grande freqüência em áreas não severamente infestadas, entretanto, tais perdas podem atingir níveis críticos em áreas onde a infestação natural é elevada.

No Brasil, a podridão do colo ocorre em todas as regiões, atacando não somente o feijoeiro mas inúmeras outras espécies taxonomicamente distantes. Porém, desconhece-se qualquer trabalho de avaliação de perdas de produção causadas diretamente por esta doença.

**O patógeno** - *S. rolfsii* é caracterizado por ser um habitante natural do solo e possui uma lista bastante extensa de hospedeiros (aproximadamente 190 espécies, sendo 8 famílias de monocotiledôneas e 42 de dicotiledôneas), incluindo a maioria das leguminosas, arroz, cana-de-açúcar, cenoura, trigo, abacaxi, alho, banana, dendê, cajueiro, manga, etc. O mecanismo de patogenicidade, bem como parte do seu ciclo de vida se assemelha a *R. solani*.

**Os sintomas e sinais** - Os primeiros sintomas visíveis no campo são o amarelecimento e murcha das plantas seguido da podridão do caule. Na base do caule observa-se, geralmente, o crescimento micelial (sinais) do fungo e a formação de numerosos escleródios sob a superfície do solo e do tecido infectado.

**O controle** - O controle eficiente da podridão do colo é bastante difícil, devido principalmente a extensa lista de hospedeiros,

crescimento prolífico do fungo e capacidade de produzir escleródios resistentes que permanecem no solo por vários anos. Medidas de controle podem ser efetivas em determinadas áreas ou culturas mas totalmente inefetivas em outras situações. As medidas de controle recomendadas são: tratamento químico (quando economicamente viável) do solo, calagem, aplicação de resíduos orgânicos cuja relação C/N seja baixa ($NH_3$ inibe a germinação de escleródios e o crescimento do fungo), aração profunda (30 cm) e adubação nitrogenada alta.

## PODRIDÃO CINZENTA DO CAULE

A podridão cinzenta do caule é uma doença bastante comum nas regiões Norte e Nordeste. Esta doença é causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Trata-se de um fungo também habitante natural do solo e possui muitos hospedeiros naturais.

A importância econômica da doença, apesar de ter sido pouco estudada, reflete uma espécie de "tiro de misericórdia" na planta estressada, agravando ainda mais os prejuízos causados por outros problemas (geralmente hídrico).

**O patógeno** - *M. phaseolina* sobrevive no solo como saprófita, patógeno fraco de hospedeiros alternativos ou sob a forma de escleródios (dormentes no solo ou na matéria orgânica). A infecção por parte deste patógeno se inicia geralmente através da quebra da dormência dos escleródios (fungistasis) que, ao germinarem, infectam o caule imediatamente na linha do solo. Ademais, *M. phaseolina* é facilmente transmitida pela semente infestada e/ou infectada, sendo os prejuízos, neste caso, bem mais sérios por interfirirem com a germinação e vigor das plântulas.

**Os sintomas e sinais** - Os sintomas nas plântulas se apresentam sob a forma de cancros escuros deprimidos com margens bem definidas e geralmente com anéis concêntricos os quais podem rodear completamente o caule. Acima da lesão, a plântula pode amarelar, murchar e/ou quebrar-se ao nível da área infectada. Em plantas adultas, a doença progride mais lentamente causando os mesmos efeitos na folhagem e ramos, enquanto que a área necrosada torna-se cinzenta e com inúmeros e minúsculos (< 1 mm) corpos frutíferos (picnídios ou escleródios).

**O controle** - O controle inclui primordialmente o uso de sementes sadias, e a manutenção de níveis adequados de umidade às plantas. O tratamento de sementes com alguns fungicidas são efetivos para erradicação de propágulos do fungo trazidos nas mesmas. Os fungicidas recomendados são benomyl (50 g i.a./100 kg semente), tiabendazol (50 g i.a./100 kg semente) e tiofanato metílico no solo (150 ml i.a./100 ℓ).

## MURCHA DE FUSARIUM

A murcha de Fusarium, causada por *F. oxysporum* é uma doença de importância econômica relevante em quase todas as áreas produtoras de feijão no Brasil. A doença debilita e mata a planta em qualquer fase de desenvolvimento. Perdas consideráveis da produção devido a murcha de Fusarium têm sido relatadas no Estado de São Paulo e no Nordeste brasileiro.

**O patógeno** - *F. oxysporum* é um fungo bem mais especializado do que *F. solani*, por infectar especificamente o feijoeiro comum ou o caupi, além de necessitar de condições propícias para produzir infecção afora a simples presença do hospedeiro suscetível. *F. oxysporum* sobrevive no solo em restos culturais ou na forma de clamidosporos. Pode-ser disseminado pela semente. O processo de infecção requer um ferimento natural ou artificial do hospedeiro. O fungo, então, invade os vasos provocando a obstrução dos mesmos. A alta infestação de nematódeos proporciona uma maior incidência da murcha devido, provavelmente, aos danos causados por estes organismos.

**Os sintomas e sinais** - Os sintomas aéreos característicos são: amarelecimento e queda das folhas até a morte da planta. Plantas infectadas podem ser observadas à alguma distância face ao amarelecimento e murcha das folhas. Um corte longitudinal do caule afetado pode mostrar uma evidente descoloração dos vasos. Em condições de alta umidade, as plantas infectadas apresentam crescimento micelial na base do caule.

**O controle** - As medidas de controle incluem o uso de semente sadia, rotação de culturas por pelo menos 4 anos e o plantio de cultivares de feijão *Phaseolus* resistentes.

## MOFO BRANCO

O mofo branco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (sinônimo= *Whetzelinia sclerotiorum*) vem se tornando uma doença de grande importância nas lavouras irrigadas do feijoeiro no Centro-Oeste e Sudoeste brasileiro. A importância econômica desta enfermidade torna-se acentuada face o grande elenco de plantas hospedeiras do fungo causal (e. g. quase todas as hortaliças), além da capacidade de se instalar em uma área e ali permanecer por muitos anos. Ademais, a transmissibilidade do fungo, via semente, proporciona a rejeição completa do lote, cujo campo tenha apresentado acima de 2% de infecção das vagens.

As condições propiciadoras das efifitotias do mofo branco são, basicamente, elevada umidade, alta temperatura, baixo nível de aeração geralmente provocada pela cobertura da folhagem.

**O patógeno** - *S. sclerotiorum* é um Ascomiceto amplamente distribuído nas regiões produtoras de feijão no Brasil. Este fungo produz um micélio exuberante na superfície do solo e/ou tecido hospedeiro, eventualmente produz escleródios irregulares e pretos, medindo 1 a 5 mm de diâmetro. Estes escleródios são extremamente resistentes à dissecação por calor, frio e outros agentes externos. Na presença de umidade imediatamente após pequenos períodos de baixa temperatura, estes escleródios germinam dando origem as estruturas sexuadas do fungo - Apotécios, Ascosporos (i.e. esporos originários dos ascus contidos nos apotécios), são disseminados dando início a epidemias de mofo branco.

**Os sintomas e sinais** - Os sintomas iniciais do mofo branco, em condições naturais de campo, são manchas encharcadas na folhagem e ramos, seguidas por lesões nas vagens. O micélio do patógeno cresce profusamente sob a forma de algodão, causando uma podridão encharcada (semelhante à mela do feijoeiro), situação característica que empresta o nome à doença. Após o estádio úmido, os tecidos infectados secam e se tornam leves e quebradiços.

Se as condições de temperatura ($\geq 25^{o}C$) e umidade elevada persistirem por alguns dias, o fungo cresce por toda a folhagem, produzindo em poucos dias numerosos escleródios sobre a superfície infectada.

**O controle** - A exemplo dos outros patógenos de solo, *S. sclerotiorum* pode atingir altas densidades de inóculo no solo sob cultivo sucessivo de plantas hospedeiras, dificultando assim qualquer estratégia de controle. A rotação de cultura (e.g. milho, trigo, gramíneas, outras), é geralmente insuficiente por si como medida de controle podendo, entretanto, minimizar o potencial de inóculo se praticada por alguns anos (2 - 3 anos) associada a outras práticas sanitárias, tais como queima de restos culturais do feijoeiro e solarização seguida de irrigação.

Desconhece-se cultivares de feijão resistentes ao mofo branco; portanto, o controle através da resistência genética do hospedeiro é inviável. Entretanto, o uso de cultivares de porte ereto (e.g. não suscetíveis ao acamamento) com maior espaço de entrenós limita a propagação do fungo, reduzindo o nível de danos.

Práticas de manejo como a aração do solo com grande quantidade de massa verde (uso intensivo da área = plantios contínuos) e o plantio em maior espaçamento reduz o progresso da doença.

O controle químico do mofo branco pode ser obtido satisfatoriamente através das aplicações preventivas de benomyl (0,25 a 0,5 kg i.a./ha), captan (1,0 a 2,0 kg i.a./ha), carbendazin (0,25 a 0,50 kg i.a./ha), tiofanato metílico + mancozeb (1,6 a 2,0 kg i.a./ha).

# PRINCIPAIS DOENÇAS DA PARTE AÉREA DO FEIJOEIRO COMUM E SEUS CONTROLES

**Aloisio Sartorato***

## INTRODUÇÃO

As doenças do feijoeiro comum são causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides, ocorrendo em maior número nas regiões tropicais do que nas temperadas. As doenças não ocorrem todos os anos com igual intensidade numa mesma localidade, sendo que, sua presença, importância e as perdas ocasionadas dependem das condições de ambiente, tais como temperatura e umidade relativa, assim como das práticas culturais e da qualidade da semente empregada, a qual pode transmitir muitas das enfermidades que afetam esta cultura.

## Antracnose (**Colletotrichum lindemuthianum**)

A antracnose é uma doença que ocorre em regiões com alta umidade e temperaturas moderadas (18 a 22°C). As sementes infectadas e os restos culturais são as fontes primárias de inóculo. Os sintomas nas folhas aparecem na parte inferior em forma de lesões de coloração marrom a pardo escuras e se localizam ao longo das nervuras. Ocorre também nas hastes e pecíolos. Nas vagens, apresentam-se sob a forma lesões escuras, arredondadas, deprimidas e tamanho variável. Se as condições climáticas forem favoráveis, forma-se uma massa de esporos de coloração rosada, no centro das lesões.

As principais medidas de controle da antracnose incluem:

### . Práticas culturais

Dentre as práticas culturais, o emprego de sementes livres de patógeno é a que melhor resultado apresenta. Estas sementes devem ser produzidas em condições de clima semiárido, utilizando-se o sistema de irrigação por infiltração. Trabalhos experimentais, comparando o plantio de sementes infectadas e sadias, conduzidos na região árida do Rio São Francisco, resultaram em baixa percentagem de sementes manchadas em ambos os tipos de sementes utilizadas. Com o uso de sementes livres de patógenos mais o aperfeiçoamento das técnicas de cultivo foi possível, na Colômbia, obter aumento nas produções de até 300%.

* Engº Agrº, Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Caixa Postal 179, CEP 74001, Goiânia, GO.

Deve-se fazer rotação de cultura, uma vez que o fungo sobrevive no solo e em restos culturais por pelo menos dois anos. Os restos de cultura infectados devem ser eliminados ao término da colheita.

Os sistemas de cultivo e o hábito de crescimento da planta têm influência sobre a intensidade da doença no campo. Em monocultivo, a intensidade da antracnose foi maior (42,4%) do que no sistema associado (28,8%), sendo que os feijões de hábito trepador apresentaram menor intensidade da doença que os não trepadores.

A densidade de plantio também é um fator que deve ser considerado quando se pretende controlar esta enfermidade. Estudos realizados na Colômbia mostraram que a severidade da doença foi significativamente maior na densidade de 267.000 plantas/ha do que nas de 67.000 ou 133.000 plantas/ha, não havendo diferenças estatísticas entre as duas últimas populações utilizadas.

A eliminação de sementes que apresentem manchas ou defeitos é uma prática aconselhável, apresentando ainda a vantagem de eliminar, pelo menos em parte, outros patógenos do feijão. A simples catação promoveu uma grande melhoria do stand inicial, em lotes experimentais. Entretanto, a eficiência da catação das sementes como método de controle da antracnose pode ser duvidosa, por ser uma prática de difícil execução e de consequências imprevisíveis se as condições climáticas vierem a ser favoráveis à doença.

O controle da antracnose pode ser conseguido também pela imersão das sementes por 5 min à 60°C, 15 min à 54,5°C ou 10 a 15 min à 50°C. Entretanto, quando sementes foram imersas a diferentes temperaturas, por períodos que variaram de 6 a 72 horas, suas viabilidades foram reduzidas consideravelmente.

Finalmente, recomenda-se restringir as atividades e o movimento de homens, animais e implementos agrícolas na lavoura quando a folhagem do feijoeiro estiver úmida. Esta recomendação é útil para diminuir a dispersão do inóculo de uma planta para outra.

**Controle químico**

O controle químico da antracnose, através do tratamento de sementes, só será efetivo se destruir os esporos e/ou o micélio do fungo que estiverem alojados internamente na semente. Este tipo de controle só se alcança com fungicidas sistêmicos, como benomyl, se forem absorvidos durante o processo de embebição das sementes no solo. No Paraná, sementes infectadas da cultivar Moruna apresentaram melhores resultados quando tratadas com benomyl + thiram. Captan e thiram penetram no tegumento da semente e, ocasionalmente, no embrião, resultando no controle da doença. Entretanto, o controle total do patógeno, quando ele

está alojado no interior da semente, é muito difícil pelos métodos de tratamentos de sementes até hoje empregados.

No caso de contaminação do tegumento da semente, tem-se obtido bons resultados com o uso de fungicidas protetores, como thiram.

Vários estudos têm demonstrado a eficiência de produtos químicos no controle desta enfermidade, via pulverização foliar, sob condições de campo. Entre eles, encontram-se fungicidas protetores e sistêmicos. Os fungicidas sistêmicos, por translocarem internamente nas plantas e serem erradicantes, podem ter ação curativa, eliminando o patógeno dentro do hospedeiro ou diminuindo sua esporulação. Tanto um como o outro devem ser aplicados preventivamente. São muitos os fungicidas que podem ser empregados no controle desta doença. Entre os mais comuns incluem-se: acetato de trifenil estanho, acetato de trifenil estanho + mancozeb, benomyl, carbendazin, chlorothalonil, hidróxido de trifenil estanho, mancozeb, maneb, tiofanato metílico, tiofanato metílico + chlorotalonil, tiofanato metílico + mancozeb e zineb. Vale ressaltar que em alguns casos, o feijoeiro pode apresentar fitotoxicidade ao acetato de trifenil estanho e que tem sido registrado resistência do **C. lindemuthianum** ao benomyl.

**. Resistência varietal**

No Brasil, as áreas maiores produtoras desta leguminosa apresentam condições muito favoráveis ao desenvolvimento e à dispersão do agente causal da antracnose. Assim, a incorporação de resistência a esta enfermidade em materiais agronomicamente bem adaptados é uma fase muito importante em qualquer programa de melhoramento. Contudo, o desenvolvimento de cultivares resistentes, através da hibridação, é dificultado sobremaneira pela variabilidade que o patógeno apresenta. Muitas são as fontes de resistência já determinadas. Desde o início da década de 50, a cultivar Cornell 49-242, que possui o gene dominante 'are', vinha sendo utilizado no melhoramento genético do feijoeiro visando a resistência a esta enfermidade. Este gene conferia resistência a todas as raças de **C. lindemuthianum** até então conhecidas. Consequentemente, a resistência conferida pelo gene 'are' foi por muito tempo considerada um exemplo de resistência geral, associada a um único gene. A identificação de novas raças (Kappa, Alfa-Brasil e Jota) capazes de vencer a resistência do gene 'are', provou que este gene confere um tipo de resistência específica e fez com que a procura de novas fontes de resistência fosse novamente intensificada. No Brasil, a quase totalidade dos cultivares comerciais existentes é suscetível a uma ou mais raças. Atualmente, vários programas de melhoramento no Brasil, incluindo o do CNPAF (Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão) dispõe e utiliza de materiais que apresentam resistência à maioria ou a todas as raças do patógeno. Assim, as futuras cultivares a serem lançadas apresentarão resistência às raças hoje conhecidas. Não

devemos, no entanto, esquecer que como o fungo causador da antracnose é uma entidade viva, novas raças poderão surgir. Consequentemente, a procura destas novas raças e o melhoramento a esta enfermidade deve continuar e receber sempre a atenção dos pesquisadores.

Ferrugem (**Uromyces phaseoli** var. **typica**)

A ferrugem pode afetar toda a parte aérea da planta, embora seja mais comumente encontrada nas folhas. Nestas, os sintomas apresentam-se como pequenas manchas esbranquiçadas, nas quais se desenvolvem pústulas de coloração café-avermelhada, nas duas faces da folha. Quando ocorre alto índice de doença, pode ocupar toda a extensão do limbo foliar provocando o amarelecimento e encarquilhamento das folhas, que posteriormente secam e se desprendem. O desenvolvimento da doença é favorecida por temperaturas próximas de 25°C e alta umidade relativa.

Os principais métodos de controle da ferrugem são:

**. Práticas culturais**

Uma das medidas de controle consiste em se determinar, regionalmente, as épocas de semeadura para que as condições de ambiente não sejam favoráveis à rápida multiplicação do patógeno durante as fases críticas de desenvolvimento da planta que são a pré-floração e a floração.

Outras práticas culturais tais como rotação de cultura e remoção de resíduos culturais, reduzem a incidência da ferrugem. A redução da densidade de plantio, a consorciação e a variação da época de plantio são práticas que podem minimizar o problema.

Deve-se ressaltar, entretanto, que tais medidas de controle '**per se**' não atingem níveis economicamente aceitáveis quando a pressão da doença atingir níveis epifitóticos.

**. Controle químico**

O controle químico da ferrugem do feijoeiro é mais eficaz durante as etapas iniciais de ocorrência do patógeno.

Quando economicamente viável, pode ser obtido com eficiência através dos fungicidas protetores, tais como: chlorothalonil, enxofre, mancozeb, maneb e zineb ou fungicidas sistêmicos como: oxicarboxin e tiofanato metílico + chlorothalonil. Os fungicidas protetores, no entanto, podem não ser eficientes em áreas com chuvas frequentes, devido a lavagem dos mesmos das folhas do feijoeiro. O enxofre pode causar

queima foliar se aplicado em altas dosagens e a temperaturas acima de 30°C. O oxicarboxin pode resultar em um controle terapêutico quando aplicado até três dias após a inoculação e preventivo quando aplicado a até sete dias antes da inoculação.

**. Resistência varietal**

O controle da ferrugem através da utilização de cultivares resistentes, é sem dúvida, o mais eficiente, e por conseguinte o que recebeu maior atenção da pesquisa. O trabalho de melhoramento, visando obter cultivares resistentes é, entretanto, bastante difícil em função da grande variabilidade do patógeno. **Uromyces phaseoli** var. **typica** apresenta mais de 50 raças fisiológicas e nenhum genótipo de feijão, até o presente, demonstrou resistência a todas elas sendo que, poucas cultivares apresentam alto grau de resistência a várias raças. O melhoramento do feijoeiro, visando a resistência a ferrugem deve, obviamente, ser precedido de um levantamento das raças do patógeno prevalentes na região de abrangência da nova cultivar.

Outra forma de controlar a doença através da resistência genética é a utilização de multilinhas, utilização regional de genes e pirâmide de genes.

**. Antagonismo**

Recentemente, tem sido dada ênfase ao uso de métodos biológicos no controle da ferrugem, face aos problemas econômicos e ambientais dos agentes químicos aliados aos aspectos relacionados com a variabilidade do patógeno, o que reduz a estabilidade dos cultivares resistentes.

Apesar dos esforços de pesquisas ainda serem bastante incipientes neste enfoque, a busca de microrganismos antagônicos ao patógeno da ferrugem tem revelado relativo sucesso. O controle biológico em sua essência, visa primordialmente oferecer um componente importante para um sistema integrado de controle que deverá, indubitavelmente, contar com a resistência genética do hospedeiro.

O fungo **Verticillium lecanii** penetra, invade e mata uredósporos e teliósporos e coloniza uredia de **Uromyces phaseoli** var. **typica**. Na Alemanha, **Verticillium lecanii** apresentou 68% de controle da ferrugem em condições de casa-de-vegetação, mas apresentou baixo controle em condições de campo. **Bacillus subtilis** apresentou excelente controle da ferrugem quando aplicado antes da inoculação das plantas com uredósporos em condições de casa-de-vegetação e quando aplicado no campo, observou-se 75% de controle com três pulverizações semanais. Resultados recentes de casa-de-vegetação e de campo sugerem que a inoculação de

cultivares específicas com raças de **U. phaseoli** var. **typica**, também específicas, para as quais as cultivares não são suscetíveis, protegerão estas cultivares contra outras raças do fungo para as quais as cultivares são suscetíveis.

Mancha angular (**Isariopsis griseola**)

As condições favoráveis à doença são temperaturas entre 16 a 28°C, com um ótimo a 24°C, e alta umidade. Os sintomas característicos da doença são observados, inicialmente, na parte inferior das folhas como manchas de coloração acinzentada, tornando-se posteriormente, de cor castanha. Estas manchas (lesões) apresentam-se de forma angular delimitadas pelas nervuras e, mais tarde, podem aumentar de tamanho, coalescer, e causar amarelecimento das folhas, seguido por um desfolhamento prematuro. As lesões podem apresentar-se também nas hastes e vagens. Nestas, as lesões são superficiais, de coloração castanho-avermelhada e quase circulares.

Entre as medidas de controle da doença encontramos:

**. Práticas culturais**

As principais medidas recomendadas para o controle de mancha angular são o plantio de sementes livres do patógeno, produzidas em regiões por infiltração, o plantio em solos bem drenados, a rotação de culturas por um período de no mínimo dois anos e a eliminação dos restos de cultura da aração profunda ou pela queima logo após a trilha.

**. Controle químico**

O tratamento químico da semente é uma medida prática e eficiente no controle desta enfermidade. Entre os produtos químicos utilizados para este fim, incluen-se o benomyl e a combinação captan-zineb aplicada na forma de pasta.

No tratamento químico via foliar, recomenda-se o benomyl, carbendazin, maneb, mancozeb, zineb e chloratholonil + tiofanato metílico.

**. Resistência varietal**

A utilização da resistência varietal é uma medida bastante eficaz no controle desta enfermidade. Os programas de melhoramento vêm buscando cultivares que apresentam características agronômicas desejáveis e resistência à doença. No entanto, como nas doenças anteriores, a existência de inúmeros patótipos, dificulta o trabalho de desenvolvi

mento de novas cultivares que apresentem além da resistência as qualidades já mencionadas.

Crestamento bacteriano comum (**Xanthomonas campestris** pv. **phaseoli**)

No Brasil, é a doença bacteriana de maior importância econômica, causando grandes perdas na produção, especialmente em regiões úmidas, com temperaturas de moderadas a altas. O sintomas da doença iniciam-se como pequenas manchas úmidas, na face inferior dos folíolos, as quais crescem e se unem a outras, formando extensas áreas pardo-necróticas. É comum encontrar-se um estreito halo amarelado entre a área necrosada e os tecidos sadios da folha. Ocorre também nas hastes. Nas vagens, que são comumente infectadas nas regiões das suturas, surgem pequenas manchas úmidas as quais coalescem, tomando quase todo o seu comprimento.

Os principais métodos de controle da doença são:

**. Práticas culturais**

As práticas culturais recomendadas para reduzir a incidência da doença são o emprego de sementes livres do patógeno, as rotações de culturas apropriadas e a aração profunda para eliminar a bactéria dos resíduos da cultura. A utilização de sementes livres do patógeno é uma prática muito importante uma vez que a bactéria é transmitida facilmente pelas sementes. Recomenda-se restringir as atividades e o movimento de homens, animais e implementos agrícolas na lavoura quando a folhagem do feijoeiro estiver úmida. Esta recomendação é útil para diminuir a dispersão do inóculo de uma planta para outra.

**. Controle químico**

O controle químico do crescimento bacteriano comum, tanto via semente, como pulverizações foliares, em geral, não têm sido bem sucedido. Entre os produtos mais utilizados para aplicação foliar, incluem-se os compostos cúpricos como sulfato de cobre, oxicloreto de cobre e hidróxido de cobre. Recomenda-se a não utilização de antibióticos devido ao risco da produção de variantes da bactéria com resistência a estes produtos.

**. Resistência varietal**

A possibilidade de se contar com cultivares comerciais com um grau adequado de resistência proporciona uma proteção adicional dentro de um sistema integrado de controle, visando à redução das perdas oca

sionadas pela doença. Entretanto, os conhecimentos, quer da variabilidade do patógeno, quer da hereditariedade da resistência do hospedeiro, são pré-requisitos básicos para o desenvolvimento de cultivares resistentes e capazes de manter essa característica por períodos de tempo prolongados. O programa de melhoramento desta doença, no CNPAF conta, hoje, com inúmeras linhas de feijoeiro comum com um grau bastante aceitável de resistência e com boas características agronômicas. Entretanto, estas linhas necessitam de um maior período de testes até poderem ser lançadas ou recomendadas para uma determinada região.

Vírus do Mosaico Comum do Feijoeiro (BCMV, VMCF)

O mosaico comum do feijoeiro encontra-se disseminado nas diversas regiões produtoras do Brasil. Os sintomas, nas folhas, caracterizam-se por apresentarem mosqueado verde claro-escuro, geralmente acompanhado de rugosidade, empolamento e enrolamento das folhas para baixo. As folhas infectadas são menores do que as normais, e as plantas podem apresentar crescimento reduzido e algumas vezes atrofiamento. As vagens podem sofrer deformações.

O controle da doença deve ser feito principalmente por:

**. Práticas culturais**

A principal medida cultural de controle do vírus do mosaico comum do feijoeiro é o plantio de sementes livres do patógeno. A produção de sementes livres do vírus, deve ser realizada em áreas distantes dos centros produtores desta leguminosa e onde as populações de afídeos (inseto vetor) sejam baixas. A semeadura, coincidindo com a época de menor nível do inseto vetor no campo associada ao controle químico do inseto vetor através de inseticidas, podem resultar em um controle satisfatório da doença. Esta prática reduz a transmissão de uma planta infectada a outra ou de plantas daninhas hospedeiras do vírus ao feijoeiro comum.

**. Resistência varietal**

A resistência da planta constitui-se no método mais econômico e efetivo de controlar o vírus do mosaico comum do feijoeiro. A grande diversidade de cepas do vírus, no entanto, dificulta o desenvolvimento de cultivares resistentes. Hoje, o CNPAF, dispõe de várias linhagens que tem se mostrado resistentes a nível de campo.

Vírus do Mosaico Dourado do Feijoeiro (BGMV)

Dentre as doenças do feijoeiro comum causadas por vírus, o mosaico dourado é uma das mais importantes. Os sintomas aparecem sob a forma de manchas douradas entremeadas de verde (mosaico), cobrindo totalmente a superfície do limbo foliar. Quando a infecção ocorre no estádio de plântula, as plantas de cultivares suscetíveis tornam-se raquíticas e, as vagens, ficam deformadas.

Entre os métodos de controle do mosaico dourado encontram-se:

**. Práticas culturais**

O mosaico dourado do feijoeiro não é transmitido pelas sementes. Uma das práticas culturais que melhores resultados têm apresentado é a semeadura em épocas de menor nível populacional da mosca branca, vetora do vírus. Por este motivo, a doença apresenta menor incidência no plantio das águas e durante inverno. A eliminação de fontes alternativas de inóculo. fumo e batata-doce, hospedeiros do inseto vetor, é uma prática cultural que não deve ser negligenciada.

**. Controle químico**

O controle do inseto vetor, é relativamente fácil de ser alcançado com inseticidas; no entanto, o controle da doença através do controle do inseto vetor por produtos químicos é uma prática que pode apresentar resultados positivos ou negativos dependendo, principalmente, do afluxo de mosca branca virulífera,na cultura. No Brasil, aumentos substanciais na produção foram conseguidos com o uso de carbofuram (Furadan) no sulco de plantio seguido de 3 pulverizações foliares com monocrotophos (Azodrin).

**. Resistência parietal**

O melhoramento genético visando obter cultivares com alto grau de resistência seria a medida mais apropriada para o controle do mosaico dourado do feijoeiro. Milhares de cultivares, em vários países, tem sido testadas objetivando a busca de fontes de resistência. Infelizmente, poucos resultados têm sido obtidos. Muitas cultivares resistentes em outros países, mostraram-se suscetíveis quando introduzidas no Brasil. O CNPAF, através de seu programa de melhoramento, vem, nos últimos anos, obtendo relativo sucesso sendo que, no momento, possui algumas linhagens que apresentam um certo grau de resistência. Estas linhagens, no entanto, necessitam ser testadas em maior escala antes de poderem ser liberadas para cultivos comerciais.

## LITERATURA CONSULTADA


ALLEN, D.J. **Verticillium lecanii** on the bean rust fungus, **Uromyces appendiculatus**. Transactions of the British Mycological Society, Londres, 79: 362-364, 1982.

ARAYA, A.C. Efecto de la epoca de producción y tratamiento de semilla en el vigor y transmisión de enfermidades fungosas en la semilla de frijol (**Phaseolus vulgaris**). Turrialba, 1977. 47p. (Tese - Universidad de Costa Rica). Apud FERRAZ, S. La mancha foliar angular. In: SCHWARTZ, H.F. & GALVEZ, G.E., ed. Problemas de producion del frijol; enfermedades, insectos, limitaciones edaficas y climaticas de **Phaseolus vulgaris**. Cali, CIAT. 1980. p.55-64.

BAKER, C.J.; STAVELY, J.R.; MOCK, N. Biocontrol of bean rust by **Bacillus subtilis** under field conditions. Plant Disease Reporter, Washington, 69: 770-772, 1985.

BAKER, C.J.; STAVELY, J.R.; THOMAS, C.A.; SASSER, M.; MacFALL, J.S. Inhibitory effect of **Bacillus subtilis** on **Uromyces phaseoli** and on development of rust pustules on bean leaves. Phytopathology, St. Paul, 73: 1148-1152.

BARROS, O.; CARDONA, C.; CARNENOSA, R.; SKILES, R.L. Angular leaf spot of bean in Colombia. Plant Disease Reporter, Washington, 42: 420-424, 1958.

BIANCHINI, A.; MOHAN, S.K.; MENEZES, J.R. Avaliação de fungicidas no controle da antracnose do feijoeiro causada por **Colletotrichum lindemuthianum** (Sacc. et Magn.). In: CONGRESSO DE FITOPATOLOGIA, 1., Summa Phytopathologica, Piracicaba, 4: 22, 1978.

BURKE, D.W. Time of planting in relation to disease incidence and yields of beans in central Washington. Plant Disease Reporter, Washington, 48: 789-793, 1964.

CARDOSO, J.E. Ferrugem. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). Cultura do feijoeiro. Fatores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1988. p.479-490.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. La antracnosis del frijol y su control. Cali, 1981. 27p.

CHAVES, G. La antracnosis. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. (eds.). Problemas de producion del frijol; enfermidades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de **Phaseolus vulgaris**. Cali, CIAT, 1980. p.37-53.

CONTROL de enfermidades del follage en caraotas. Caracas. Fundación Servício para el Agricultor. Estación Experimental de Cagua, s.d. p.46-48.

CORREA-VICTORIA, F.J.; PASTOR-OCRRALES, M.A.; SAETTLER, A.W. Angular leaf spot. In: SCHWARTZ, H.F. & PASTOR-CORRALES, M.A. Bean Production Problems in the Tropics. Cali. CIAT, 1989. p.59-75.

COSTA, A.S. Investigações sobre moléstias do feijoeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., Campinas. 1971. Anais. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1972. p.305-311.

COSTA, A.S. Increase in the population density of **Bemisia tabaci**, a threat of widespread virus infection of legume crops in Brazil. In: BIRD, J. & MARAMOROSCH, K. (eds.). Tropical diseases of legumes. New York, Academic Press, 1975. p.27-49.

CRISPIN, M.A.; SIFUENTES, J.A.; AVILA, J.C. Enfermidades y plagas del frijol en Mexico. Mexico, Inia, 1976. p.4-6.

CRUZ, B.P.B. Feijão com antracnose. O Biológico. São Paulo, 28: 118, 1962.

DIAZ, P.C.; ARMAS, E.; BARROS, A. La mancha angular de la caraota producida por **Isariopsis griseola** Sacc. en la cuenca del lago de Valencia. Agronomia Tropical, Maracay, 14: 261-267, 1965.

ELLIS, M.A.; GALVEZ, G.E.; SINCLAIR, J.B. Effecto de tres fungicidas sobre la germinación de semilla infectada de frijol (**Phaseolus vulgaris** L.). Turrialba, 26: 399-402. 1976.

FRENHANI, A.A.; BULISANI, E.A.; ISSA, E.; SILVEIRA, S.G.P. de. Controle da ferrugem (**Uromyces phaseoli** L.) com fungicida sistêmico. O Biológico, São Paulo, 37: 25-30, 1971.

GALVEZ, G.E. & MORALES, F.J. Aphid-transmitted viruses. In: SCHWARTZ, H.F. & PASTOR-CORRALES, M.A. Bean Production Problems in the Tropics. Cali, CIAT, 1989. p.333-361.

GALVEZ, G.E. & MORALES, F.J. Whitefly-transmitted viruses. In: SCHWARTZ, H.F. & PASTOR-CORRALES, M.A. Bean Production Problems in the Tropics. Cali, CIAT, 1989. p.379-406.

GONZALES, L.C.; GUTIERREZ, R.C.; PORTILLO, E. Combate de enfermidades foliares en frijol (**Phaseolus vulgaris**) mediante el uso limitado de fungicidas. Agronomia Costarricence, San José, 1: 107-118, 1977.

ISSA, E. & ARRUDA, H.V. Contribuição para o controle da ferrugem e da antracnose do feijoeiro. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, 31: 119-126, 1964.

JOSIAS, C.F. Doenças causadas por vírus. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. Cultura do feijoeiro. Fatores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1988. p.547-572.

KIDD, F. & WEST, C. Physiological pre-determination: the influence of the physiological condition of the seed upon the course of subsequen growth and upon the yield. 1. The effects of soaking seed in water. Annals of Applied Biology. Cambridge, 5: 1-10, 1918.

KIMATTI, G.; SOAVE, J.; ESKES, A.B.; KUROZAWA, C.; BRIGNANI NETO, F.; FERNANDES, N.G. Guia de Fungicidas Agrícolas. Livroceres, Piracicaba. 1986. p.116-121.

LINDGREN, D.R. & STEADMAN, J.R. Inability to control common bacterial blight with chemicals. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, New York, 24: 77-78, 1981.

MACKIE, W.W.; SNIDER, W.C.; SMITH, F.L. Production in California of snap-bean seed free from blight and antracnose. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, 1945. p.3-23.

MARLAT, R.B. Effectiveness of streptomycin for control of common bacterial blight. Plant Disease Reporter. Washington, 39: 213-214, 1965.

MASCARENHAS, H.A.A.; TOLEDO, F.F. de; GODOY, O.P. Competição entre tratamentos de sementes de feijão (**Phaseolus vulgaris** L.). In: SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMENTES, 4., Rio de Janeiro, 1963. Anais. Rio de Janeiro. 1963. p.185-186.

MATHEWS, R.E.F. Plant virology. 2.ed. New York, Academic Press. 1981. 897p.

MAUDE, R.B. Results in practice - III. Vegetables crops. In: MARSH, R.W., ed. Systemic fungicides. New York, Longman. 1977. p.260.

MEINERS, J.P. Genetics of disease resistance in edible legumes. Annual Review of Phytopathology, Palo Alto, 21: 189-209, 1981.

MOHAN, S.K.; BIANCHINI, A.; MENEZES, J.R. de. Orientação para o controle de doenças do feijoeiro no Estado do Paraná. Londrina, Instituto Agronômico do Paraná, 1981. 12p.

MORA, L.E. & MORENO, R.A. Incidencia y severidad de la roya del frijol (**Uromyces phaseoli**) en monocultivo y asociado con maiz. In: REUNION ANUAL DEL PCDMCA,24., San Salvador, 1978. San Salvador, IICA, 1978. n.p.

MORALES, F. Enfermidades causadas por vírus. In: Frijol: Investigación y Producción. Cali, CIAT. 1985. p.217-227.

MSUKU, W.A.B. & EDJE, O.T. Effect of mixed cropping of maize and bean on bean diseases. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, New York, 25: 16-17, 1982.

PASTOR-CORRALES, M. Enfermidades del frijol causadas por hongos. In: Frijol: Investigación y Producción. Cali, CIAT, 1985. p.169-196.

PASTOR-CORRALES, M.A. Enfermidades del frijol causadas por bacterias. In: Frijol: Investigación y Producción. Cali, CIAT, 1985. p.207-215.

PASTOR-CORRALES, M.A. & TU, J.C. Anthracnose. In: SCHWARTZ, H.F. & PASTOR-CORRALES, M.A. Bean Production Problems in the Tropics. Cali, CIAT, 1989. p.77-104.

RAVA, C.A.; VIEIRA, E.H.N.; COSTA, J.G.C. da; SILVEIRA, P.M. da. Obtenção de germoplasma de feijão livre de patógenos transmissíveis pela semente. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, 3: 135-146, 1981.

RAVA, C.A. Crestamento Bacteriano Comum. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T., eds. Cultura do feijoeiro. Fatores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1988. p.527-541.

ROCHA, J.A.M. & SARTORATO, A. Efeito da época de plantio na incidência do mosaico dourado do feijoeiro. Goiânia, EMGOPA, 1980. (EMGOPA. Comunicado Técnico, 11).

ROLIM, P.R.R.; BRIGNANI NETO, F.; ROSTON, A.J.; OLIVEIRA, D.A. Controle químico das doenças do feijoeiro (**Phaseolus vulgaris** L.). III. Controle da antracnose em feijão das águas. O Biológico, São Paulo, 47: 245-248, 1981.

SAETTLER, A.W. Common bacterial blight. In: SCHWARTZ, H.F. & PASTOR-CORRALES, M.A. Bean Production Problems in the Tropics. Cali, CIAT, 1989. p.261-283.

SARTORATO, A. Antracnose. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T., eds. Cultura do feijoeiro. Fatores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1988. p.457-477.

SARTORATO, A. Mancha angular. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T., eds. Cultura do feijoeiro. Fatores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1988. p.491-501.

SCHWARTZ, H.F. Interactions between plant density and bean disease severity in Colombia. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative. New York, 24: 62-63, 1981.

SINGH, J.P. & MUSYINI, A.B.K. Chemical control of bean rust in Kenya. East African Agricultural an Forestry Journal, Nairobi, 45: 207-209, 1984.

STAVELY, J.R. & PASTOR-CORRALES, M.A. RUST. In: SCHWARTZ, H.F. & PASTOR-CORRALES, M.A. Bean Production Problems in the Tropics. Cali, CIAT, 1989. p.159-194.

THONSON, W.T. Agricultural chemicals-fungicides. Fresno, Thomson Publications, 1973. 207p.

VARGAS, E. Rust. In: SCHWARTZ, H.F. & GALVEZ, G.E., eds. Bean production problems: disease, insect, soil and climatic constraints. Cali, CIAT, 1980. p.17-36.

VENETTE, J.R. & JONES, D.A. Control of common bacterial blight on pinto beans. Fungicide and Nematicide Tests. Raleigh, 37: 63, 1982.

VIEIRA, C. O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1967. p.89-92.

VIEIRA, D. Doenças e pragas do feijoeiro. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1983. p.71-82.

WELLER, D.M. & SAETTLER, A.W. Chemical control of common and fuscous bacterial blight in Michigan navy (pea) beans. Plant Disease Reporter, Washington, 60: 793-797, 1976.

YERKES, Jr., W.D. & CRISPIN, M.A. Antracnosis del frijol. Agricultura Tecnica en Mexico, Chapingo, 2: 1-5, 1955.

YOSHII, K. & GRANADA, G.A. Control químico de la roya del frijol en el Valle del Cauca. Fitopatologia, Lima, 11: 66-71, 1976.

YOSHII, K. Los anublos comun y fusco. In: SCHWARTZ, H.F. & GALVEZ, G.E., eds. Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edaficas y climaticas de **Phaseolus vulgaris**. Cali, CIAT, 1980. p.155-171.

ZAMBOLIM, L. & CHAVES, G.M. Doenças do feijoeiro e seu controle. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, 4: 50-63, 1978.

ZAUMEYER, W.J. & MEINERS, J.P. Disease resistance in beans. Annual Review of Phytopathology, Palo Alto, 13: 313-334, 1975.

ZAUMEYER, W.J. & THOMAS, H.R. A monographic study of bean diseases and methods for their control. Washington, USDA, 1957. 255p.

ZAUMEYER, W.J. & THOMAS, H.R. Bean diseases-how to control them. Washington, USDA, 1962. 39p.

# PRAGAS DA CULTURA DE FEIJÃO IRRIGADO

José Djair Vendramim[1]

## 1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma cultura bastante atacada por pragas durante todo o seu ciclo vegetativo, não ocorrendo grandes variações nas espécies presentes nas três épocas de cultivo (das "águas", da "seca" e de "inverno"), embora, em função das referidas épocas e das regiões de cultivo, possam ocorrer variações na intensidade dos danos causados.

No feijoeiro de inverno ou irrigado, cuja época de plantio se concentra, de modo geral, entre os meses de maio e junho, a cultura pode estar mais sujeita ao ataque de pragas pela migração destas das vegetações naturais que, na maioria das vezes, se encontram secas nesse período. Verifica-se, por outro lado, que, em virtude de ocorrerem nessa época, temperaturas mais baixas, há um crescimento mais lento da população dos insetos, reduzindo desse modo os prejuízos. Além disso, deve-se considerar que sendo o feijoeiro de inverno mantido constantemente sob irrigação, pode haver efeito desta sobre a ocorrência de certas pragas. Assim, a lagarta elasmo, que prefere solos secos, normalmente reduz bastante seu ataque em feijoeiro de inverno, quando se compara o cultivo nessa época com aqueles feitos na época da "seca", ou mesmo na época "das águas", se no início do cultivo há falta de chuva. Já, a lagarta rosca, que prefere solos mais úmidos, pode atacar com mais intensidade nas culturas irrigadas.

De modo geral, as pragas que atacam o feijoeiro de inverno podem ser divididas em dois grupos: as pragas de solo e as pragas da parte aérea. As pragas de solo, no caso do feijoeiro de inverno, são bem menos importantes que as da parte aérea, podendo, ainda assim, serem destacadas a lagarta elasmo, a lagarta rosca e o pulgão-da-raiz. Dentre as pragas da parte aérea, destacam-se como mais importantes a mosca branca e a cigarrinha, vindo a seguir, as vaquinhas, a mosca minadora, as lagartas desfolhadoras, as lagartas-das-vagens e os ácaros branco e rajado, podendo ainda ocorrer esporadicamente outras lagartas, tripes, pulgões-da-folha, percevejos, etc.

[1] Professor Associado. Departamento de Entomologia - ESALQ/USP. Caixa Postal 09. CEP 13400, Piracicaba-SP.

## 2. PRAGAS DE SOLO

### 2.1. Lagarta elasmo

. *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848)

O adulto, que é uma mariposa com 15 a 25 mm de envergadura e asas de coloração cinza, coloca os ovos sobre as folhas, talos e mesmo no solo, próximo às plantas de feijão. A lagarta, de coloração acinzentada a verde-azulada, possui movimentos rápidos, saltando quando tocada.

Como mencionado anteriormente, os maiores prejuízos ocorrem nos solos mais secos. As lagartas abrem galerias na região do colo da planta, causando o secamento e morte das plantas novas. Quando em repouso, a lagarta se aloja em abrigos laterais feitos de excrementos, terra, teia, etc.

Embora, muitas vezes, a baixa ocorrência dessa praga em feijoeiro irrigado, em princípio, não justifique o emprego do controle químico, o mesmo pode ser feito através do tratamento de sementes, utilizando-se Carbofuran 350F (2 litros/100 kg de semente), considerando-se que esse produto irá também proteger a cultura, durante os primeiros 15 dias, contra o ataque de importantes pragas da parte aérea como a mosca branca e a cigarrinha.

### 2.2. Lagarta rosca

. *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767)

Na fase adulta, é uma mariposa com 35 mm de envergadura, cujas asas anteriores são marrons com manchas pretas e as posteriores semi-transparentes. Os ovos são colocados nas folhas das plantas e as lagartas, de coloração pardo-acinzentada, têm hábito noturno, permanecendo, durante o dia, enroladas e abrigadas no solo. Os prejuízos são resultantes do ataque das lagartas que cortam as plantas (em início de desenvolvimento) rente ao solo, causando-lhes a morte e provocando, conseqüentemente, falhas na cultura.

O controle deve ser feito logo após o aparecimento dos primeiros sintomas de ataque, podendo ser utilizados, segundo GALLO et alii (1988), os inseticidas Carbaril 7,5% (12 kg/ha) em polvilhamento ou Acefato 75% (0,75l/ha), Metamidofós 60% (0,5 ℓ/ha) ou Clorpirifós etil 48% (0,8 ℓ/ha) em pulverização, devendo a aplicação ser dirigida à base das plantas.

Em regiões onde é comum o aparecimento da lagarta rosca, podem

ser usadas iscas misturadas a inseticidas para atração e morte dos adultos. Pode ser usada, por exemplo, a mistura de 1 kg de açúcar ou melaço, 90 g de Carbaril 7,5% e 10 ℓ de água, a qual deve ser aspergida sobre as plantas.

### 2.3. Pulgão-da-raiz

. *Smynthurodes betae* (Westw., 1849)

Os adultos medem cerca de 2 mm de comprimento e tanto as formas ápteras de coloração branco-pérola como as aladas de coloração negra vivem na raiz do feijoeiro sugando a seiva e, provocando, em altos níveis de infestação, o amarelecimento e murchamento das plantas.

Normalmente esse inseto não causa maiores prejuízos, mas nas regiões em que ele ocorre, o controle pode ser feito através de tratamento de sementes conforme citado para a lagarta elasmo.

## 3. PRAGAS DA PARTE AÉREA

### 3.1. Mosca branca

. *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889)

A mosca branca é considerada a principal praga do feijoeiro, na maioria das regiões produtoras dessa leguminosa, pelo fato de transmitir o vírus do mosaico dourado, doença que se tornou problema sério para essa cultura nos Estados de São Paulo e Paraná, a partir de 1973 e atualmente também afeta outros Estados produtores como Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Na fase adulta, as moscas brancas apresentam cerca de 1 mm de comprimento e 4 asas membranosas recobertas por uma pulverulência branca. Os ovos, colocados na face inferior das folhas, ficam presos por um pedúnculo curto. Assim que eclodem, as ninfas passam a sugar as folhas, mas só se movimentam inicialmente, fixando-se a seguir nas folhas, de modo semelhante às cochonilhas.

Apesar de também ocorrerem danos diretos causados pela sucção da seiva e injeção de toxinas, os maiores prejuízos provocados pela mosca branca no feijoeiro são resultantes da transmissão do vírus causador do mosaico dourado, o que acontece quando o inseto, após se alimentar de uma planta doente, ataca uma planta sadia. Quando o ataque se verifica antes do florescimento, os prejuízoz são intensos chegando a 100%. Já ataques mais tardios provocarão uma menor redução na produção.

Considerando-se, por outro lado, a estreita associação entre a mosca branca e o virus do mosaico dourado, o controle deve ser feito visando tanto o inseto como o vírus.

Trabalhos visando a obtenção de genótipos de feijoeiro resistentes à mosca branca têm sido desenvolvidos (MARTINS et alii, 1986 e BOIÇA JR. & VENDRAMIM, 1987), não tendo sido selecionados, no entanto, materiais resistentes.

No que se refere ao mosaico dourado, vários trabalhos de "screening" de materiais e indução de mutações têm sido desenvolvidos no Brasil (POMPEU & KRANZ, 1977; TULMANN NETO et alii, 1983; FARIA et alii, 1983). Houve avanços no aumento da resistência, porém não foi obtida ainda um cultivar com um nível de resistência que possibilite uma produtividade economicamente viável em condições de alta incidência da virose.

O controle natural, através do cultivo do feijoeiro intercalado a outras culturas como café e milho, que funcionam como barreiras vegetais, tem contribuído, segundo BIANCHINI (1988), para a redução da ocorrência da mosca branca, reduzindo conseqüentemente a incidência do mosaico dourado.

Em relação ao uso de inseticidas para o controle da mosca branca, embora existam produtos eficientes, pode haver dificuldade para obtenção de bons resultados, já que, freqüentemente, ocorrem reinfestações além de haver, em função do curto ciclo biológico do inseto, um rápido aumento da sua população. O produto mais utilizado tem sido o Metamidofós 60%, sendo que SALVO (1986) recomenda a adição a esse inseticida do ácido bórico que, embora não atue sobre o inseto e tampouco sobre o vírus, tem efeito sobre a planta, agindo como um vasodilatador, diminuindo a retenção dos cristais do vírus nos vasos da planta, o que permite a livre circulação da seiva, reduzindo assim os efeitos prejudiciais do vírus no desenvolvimento e produção do feijoeiro. O número de aplicações desses produtos irá depender de ter havido ou não tratamento de sementes com Carbofuran. Caso o tratamento tenha sido feito, são recomendadas, então, duas aplicações, sendo a primeira aos 15 dias empregando-se 0,6 ℓ/ha de Metamidofós e 0,4 kg/ha de ácido bórico e a segunda aos 30 dias, utilizando-se 0,8 ℓ/ha e 0,6 kg/ha, respectivamente. Caso as sementes não tenham sido tratadas, recomendam-se três aplicações usando-se na primeira 0,6 ℓ/ha do inseticida e 0,4 kg/ha de ácido bórico aos 10 dias, repetindo-se o tratamento aos 20 e 30 dias, aumentando-se as dosagens para 0,8 ℓ/ha de Metamidofós e 0,6 kg/ha de ácido bórico.

Além desses produtos, têm sido recomendados também o Dimetoato 40% (1 ℓ/ha) e o Monocrotofós 60% (0,25 ℓ/ha) no mesmo esquema de aplicação indicado para o Metamidofós.

Uma outra técnica que auxilia no controle da mosca branca é o emprego de uma tábua (0,8 x 0,5 m) pintada de amarelo e pincelada com óleo combustível. A cor amarela atrai o inseto que fica aderido ao óleo. Para ser utilizada, a tábua deve apresentar uma alça que se prende ao pescoço do operador facilitando o seu deslocamento na cultura. É uma técnica bastante útil para o monitoramento da praga, ou seja, para a detecção do início da infestação. Em culturas já infestadas, a tábua reduz o número de adultos presentes, podendo ser usada para auxiliar o controle da mosca branca, principalmente no caso de pequenas áreas.

### 3.2. Cigarrinha verde

. *Empoasca kraemeri* (Ross & Moore, 1957)

Os adultos são verdes, com 3 mm de comprimento e efetuam a postura no interior dos tecidos vegetais, de preferência ao longo das nervuras. As ninfas, menores e com coloração verde mais clara, têm o hábito de se deslocarem lateralmente.

As formas jovens e adultas localizam-se,principalmente,na face inferior das folhas e dos pecíolos, causando danos pela sucção de seiva e pela injeção de toxinas. Altas populações reduzem drasticamente a produtividade do feijoeiro. Quando o ataque se verifica nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura ocorre o enfezamento da planta que apresenta os folíolos coriáceos, com os bordos voltados para baixo e com o crescimento paralizado. Em fases mais adiantadas do desenvolvimento da planta, ocorre amarelecimento e necrose dos tecidos dos bordos foliares, com posterior secamento dos folíolos. É mais prejudicial até a fase de florescimento da cultura.

Em relação ao controle dessa praga, o uso de variedades resistentes é uma alternativa que está sendo pesquisada com grande possibilidade de êxito, já que há materiais que toleram mais que outros o ataque da praga. A EMBRAPA, através do seu Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, vem desenvolvendo pesquisas visando a obtenção de variedades resistentes. A partir de 1980, cerca de 3800 cultivares e/ou linhagens foram testadas em condições de campo, avaliando-se visualmente os danos provocados pelas cigarrinhas, sendo que alguns desses cultivares e linhagens, como CNF 842, CNF 755, CNF 1646, CNF 610, CNF 4708 e CNF 4728 foram identificadas como fontes de resistência para utilização nos programas de melhoramento de feijoeiro (YOKOYAMA et alii, 1987).

Apesar dos estudos visando a utilização de métodos alternativos o controle da cigarrinha,atualmente,ainda é feito basicamente através de produtos químicos podendo ser recomendados os mesmos inseticidas (Metamidofós 60%; Dimetoato 40% e Monocrotofós 60%), nas mesmas dosa-

gens e épocas mencionadas para a mosca branca, inclusive no que se refere à proteção, durante os primeiros 15 dias, conferida pelo tratamento das sementes com Carbofuran 350 F.

### 3.3. Vaquinhas

. *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824)
*Cerotoma* sp.

As vaquinhas são besourinhos com 5 a 6 mm de comprimento, sendo que *D. speciosa* apresenta coloração verde com três manchas amarelas em cada élitro, enquanto *Cerotoma* sp. apresenta coloração amarelada com manchas negras nos élitros.

Os ovos são colocados no solo, onde emergem as larvas que alimentam-se de raízes e nódulos deixando marcas ou perfurações no local de ataque. Pode também atacar as sementes em germinação, danificando as folhas cotiledonares. Nas plantas com danos severos, as raízes se atrofiam e as folhas basais tornam-se amareladas, com envelhecimento prematuro.

Normalmente, os maiores danos são causados pelos adultos que alimentam-se das folhas, deixando-as rendilhadas, provocando em conseqüência uma redução da área fotossintética. Quando as plantas são muito novas e não há suficiente área foliar disponível, as vaquinhas podem consumir o broto apical, provocando a morte da planta.

No que se refere aos danos econômicos provocados pelas vaquinhas e outros desfolhadores deve reconsiderar que a tolerância do feijoeiro à desfolha depende da idade da planta. Assim, enquanto aos 20 dias desfolhas de até 60% não afetam a produção, para plantas com 40 dias, esse limite se reduz a 20%.

O controle das vaquinhas, através do uso de inseticidas, pode ser feito através da pulverização com Carbaril 85% (1,2 a 1,5 kg/ha), Metamidofós 60% (0,5 a 1,0 ℓ/ha) e Malation 50% (1,2 a 2,0 ℓ/ha).

Além do emprego de inseticidas, têm sido pesquisados métodos alternativos para o controle das vaquinhas, sendo os mais estudados aqueles que se baseiam na alteração do comportamento do inseto.

Um desses métodos é o que se utiliza de plantas conhecidas por taiuiá, cujas raízes, quando cortadas, exsudam uma substância química denominada cucurbitacin que atrai as vaquinhas. O controle das vaquinhas é feito tratando-se pedaços de raiz do taiuiá (com cerca de 8 cm de diâmetro e 5 cm de espessura) com inseticidas como o Carbaril, Carbofuran, Metomil, Fention ou Fenitrotion. É recomendada a utilização de cerca de 20 iscas/ha, as quais devem ser espalhadas pela cultu

ra, "espetando-se" cada isca em uma estaca de madeira com 30 cm de altura (YOKOYAMA, 1988 e CARVALHO, 1988).

Um outro método que se baseia no comportamento, é o uso de vaquinhas trituradas na cultura de feijão. Isto provavelmente propicia a liberação de feromônio de dispersão, controlando as vaquinhas através da manipulação do comportamento migratório (CARVALHO, 1988).

No que se refere ao controle biológico, têm sido desenvolvidas pesquisas que evidenciam a possibilidade de utilização dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* para controle de vaquinhas (YOKOYAMA et alii, 1987).

### 3.4. Lagartas das folhas

. *Pseudoplusia includens* (Hueb., 1818)
*Hedylepta indicata* (Fabr., 1794)

Dentre as várias espécies de lagartas desfolhadoras que podem ocorrer em feijoeiro, *P. includens* (chamada de falsa medideira) e *H. indicata* são as mais comuns, predominando no Estado de São Paulo, a primeira espécie, cuja importância tem aumentado nos últimos anos.

Os adultos de *P. includens* são mariposas com cerca de 35 mm de envergadura, com asas marrom, sendo que, nas asas anteriores, há uma pequena mancha prateada.

*H. indicata*, na fase adulta, é uma mariposa de coloração amarelada com três estrias transversais escuras nas asas anteriores e que mede cerca de 19 mm de envergadura.

Os prejuízos são provocados pelas lagartas que destroem o limbo foliar reduzindo a área fotossintética. No caso de *H. indicata*, as lagartas unem as folhas com fios de seda ficando protegidas no seu interior. Em relação aos danos econômicos causados pelas lagartas, deve-se considerar, conforme mencionado para as vaquinhas, os limites de desfolha tolerados pela planta que variam com a idade da cultura.

Para o controle das lagartas defolhadoras em feijoeiro irrigado, tem sido recomendado o inseticida Clorpirifós etil 48% (1 a 1,25 ℓ/ha) aplicado através de insetigação, que é uma técnica em que o produto é misturado à água utilizada na irrigação pelo sistema de pivot central.

### 3.5. Mosca minadora

. *Liriomyza* spp.

Os adultos medem 1 mm de comprimento e apresentam coloração negra. Os prejuízos são causados pelas larvas que abrem galerias (minas) nas folhas, originando lesões esbranquiçadas ao longo do caminho que percorrem, o que provoca o secamento das folhas.

O controle dessa praga pode ser feito com a utilização do inseticida Cartap 50%, à dosagem de 1 kg/ha.

### 3.6. Lagartas-das-vagens

. *Thecla jebus* ( Godt., 1819)
*Maruca testulalis* (Geyer, 1832)

Os adultos de *T. jebus* são borboletas que medem cerca de 32 mm de envergadura, apresentando os machos asas com coloração azul-metálica e as fêmeas com coloração marrom clara. As lagartas são verdes e achatadas, assemelhando-se a lesmas. Já os adultos de *M. testulalis* são pequenas mariposas com 23 mm de envergadura de coloração marrom clara com manchas esbranquiçadas na asa anterior. Nessa espécie, as lagartas são pardacentas apresentando manchas escuras distribuídas pelo corpo.

As lagartas das duas espécies atacam as vagens do feijoeiro, destruindo os grãos ainda em formação, sendo que as perfurações provocadas pelo inseto permitem a entrada de microorganismos que causam a podridão e conseqüentemente, a destruição das sementes restantes, reduzindo a produção.

O controle das lagartas-das-vagens pode ser feito através da insetigação com Clorpirifós etil conforme mencionado para o controle das lagartas desfolhadoras.

### 3.7. Ácaros

**Ácaro branco** - *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904)
**Ácaro rajado** - *Tetranychus urticae* (Koch, 1836)

O ácaro branco ataca as folhas do ponteiro, que enrolam os bordos para baixo tornando-se coriáceas e quebradiças. As vagens também podem ser atacadas tornando-se prateadas.

O acaro rajado ataca a face inferior das folhas, causando o aparecimento de manchas cloróticas, cuja intensidade depende do nível populacional do ácaro. Em consequência do ataque, as manchas tornam-se inicialmente amareladas, depois avermelhadas, ocorrendo a seguir a queda das folhas.

O controle dos ácaros pode ser feito com acaricidas específicos como Propargite e Binapacril ou inseticidas-acaricidas como Triazofós, Endosulfan, Carbofenotion e Monocrotofós.

### 3.8. Outras pragas

Além das pragas relacionadas, ocorrem outras, no feijoeiro irrigado, que no entanto, raramente provocam prejuízos de ordem econômica. Entre estas pragas, podem ser citadas o pulgão-da-folha, *Aphis craccivora* Koch, 1854; a lagarta cabeça-de-fósforo, *Urbanus proteus* (L., 1758); os tripes, *Trips tabaci* (Lind., 1888) e *Caliothrips brasiliensis* (Morgan, 1929); a broca-da-vagem, *Etiella zinckenella* (Treits., 1832); a broca-das-axilas, *Epinotia aporema* (Wals., 1914) e os percevejos, *Nezara viridula* (L., 1758), *Piezodorus guildini* (West., 1837) e *Megolotomus* sp. O controle específico dessas pragas é feito muito raramente pela baixa frequência com que ocorrem e pelo fato de normalmente as mesmas já serem controladas pelos produtos utilizados para as outras pragas mencionadas.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BIANCHINI, A. Controle da mosca branca e viroses associadas na cultura do feijoeiro. In: VENDRAMIM, J.D.; MENTEN, J.O.M.; LOURENÇÃO, A.L. (ed.). SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 3., Piracicaba, USP/Campus de Piracicaba, 1988. **Anais**. p.127-43.

BOIÇA JR., A.L. & VENDRAMIM, J.D. Comportamento de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em relação à *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889): avaliação da resistência e influência da idade da planta na oviposição. **Poliagro**, **9**(1): 35-48, 1987.

CARVALHO, S.M. de. Métodos alternativos de controle de pragas do feijoeiro. In: VENDRAMIM, J.D.; MENTEN, J.O.M.; LOURENÇÃO, A.L.(ed.) SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 3., Piracicaba, USP/Campus de Piracicaba, 1988. **Anais**. p.23-49.

FARIA, J.C.; ZIMMERMANN, M.J. de O.; BIANCHINI, A.; PAIVA, F.A. Seleção de cultivares de feijoeiro para resistência ao mosaico dourado. **Fitopatologia Brasileira**, **11**(2): 325, 1986.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J.D. **Manual de entomologia agrícola**. 2.ed. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1988. 649p.

MARTINS, J.C.; VENDRAMIM, J.D.; FURLANETO, W.; TACOLINI, I.; GALVAN, E.A.; BOMBARDELLI, L.; COL, J.B. de; SOUZA, E.P. Comportamento de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em relação ao ataque de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hom., Aleyrodidae). **Poliagro**, **8**(1): 53-8, 1986.

POMPEU, A.S. & KRANZ, W.M. Linhagens de feijoeiro resistentes ao vírus do mosaico dourado do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, **3**: 162-3, 1977.

SALVO, S. de. Medidas auxiliares no tratamento das viroses do feijão. **Boletim Fitossanitário**, Bayer do Brasil S/A, São Paulo, nº 313, 1986. 2p.

TULMANN NETO, A.; MENTEN, J.O.M.; ANDO, A.; ALBERINI, J.L.; BIANCHINI, A.; COSTA, A.S. Induced mutations for disease resistance in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Vienna, IAES, 1983. 10p.

YOKOYAMA, M.; MAGALHÃES, B.P.; CARVALHO, S.M. de. Insetos associados à cultura do feijão. In: CURSO DE CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE PRAGAS DO CAUPI E FEIJÃO, 4., Goiânia, 1987. **Anais**. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1987. 23p.

YOKOYAMA, A.M. Efeito da raiz de taiuiá, *Ceratosanthes hilariana* Cogn., Cucurbitaceae, sobre alguns artrópodos. Piracicaba, 1988. 64p. (Doutorado - ESALQ/USP).

# APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES E HERBICIDAS VIA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

**Pedro César Soares Maia**[1]
**José Antônio Frizzone**[2]
**Durval Dourado Neto**[3]

## 1. INTRODUÇÃO

A irrigação vem sendo utilizada em vários países para aplicação de fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas às plantas, técnica essa conhecida como quimigação.

Esta técnica tem como objetivo básico, utilizar a "água" de irrigação como veículo para levar às plantas os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento e demais produtos químicos para proteção e combate a doenças, pragas e plantas daninhas.

Observa-se que de uma maneira geral, qualquer método de irrigação pode ser utilizado para aplicação desses produtos, sendo os métodos de irrigação que apresentam uma melhor facilidade de manejo e maior uniformidade de distribuição de água são mais adequados.

No Brasil, devido a carência de pesquisa nessa área, a aplicação de produtos químicos via irrigação é utilizada de maneira restrita. Mesmo com a falta de informações, alguns agricultores já estão utilizando essa técnica, principalmente no caso de adubações nitrogenadas, através dos métodos de irrigação por aspersão convencional e pivô central.

Como essa técnica vem sendo utilizada por nossos agricultores a vários anos, entende-se que as observações locais devem apresentar resultados satisfatórios, indicando portanto uma resposta favorável

1 Engº Agrº, M.Sc. Pesquisador da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco-CODEVASE/1ª Diretoria Regional. Montes Claros-MG.

2 Engº Agrº, M.Sc., Dr. Professor do Departamento de Engenharia Rural ESALQ/USP. Caixa Postal 9. CEP 13400, Piracicaba-SP.

3 Engº Agrº, M.Sc. Professor do Departamento de Agricultura-ESALQ/USP Caixa Postal 9, CEP 13400, Piracicaba-SP.

ao seu uso, a qual se encontra ainda dependente de pesquisas relativas aos produtos, modos, dosagens e época de aplicação para cada cultura

## 2. FERTIRRIGAÇÃO

A fertirrigação consiste na aplicação de fertilizantes às plantas através da irrigação. Um estudo recente do efeito da adubação nitrogenada, aplicada através da água de irrigação, sobre o rendimento de grãos, acúmulo de matéria seca e absorção de nitrogênio pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) foi realizado por MAIA (1989). Foi utilizado cultivar Carioca, no Campo Experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), em Piracicaba, São Paulo.

Foi utilizado o delineamento estatístico em blocos inteiramente casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, com três tratamentos, cinco repetições e quatro épocas de coleta de plantas. A fonte de nitrogênio utilizada foi o fertilizante uréia, na dosagem de 40 kg de N por hectare. Os tratamentos foram: **i)** parcelas sem adubação nitrogenada em cobertura; **ii)** parcelas com adubação nitrogenada em cobertura, aplicada manualmente em uma única dosagem aos 30 dias após germinação; **iii)** parcelas com adubação nitrogenada de cobertura, aplicada parceladamente através da água de irrigação aos 30, 42 e 50 dias após a germinação.

As épocas de amostragens de plantas foram aos 30 ($E_1$) 42 ($E_2$), 50 ($E_3$) e 60 ($E_4$) dias após a germinação.

A aplicação de água e solução nitrogenada foram realizadas através de um sistema convencional de irrigação por aspersão, com o fertilizante nitrogenado sendo introduzido na rede de irrigação por injetor de solução de fertilizante de funcionamento hidráulico.

O controle da irrigação foi realizado através de tensiômetros instalados às profundidades de 15 e 25 cm, em uma parcela de cada bloco. Assumiu-se valores de potencial mátrico de -600 e -100 cm de água como limites inferior e superior da água disponível no solo, respectivamente, para reposição de água às plantas.

Através da análise dos resultados obtidos nas condições do experimento concluiu-se que: **a)** a adubação nitrogenada aumentou significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, a produção de grãos e absorção de nitrogênio pela planta; **b)** os tratamentos fertirrigação e adubação nitrogenada convencional não apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, para a absorção de nitrogênio e produção de grãos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.); **c)** a fertirrigação aumentou significativamente, ao nível de 5% de probabi-

lidade, o acúmulo de matéria seca na planta; d) a fertirrigação, em nenhuma situação se mostrou inferior à adubação nitrogenada convencional, apresentando a vantagem de possibilitar a redução de mão-de-obra e simplificação da fertilização nitrogenada.

Após condução do experimento, verificou-se que houve economia de mão-de-obra e maquinária, mais controle e facilidade de aplicação do fertilizante, maior eficiência de utilização de nutrientes, menor dano físico ao solo e à cultura, maior flexibilidade das operações e maior uniformidade na distribuição do fertilizante aplicado.

## 2.1. Vantagem da fertirrigação

### 2.1.1. Economia de mão-de-obra e maquinaria

A disponibilidade de mão-de-obra na agricultura vem ao longo do tempo representando um fator limitante crescente na condução de lavouras. A aplicação convencional de nutrientes às plantas através dos métodos manual ou mecanizado, exige a disponibilidade de mão-de-obra, máquinas e implementos, que podem ser dispensados quando se utiliza a fertirrigação.

### 2.1.2. Aplicação de nutrientes em qualquer fase do ciclo da cultura

O fornecimento de nutrientes às plantas através de métodos manual e mecanizado é limitado aos períodos de maior necessidade das plantas, devido as dificuldades de aplicação contínua ao longo do ciclo da cultura. Observa-se que para a cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) têm-se dificuldades de aplicação de fertilizantes nitrogenados através dos métodos citados, mesmo no período de maior exigência do nutriente, o qual segundo MEIRELLES et alii (1980) ocorre de 30 a 45 dias após a germinação.

A fertirrigação possibilita uma aplicação de nutrientes em menores intervalos de tempo, ao longo de todo o ciclo da cultura, de acordo com as irrigações a serem realizadas e as necessidades das plantas.

### 2.1.3. Fácil parcelamento e controle

A aplicação convencional de nutrientes pós-plantio é dificultada principalmente para produtos de maior concentração no elemento aplicado, o que limita o parcelamento do mesmo no atendimento das necessidades contínuas de nutrientes pelas plantas.

Através da fertirrigação, os nutrientes podem ser aplicados parceladamente e com maior controle nas quantidades aplicadas.

### 2.1.4. Maior eficiência de utilização dos nutrientes

Na aplicação tradicional de nutrientes através de processo manual ou mecanizado há perdas, principalmente para os fertilizantes nitrogenados em solos de textura arenosa.

Através da fertirrigação tem-se a redução das perdas, contribuindo para um maior aproveitamento do nutriente aplicado (HAGIN & TUCKER, 1982; RAIJ, 1981; REHM & WIESE, 1975).

### 2.1.5. Menor dano ao solo e à cultura

O trânsito de pessoas, máquinas e implementos agrícolas na área explorada, contribui para a compactação do solo, podendo também provocar danos às plantas.

A fertirrigação possibilita a redução das atividades manuais e mecanizadas, o que contribui para diminuição dos custos, favorecendo um maior rendimento das culturas.

### 2.1.6. Maior facilidade de aplicação dos nutrientes

A aplicação de nutrientes pós-plantio às lavouras é realizada com maior facilidade através da água de irrigação. A aplicação convencional exige mais tempo, além de depender de mão-de-obra, máquinas e implementos agrícolas.

Para aplicação de nutrientes nitrogenados às culturas tem-se a necessidade de incorporação dos mesmos ao solo a fim de evitar perdas por volatilização (MALAVOLTA, 1981; RODRIGUES & KIEHL, 1986; LIBARDI & REICHARDT, 1978). Requer também o controle constante da mão-de-obra envolvida em aferições de máquinas e implementos durante o processo de distribuição do nutriente.

Através da fertirrigação tem-se a simplificação das atividades, diminuindo os trabalhos envolvidos na aplicação.

### 2.1.7. Maior flexibilidade das operações

A aplicação de nutrientes via água de irrigação é um processo flexível que pode ser iniciado e interrompido de acordo com os fatos ocorridos durante a distribuição dos nutrientes.

A aplicação manual exige uma programação mais rígida para execução devido os vários fatores envolvidos.

### 2.1.8. Distribuição uniforme com a água de irrigação

Através da irrigação tem-se uma distribuição uniforme de nutrientes às plantas, contribuindo para uma resposta favorável da cultura no nutriente aplicado (DOWLER et alii, 1985; COSTA, 1988).

## 2.2. Cuidados a serem observadds com o advento da fertirrigação

### 2.2.1. Tipos de nutrientes

A fertirrigação é apropriada para produtos em solução ou que apresentam alta solubilidade.

Os nutrientes que movem com a água (fluxo de massa) apresentam-se com maior viabilidade para aplicação via irrigação. Nesse grupo tem-se o nitrogênio, enxofre e alguns micronutrientes. Nutrientes como fósforo, cálcio e magnésio apresentam pouca mobilidade no solo não sendo vantajosa sua aplicação, a não ser em situações específicas como na irrigação por gotejamento (HERGERT, 1985).

Dentre os nutrientes fornecidos às plantas, o nitrogênio é o principal elemento que tem sido aplicado via irrigação.

Na Tabela 1 tem-se a relação dos principais nutrientes utilizados através da água de irrigação.

### 2.2.2. Reação dos fertilizantes com a água de irrigação

Alguns fertilizantes podem reagir com água provocando a formação de precipitados.

A qualidade da água e produtos a serem aplicados devem ser avaliadas principalmente na irrigação por gotejamento.

O fósforo solúvel pode se combinar com o cálcio e magnésio formando sais insolúveis dentro do sistema de irrigação, provocando a obstrução de gotejadores.

### 2.2.3. Corrosão

Os fertilizantes aplicados em solução apresentam poder de corrosão, podendo provocar danos ao sistema de irrigação.

TABELA 1. Principais nutrientes utilizados via irrigação.

| Produtos | Concentração | Propriedade | Solubilidade |
|---|---|---|---|
| **1. Nitrogenados** | | | |
| Sulf. de amônio | 20,5% N | sólido | |
| | 24,0% S | cristalino | 700 g/ℓ (25°C) |
| Nitrato de amônio | 34% N | sólido | 1.800 g/ℓ (20°C) |
| Soluc. nitrogenada: Nitrato amônia + Uréia (URAN) | 32% N | fert. líquido | solucão aquosa |
| Uréia | 45% N | sólido | 1.190 g/ℓ (25°C) |
| **2. Potássicos** | | | |
| Sulfato de potássio | 50% $K_2O$ | pó | 120 g/ℓ |
| Cloreto de potássio | 60% $K_2O$ | sólido | 27% |
| Nitrato de potássio | 13% N | pó | 31,6% (20°C) |
| | 46% $K_2O$ | | 45,8% (30°C) |
| **3. Compostos** | | | |
| Fosfato de amônio | 10% N | | (a) |
| | 30% $P_2O_5$ | | |
| | 9% N | mistura | (a) |
| | 48% $P_2O_5$ | suspensão | |
| | 16% N | mistura | (a) |
| | 45% $P_2O_5$ | suspensão | |
| | 8% N | líquido | (a) |
| | 24% $P_2O_5$ | | |
| Monoamônio fosfato | | líquido | (a) |
| + Nitrato de potássio | 10% N | | |
| | 10% $P_2O_5$ | | |
| + Cloreto de potássio | 5% $K_2O$ | | |

(a) de acordo com a solubilidade de cada elemento da mistura.

Essa avaliação encontra-se ainda dependente de pesquisa para definir o comportamento dos diferentes produtos e materiais de irrigação disponível em nosso meio.

Tem-se como fator favorável à fertirrigação, o uso de concentrações de solução muito pequena devido ao grande volume de água utilizado.

É recomendado ainda como precaução que após a fertirrigação se

ja realizado a irrigação normal para retirada de resíduos químicos do sistema de irrigação.

### 2.2.4. Manejo da fertirrigação

O manejo da fertirrigação deve ser conduzido no sentido de evitar a lixiviação de nutrientes fora da zona radicular, proceder a lavagem do sistema de irrigação e remover resíduos do fertilizante da folhagem das plantas. A recomendação é a aplicação inicial de água. Em seguida aplica-se a solução, e por fim novamente água para limpeza do equipamento de resíduos químicos.

## 3. MÉTODOS DE INTRODUÇÃO DE NUTRIENTES E HERBICIDAS NO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

A introdução de produtos químicos no sistema de irrigação pode ser realizado por diversos métodos. Cada método apresenta vantagens e limitações que devem ser avaliadas preliminarmente antes da tomada de decisão.

É descrito a seguir alguns métodos para introdução de produtos químicos em condutos forçados.

### 3.1. Pressão negativa (vácuo)

Esse método é utilizado por vários agricultores devido principalmente ao baixo custo de implantação.

O nutriente ou herbicida em solução é introduzido na rede de irrigação através da tubulação de sucção com o fluxo do fertilizante controlado através de um registro. Apresenta como inconveniente o contato direto da solução com as partes internas da bomba podendo provocar corrosão, como também a contaminação da fonte de água.

A Figura 1 mostra o processo de introdução do produto no sistema de irrigação via sucção.

### 3.2. Diferença de pressão

O princípio deste método é o da transformação da energia piezométrica em energia de velocidade.

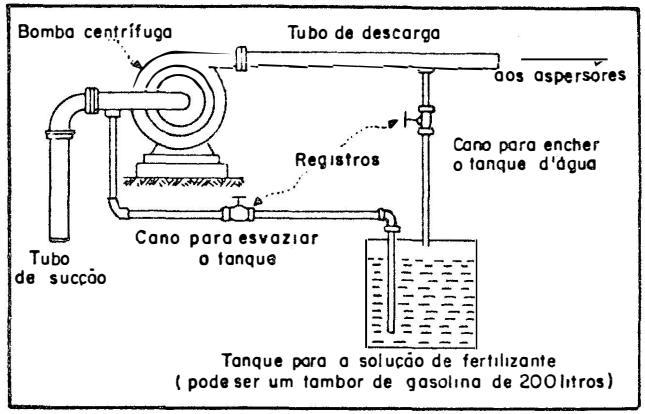



FIGURA 1. Introdução de solução na tubulação de irrigação via sucção.

### 3.2.1. Tanque de circulação

O tanque de circulação (Figura 2) é um recipiente hermeticamente fechado com ligação dupla à tubulação. Entre as ligações tem-se um registro para controle da densidade de fluxo da água (fechamento ou abertura do registro), provocando uma diferença de pressão entre os dois pontos de ligação, fazendo com que a água saia da tubulação e circule no tanque arrastando a solução no retorno à tubulação.

A calibração do tanque é feita com hidrômetro ou válvula volumétrica instalada na entrada do tanque e o gradiente de pressão medido nos dois manômetros. A seguinte expressão é para calcular o tempo de aplicação e a concentração do fertilizante no tanque.

$$P = e^{-X} \cdot 100 \qquad (1)$$

$$X = \frac{Q}{V} \qquad (2)$$

onde:

P = concentração relativa que permanece no tanque, em %;
X = quantidade de água que passa pelo tanque em relação ao seu volume;

Q = quantidade de água que passa pelo tanque durante a operação;
V = volume do tanque:
e = número de Neper (2,718).

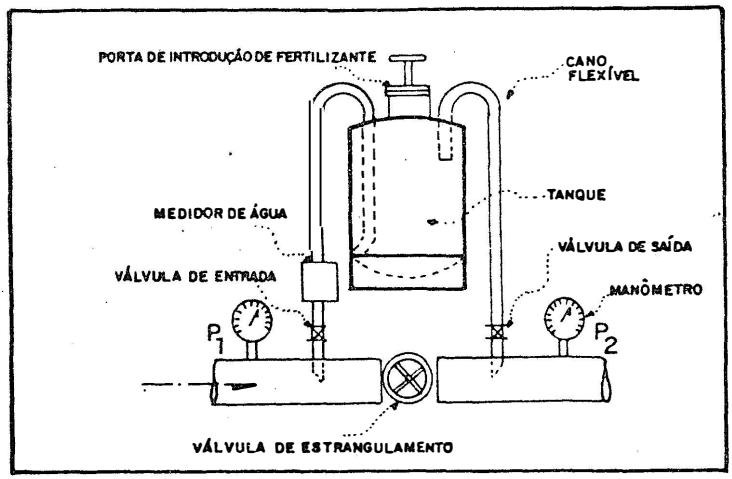



FIGURA 2 - Tanque de circulação.

### 3.2.2. Aplicador portátil de produtos químicos

O aplicador portátil (Figura 3) foi desenvolvido no Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo - CNPMS (COSTA & BRITO,1988), com a introdução de solução na tubulação de irrigação tendo como princípio dois tubos PITOT, em que um dos tubos tem a extremidade voltada para a direção do fluxo da água, e o outro tubo na direção oposta ao fluxo. A diferença de pressão, equivalente ao dobro da carga de velocidade, propicia a criação de um gradiente positivo de energia quando se conecta o par de tubos PITOT (Figura 4) a um tanque hermeticamente fechado contendo a solução, o que permite injetá-lo na tubulação de irrigação.

As Figuras a seguir mostram o esquema gráfico de um par de tubos PITOT, e o aplicador portátil de produtos químicos.

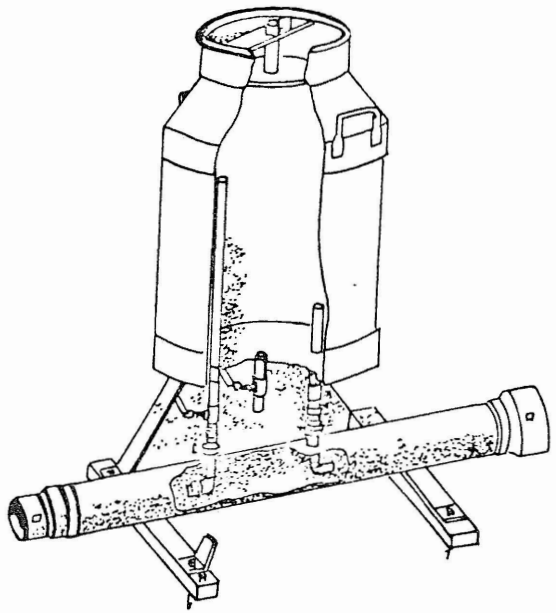


FIGURA 3. Aplicador portátil de produtos químicos (COSTA & BRITO, 1988).

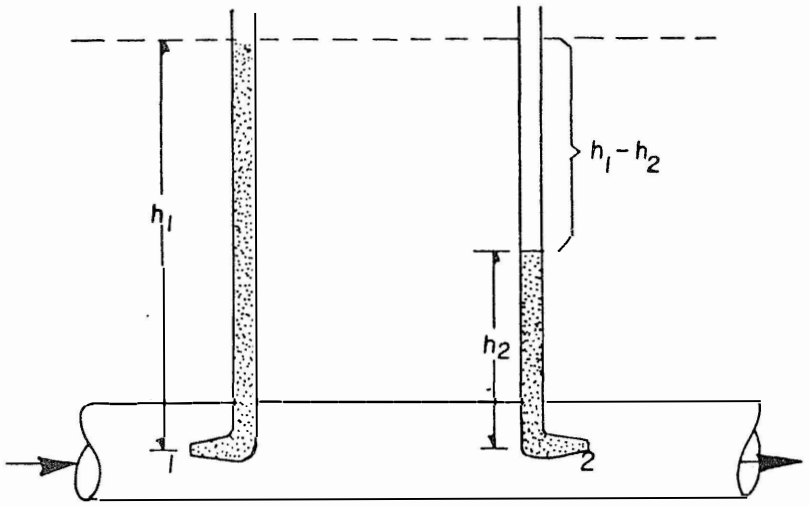



FIGURA 4. Esquema de um par de tubos de PITOT.

### 3.2.3. Aplicador Venturi

Esse aplicador tem como princípio um diferencial de pressão provocado por uma constrição gradual na tubulação ou em uma peça adaptada para produzir vácuo, o qual torna possível introduzir um volume conhecido de solução na tubulação. A Figura 5 mostra o esquema de introdução de solução na tubulação através do princípio Venturi.

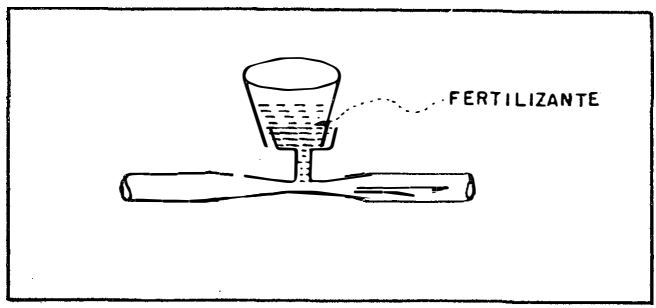



FIGURA 5 - Aplicador Venturi.

### 3.3. Pressão positiva

É o método de introdução de solução na rede de irrigação através de bomba injetora. Essas bombas podem ser acionadas pela própria pressão da água na rede de irrigação ou por motores elétricos ou a combustão, ou ainda por um trator. A solução é injetada na rede de irrigação a uma pressão superior a pressão da rede. Trata-se do método mais preciso na introdução de solução na rede, possibilitando controlar o rítmo de injeção e eliminar as perdas de pressão na rede de irrigação.

A solução é armazenada em tanque aberto de onde é "succionada" para posterior injeção. A Figura 6 mostra detalhe de uma bomba injetora de acionamento elétrico.

## 4. HERBIGAÇÃO

A herbigação consiste na aplicação de herbicidas através de irrigação.

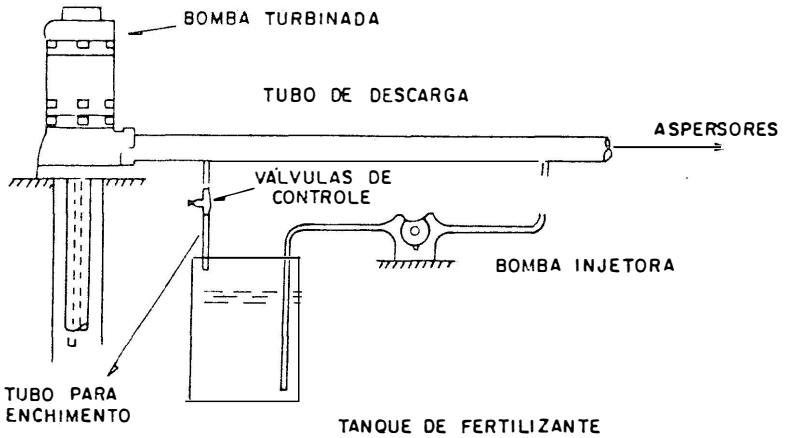



FIGURA 6 - Bomba injetora elétrica.

Essa tecnologia ainda não está difundida no Brasil, mas em outros países, principalmente nos Estados Unidos, o uso de herbicidas via irrigação é bastante conhecido e utilizado.

Segundo SILVA & COSTA (1989) a aplicação de herbicidas através da irrigação é recomendada para herbicidas pré-emergentes. Resultados experimentais obtidos por diversos pesquisadores indicam o sucesso na aplicação pré-emergente dos seguintes herbicidas: atrazine, alachlor, benefin, bensulide, butylate, chloramben, cyanazina, DCPA, diphenamid, EPTC, ethalfluralin, fluormeturon, imaziquim, metolachlor, metribuzine, oryzalin, pendimethalin e trifluralin. A aplicação via irrigação apresenta menor custo, além de propiciar uma umidade do solo adequada a ação do herbicida aplicado.

Em nosso meio, alguns agricultores vêm utilizando os herbicidas Trifluralina e Herbadox em pré-plantio na cultura do feijão. As observações desses agricultores indicam a obtenção de um resultado favorável na aplicação destes herbicidas via irrigação no controle de plantas daninhas. Estas aplicações necessitam de avaliações experimentais para melhor definir a utilização de cada produto em referência à dosagem, método de aplicação e ação residual, principalmente.

A viabilidade da aplicação de herbicidas através da irrigação pode ser verificada no experimento "Controle Químico de Plantas Dani-

nhas na Cultura do Milho (*Zea mays* L.) Via Irrigação por Aspersão" conduzido no Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo - CNPMS, por SILVA & COSTA (1989), com os seguintes tratamentos: **i)** testemunha limpa sem herbicida; **ii)** atrazine + metolachlor: 1,4 + 2,5 kg/ha; **iii)** atrazine + butylate a 1,0 + 4,0 kg/ha; **iv)** atrazine + simazine a 1,5 + 1,5 kg/ha; **v)** atrazine + alachlor a 1,44 + 2,4 kg/ha.

A análise dos resultados indicou que os tratamentos não afetaram o stand do milho, o número de espigas e a produção de grãos, equivalendo-se a testemunha limpa. A maior ativação dos herbicidas pela água de irrigação não ocasionou nenhum sintoma de toxidez às plantas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


COSTA, E.F. da & BRITO, R.A.L. Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação. Sete Lagoas, EMBRAPA, 1988. 19p. (Circular Tecnica, 13).

DOWLER, C.C.; GAINES, T.P.; SKLANY, T.E. Fertilizing sequential multiple crops on a coastal plain soil by sprinkles irrigation. Irrigation and Drainage Abstracts, 3: 11, set., 1985.

HAGIN, J. & TUCKER, B. Fertilization of dryland and irrigated soils. 1982. 190p.

HEGERT, G.W. Fertilizer management for fertigation. In: Phatak, S. C. (ed.) proc. 3 Col. Natl. Sym. on Chemigation. Rural Sevel. Center. Tifton, Georgia, 1985. p.34-41.

LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Destino da uréia aplicada a um solo tropical. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2: 40-4, 1978.

MAIA, P.C.S. Fertirrigação por aspersão convencional na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, 1989. 80p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. São Paulo, 3.ed., Ceres, 1981. 607p. - p.31-95.

MEIRELLES, N.M.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em uma cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4: 83-8, 1980.

RAIJ, B.V. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

REHM, G.W. & WIESE, R.A. Effect of method of nitrogen application on corn (*Zea mays* L.) grown of irrigated sand soils. Soil Science Society of America, 39(6): 1217-20, 1975.

RODRIGUES, M.B. & KIEHL, J.C. Volatilização da amônia após uréia em diferentes doses de aplicação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(1): 37, jan/abr., 1986.

SILVA, J.B. da & COSTA, E.F. da. Quimigação - aplicação de produtos químicos via água de irrigação, por aspersão. Sete Lagoas, EMBRAPA, CNPMS, 1989.

# OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS COMPONENTES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Durval Dourado Neto[1]

## 1. INTRODUÇÃO

Os componentes necessários ao fornecimento e aplicação de água às áreas irrigadas devem ser operadas e mantidas observando as especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes e as condições físicas, econômicas e sociais existentes visando assegurar a capacidade produtiva dos recursos naturais sem comprometer a qualidade ambiental.

O sistema de irrigação é caracterizado, de maneira geral, por possuir os seguintes componentes: fonte de suprimento de água; sistema de captação e bombeamento de água; sistema de adução, distribuição e aplicação de água às culturas e sistema de drenagem (o sistema de bombeamento de água pode ser dispensável em irrigação por superfície).

O presente trabalho tem por objetivo fornecer subsídios para avaliação e definição de sistemas operacionais e de manutenção adequados para obtenção de níveis satisfatórios de desempenho dos principais componentes de sistemas de irrigação utilizados em diferentes condições no intuito de maximizar o lucro na exploração agrícola.

## 2. OPERAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO: ASPECTOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS

Os componentes de sistemas de irrigação devem ser operados com o objetivo principal de aplicação de uma lâmina correta de irrigação em tempo oportuno, com o objetivo de obtenção do rendimento máximo econômico.

A operação do sistema de irrigação para aplicação da lâmina correta depende do critério de manejo utilizado. Dentre os critérios existentes, o critério de aplicação de uma lâmina de irrigação para que o solo passe de uma umidade média crítica a uma umidade média de manejo até a profundidade efetiva do sistema radicular tem despertado interesse de agricultores (DOURADO NETO, 1990).

[1] Professor Assistente do Departamento de Agricultura. ESALQ/USP, Caixa Postal 09, CEP 13400, Piracicaba-SP.

## 2.1. Umidade média crítica

A umidade média crítica é o teor de água médio, da superfície do solo até a profundidade efetiva do sistema radicular, correspondente ao potencial mátrico crítico que pode ser medido através de tensiômetros.

À medida que o solo seca, devido a evapotranspiração principalmente, passando da umidade de manejo à uma umidade menor, aumentam, em módulo, o potencial mátrico e o potencial osmótico; conseqüentemente, aumenta a energia dispendida pela planta para absorção. Associado a isso, com a diminuição do teor de água, diminui a condutividade hidráulica do solo diminuindo a capacidade de suprimento da demanda evapotranspirativa, pois diminui a densidade de fluxo de água do solo para a planta. Sendo assim, à medida que o solo perde água a partir da umidade de manejo, diminui a fotossíntese líquida. Porém, a manutenção do teor de água correspondente à umidade de manejo aumenta o custo de produção. Sendo assim, haverá uma umidade crítica específica para cada espécie e cada cultivar em que há a maximização do lucro, correspondente a um rendimento tido como o máximo econômico.

A umidade crítica variará durante o ciclo da cultura, em função do solo e dos atributos do clima determinantes da demanda evapotranspirativa (umidade relativa e temperatura, principalmente).

## 2.2. Umidade de manejo

A umidade de manejo equivale a um teor de água ótimo correspondente ao rendimento máximo da cultura, em que a demanda de oxigênio ao processo respiratório é plenamente atendida, e que a absorção passiva de água e solutos é máxima.

Na prática essa definição equivale ao conceito de "capacidade de campo" de VEIHMEYR & HENDRICKSON (1949), ou seja, é o teor de água correspondente à capacidade máxima de água disponível.

Essa definição é dependente das três principais fases do sistema agrícola: solo, planta e atmosfera. A operação do sistema deve contemplar as três fases, mesmo que o critério infira apenas uma propriedade de apenas uma fase.

## 2.3. Profundidade efetiva do sistema radicular

Esse atributo é variável de espécie para espécie, durante o ciclo da cultura e em função do tipo e condições atuais do solo.

Há vários critérios de determinação da profundidade efetiva do

sistema radicular, dentre eles destacam-se: i) profundidade do solo que contribui com pelo menos 95% da variação do armazenamento; ii) profundidade do solo onde se visualiza o sistema radicular; iii) 70% da profundidade do solo onde ainda se visualiza o sistema radicular.

## 3. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS COMPONENTES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A vida útil dos sistemas de irrigação com desempenho satisfatório depende do sistema operacional e de manutenção adotado. No presente trabalho, serão abordados os principais componentes do sistema de irrigação por superfície, sistema de irrigação por aspersão e o sistema de irrigação localizada.

### 3.1. Sistema de irrigação por superfície

Esse sistema é caracterizado pela utilização da superfície do solo para distribuição e aplicação de água na área que se deseja irrigar. Os principais tipos de irrigação por superfície no Brasil são: irrigação por sulcos de infiltração e irrigação em faixas de inundação (inundação é um caso especial desse segundo tipo).

Os principais componentes que devem ser contemplados pelo sistema de operação e manutenção são: barragem, rede de distribuição e aplicação de água, rede de drenagem, rede de estradas de acesso e preparo do solo.

#### 3.1.1. Barragem

A barragem deve ser diariamente inspecionada. Medidas preventivas devem ser tomadas para evitar assoreamento: proteção das encostas a montante da barragem, verificação constante do funcionamento das comportas e desobstrução do dreno de alívio.

#### 3.1.2. Rede de distribuição e aplicação de água

Deve-se fazer a limpeza do canal principal pelo menos uma vez por ano no período chuvoso, quando não necessita fazer irrigação. O canal principal deve ser de fácil acesso com estrada em toda sua extensão. Os drenos de proteção devem ser mantidos limpos, bem como os bueiros que servem de passagem para escoamento do excesso de água a montante do canal aos drenos naturais (ribeirões, córregos ou rios). A vistoria do canal principal deve ser diária, principalmente nas regiões de aterro ou onde há freqüente acesso de animais.

Quando a distribuição é feita com tubulações enterradas, deve-

se fazer a vistoria e limpeza diária das caixas de inspeção. Sugere-se a utilização de um gradeado para contenção de partículas sólidas grandes em suspensão.

Deve-se inspecionar semanalmente as obras de arte pertencentes a rede de distribuição de água, tais como sifões invertidos, tomadas d'água, acéquias, aquedutos e comportas. A manutenção deve fazer o reparo logo que qualquer anomalia for verificada.

O sistema de distribuição de água deve ser periodicamente avaliado em operação. Recomenda-se pelo menos uma vez por ano.

### 3.1.3. Rede de drenagem

A manutenção da rede de drenagem é de suma importância para garantir a exploração agrícola indefinidamente utilizando a técnica de irrigação. Para que o sistema agrícola seja operado com eficiência satisfatória, os atributos pH e condutividade elétrica do extrato de saturação da solução do solo devem ser medidos bimestralmente. Em áreas onde se observam o comportamento senoidal ascendente desses atributos, deve-se fazer a drenagem localizada no intuito de prevenir a salinização e sodificação dos solos. Esse procedimento é imprescindível em regiões com elevada demanda evapotranspirativa, ou com existência de água de má qualidade, ou em solos com drenagem interna deficiente, além de fornecer subsídio para avaliação do manejo do sistema agrícola no que diz respeito ao dimensionamento e à manutenção da rede de drenagem, à aplicação da lâmina de lixiviação, ao preparo do solo e à aplicação de lâmina de irrigação em áreas sobrejacentes.

### 3.1.4. Rede de estradas de acesso

A rede de estradas de acesso à rede de drenagem e de canais de irrigação deve ser mantida transitável durante o ano inteiro para garantir a inspeção de toda infra-estrutura de irrigação. Os serviços de manutenção devem ser planejados para serem executados na época seca do ano. A rede de estradas deve ser projetada também para facilitar o escoamento da produção agrícola.

### 3.1.5. Preparo do solo

Em áreas irrigadas, em qualquer época do ano, o preparo do solo pode ser feito na faixa de friabilidade para minimizar o seu depauperamento físico, além de possibilitar o planejamento agrícola anual, principalmente no que diz respeito à determinação do número exato de tratores e implementos agrícolas. No sistema de irrigação por superfície, deve-se tomar cuidado para não comprometer a sistematização

durante o preparo do solo, principalmente em áreas com baixo gradiente de declive.

### 3.2. Sistema de irrigação por aspersão

Esse sistema é caracterizado pela aplicação de água através de aspersores na área em que se deseja irrigar. Os principais tipos de irrigação por aspersão são: irrigação por aspersão convencional móvel ou fixa, sistema de irrigação por aspersão com linha lateral autopropelida de deslocamento linear intermitente (rolão), sistema de irrigação por aspersão com linha lateral autopropelida de deslocamento radial (pivô central), sistema de irrigação por aspersor autopropelido com mecanismo propulsor móvel (torniquete hidráulico) ou com mecanismo propulsor estacionário (turbina hidráulica).

Os principais componentes que devem ser contemplados pelo sistema de operação e manutenção são: sistema de captação e bombeamento e sistema de adução, distribuição e aplicação de água.

#### 3.2.1. Sistema de captação e bombeamento de água

A captação deve ser feita em local de fácil acesso, com possibilidade mínima de variações bruscas do nível de água e com baixa velocidade do caudal. A válvula de pé com crivo acoplada à tubulação de sucção deve ser sempre inspecionada, verificando-se vazamentos e presença de materiais em suspensão.

A bomba deve ser instalada em nível, onde a altura de sucção não deve exceder à altura máxima recomendada pelo fabricante. Se o sistema de bombeamento não for flutuante deve-se considerar a altura de sucção correspondente a distância entre o nível mínimo de água na época seca e o ponto de entrada de água na bomba. Caso contrário, haverá problema de cavitação. Deve-se fazer a manutenção dos componentes do sistema de captação e bombeamento, uma vez por ano na época das chuvas, quando não necessita irrigar

#### 3.2.2. Sistema de adução, distribuição e aplicação de água

Os componentes dos sistemas convencionais, em sua forma mais comum, podem assim ser caracterizados: linha principal, linhas secundárias e linhas laterais, que dependendo da sua mobilidade são classificados em sistemas fixos, semifixos ou portáteis. A operação correta desses equipamentos permite uma otimização do seu uso, visto que o projeto é elaborado assumindo condições de isotropia para diversas propriedades de interesse do solo (retenção de água e razão de infiltração, principalmente) e para o estádio de uma determinada cultura de máxima demanda evapotranspirativa. Devido às limitações metodoló-

gicas nos estudos básicos para elaboração de projetos de irrigação, todo projeto deve ser ajustado às condições específicas da propriedade rural, no intuito de maximizar o lucro.

Deve-se fazer a checagem no intuito de verificar se o projeto de irrigação está dentro das especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes dos tubos utilizados em irrigação e dos aspersores.

Os fabricantes fornecem as especificações técnicas dos tubos em função do tipo de material. Normalmente são contemplados os seguintes atributos: diâmetro nominal, diâmetro externo médio, espessura mínima da parede, massa aproximada do tubo, comprimento mínimo de montagem e a pressão de serviço.

Nas especificações técnicas dos aspersores são contemplados os seguintes atributos, em função do espaçamento entre aspersores e da pressão de serviço utilizada: precipitação do aspersor, vazão e faixa de trabalho mais recomendável.

Deve-se adotar a velocidade de infiltração básica do solo, ou a condutividade hidráulica do solo saturado como a precipitação do aspersor, por segurança, no intuito de evitar escoamento superficial. Na operação do sistema de irrigação, pode-se alterar a pressão de serviço e o espaçamento para melhor adequação ao sistema agrícola, principalmente ao solo e à planta.

Deve-se trabalhar com uma eficiência de irrigação mínima de 80%. Para tal, deve-se verificar periodicamente vazamentos nas tubulações. Deve-se evitar o período mais quente do dia e o com predominância de ventos fortes.

No sistema de irrigação por pivô central, é conveniente o teste de uniformidade de precipitação dos aspersores, pois nesses sistemas a uniformidade de aplicação é imprescindível ao uso eficiente das técnicas de fertirrigação, fungigação, insetigação e herbigação.

### 3.3. Sistema de irrigação localizada

Este sistema é caracterizado pela aplicação de água no volume de solo efetivamente ocupado pelo sistema radicular da cultura de interesse, cuja variação de armazenagem da água no solo é pequena em função do longo tempo de aplicação (pode atingir um período de até 22 horas) com baixa vazão do emissor.

Os principais tipos de emissores são: gotejadores, aplicadores de jatos intermitentes, microaspersores e tubos com paredes perfuradas ou porosas, cuja pressão de serviço está na faixa de 5 a 25 m.c.a.

O sistema de irrigação localizada típico possui os seguintes componentes principais: sistema de captação, bombeamento, adução e distribuição (linha principal, linhas secundárias e laterais), estação de controle (filtro primário, regulador de fluxo, tanque de produtos químicos, filtro secundário e hidrômetro) e emissores.

A manutenção do sistema de filtragem é imprescindível para a sua boa operação devido às reduzidas dimensões dos orifícios dos emissores, além das condições de fluxo prevalecente. Os filtros mais comuns são: filtros de tela (nylon, arame ou aço inoxidável) e os de areia. Os filtros são utilizados devido a existência de impurezas na água de irrigação (matéria orgânica, silte, argila e areia).

Os injetores de produtos químicos são componentes padronizados dos sistemas de irrigação localizada. A injeção de fertilizantes hidrosolúveis é a prática mais comum. Para garantir o bom funcionamento do sistema, deve-se aplicar cloro e ácidos com a finalidade de impedir o desenvolvimento de algas e bactérias, além da redução de problemas de entupimento devido à formação de precipitados.

O filtro de areia é utilizado para reter partículas, tais como: areia muito fina e materiais orgânicos. Esses filtros são constituídos de camadas sobrepostas de cascalho, areia grossa bem lavada e cascalho com granulometria conhecida. A operação de limpeza do filtro de areia deve ser feita periodicamente. A freqüência é dependente da qualidade da água de irrigação. A operação de limpeza consiste na reversão da densidade de fluxo da água.

O filtro de tela deve ser instalado após o filtro de areia, o qual também requer a operação periódica de limpeza, no intuito de reter as impurezas que passaram pelo filtro de areia.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que haja um sistema de operação e manutenção eficiente é necessário que: i) sejam observadas as especificações técnicas dos fabricantes; ii) os técnicos envolvidos tenham conhecimento do princípio de funcionamento dos equipamentos utilizados; iii) haja um rigoroso e sistemático controle das operações em função de um planejamento prévio; e iv) haja economicidade da exploração agrícola.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOURADO NETO, D. Aspectos práticos de manejo de sistemas de irrigação e fertirrigação na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: A cultura do feijão irrigado. Piracicaba, ESALQ/USP-FEALQ, 1990. p.115-36.

VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soils. Soil Science, 68: 75 - 94, 1949.

# ASPECTOS PRÁTICOS DO MANEJO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.): O exemplo do Município de Guaíra-SP

**Antonio Melhem Saad**[1]

**Paulo Leonel Libardi**[2]

Este trabalho é uma síntese dos resultados do projeto de pesquisa "Sistema experimental de monitoramento e aconselhamento de irrigação no município de Guaíra" que o Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT, desenvolveu durante a safra de inverno de 1988.

## 1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

No Brasil, o maior pólo de irrigação mecanizada encontra-se localizado no município de Guaíra com 12.000 hectares irrigados com o equipamento Pivô Central.

Atualmente esse município é responsável por aproximadamente 17% da produção de feijão na safra de inverno do estado de São Paulo.

A adoção de equipamentos de irrigação mecanizada foi iniciada no final da década de 70 e acentuada durante a primeira metade da década de 80. Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os gráficos da evolução anual e acumulada da implantação de equipamentos de irrigação no município.

[1] Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. Aluno de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem. Departamento de Engenharia Rural - ESALQ/USP, Bolsista da CAPES. CEP 13400, Piracicaba-SP.

[2] Professor do Departamento de Física e Meteorologia - ESALQ/USP. Pesquisador do Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA/USP. Bolsista do CNPq. CEP 13400, Piracicaba-SP.

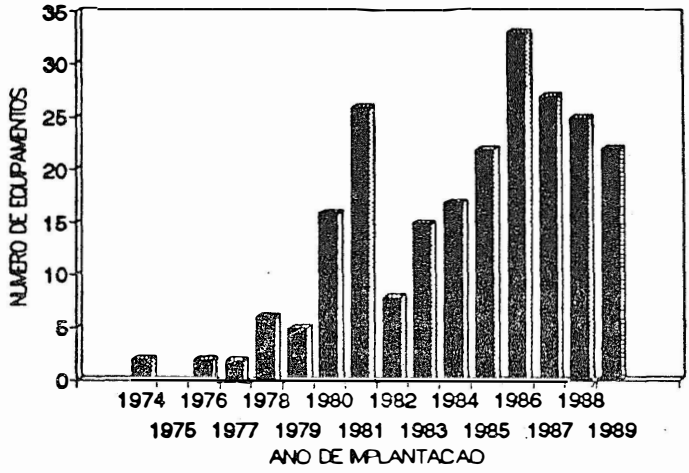



FIGURA 1. Implantação anual de equipamentos de irrigação no Município de Guaíra.

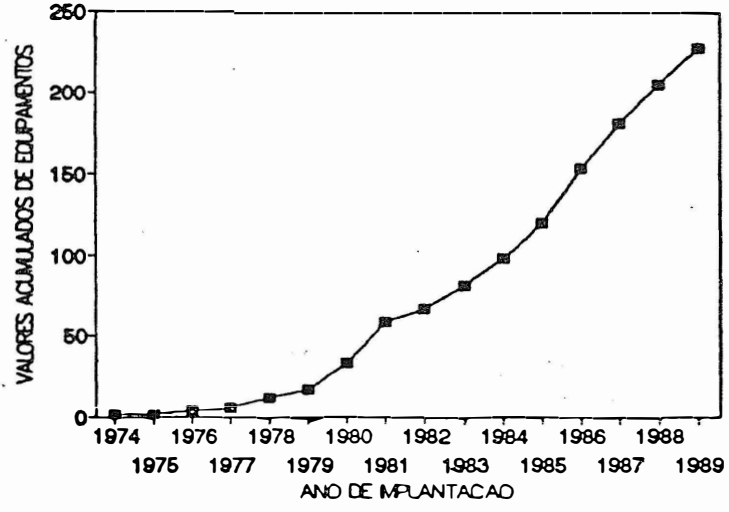



FIGURA 2. Implantação acumulada de equipamentos de irrigação no Município de Guaíra.

O crescimento da área irrigada na região de Guaíra foi motivado por três componentes básicos:

**a)** meio físico altamente indicado para a prática da agricultura irrigada: relevo plano e suave-ondulado; solos profundos; bem drenados e de boa fertilidade (dominados basicamente pelo Latossolo Roxo); abundância de recursos hídricos superficiais (Rio Grande, Pardo e Sapucai); e distribuição das chuvas com déficit hídrico na estação seca (abril a setembro), e na época chuvosa há a existência de períodos curtos de estiagem ("veranicos") que geralmente comprometem a safra agrícola.

**b)** aporte de crédito subsidiado por parte dos organismos governamentais, o qual na maioria das vezes estava lastreado por recursos financeiros internacionais. Os picos de crescimento do número de equipamentos mostrados na Figura 1, estão associados a esses Programas.

**c)** intenso "marketing" das indústrias fabricantes de equipamento sobre os produtores rurais.

Esse cenário, contudo não privilegiou o avanço tecnológico via assistência técnica qualificada e a pesquisa. Isso significa que o manejo eficiente de áreas irrigadas não foi contemplado.

Como consequência desse fato, o agricultor irrigante, sem ter acesso às informações básicas de manejo de água e solo adequadas para a região e por sua vez não possuindo condições de ter o conhecimento do desempenho e da aplicação e distribuição de água do seu equipamento de irrigação, privilegiou uma prática intensiva de exploração que veio a comprometer o sistema solo/água, levando-o à degradação física, biológica e química nos seus mais diferentes níveis. Esse fato é comprovado pela queda de rendimento da cultura do feijão observada na safra de inverno de 1989/90. Por outro lado, o mal uso da irrigação e outros insumos tem acarretado custos excessivos de produção, com diminuição da receita líquida do produtor.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma síntese dos resultados obtidos com o monitoramento e aconselhamento de irrigação na cultura do feijão em 7,60 ha no Pivô Central 3 da Fazenda Recanto da Barcelona, na cultura de feijão, cultivar Carioquinha (safra de inverno de 1988).

## 3. METODOLOGIA

O controle de irrigação adotado foi executado pelo método do tensiômetro.

A Figura 3 apresenta o roteiro metodológico simplificado, proposto para o manejo da água de irrigação.

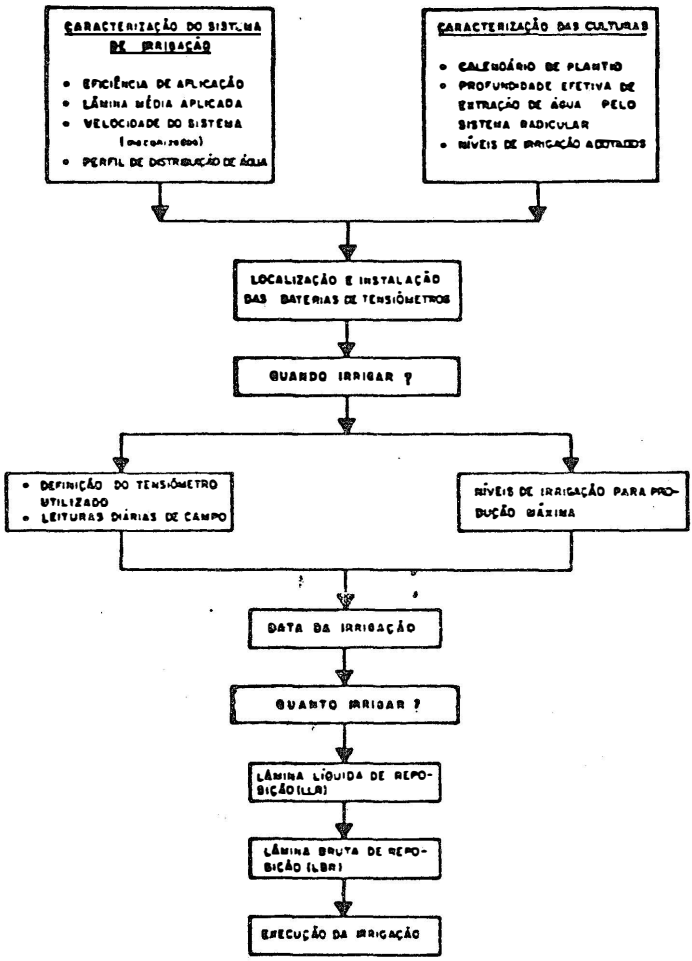



FIGURA 3. Roteiro para execução do controle da água de irrigação pelo método do tensiômetro.

## 3.1. Características básicas do experimento

### 3.1.1. Localização

A Fazenda Recanto da Barcelona localiza-se no município de Guaíra, estado de São Paulo, com acesso pela Rodovia SP-345, que faz a ligação entre Barretos e São Joaquim da Barra.

### 3.1.2. Características do sistema de aplicação de água

O Pivô Central 3 conforme ensaio executado pelo IPT em 22/06/1988 (relatório - 27.407), possui uma área irrigada de 30,4 ha; raio irrigado de 311 m, vazão de 201 $m^3/h$. Coeficiente de uniformidade de Christiansen-CUC de 88% e Uniformidade de Distribuição-UD de 78%.

A capacidade de aplicação diária em função da área adequadamente irrigada é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1. Capacidade de aplicação de água do sistema de irrigação.

| área adequadamente irrigada | 50% | | 80% | | 90% | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| horas func. | 24 h | 21 h | 24 h | 21 h | 24 h | 21 h |
| lâmina (mm) | 15,58 | 13,64 | 13,71 | 12,0 | 12,61 | 11,03 |

As lâminas aplicadas conforme a velocidade e sua compatibilidade com o relê porcentual são apresentadas na Tabela 2.

### 3.1.3. Atributos físico-hídricos do solo

A unidade pedológica prevalente na Fazenda Barcelona é o Latossolo Roxo, com perfil profundo, bem drenado, argiloso a muito argiloso, com porosidade elevada (rel. IPT nº 25.929).

TABELA 2. Lâminas aplicadas e tempo de rotação do sistema.

| Reg. relê (%) | Tempo de rotação (h) | Lâmina em função da área adequadamente irrigada (mm) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 50% | 80% | 90% |
| 100 | 12,21 | 7,93 | 6,98 | 6,42 |
| 90 | 12,90 | 8,38 | 7,37 | 6,79 |
| 80 | 17,16 | 11,14 | 9,8 | 9,02 |
| 70 | 18,64 | 12,11 | 10,66 | 9,81 |
| 60 | 21,95 | 14,25 | 12,54 | 11,54 |
| 50 | 26,97 | 17,51 | 15,41 | 14,18 |
| 40 | 32,26 | 20,94 | 18,43 | 16,96 |

### 3.1.3.1. Retenção de água

A equação de ajuste da curva com base na análise de regressão não linear minimizando a soma dos quadrados dos desvios residuais, foi a proposta por van GENUCHTEN (1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha.h)^n\right]^m} \qquad (1)$$

onde:

$\theta$ = umidade ($cm^3 . cm^{-3}$) correspondente ao módulo do potencial mátrico (h, cm de água);

$\theta_s$ = umidade de saturação ($cm^3 . cm^{-3}$);

$\theta_r$ = umidade residual correspondente a h = 15000 cm de água ($cm^3 . cm^{-3}$);

$\alpha$,m,n = parâmetros da equação.

Os parâmetros $\alpha$, m, n da equação 1 obtidos para as profundidades de 15 e 30 cm do solo estudado estão relacionados na Tabela 3.

Adotou-se o valor,potencial mátrico em módulo, de 100 cm de água como valor do limite superior de retenção de água no solo: "capacidade de campo". Esse valor foi obtido dos trabalhos sobre Latossolo Roxo que o IPT desenvolveu para o estado de São Paulo (rel. IPT nº 25.929).

TABELA 3. Parâmetros referentes a curva de retenção de água no solo segundo modelo M. Th. van GENUCHTEN (1980).

| Profund. | PARÂMETROS | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (cm) | α (cm-1) | m | n | $\theta_s$ | $\theta_r$ |
| 15 | 0,03067 | 0,3745 | 1,599 | 0,56 | 0,29 |
| 30 | 0,05856 | 0,3890 | 1,636 | 0,56 | 0,28 |

### 3.1.3.2. Condutividade hidráulica

Os ensaios de campo realizados possibilitaram a determinação da função K (Ψ). A seguinte equação foi obtida para os solos da fazenda (IPT, 1987):

$$K = e^{0,04 * \Psi_m + 5,287} \quad (2)$$

onde:

K = condutividade hidráulica (mm/dia)
$\Psi_m$ = potencial mátrico da água no solo (cm água)

### 3.1.4. Aconselhamento da irrigação

O método escolhido para o controle e manejo da irrigação foi proposto por AZEVEDO e outros (1986), MAROUELLI e outros (1986), ARRUDA (1987), SAAD e outros (1988) e DOURADO NETO (1990).

### 3.1.4.1. Tipo, profundidade e localização dos tensiômetros

O tensiômetro escolhido para o controle do potencial mátrico do solo foi o que utiliza o mercúrio como líquido manométrico, conforme modelo apresentado por LIBARDI (1985).

Os tensiômetros foram todos instalados de tal forma que o centro geométrico de suas cápsulas estivesse a 15 e 30 cm abaixo da superfície do solo.

Cada bateria de tensiômetros (15 e 30 cm) foi instalada ao longo do raio do Pivô Central e espaçadas de 15 m uma da outra, sendo a primeira situada a 7,5 m do ponto central do pivô. Como o raio irri-

gado do Pivô Central é da ordem de 311 m, foram instaladas 20 baterias de tensiômetros. Todos os suportes dos manômetros de mercúrio foram pintados de branco e numerados, permitindo, em campo, a sua disposição em ordem crescente a partir do centro do pivô.

### 3.1.4.2. Critério de irrigação

O critério de irrigação adotado foi fixado para a faixa de potencial mátrico entre -450 e -250 cm de água. Esse valor foi obtido pela média ponderada dos 20 tensiômetros localizados a 15 cm de profundidade, tendo em vista à precipitação do sistema de irrigação.

A literatura mostra que nessa faixa de potencial mátrico do solo a cultura do feijão não sofre perdas de rendimento em nenhuma fase do seu ciclo fenológico.

### 3.1.5. Monitoramento da irrigação

Para o controle da lâmina aplicada de água em cada irrigação, foram instalados coletores (recipientes metálicos cilíndricos) com capacidade de um litro, apresentando uma área de captação de 53 $cm^2$, resultando uma relação volume/lâmina de 5,3 ml/mm. Todos os coletores foram pintados de branco e numerados, permitindo a sua disposição em ordem crescente a partir do ponto central do pivô.

Foi adotado o espaçamento de 5 m entre os coletores, sendo o primeiro instalado a 2,5 m do centro do pivô. Dessa forma, cada 3 coletores monitoravam a quantidade de água recebida por cada bateria de tensiômetro. Para evitar respingos, a área de captação dos coletores foi mantida, através de suportes cravados no solo a uma distância de 0,4 m da sua superfície.

### 3.1.6. Insumos utilizados

A quantidade e a natureza dos insumos aplicados foram definidos pelo agricultor de forma que os tratos culturais não sofressem alteração em função do controle da irrigação.

A Tabela 4 apresenta uma síntese dos insumos utilizados.

TABELA 4. Insumos utilizados em 7,6 ha. Feijão, cultivar "Carioquinha".

| Discriminação | Unidade | Quantidade |
|---|---|---|
| semente | kg | 540,00 |
| calcário | t | 2,41 |
| 3-15-18 (N-P-K) | t | 4,20 |
| boro | kg | 5,40 |
| zinco | kg | 15,90 |
| Benlate | kg | 0,54 |
| Rovral | kg | 0,54 |
| nitrocálcio | t | 3,00 |
| cloreto de potássio | t | 0,15 |
| sulfato de amônio | t | 0,15 |
| Uran | ℓ | 15,00 |
| uréia | t | 0,30 |
| nitromicro | ℓ | 15,00 |
| cálcio | ℓ | 33,00 |
| Plantivax | kg | 3,00 |
| Tamaron | ℓ | 4,50 |
| Manzate | ℓ | 4,50 |
| Saprol | ℓ | 12,00 |

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Variação do potencial mátrico

A Tabela 5 apresenta de forma resumida os resultados obtidos dos potenciais mátricos a 15 e a 30 cm, durante o ciclo da cultura, pela qual se pode observar que os valores mantidos ao longo do ciclo estão concordantes com os critérios de irrigação propostos para o manejo da água.

A faixa de variação dos potenciais mátricos associados aos respectivos intervalos entre irrigações são apresentados na Tabela 6, na qual se verifica que a demanda de água mais rápida ocorreu no período reprodutivo da cultura.

TABELA 5. Valores dos potenciais mátricos durante o ciclo da cultura. Feijão, cultivar "Carioquinha".

| Fase da cultura | Valores do potencial mátrico (cm água) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | média | | máximo | | mínimo | |
| | 15 | 30 | 15 | 30 | 15 | 30 |
| | profundidade (cm) | | | | | |
| Desenvolvimento vegetativo | -189,0 | -158,2 | -65,7 | -76,0 | -521,2 | -256,6 |
| Florescimento | -247,8 | -218,4 | -104,1 | -147,7 | -440,4 | -275,1 |
| Enchimento de grãos | -274,4 | -287,9 | -95,3 | -147,7 | -727,2 | -463,8 |
| Maturação | -295,2 | -323,6 | -68,0 | -68,0 | -567,8 | -514,3 |

TABELA 6. Intervalos de irrigação e variação do potencial mátrico.

| Fase da cultura | Intervalo de rega | Variação do potencial mátrico médio (cm água) |
|---|---|---|
| Desenvolvimento vegetativo | 7,5 dias | -97,43 a -368,57 |
| Florescimento | 4,5 dias | -147,35 a -390,64 |
| Enchimento de grãos | 4,0 dias | -124,77 a -550,21 |
| Maturação | 7,0 dias | -68,00 a -525,55 |

## 4.2. Balanço hídrico da camada superficial (0 a 22,5 cm)

A profundidade escolhida para o balanço hídrico possuía 90% da zona radicular da cultura do feijão.

A equação do balanço hídrico é a seguinte (LIBARDI, 1985).

$$VA = P + I - D + AC - R - ET \quad (3)$$

onde, a quantidade de água que entra no sistema em estudo pode consistir na precipitação (P), irrigação (I) e ascensão capilar (AC), enquan

to que a quantidade de água que sai pode consistir na drenagem profunda (D) através do final da camada considerada (0 - 22,5 cm), da evapotranspiração (ET) através da superfície do solo e do vegetal e do escoamento superficial (R) por sobre a superfície do solo, que no caso considerado foi nulo por não ter havido precipitações e por ser o relevo plano. A equação acima é, portanto, a representação matemática do balanço hídrico de uma cultura em sua forma integrada, sendo seus termos expressos em mm, isto é, altura de água. Os valores encontrados para os componentes do balanço hídrico da cultura do feijão foram:

| | |
|---|---|
| drenagem profunda (D) | = 65,05 mm |
| ascensão capilar (AC) | = 10,64 mm |
| precipitação (P) | = 0,00 mm |
| irrigação (I) | = 369,48 mm |
| var. de armazenamento (VA) | = -11,25 mm |
| evapotranspiração(ET) | = 305,05 mm |

Por esses dados observa-se a importância de se quantificar a drenagem profunda, uma vez que, além de se conhecer essa perda de água, também é viável estimar-se a lixiviação de nutrientes.

### 4.3. Rendimento em função da lâmina aplicada

O rendimento da cultura do feijão foi determinado amostrando 60 parcelas ao longo do raio do Pivô Central de tal forma que cada 3 parcelas representassem uma bateria de tensiômetros.

Observa-se pela Tabela 7 que na maioria dos locais onde o Pivô Central aplicou a lâmina média, os rendimentos foram maiores. Nos locais onde as lâminas coletadas superaram a lâmina média (excesso de água), devido aos problemas de reguladores de pressão, os rendimentos foram inferiores.

O rendimento médio ponderado foi de 3043,23 $kg.ha^{-1}$ com um desvio padrão de 143,9 $kg.ha^{-1}$ e um coeficiente de variação de 4,73%. Esses resultados mostram a grande uniformidade de produção ao longo do raio do Pivô Central, bem como o excelente rendimento de feijão obtido nesse ano agrícola.

TABELA 7. Lâminas coletadas em função do rendimento da cultura.

| Bateria de tensiômetros | Distância do centro do pivô (m) | Lâmina coletada (mm) | Rendimento (kg/ha) |
|---|---|---|---|
| 1 | 7,5 | 348,26 | 2913,25 |
| 2 | 22,5 | 446,17 | 3035,85 |
| 3 | 37,5 | 420,81 | 2887,23 |
| 4 | 52,5 | 438,39 | 2983,04 |
| 5 | 67,5 | 399,21 | 2858,89 |
| 6 | 82,5 | 373,77 | 2970,44 |
| 7 | 97,5 | 396,26 | 3021,60 |
| 8 | 112,5 | 401,04 | 3049,91 |
| 9 | 127,5 | 359,60 | 3050,34 |
| 10 | 142,5 | 365,07 | 3183,62 |
| 11 | 157,5 | 352,28 | 2996,77 |
| 12 | 172,5 | 378,27 | 3058,83 |
| 13 | 187,5 | 378,43 | 3243,95 |
| 14 | 202,5 | 366,95 | 3245,66 |
| 15 | 217,5 | 374,05 | 3288,50 |
| 16 | 232,5 | 377,33 | 3026,34 |
| 17 | 247,5 | 370,21 | 2959,67 |
| 18 | 262,5 | 358,23 | 2964,82 |
| 19 | 277,5 | 357,73 | 3071,16 |
| 20 | 292,5 | 343,31 | 2766,79 |

## 5. CONCLUSÕES

O uso do tensiômetro com manômetro de mercúrio empregado nesse experimento mostrou-se viável para o controle da irrigação, uma vez que indicou de forma adequada o momento e a quantidade de água a ser aplicada em cada fase do desenvolvimento da cultura.

Além disto para uma utilização mais prática a nível de propriedade agrícola dessa metodologia, recomenda-se que pesquisas dessa natureza sejam incentivadas, a fim de que em cada unidade pedológica possam ser bem definidos o número e os locais de instalação desses instrumentos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ARRUDA, F.B. Uso da água na produção agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.117-99.

AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da; RESENDE, M.; GUERRA, A.F. Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão no cerrado. Planaltina, CPAC/EMBRAPA, 1986. 52p. (Circular Tecnica, 16).

DOURADO NETO, D. Aspectos práticos de manejo de sistemas de irrigação e fertirrigação na cultura do feijão. In: A cultura do feijão irrigado. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/Departamento de Agricultura, 1990. p.115-31.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Apoio tecnológico à agricultura irrigada do município de Guaíra. São Paulo, 1987. 59p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de projeto e manejo de áreas irrigadas em Latossolo Roxo no Estado de São Paulo. Sao Paulo, 1987. (IPT - Relatório 25.929).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação por aspersão no município de Guaíra. Sao Paulo, 1989. (IPT - Relatório 27.406).

LIBARDI, P.L. Água no sistema solo-planta-atmosfera. Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem. Piracicaba, ESALQ, 1985.

LIBARDI, P.L. Propriedades físicas do solo e suas relações com a água no sistema solo-planta-atmosfera. In: Curso de atualização em solos. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP/Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, 1986. p.1-11.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; SILVA, W.L. Manejo de irrigação em hortaliças. Brasília, CNPH/EMBRAPA, 1986. 12p. (Circular Técnica, 2).

SAAD, A.M.; TOGNON, A.A.; SANSIGOLO, C.A. Subsídos para projetos e manejo de irrigação por aspersão em área de ocorrência de Latossolo Roxo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. v.3.

# MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS IRRIGADAS

*José Laércio Favarin*[1]
*Geraldo Victorino de França*[2]

## 1. INTRODUÇÃO

Os rendimentos na agricultura brasileira não têm evoluído satisfatoriamente apesar da utilização de alguma tecnologia e insumos modernos. O "modus operandi" do modelo agrícola atual tem se mostrado inadequado para as nossas condições, em relação ao manejo do solo, da cultura e pela desconsideração das condições climáticas prevalescentes.

Neste trabalho, pretende-se discutir os problemas decorrentes do manejo inadequado do solo em áreas irrigadas, bem como as medidas recomendáveis para o seu controle.

## 2. COMPONENTES DO PROCESSO PRODUTIVO AGRÍCOLA

Os componentes solo, planta e clima são os responsaveis pela viabilização do processo produtivo, todos igualmente importantes. A utilização adequada de cada componente depende da qualidade e do níyel da interferência realizada por outro componente do sistema: o HOMEM. Este é o responsável pelas decisões e pelo manejo praticado, sensível ao componente político e econômico, figura 1.

Em extensas áreas agrícolas brasileiras e na maior parte do Estado de São Paulo, o clima predominante é do tipo estacional, com duas estações bem definidas, em relação à precipitação: estação seca e estação chuvosa. A ins

[1] Engº Agrº, Depto. de Agricultura/ESALQ/USP.

[2] Engº Agrº, MSc., Dr. e Docente do Depto. de Solos, Geologia e Fertilizantes/ESALQ/USP.

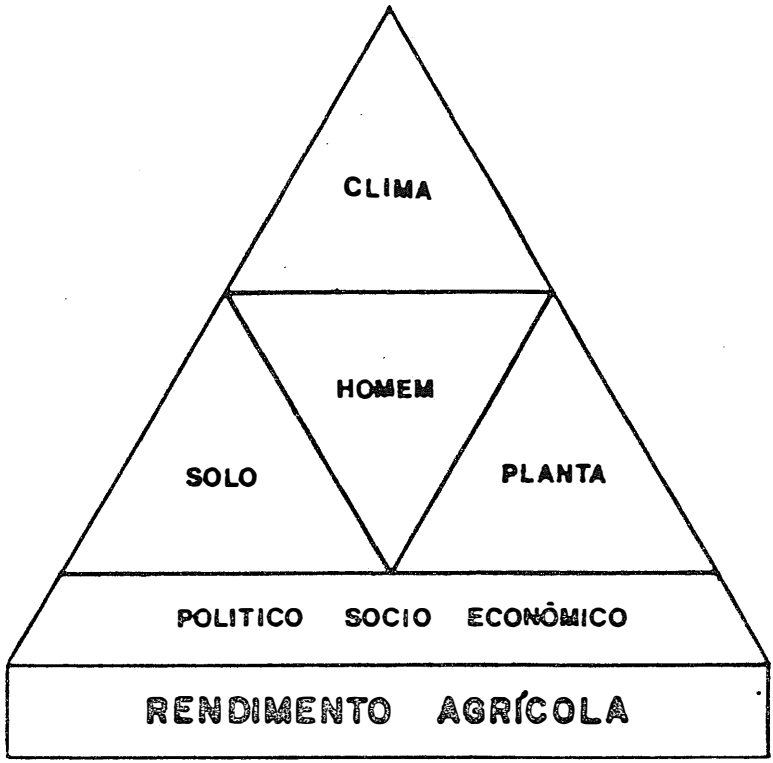



Figura 1 - Componentes do processo produtivo agrícola e suas interações (FAVARIN & FANCELLI, 1989).

tabilidade do CLIMA, como componente do processo produtivo, é uma realidade; pois, além da estacionalidade, mesmo durante a estação chuvosa continuacomo fator potencialmente limitante, pela irregularidade na distribuição e pela ocorrência de veranicos.

A participação do componente SOLO pode ser entendida através das funções de reservatório de água e nutrientes e como meio de sustentação das plantas. Especificamente em relação à água, esta pode ser fornecida naturalmente através das precipitações pluviais ou, artificialmente, pela

intervenção do homem através da irrigação. Não há dúvida, diante do exposto, que os componentes CLIMA e SOLO, conjuntamente, condicionam a presença e o rendimento da cultura em uma região.

A PLANTA viabiliza sua participação no processo, através de suas características genéticas ou potencial genético. O termo é sugestivo, pois, tais características podem não se manifestar devidamente, dependendo da contribuição dos demais componentes envolvidos no processo produtivo. Esta é uma realidade, sustentada pela genética,no seu conceito mais simples: FENÓTIPO (por exemplo, rendimento) é o resultado da interação entre o GENÓTIPO (características intrínsecas de cada espécie) e o AMBIENTE. A participação do ambiente pode ser avaliada através das condições do solo, do clima e manejo adotado. Assim como, pela análise dos reflexos político e econômico sobre as decisões e comportamento dos agricultores e empresários rurais, afetando o desempenho da agricultura.

## 3. OBJETIVOS DO MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

A irrigação é uma técnica agrícola de custo elevado e sua adoção pressupõe o máximo aproveitamento dos recursos utilizados, através de um manejo mais avançado tecnologicamente.

Com a solução da instabilidade climática, relacionada com o elemento precipitação pluvial, é inadmissível que o potencial genético da cultura não seja explorado na sua plenitude, com o intuito da maximização do rendimento devido a condições adversas do solo, oriundas do manejo e conservação inadequados desse recurso.

A eficiente utilização dos recursos envolvidos, na agricultura irrigada, é a maneira de viabilizar técnica e economicamente, esse empreendimento em ambiente tropical úmido, como ocorre no Estado de São Paulo. Destaque-se que o recurso hídrico, já é motivo de preocupação dos irrigantes e, portanto, seu uso deve ser racional.

## 4. ASPECTOS DO MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

O manejo realizado de maneira inadequada é responsável pelo surgimento de situações adversas à agricultura. Consequentemente, a cultura é condicionada a ambiente desfavorável ao seu desenvolvimento e produção, devido à redução da porosidade, particularmente a macroporosidade, responsável pela diminuição nas taxas de infiltração da água e do fluxo de oxigênio para o interior do solo. A desestruturação, estabilidade da matéria orgânica (%C) em níveis baixos e os elevados riscos à erosão, são outras características desse ambiente desfavorável.

A erosão ainda se constitui em sério problema à agricultura nacional, comprometendo o rendimento agrícola, na medida que se perde a camada superficial, impondo à cultura a exploração de volumes de solo de menor fertilidade e tornando a agricultura menos eficiente e competitiva.

O mesmo modelo agrícola, que tem sido responsável por tantos transtornos, é utilizado na agricultura irrigada. Portanto, é de se esperar que ocorra a intensificação desses problemas, pela simples razão de que essa técnica permite a exploração do solo de forma mais intensiva.

Nesse contexto, é que serão discutidos os aspectos envolvidos com o manejo do solo e sua conservação, visando uma agricultura mais eficiente.

### 4.1. Algumas considerações do modelo agrícola

A intensa mecanização do processo produtivo é uma característica da agricultura moderna. Entretanto, uma característica marcante da agricultura brasileira é a excessiva mecanização, em uma das etapas do processo produtivo, o preparo do solo, especificamente com as gradeações de nivelamento.

As consequências dessa excessiva mecanização são: a destruição da estrutura do solo, a compactação de subsuperfície e a formação de crosta superficial.

A estrutura do solo é o arranjamento dos agregados

de partículas de areia, silte, argila e materiais cimentantes como a matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio, segundo formas definidas. Esse arranjamento pode ser mais ou menos estável, o que define o grau ou a estabilidade desses agregados.

Os solos apresentam comportamento diferente em relação à estabilidade dos seus agregados, tabela 1, e portanto sua tolerância à mecanização é também diferenciada.

Tabela 1 - Estabilidade dos agregados de dois solos, em duas situações diferentes.

| Solo | Não agricultado | Agricultado anualmente | Diminuição da agregação (%) |
|---|---|---|---|
| Latossolo Roxo | 100 | 69 | 31 |
| Latossolo Vermelho Amarelo | 58 | 5 | 91 |

Fonte: Adaptado de DROSDOFF et alii (1975).

Nas áreas irrigadas o uso do solo é mais intensivo e a mecanização deve ser racional, caso contrário, haverá uma intensificação da desestruturação, principalmente em função das características do solo. Para o Latossolo Roxo, quando submetido à pressão, parte-se em uma mistura de terra desfeita ou solta e microagregados. Nestes solos, a presençade níveis altos de óxidos de ferro, agindo como agente cimentante, garante a elevada estabilidade dos seus microagregados. Com os demais solos possuindo horizonte B latossólico, o mesmo não acontece.

Com a desestruturação, surge a terra desfeita ou solta, a qual poderá sofrer sedimentação com justaposição das partículas individualizadas, e formar uma crosta na superfície, pouco permeável, auxiliado pela lâmina de irrigação e, principalmente, pelas chuvas.

A crosta superficial ou selamento superficial reduz a entrada e difusão do oxigênio do ar atmosférico para o interior do solo, tabela 2. Com a formação da crosta superficial, pouco permeável, aumenta o deflúvio superficial, dificultando a conservação das terras, principalmente durante o período chuvoso, sendo o material solto facilmente transportado.

Tabela 2 - Permeabilidade ao ar de um solo pouco compactado e outro muito compactado.

| Profundidade (cm) | Permeabilidade (cm/min) | |
|---|---|---|
| | Solo pouco compactado | Solo muito compactado |
| 0 - 5 | 716 | 36 |
| 5 - 10 | 502 | 1,5 |
| 10 - 15 | 393 | 7,5 |
| 15 - 20 | 150 | 0,7 |

Fonte: Extraído de CAMARGO (1983).

Entretanto, não apenas a crosta superficial reduz o fluxo de oxigênio, mas também a compactação subsuperficial.

Durante as operações meanizadas, os implementos frequentemente trabalham por sucessivos anos agrícolas, à mesma profundidade. Na região logo abaixo da faixa preparada é comum o aparecimento de uma camada de solo mais densa ou compactada. A compactação é o resultado da diminuição do volume total de poros, sendo mais afetados os macroporos, figura 2; através dos quais, o movimento do ar e da água é facilitado e por onde as raízes não encontram restrições ao crescimento (CAMARGO, 1983).

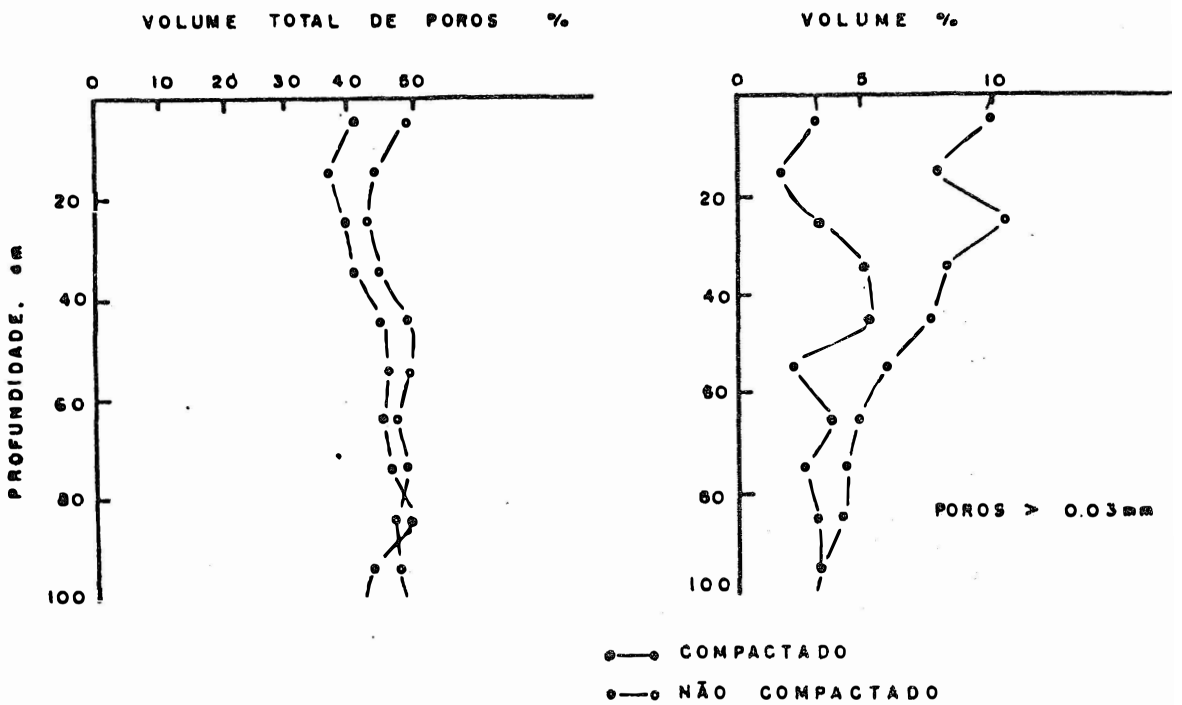



Figura 2 - Volume total de poros e volume de poros maior que 0,05 mm em um solo argiloso compactado e não compactado. Extraído de Camargo (1983).

No solo desestruturado mecanicamente pela ação dos implementos agrícolas ou pela chuva, as partículas soltas poderão, em suspensão, caminhar em profundidade no solo, junto com a água de infiltração ou as frentes de molhamento. A quantidade de material disperso poderá ser elevada, dependendo do solo e do manejo, tabela 3. Nessas condições, quando descer, no perfildo solo, nos locais onde a macroporosidade é reduzida, poderá haver filtração do material coloidal, contribuindo assim, para o aumento do selamento dos poros da camada compactada em formação, agravando o problema.

Tabela 3 - Influência do cultivo nas propriedades físicas de um oxissol.

| Propriedade do solo | desmatamento recente | 15 anos de cultura anual |
|---|---|---|
| taxa de infiltração (cm/h) | 82 | 12 |
| % poros 0,05 mm (hor. A) | 25 | 11 |
| % argila dispersa $H_2O$ (hor. A) | 13 | 77 |

Fonte: extraído e adaptado de SANCHEZ (1981).

A presença de uma camada compactada em subsuperfície é também responsável pela redução na permeabilidade à água, tabela 4; e aumentar a resistência à penetração do sistema radicular para camadas mais profundas, figuras 3 e 4.

A ocorrência de crosta superficial e camada compactada em subsuperfície representam condições inadequadas de manejo do solo, recurso natural responsável pela viabilização da agricultura.

Tabela 4 - Densidade, porosidade e permeabilidade à água para três solos do Estado do Paraná*.

| Profundidade (cm) | Densidade (g / cm³) | Porosidade (% volume) | | | Permeabilidade à água (cm / h) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Total | Micro | Macro | |
| - - - - - - - - - - Latossolo roxo - textura muito argilosa: 78% de argila - - - - - - | | | | | |
| 0-8 | 0,93 | 68,9 | 22,9 | 35,6 | 64,9 |
| 8-20 | 1,17 | 60,3 | 33,8 | 17,3 | 2,7 |
| - - - - - - - - - - Areia quartzosa - textura arenosa: 8% de argila - - - - - - - - - | | | | | |
| 0-8 | 1,33 | 49,4 | 5,1 | 38,4 | 55,5 |
| 8-18 | 1,30 | 46,8 | 5,9 | 34,8 | 64,0 |
| 18-25 | 1,69 | 36,6 | 8,7 | 20,9 | 3,0 |
| - - - - - - - - - - Latossolo vermelho escuro - textura argilosa: 62% argila - - - - | | | | | |
| 0-10 | 0,89 | 65,4 | 19,1 | 29,9 | 35,3 |
| 10-22 | 1,10 | 58,2 | 25,1 | 16,7 | 5,1 |

Fonte: HENKLAIN & FREIRE(1983).

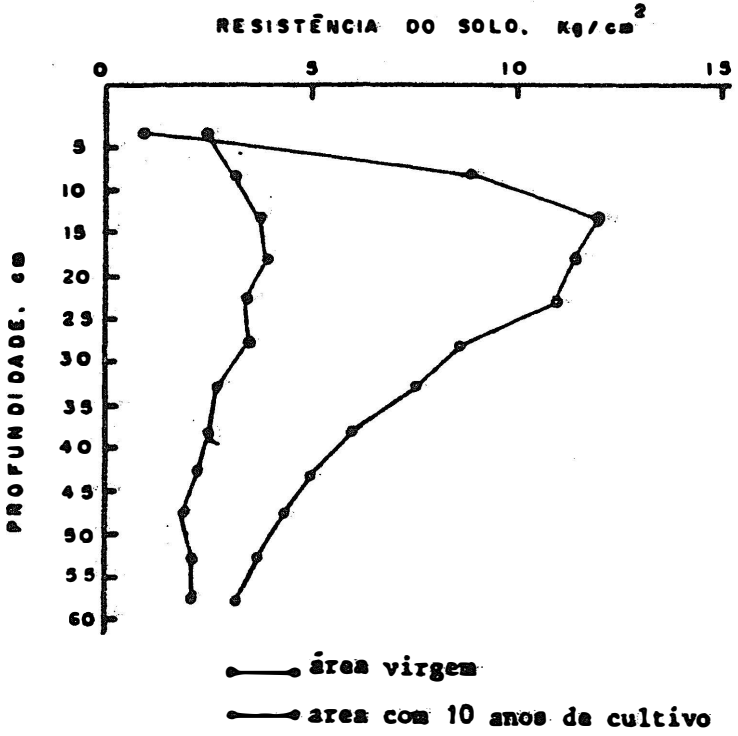



Figura 3 - Resistência mecânica do solo a penetração. FREITAS et alii (1985).

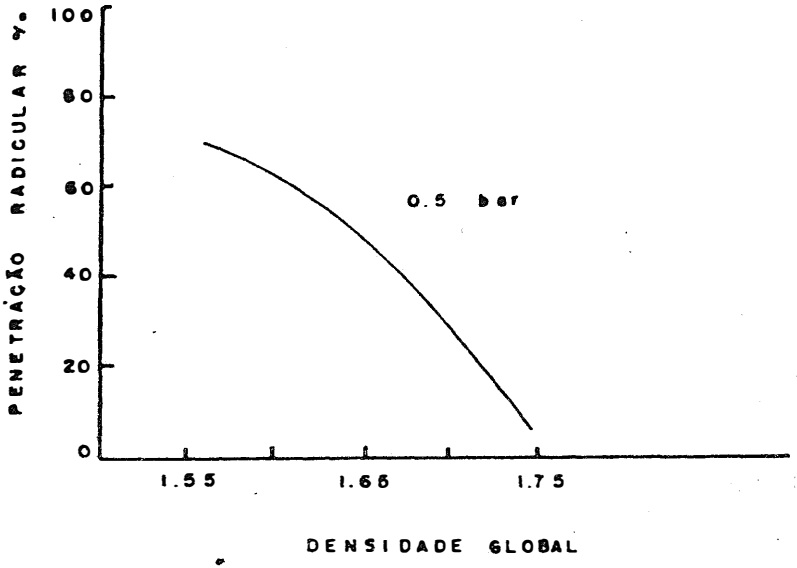



Figura 4 - Influência da densidade global (medida indireta da compactação), do potencial de água, na penetração de raízes de algodão (*Gossypium hirsutum*). Extraído de CAMARGO (1983).

A constatação destas condições significa menor eficiência na utilização da irrigação, representada pelo não aproveitamento da água, outro recurso natural, caro e escasso. A resistência oferecida ao aprofundamento das raízes e a menor taxa de oxigênio, necessária, conforme KIEHL (1979), para contrabalancear o excesso de gás carbônico eliminado pelas raízes e microrganismos, limitam a presença do sistema radicular à camada superficial do solo. Portanto, toda água percolada abaixo da zona de concentração das raízes, possível sob irrigação, é inaproveitada, promovendo o transporte de nutrientes como nitrogênio ($NO_3^-$), enxofre ($SO_4^{-2}$) e potássio ($K^+$), além de outros. Por outro lado, a concentração superficial do sistema radicular é também responsável pelo maior estresse da

cultura mesmo sob irrigação, pela diminuição rápida da água disponível nessa faixa do solo, devido a evapotranspiração. Isto obrigaria a aumentar a frequência de rega, elevando o custo da produção.

Embora haja controle da lâmina a ser irrigada, no tocante à conservação, deve ser salientado que estas áreas, durante o período chuvoso, apresentam os mesmos riscos de erosão. Com um agravante, a constatação do processo erosivo nestas áreas é extremamente desastroso, pela rigidez de localização, não permitindo que se mude de área facilmente. Além, é claro, de todos os inconvenientes decorrentes da erosão, principalmente o depauperamento do solo, pela perda da camada naturalmente fértil ou corrigida, representando um elevado ônus ao agricultor, além da queda nos rendimentos agrícolas.

É muito comum, relacionar erosão com declividades acentuadas. Embora seja uma verdade, o fato das terras irrigadas no Estado, onde é comum o plantio de feijão, estarem em relevos planos ou suavemente ondulados, os cuidados com a conservação não devem ser negligenciados. Um outro fator do relevo tão importante quanto à declividade é o comprimento do lançante, tabela 5. Quanto maior o comprimento do lançante, maior será o volume do deflúvio superficial e, portanto, maiores serão as perdas de solo.

Tabela 5 - Influência do comprimento do lançante na perda de solo. Declividade de 6,5 a 7,5%. BERTONI & LOMBARDI NETO (1985).

| Comprimento lançante Média | 1ºs 25 m (25 m) | 2ºs 25 m (50 m) | 3ºs 25 m (75 m) | 4ºs 25 m (100 m) |
|---|---|---|---|---|
| 13,9 | 13,9 | - | - | - |
| 19,9 | 13,9 | 25,9 | - | - |
| 26,2 | 13,9 | 25,9 | 38,8 | - |
| 32,5 | 13,9 | 25,9 | 38,8 | 51,4 |

Ressalte-se que as duas situações até agora discutidas, crosta superficial e compactação em subsuperfície, contribuem para diminuição da taxa de infiltração e, conquentemente, haverá possibilidades de maior deflúvio superficial, com formação generalizada de poças nas áreas irrigadas. Os demais inconvenientes, já abordados, são: restrição ao desenvolvimento radicular em profundidade e baixo fluxo de oxigênio para o interior do solo.

Retomando o aspecto da permeabilidade ao ar, a difusão do oxigênio no interior do solo, através da solução é 10.000 vezes menor que através do próprio ar, pelos macroporos (CAMARGO, 1983). Os solos com os problemas em questão, são facilmente saturados, principalmente sob irrigação (lâmina de água controlada); com isso o fluxo do oxigênio é extremamente prejudicado, podendo inclusive apresentar-se deficiente. Para a maioria das culturas, o arejamento do solo é imprescindível, pois viabiliza o processo respiratório no nível radicular, permitindo a transformação e fornecimento de energia à fase ativa do processo de absorção radicular de água e nutrientes.

A solução dos problemas apresentadas é óbvia, e passa por cuidados como: redução do excesso de operações durante o preparo do solo; trabalhar em diferentes profundidades e alternar implementos usados no preparo; fazê-lo em condições de solo úmido; rotação de culturas e incorporação de resíduos e/ou cobertura do solo.

Com relação à umidade adequada para o preparo, deve ser lembrado que a consistência de um solo seco é dura, devido à elevada atração por coesão entre as partículas do solo. O que o torna difícil de ser arado, e mesmo quando isso ocorre, a leiva é muito dura de ser rompida, exigindo um maior número de gradeações, sem significar um bom trabalho, notado por grandes torrões presentes. No caso do solo apresentar-se molhado, sua consistência pode ser plástica e pegajosa ou muito plástica e muito pegajosa, dependendo da textura e natureza da argila (KIEHL, 1979). Nestas condições a aderência aos implementos é máxima, e o risco de compactação também. Entretanto, quando o solo estiver úmido, sua consistência é friável e o material que

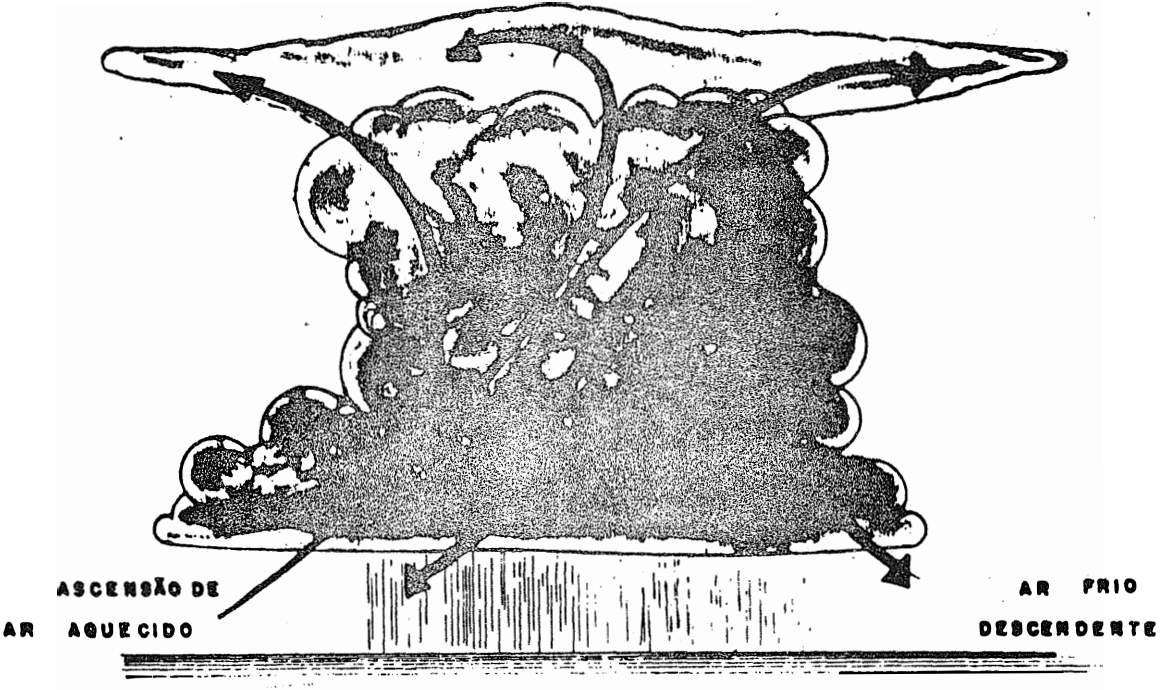



Figura 5 - Chuvas de convecção e circulação de ar. FORSDYKE (1978).

resulta de seu manuseio é constituído, na maior parte, de agregados.

Na agricultura extensiva é praticamente inviável trabalhar somente nas melhores condições de umidade, o que não ocorre nas áreas irrigadas, pois a umidade adequada para seu manuseio pode ser obtida quando se fizer necessário. Consequentemente, é perfeitamente viável diminuir os riscos de compactação e de desestruturação nestas áreas.

O uso do arado ou da grade aradora para o preparo do solo, na faixa de solo úmido, desobriga o agricultor da necessidade de aumentar o uso da grade niveladora além do necessário. Além dos benefícios que isto significa para as condições do solo, representa também redução do custo com o preparo das terras.

## 4.2. Caracterização do ambiente agrícola

### 4.2.1. Precipitação pluvial

São muito comuns, no fim da primavera e durante o verão, as chuvas de convecção ou convectiva térmica, térmica, devido ao aquecimento do solo.

Estas chuvas, de acordo com FORSDYKE (1987), apresentam correntes de ar aquecido em ascensão, consequência de sua pequena extensão e presença de céu ensolarado nas áreas adjacentes. Com isso ocorre um retardamento na queda das gotas, tornando-as maiores e pesadas, que juntamente à sua elevada intensidade, explicam o elevado potencial erosivo destas precipitações, figura 5.

Durante o ano agrícola, certamente o agricultor se verá diante dessa situação, e o resultado é também a desestruturação dos solos. A qual, é devido, em grande parte, a desvegetação e exposição dos solos a esse poderoso agente erosivo. Podendo ainda, ser auxiliado pela mecanização excessiva, tabela 6. O resultado, já abordado, é a desestruturação, formação de crostas superficiais, contribuindo para a redução da porosidade e proporcionando maiores riscos à erosão.

Tabela 6 - Influência da intensidade da precipitação e do manejo do solo sobre sua desagregação, devido ao impacto direto das chuvas.

| Intensidade de chuva (mm/h) | material desagregado em solo descoberto (g/m²) | |
|---|---|---|
| | Plantio direto | Plantio convencional |
| 30 | 86 | 784 |
| 60 | 149 | 1.374 |
| 90 | 437 | 8.464 |

Fonte: Adaptado de SIDIRAS et alii (1984).

A cobertura do solo através da presença de resíduos de cultura na superfície ou proporcionado pela própria cultura, nos estágios mais adiantados do ciclo, são duas soluções interessantes em que pode se basear o manejo.

Nas áreas sob irrigação, com a possibilidade de implantação de culturas durante a estação seca, é uma forma de viabilizar economicamente, a adoção do sistema sem revolvimento do solo ou plantio direto. Nessas condições, as plantas daninhas são mantidas sob controle tanto pela pressão competitiva da cultura, como pelo agricultor, mediante os controles mecânico ou químico. Este sistema de produção permite maior eficiência no uso da água, haja visto que a presença de resíduos na superfície do solo reduz sensivelmente a evaporação.

O plantio direto é uma excelente opção principalmente para aqueles solos com grau de estruturação moderada a fraca, como os Latossolos, e os Podzólicos com gradiente textural abrupto, inclusive pelo risco à erosão que repre

sentam.

A adoção desse sistema de produção, resolve os problemas como desestruturação e consequente formação de crosta superficial, diminuindo sensivelmente os riscos de erosão do solo. Sem dúvida, o plantio direto é uma das práticas mais eficientes na conservação do solo. Isto é fácil de entender, pois sua atuação se dá concomitantemente nas duas fases ativas do processo erosivo: a desagregação e o transporte do solo.

Outra alternativa de manejo é a utilização da própria cultura para promover a devida cobertura e proteção do solo das chuvas potencialmente erosivas; entretanto sua viabilização é possível apenas nas áreas irrigadas. Para tanto, deve-se trabalhar com a antecipação ou atraso do período de semeadura, o que irá depender logicamente do esquema de rotação de culturas para estas áreas. Dessa maneira, é possível garantir uma maior proteção do solo, realizada pela própria cultura, nos estágios mais adiantados do ciclo, tabela 8, justamente quando a probabilidade de ocorrer as chuvas erosivas é maior, figura 6 e tabela 7.

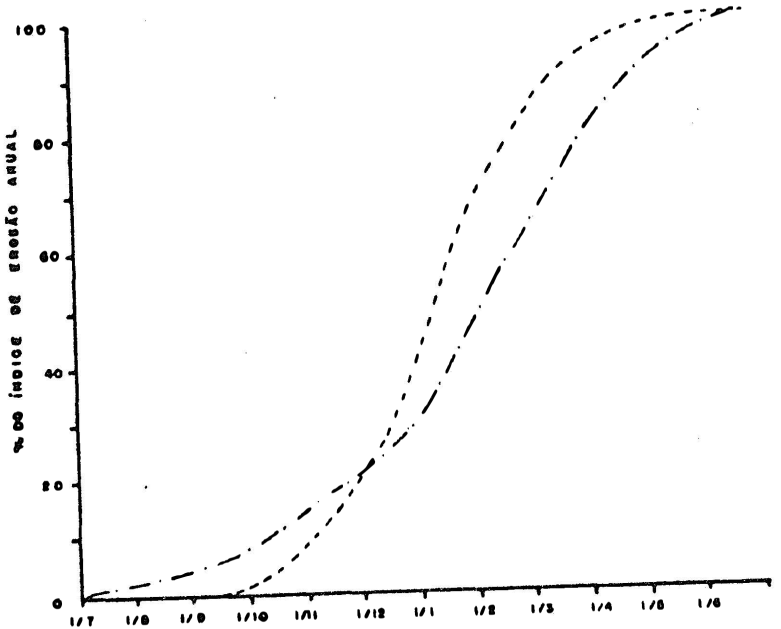



Figura 6 - Curva de distribuição do índice de erosão. Média de três regiões do Estado de São Paulo. BERTONI & LOMBARDI NETO (1985).

Tabela 7 - Índice erosivo das precipitações e sua distribuição, no CPAC, para o período de 1979 a 1985.

| Período | Média | Índice erosivo (t.m/ha.mm/h) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 79/80 | 80/81 | 81/82 | 82/83 | 84/85 |
| 01/04 a 10/10 | 94,5(11,7%) | 46 | 0 | 63 | 126 | 264 |
| 11/10 a 15/11 | 89,0(11,0%) | 104 | 27 | 251 | 94 | 35 |
| 16/11 a 15/12 | 54,0( 6,7%) | 41 | 65 | 28 | 50 | 67 |
| 16/12 a 15/01 | 133,2(16,5%) | 194 | 108 | 42 | 127 | 217 |
| 16/01 a 31/03 | 434,0(54,0%) | 488 | 319 | 376 | 700 | 375 |
| Média | 805,2(100%) | 873 | 519 | 760 | 1097 | 958 |

Fonte: DEDECEK et alii (1986).

Tabela 8 - Épocas críticas da erosão em relação ao estágio de desenvolvimento da cultura.

| Culturas | Estágio (dias) | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0-30 | 30-60 | 60-90 | colheita | |
| | kg/ha | | | | |
| Algodão | 9.252(71%) | 1.303(10%) | 2.088(16%) | 353 | 12.955 |
| Soja | 6.738(91%) | 39(0,5%) | 7 | 641 | 7.425 |
| Trigo | 2.216(47%) | 1.755(37%) | 6 | 691 | 4.668 |

Fonte: MAZUCHOWSKI & DERPSCH (1984).

Tabela 9 - Características químicas de quatro latossolos.

| Solo | Profundidade (cm) | e.mg/100 grama | | | | | V% | $Al^{3+}$(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $K^{+}$ | S | T | | |
| Latossolo roxo* | 0-18 | 5,4 | 0,9 | 0,44 | 6,7 | 10,7 | 63 | 0 |
| (perfil 1360) | 18-34 | 4,6 | 0,6 | 0,04 | 5,2 | 6,6 | 79 | 0 |
| | 34-56 | 4,6 | 0,7 | 0,03 | 5,3 | 7,5 | 71 | 0 |
| Latossolo roxo* | 0-35 | 15,20 | 2,48 | 0,40 | 17,88 | 19,08 | 94 | 0 |
| (perfil 1245) | 35-68 | 7,50 | 2,40 | 0,40 | 10,30 | 11,70 | 88 | 0 |
| Latossolo verm.** | 0-10 | 2,89 | 0,79 | 0,49 | 4,21 | 9,94 | 42,4 | |
| escuro | 10-42 | 0,88 | 0,37 | 0,14 | 1,43 | 6,89 | 20,8 | |
| (perfil 39) | +42 | 0,48 | 0,15 | 0,06 | 0,73 | 3,82 | 19,1 | |
| Latossolo verm.** | 0-20 | 0,88 | 0,53 | 0,14 | 1,58 | 5,93 | 26,6 | |
| escuro | 20-50 | 0,94 | 0,48 | 0,06 | 1,51 | 5,52 | 27,4 | |
| (perfil 41) | | | | | | | | |

Fonte: OLIVEIRA (1989)*, BOLETIM 12**.

4.2.2. Solos

Os solos da região tropical, via de regra, constituem-se em fator limitante para a agropecuária. Suas principais características são: a baixa fertilidade natural, associada à presença de níveis tóxicos de alumínio e manganês. Apresentam ainda, elevado risco à erosão em função de: textura, grau de estruturação e inerente à sua própria gênese.

Independente do nível da fertilidade do solo, a conclusão é óbvia: quanto maior o volume de solo explorado pelas raízes, maior será a eficiência do sistema produtivo, tabela 9. No caso dos solos de alta fertilidade, a maior disponibilidade de nutrientes (perfis 1245 e 1360) garantirá, certamente elevados rendimentos a custos menores com insumos. Em se tratando de solo com nível de fertilidade inferior (perfis 39 e 41), a exploração de maior volume do mesmo, pelas raízes, compensará sua menor disponibilidade de nutrientes.

A importância do maior volume de solo explorado, em profundidade, ficou bastante evidente. Entretanto, uma outra razão ainda mais séria é ver garantido, através desse manejo, o uso racional da água. Nestas condições, as perdas desse recurso são menores, pois a presença de um sistema radicular mais profundo, será a certeza do seu aproveitamento, inclusive nutrientes assim carreados.

Irrigações realizadas com o objetivo que a frente de molhamento atinja a profundidade de 50 cm, será em grande parte inaproveitada, pela baixa densidade de raízes nas camadas mais profundas.

Para se chegar a esse objetivo, o manejo do solo deverá proporcionar condições, que favoreçam o desenvolvimento radicular em profundidade. Os impedimentos físicos como compactação em subsuperfície devem ser eliminados, ou, mais corretamente, trabalhar de modo a não permitir sua formação. Do mesmo modo, a garantia de fluxo adequado de oxigênio às raízes somente será possível na ausência da compactação e da crosta superficial. Entretanto, outra preocupação, deve ser com as condições químicas do

solo em subsuperfície, especificamente com o alumínio ($Al^{3+}$) e o cálcio ($Ca^{2+}$).

A importância da presença do alumínio em profundidade pode ser avaliado pela figura 7. Nesse caso, o elemento, devido à toxicidade às raízes, reduzindo seu desenvolvimento, foi responsável pela queda de 50% no rendimento do milho. Com relação ao cálcio, sua presença em quantidades adequadas é responsável por maior desenvolvimento das raízes, figura 8.

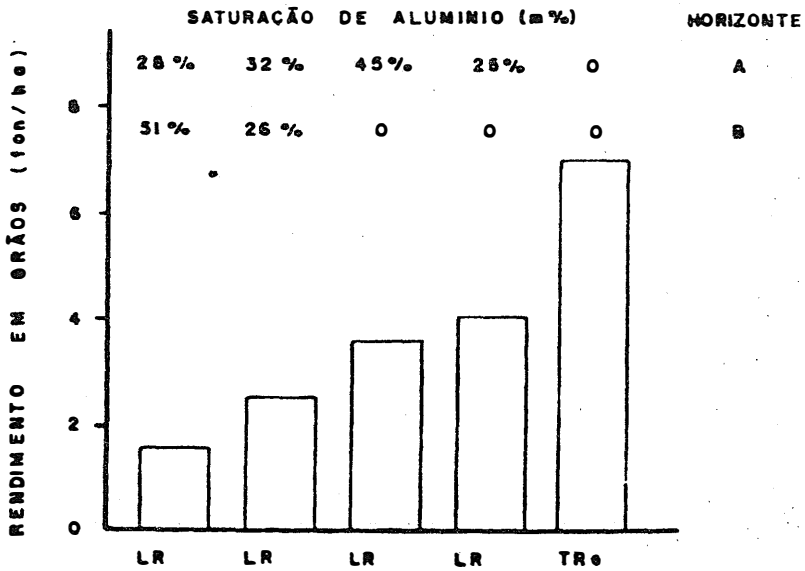



Figura 7 - Efeito da saturação com alumínio nos horizontes A e B de um Latossolo Roxo, sobre o rendimento de milho. Extraído de OLMOS & CAMARGO(1976).

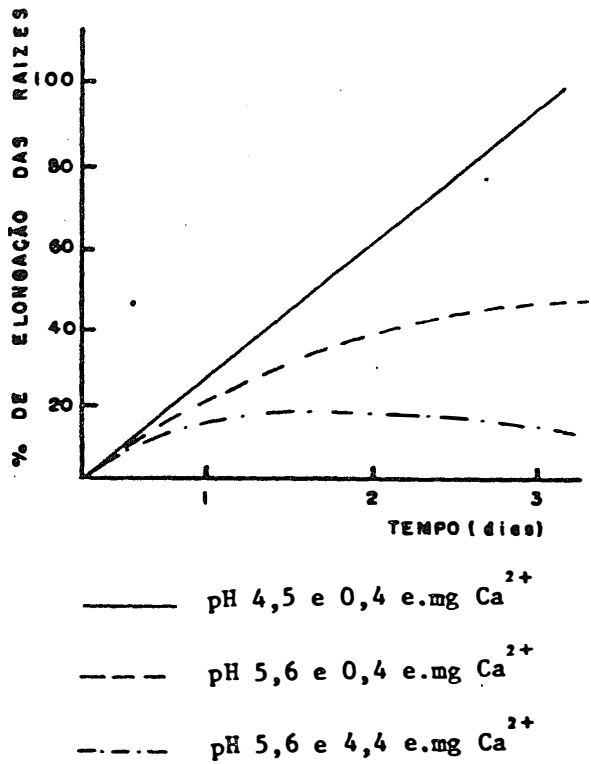



Figura 8 - Toxicidade de alumínio e nível de cálcio afetando a elongação das raízes. Extraído de SANCHES (1981).

Para tanto é necessário o conhecimento mais pormenorizado do solo mediante a realização de análises químicas em diferentes profundidades, e não apenas da camada superficial (0 a 20 cm) como se faz frequentemente.

Entretanto, esse cuidado nada valerá se a incorporação de calcário, necessário para elevar o pH do solo e assim eliminar o alumínio livre da solução, se limitar à camada superficial, tabela 10. Isto ocorre comumente devido ao uso de grade na incorporação do corretivo.

Tabela 10 - Influência da profundidade de incorporação do calcário na cultura do milho.

| Profundidade incorporação (cm) | Análise solo | %Al | Distribuição de raízes (%) |
|---|---|---|---|
| 0-15 | 0-15 | 6 | 67 |
| | 15-30 | 55 | 25 |
| 0-30 | 0-15 | 8 | 54 |
| | 15-30 | 20 | 38 |

Fonte: Adaptado da EMBRAPA (1976).

Independente da profundidade de incorporação do calcário, a quantidade percentual de raízes é a mesma (92%); entretanto sua distribuição no perfil é diferenciada. Para a incorporação superficial (0-15 cm) verifica-se a seguinte distribuição: 67% do sistema radicular nos primeiros 15 cm e 25% entre 15 e 30 cm; passando para 54% e 38%, respectivamente, quando a incorporação foi mais profunda (0-30 cm).

A utilização de genótipos tolerantes à condição de acidez ou ao alumínio, embora seja uma prática interessante como manejo de variedade, poderá ser ineficiente quando em níveis inadequados de cálcio no solo, pois, como salientado, este nutriente é fundamental para o desenvolvimento das raízes, figura 9.

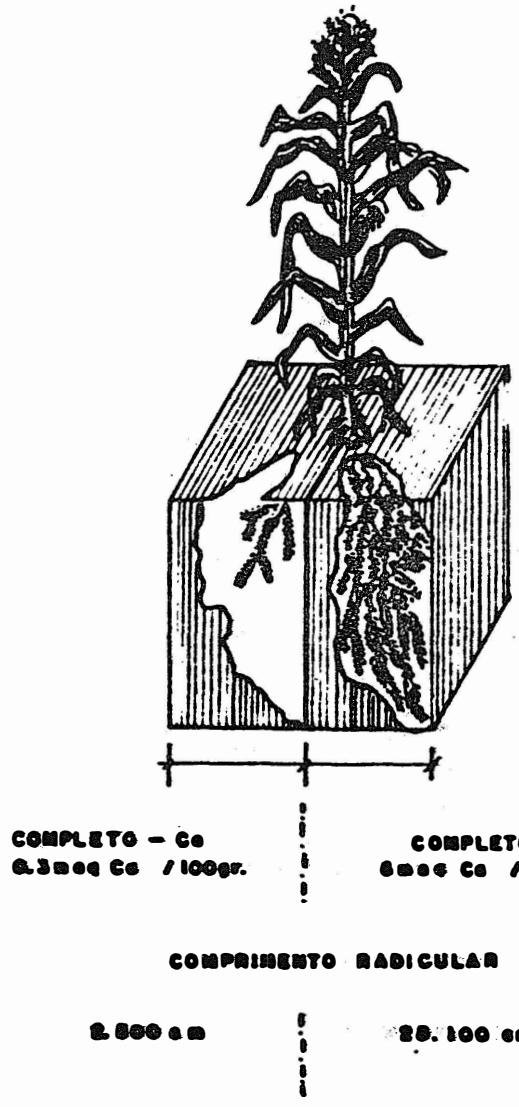



Figura 9 - Comportamento do sistema radicular em relação à concentração de cálcio no solo. Adaptado de PAVAN (1985), extraído de FAVARIN & FANCELLI (1989).

Com relação ao nitrogênio do solo, devido ao fenômeno biológico de nitrificação, o mesmo encontra-se frequentemente como nitrato ($NO_3^-$), mesmo quando fornecido na forma amoniacal ($NH_4^+$)ou amídica [$CO(NH_2)_2$].

As reações de nitrificação que ocorreu com o nitrogênio, podem ser representadas como resultado da aplicação de fertilizantes, ou então, pela liberação do nutriente devido à mineralização da matéria orgânica:

(a) reação de nitrificação da forma amoniacal

$$2\ NH_4^+ + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ NO_2^- + 2\ H_2O + 4\ H^+$$

$$2\ NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2\ NO_3^-\ \text{(nitrato)}$$

(b) reação de nitrificação da forma amídica

$$CO(NH_2)_2 + H_2O \xrightarrow{\text{urease}} 2\ NH_3 + CO_2$$

$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

$$2\ NH_4^+ + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ NO_2^- + 2\ H_2O + 4\ H^+$$

$$2\ NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2\ NO_3^-\ \text{(nitrato)}$$

O íon nitrogênio, na forma nítrica é pouco retido no solo, devido sua baixa interação com o mesmo. Entretanto, a presença de cargas positivas nos horizontes inferiores, possibilitam sua retenção; além do que, a menor atividade microbiana nestas regiões permite que sua presença seja mais duradoura. Portanto, uma redistribuição do sistema radicular, para camadas mais profundas, é uma garantia de maior aproveitamento desse nutriente. Ressalte-se ainda que, na agricultura irrigada, o volume de água de infiltração é maior e, portanto, os riscos de se promover sua lixiviação são bem maiores. O que justifica plenamente o manejo visando maior exploração do solo em profundidade, pelas raízes.

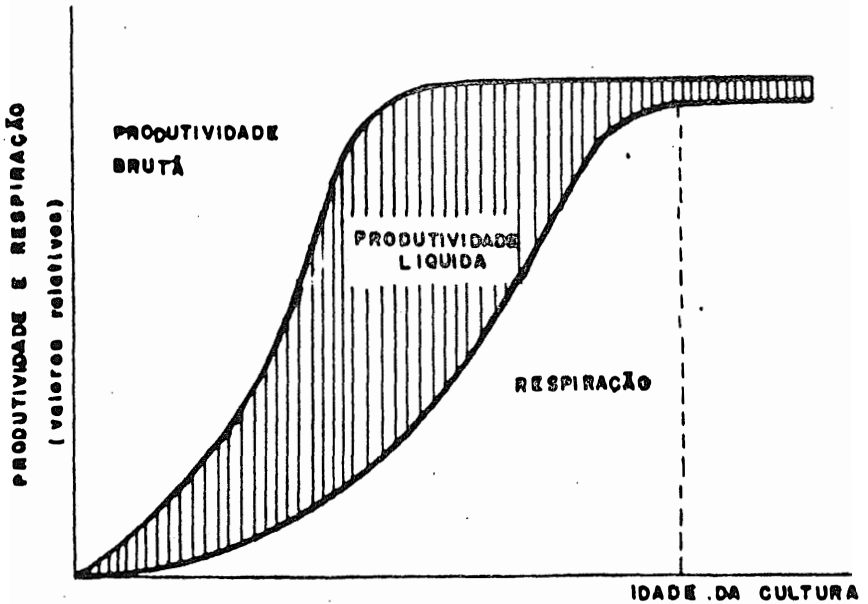



Figura 10 - Valores relativos de produtividade bruta, respiração e produtividade líquida. Adaptado de LUCCHESI (1987), extraído de FAVARIN & FANCELLI (1989).

Outro nutriente que é encontrado em horizontes subsuperficiais e que merece atenção especial, devido à utilização crescente de fórmulas de adubações concentradas, onde não está presente, é o enxofre ($SO_4^{2-}$).

No solo, este nutriente é menos retido na camada arável do que em profundidade. Os fatores que explicam esse comportamento, segundo RAIJ (1988), são: (a) em condições de pH mais elevado, como ocorre nessa camada, é favorecida sua desorção, enquanto no subsolo o ambiente é mais ácido; (b) devído a maior quantidade de íons fosfato na superfície competindo preferencialmente com os sítios, nas adsorções específicas, com os óxidos de ferro e alumínio. Não há dúvidas quanto à importância de maior volume de raízes nas camadas inferiores para a utilização mais eficiente desse nutriente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentação de altos níveis de rendimento agrícola mediante a manutenção ou restituição da fertilidade, assim como a conservação dos recursos naturais e o melhor aproveitamento da água depende do uso e manejo adequado dos componentesde produção.

A eliminação ou minimização dos entraves, independente da sua natureza, que dificultem esse objetivo devem se constituir na meta primordial de qualquer sistema produtivo.

Da análise realizada, conclui-se que na agricultura irrigada, em consideração aos aspectos econômicos envolvidos, o manejo e conservação destas áreas é imprescindível. Não se deve ainda descuidar da geração de situações limitantes de ordem biótica, características das regiões tropicais, tais como: pragas, doenças e plantas daninhas.

Conclui-se também que mesmo sob irrigação pode-se ter frequentemente situações estressantes à cultura. A consequência é a não obtenção de rendimento ao nível do potencial da cultura, figura 10.

Como no processo produtivo agrícola, a produtividade líquida é dependente da produtividade bruta e da respiração, aumentos da mesma resultam, em última análise, uma produtividade líquida inferior, o que ocorre frequentemente quando a cultura é submetida a situações estressantes, FAVARIN & FANCELLI (1989). O aumento do rendimento e da eficiência do processo produtivo é dependente da obtenção de saldos crescentes entre a produtividade e a respiração vegetal, portanto as situações estressantes, devem ser minimizadas, notadamente na agricultura irrigada, possibilitando tecnicamente a maximização do rendimento e consequentemente a viabilização econômica do sistema.

## 6. LITERATURA CITADA


BERTONI, J. & F. LOMBARDI NETO. Conservação do solo. Piracicaba, Livroceres, 1985. 368p.

BERTONI, J.; F.I. PASTANA; F. LOMBARDI NETO; R. BENATTI Jr. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico. Circular do Instituto Agronômico, Campinas, 20, 1986. 57p.

CAMARGO, O.A. Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. Campinas, Fundação Cargill, 1983 44p.

DESCEK, R.A.; D.V.S. RESCH; E. de FREITAS Jr. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10: 265-272, 1986.

DROSDOFF, M.; G.AUBERT; J. COUTER & outros. Suelos de las regiones tropicales húmidas. Buenos Aires, Editora Marymar, 1975. 271p.

EMBRAPA. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, 2ª edição, vol. 1, 1976. 150p.

FAVARIN, J.L. & A.L. FANCELLI. Adequação de sistemas de produção em relação a alguns elementos do ambiente agrícola. In: Plantio Direto no Estado de São Paulo. II Encontro Paulista de Plantio Direto, Assis, FEALQ/ESALQ/USP, 1989. p.35-72.

FORSDYKE, A.G. Previsão do tempo e clima. Série Prisma, São Paulo, Edições Melhoramentos, 1978. 160p.

FREITAS, E.; V. SNYDER; E. STONER; L.J.C.B. CARVALHO. Mechanical impedance as a constraint to deeper rooting in low bulk density oxisols in Brazil. Agron. Abst., Madison, American Society of Agronomy, 1985. p.206.

GOEDERT, W.J. & E. LOBATO. O solo como base dos sistemas de produção agrícola. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.101-108.

HENKLAIN, J.C. & O. FREIRE. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de Latossolos do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 7: 191-195. 1983.

KIEHL, E.J. Manual de Edafologia. Relações solo-planta. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda., 1979. 262p.

LUCCHESI, A.A. Fatores da produção vegetal. In: Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p1-11.

OLIVEIRA, J.B. de. Atributos do solo e suas implicações em práticas conservacionistas. In: Simpósio sobre terraceamento agrícola. Campinas, Fundação Cargill, 1989. p.63-78.

OLMOS, I.L.J. & M.N. CAMARGO. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. Ciência e Cultura, 28(2): 171-180. 1976.

PAVAN, M.A. Fertilidade do solo em plantio direto. In: 3º Encontro Nacional de Plantio Direto, Anais, CCLP/ Fundação ABC, Ponta Grossa, 67-75. 1985.

SANCHEZ, P.A. Suelos del trópico característicos y manejo. San José, IICA, 1981. 634p.

SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura, Boletim 12, 1960. 634p.

SIDIRAS, N.; C.H. ROTH; G.S. de FERITAS. Efeito da intensidade da chuva na desagregação por impacto de gotas em três sistemas de preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 8: 251-254, 1984.

van RAIJ, B. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. São Paulo, Associação Nacional para difusão de adubos e corretivos agrícolas, 1988. 88p.

# A ADUBAÇÃO DO FEIJOEIRO SOB IRRIGAÇÃO

*Ciro Antonio Rosolem*[1]

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro tem apresentado, historicamente, baixas produtividades. Muitas razões têm sido aventadas para a ocorrência desta situação, desde os sistemas de produção em consórcio, efeitos climáticos e sanidade da cultura até problemas econômicos dos agricultores.

Entretanto, as cultivares utilizadas atualmente têm potencial de produção compatíveis com uma agricultura moderna e econômica. Este potencial tem raramente se realizado, em função dos alegados altos riscos da cultura, que desencorajam maiores investimentos.

A irrigação e a adubação são dois fatores decisivos na modificação deste quadro.

De acordo com a Tabela 1, que embora apresente dados de 10 anos passados ainda é atual, produtividades elevadas podem ser obtidas apenas com uma adubação racional, desde que as condições fitossanitárias sejam boas. Na Tabela seria viável se pensar que a média de 25 campos compreende boas e más condições hídricas, mas adubação racional, enquanto que a média dos 5 primeiros colocados provavelmente englobam uma boa adubação e condições hídricas satisfatórias. Portanto estes números são um indicativo do que pode ser conseguido aliando as técnicas de produção de feijão, e o papel desempenhado pela adubação e irrigação.

No presente trabalho será discutida a Nutrição Mineral do Feijoeiro nos seus aspectos mais importantes como fundamento para uma adubação racional. Em seguida, aspectos da planta e do solo frente à disponibilidade de água

[1] Prof. Titular Depto. de Agricultura e Melhoramento Vegetal - Fac. de Ciências Agronômicas/UNESP/Botucatu.

e nutrientes será explorada, e finalmente serão apresentadas sugestões de adubação para o caso particular do feijoeiro irrigado.

## 2. NUTRIÇÃO MINERAL DO FEIJOEIRO

### 2.1. Exigência nutricional

O feijoeiro é considerado como uma planta exigente em nutrientes, mesmo que a palha seja retornada ao campo de cultivo, o que nem sempre acontece. A Tabela 2 mostra, comparativamente as exigências da soja e do feijoeiro para a produção de 1.000 kg de grãos. O feijão é mais exigente em todos os nutrientes.

Este quadro agrava-se quando se tem em consideração que:

(1) o sistema radicular do feijoeiro pode chegar a, no máximo, 50% do da soja.

(2) o ciclo biológico do feijoeiro é mais curto que o da soja.

Mesmo que diversos fatores intervenham no processo, a intensidade de absorção de nutrientes pelo feijoeiro, isto é, a quantidade de nutrientes absorvida por unidade de tempo e por unidade de volume de solo explorado, será fatalmente bem maior do que no caso da soja.

### 2.2. Marcha de absorção do nitrogênio

O período de máxima velocidade de absorção do nitrogênio corresponde exatamente ao período de máximo acúmulo diário de matéria seca, entre 40 e 55 dias, ou seja, durante o florescimento. Em ambos os casos, o órgão receptor da grande maioria do material elaborado é a folha, havendo inclusive um aumento nos teores de nitrogênio nas mesmas no referido período. Desta forma, fica caracteriza

da uma enorme demanda de nitrogênio durante o período de florescimento da cultura, que pode ser estimada em aproximadamente até 2 kg/ha.dia, para aquele nível de produtividade (1.000 kg de grãos aproximadamente). GALLO & MIYASAKA (1961) determinaram uma absorção máxima de nitrogênio de 2,46 kg/ha.dia no período entre 33 e 44 dias da cultura, também correspondente ao final do florescimento.

Ao contrário do que mostram os resultados de HAAG et alii (1967), apesar de uma diminuição do nitrogênio contido na cultura entre 55 e 65 dias, existe um aumento na quantidade total de nitrogênio a partir dos 65 dias, demonstrando que, apesar de ser aparente uma translocação do nitrogênio das folhas para as vagens, existe absorção do nutriente do solo nos estádios mais tardios da cultura, sendo que a parcela do nutriente absorvida nestas condições vai para os grãos, uma vez que os teores nas folhas diminuem no período correspondente.

Desta forma, o feijoeiro não absorve todo o nitrogênio de que necessita nos primeiros 50 dias. Esta hipótese encontra reforço no relato de WESTERMANN et alii (1981), que determinaram uma absorção de até 3,5 kg/ha.dia no período de enchimento dos grãos, e nos resultados obtidos por MACHADO et alii (1981) e ROSOLEM et alii (1983), que determinaram um aumento no peso de 100 sementes de feijão quando aplicaram nitrogênio após o florescimento da cultura.

É ainda possível estimar que a translocação aparente das folhas para as vagens a partir dos 55 dias corresponde a menos de 40% do nutriente contido nos grãos, dependendo a planta, desta forma, de um suprimento do nutriente até o final do ciclo, embora os resultados obtidos por GALLO & MIYASAKA (1961) não concordem com a presente colocação, ressaltando-se que os últimos autores trabalharam com outro cultivar.

A época de maior velocidade de absorção de fósforo vai desde aproximadamente 30 dias até os 55 dias, ou seja, desde um estádio fisiológico anterior ao aparecimento dos botões florais até o final do florescimento, quando já existem algumas vagens formadas. Embora durante todo

este período a demanda de fósforo seja alta, esta acentua-se ainda mais entre 45 e 55 dias, quando se dá o início de formação das vagens, época em que o feijoeiro absorve aproximadamente 0,21 kg/ha.dia de fósforo. GALLO & MIYASAKA (1961) determinaram uma absorção de 0,27 kg/ha. dia de fósforo também no final do florescimento e início de formação das vagens. Até os 55 dias, a maior porção do fósforo absorvida localiza-se nas folhas, onde nota-se inclusive um aumento nos teores de fósforo na época compreendida entre 25 e 45 dias, sendo que a partir deste ponto até aos 55 dias é aparente uma translocação do nutriente das folhas para as vagens.

Existe absorção de fósforo até o final do ciclo da cultura, o que concorda com os resultados apresentados por GALLO & MIYASAKA (1961) e HAAG et alii (1967).

Grosseiramente pode-se estimar que no período de 55 a 77 dias menos de 15% do fósforo dos grãos foi aparentemente translocado das folhas, o que vem mais uma vez demonstrar a necessidade de um suprimento contínuo do nutriente à planta.

O padrão de absorção de potássio difere daqueles obtidos para nitrogênio e fósforo, pois são aparentemente dois períodos de grande demanda pelo nutriente, sendo o primeiro compreendido entre 25 e 35 dias, época de diferenciação dos botões florais quando a cultura absorve em média 1,69 kg/ha.dia. O segundo período está compreendido entre 45 e 55 dias, época em que se dá o final do florescimento e o início de formação das vagens, quando a cultura absorve em média 3,29 kg/ha.dia de potássio. GALLO & MIYASAKA (1961) concordam quanto à época de maior absorção, mas relatam uma demanda de 2,17 kg/ha.dia de potássio. No período do final do florescimento e início de formação de vagens, nota-se um aumento considerável nos teores de potássio das folhas, o que em parte explica a grande demanda pelo nutriente.

No caso do potássio, os resultados relatados por COBRA NETO et alii (1971) concordam com os obtidos por HAAG et alii (1967), demonstrando que praticamente não há absorção de potássio a partir do final do florescimento.

Estes resultados permitem inferir que praticamente a totalidade do potássio contido nas vagens de feijão foi translocado das folhas, que acumulam o nutriente desde a emergência até o final do florescimento e início de formação das vagens, o que concorda com os resultados obtidos por GALLO & MIYASAKA (1961) e HAAG et alii (1967).

### 2.6. A marcha de absorção e a prática da adubação

Conforme ficou patente pelos dados apresentados, existe uma época crítica em que o feijoeiro necessita de praticamente todos os nutrientes disponíveis em quantidades relativamente altas, ou seja, desde a ocorrência do número máximo de flores até o final do florescimento. Nesta época ocorre também o início de formação das vagens.

No caso do nitrogênio, a curva de absorção mostra que, embora o período de absorção maior seja o descrito acima, existe possibilidade de resposta ao nutriente aplicado tardiamente, uma vez que, aparentemente, a cultura absorve o nutriente até o final do ciclo. Para o fósforo as mesmas considerações são válidas.

Os dados apresentados explicam ainda porque o florescimento da cultura do feijoeiro é uma fase crítica para o fornecimento de água, uma vez que neste período a acumulação de matéria seca é muito rápida, assim como a de nutrientes. Considerando o sistema radicular pequeno da planta, e que os nutrientes dependem em maior ou menor grau da água para entrar em contato com a raiz, fica explicada a suscetibilidade da cultura à seca neste período.

## 3. O SISTEMA RADICULAR DO FEIJOEIRO

Antes de se discutir propriamente a adubação da cultura, é interessante o conhecimento do seu sistema radicular, o que pode contribuir para o entendimento das reações da planta.

O sistema radicular do feijoeiro foi estudado por INFORZATO & MIYASAKA (1963), INFORZATO et alii (1964) e

por AVILAN ROVIRA (1975).

Os resultados encontrados pelos primeiros autores encontram-se na Tabela 3.

No Vale do Paraíba, INFORZATO et alii (1964) determinaram que praticamente 90% do sistema radicular do feijoeiro cv Mulatinho encontra-se em uma profundidade de até 50 cm.

Por sua vez, AVILAN ROVIRA (1975), estudando a cultivar carioca, em condições adubadas e sem adubação, concluiu que a totalidade do sistema radicular estava até 50 cm de profundidade, sendo que a zona mais ativa de absorção de fósforo chega a 20 cm de profundidade, embora haja absorção até 50 cm. O autor determinou ainda que, lateralmente, a raiz do feijoeiro cultivado em espaçamento de 50 cm chega a atingir 25 cm.

Estes resultados são muito importantes quando se trata de cultura de sequeiro, entretanto com irrigação bem manejada estes aspectos do sistema radicular deixam de ser críticos, conforme pode ser visualizado na Tabela 4. Assim, o crescimento radicular é um fator determinante no grau de resistência a seca do feijoeiro.

## 4. EFEITO DA ÁGUA NA DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES

A quantidade de nutrientes do solo que estão em contato com a raiz em um determinado momento é muito pequena. Para que haja o contato e posterior absorção, existem três mecanismos: intercepção radicular, fluxo de massa e difusão.

A intercepção radicular acontece quando a raiz, crescendo, explora novos lugares do solo, ainda com nutriente disponível. O fluxo de massa é representado pelo movimento da água do solo, que carrega íons em solução e entra em contato com a raiz. Difusão é o processo pelo qual íons migram no sentido da menor concentração, em meio aquosos.

Estima-se que menos de 1% do nutriente disponível no solo poderia ser suprido à planta por intercepção ra-

dicular (BARBER, 1984).

O fluxo de massa varia muito com as condições do solo, com o tipo de cultura, com a concentração do nutriente na solução do solo, etc. Este é o principal mecanismo pelo qual o nitrogênio, o cálcio, o magnésio e o enxofre entram em contato com a raiz. Se os níveis destes nutrientes no solo forem relativamente altos, praticamente toda a demanda da planta pode ser atendida por este mecanismo.

A difusão de íons é um processo muito complexo no solo, mas é o principal mecanismo pelo qual o fósforo e o potássio entram em contato com o sistema radicular da planta.

Diversos modelos matemáticos tem sido empregados no estudo de absorção de nutrientes por raízes crescendo em solo. Os mais aceitos (BARBER, 1984), tem empregado os seguintes parâmetros para a previsão de absorção:

$L_o$ - comprimento da raiz.

$K$ - taxa de crescimento da raiz.

$r_o$ - raio médio da raiz.

$I_{máx}$ - máxima absorção possível.

$K_m$ - é a concentração do nutriente no momento em que a absorção é a metade da máxima.

$C_{mín}$ - concentração abaixo da qual não há absorção.

$C_{li}$ - concentração inicial do íon no solo.

$b$ - poder tampão do solo.

$D_e$ - coeficiente de difusão.

$V_o$ - absorção de água.

$\gamma_1$ - distância média entre as raízes.

A utilização destes modelos permite que, fixando-se os valores dos outros parâmetros, se determine o parâmetro com maior importância relativa para determinado nu-

triente. A maioria dos exemplos a serem utilizados são resultados obtidos com milho, nos Estados Unidos, o que pode mudar a importância relativa de um determinado parâmetro, mas mesmo assim algumas conclusões genéricas podem ser tiradas.

. **Nitrogênio**

Particularmente no caso de agricultura com irrigação, a umidade do solo será ótima para que haja nitrogênio disponível às plantas. Havendo água suficiente para atender a demanda evaporativa, haverá fluxo de massa suficiente para levar o nutriente necessário até as raízes. No Brasil, SAITO et alii (1982) demonstraram que a deficiência hídrica levou a uma drástica redução na eficiência de absorção de nitrogênio pelo feijoeiro.

Existe o perigo de um excesso de água provocar lixiviação do nitrogênio abaixo da zona explorada pelo sistema radicular.

Na figura 1 encontra-se a ilustração dos efeitos causados na absorção de $NO_3$ quando os diversos parâmetros que influem na absorção foram modificados, desde a metade até o dobro de seu valor inicial para o solo em questão.

A absorção estimada do nitrato aumentou muito com o incremento nos valores de K (crescimento de raízes), Imax (máxima capacidade da planta em absorver) e $r_o$ (raio da raiz). Assim, fatores como coeficiente de difusão e absorção de água, tiveram menor efeito no aumento da absorção de nitrato, provavelmente por estarem em níveis ótimos.

Quando os valores adotados foram inferiores a 1,0, o que é mais provável em nossas condições, o que primeiro afetou a absorção de nitrato foi a competição entre raízes ($r_1$), seguido do poder tampão do solo (b) e da concentração inicial do íon no solo.

Em feijoeiro irrigado, em função da estrutura do sistema radicular, bem diferente da do milho, a competição entre raízes não deve ser tão importante. Assim a capací-

dade do solo em repor o íon absorvido na vizinhança da raiz, ou seja, a manutenção de um alto fluxo de massa com teores razoáveis de nitrato é suficiente para nutrir a planta

**. Fósforo**

No Brasil foi demonstrado que a deficiência hídrica prejudica muito a eficiência de absorção de fósforo pelo feijoeiro (SAITO et alii, 1982).

A análise matemática da importância relativa de todos os fatores encontram-se na Figura 2.

Os fatores que modificaram significativamente a absorção de fósforo foram, em ordem decrescente de importância: taxa de crescimento das raízes (K); concentração inicial de fósforo (Cli); diâmetro médio da raiz ($r_o$); poder tampão do solo (b) e coeficiente de difusão.

Com a associação de adubação e irrigação, aumenta-se K, Cli, b e D, ou seja, o tamanho do sistema radicular, a disponibilidade e a mobilidade do fósforo no solo, o que certamente propiciará melhor nutrição da planta.

**. Potássio**

Um efeito muito conhecido do potássio nas plantas é o aumento da tolerância a fatores de estresse, inclusive a falta de água. Um exemplo, com milho, é dado na Tabela 5 (PPI, 1988).

Entretanto, a nossa questão seria: qual o efeito da irrigação na nutrição potássica do feijoeiro?

De acordo com os resultados mostrados na figura 3, os fatores que mais afetaram a absorção de potássio foram, em ordem decrescente: comprimento das raízes (L), concentração inicial de potássio (Cli), poder tampão de potássio (b), e competição entre as raízes ($r_1$). O coeficiente de difusão teve pequena importância. No caso do feijoeiro, em função do tipo de sistema radicular espera-se maior im

portância da taxa de difusão e menor importância da competição de raízes.

Desta forma, a irrigação terá importância principalmente no crescimento das raízes uma vez que os outros parâmetros com grande importância são pouco afetados pela água.

Resumindo, quando comparada à cultura de sequeiro, a irrigação terá grande efeito positivo na disponibilidade de potássio.

Entretanto, se por um lado, as boas condições de umidade no solo tornam os nutrientes mais disponíveis, melhorando a eficiência do fertilizante aplicado, por outro lado, a planta cresce mais, e a evapotranspiração é aumentada, o que leva a uma maior exigência da planta em nutrientes, e consequentemente maior produtividade.

## 5. CALAGEM

Com raras exceções, não têm sido obtidas respostas do feijoeiro à calagem quando o pH do solo encontra-se acima de 5,5, no Estado de São Paulo (MIYASAKA et alii, 1964 a,b,c; MASCARENHAS et alii, 1969; FEITOSA et alii, 1980). Por outro lado, nos trabalhos de MIYASAKA et alii (1966a, b,c) pode-se ver que a aplicação de 4 t de calcário quando o pH original era maior que 6,0, frequentemente apresentou uma tendência de diminuição na produção.

MALAVOLTA (1971), analisando os trabalhos conduzidos por Freitas & Pratt e Goepfert & Freire, demonstra que o feijoeiro apresenta as máximas produções numa faixa de pH de 6,0 a 7,0, sendo o manganês o principal fator limitante.

Na figura 4 encontra-se uma representação da resposta do feijoeiro à calagem no Rio Grande do Sul (Goepfert & Freire, citados por VIEIRA, 1978). Na referida figura torna-se muito claro que as doses de calcário suficientes para neutralizar o alumínio tóxico não são suficientes para que a produtividade máxima seja atingida, o que somente ocorre quando o nível de manganês no solo cai a menos

de 5 ppm, em pH próximo de 6,0. Desta maneira, recomendações de calagem que levem em consideração apenas o teor de alumínio trocável do solo podem não dar bons resultados em solos onde existe muito manganês disponível.

Em concordância com estes resultados, MUZILLI (1974) concluiu que a aplicação de 2 t/ha de calcário para cada unidade de alumínio trocável foi suficiente para neutralizar totalmente a acidez trocável de um Latossolo Roxo distrófico, mas a calagem para a elevação do pH a 6,5 associada à adubação, foi a mais adequada para uma alta produtividade.

Por outro lado, BITTENCOURT et alii (1976) concluíram que a maior produção de matéria seca do feijoeiro ocorreu quando o solo estava com uma saturação em bases da ordem de 70%.

Em Minas Gerais, PORTELA et alii (1985) demonstraram que o método do Al+Ca+Mg, utilizado naquele Estado, subestima a necessidade de calagem para a obtenção da máxima produtividade.

## 6. RESPOSTAS À ADUBAÇÃO

Existe na literatura um número considerável de trabalhos demonstrando resposta do feijoeiro à irrigação, com aumentos de até 3 vezes na produção de matéria seca total quando comparado a condição de sequeiro (STONE et alii, 1988). Considerando-se que todas estas plantas tiveram teores de nutrientes semelhantes em suas partes, pode-se esperar um aumento de até 3 vezes na exigência da planta em nutrientes, quando irrigada.

Evidentemente uma cultura de feijão em sequeiro não estará com déficit de água durante todo seu período de crescimento. BERGAMASCHI et al. (1988), demonstraram que uma seca de 17 dias somente causa grandes prejuízos quando ocorre em período pré-florescimento-florescimento (F5), alterando completamente a acumulação de matéria seca, e portanto de nutrientes. Nestas condições, além de distúrbios na respiração e fotossíntese, a falta de á-

gua no solo é particularmente crítica com relação à disponibilidade de nutrientes, uma vez que é o período de maior demanda da planta.

Ora, se por um lado é possível demonstrar que em um solo com boas condições hídricas a aquisição de nutrientes pelas plantas é facilitada, deve-se lembrar que o maior crescimento e maior produtividade tem como consequência maior demanda. A maior demanda pode ser satisfeita apenas pela manutenção de boas condições hídricas? É uma resposta que depende muito do tipo de solo em que se trabalha. A pesquisa ainda não dispõe de uma resposta definitiva a esta questão.

Muitos trabalhos de adubação foram até hoje conduzidos, levando a boas recomendações para o feijoeiro cultivado em sequeiro. Para a cultura irrigada o acervo de conhecimento é pequeno. Desta forma, a recomendação de adubação dependerá muito do bom senso do técnico.

### 6.1. Nitrogênio

Tem sido obtidas respostas do feijoeiro ao nitrogênio aplicado, de maneira generalizada no Brasil todo, embora a frequência e amplitude de resposta variem de região para região (ROSOLEM, 1987).

De acordo com IGUE (1968), o feijoeiro responde a doses baixas de nitrogênio, até 30 kg/ha, quando em condição de sequeiro. Em melhores condições de cultivo, tem-se obtido respostas a 50 (FEITOSA et alii, 1980) e até 90 kg N/ha (PONS, 1979). Em Minas Gerais já foram encontradas respostas do feijoeiro até 150 kg N/ha (CARDOSO et alii, 1978).

Os autores são praticamente unânimes em considerar que na época da seca a probabilidade de resposta ao N tem sido menor.

Utilizando os resultados de ALMEIDA et alii (1982), obtidos em 3 locais durante 3 anos, foram calculadas as equações de resposta a nitrogênio em cultura de feijão das águas e da seca. Na pior condição, a equação obtida foi

y = 785,7 + 2,55x, ao passo que a resposta na melhor condição hídrica e de sanidade foi y = 1.759,2 + 8,09x. Isto quer dizer que a produtividade por kg de nitrogênio aplicado passou de 2,55 para 8,09 kg de feijão, além do patamar superior de produtividade. Assim, a adubação nitrogenada em condições hídricas satisfatórias seria mais eficiente e portanto, mais econômica. Desta forma, existe segurança para que se utilize mais nitrogênio em cultura irrigada do que em cultura de sequeiro. Quanto mais, ainda é uma resposta a ser dada pela pesquisa.

### 6.1.1. Época e modo de aplicação de nitrogênio

É fundamental que o feijoeiro esteja bem nutrido em nitrogênio no início da cultura. Em condição de sequeiro e doses de até 30 kg/ha a cobertura deve ser efetuada até 20 dias após a emergência das plantas (ROSOLEM, 1987).

Entretanto, MEIRELLES et alii (1980) demonstraram que, quando aplicaram o fertilizante na época da semeadura, logo após a emergência e até os 20 dias, 70% do nitrogênio contido na planta provinha do fertilizante, mas a partir dos 60 dias essa taxa caiu para menos de 40%, de maneira que a planta ao final do ciclo continha bem mais nitrogênio proveniente do solo do que do fertilizante. Baseados nestes resultados os autores recomendaram o parcelamento da adubação nitrogenada, devendo-se aplicar 1/3 da dose na semeadura e 2/3 dos 30 aos 45 dias, o que é discutível, frente a resultados de outros autores.

Considerando-se uma cultura de alta produtividade, com doses mais altas de nitrogênio, o maior parcelamento do nitrogênio pode encontrar justificativa, sem desconsiderar a exigência inicial da planta, pois REIS et alii (1972) observaram que na época das águas a falta de nitrogênio no sulco de semeadura foi prejudicial à produção, o que não ocorreu no ensaio da época seca.

Por outro lado, quando há simbiose, a fixação de nitrogênio é considerável a partir de 35-40 dias, o que pelo menos diminui a demanda pelo nutriente do fertilizante.

Uma possibilidade a ser melhor explorada é a injeção de fertilizantes na linha de irrigação.

As principais vantagens do sistema são:

- disponibilidade de nutrientes em local e época mais adequados à cultura;
- uniformidade de distribuição do fertilizante;
- resposta muito rápida, pois o nutriente é absorvido pelas folhas e pelas raízes.

No caso do feijoeiro, a aplicação de nitrogênio em cobertura pode ser feita em sua totalidade por este sistema. A concentração do nutriente na água é baixa, menor que 500 ppm, e que não oferece riscos de ocorrência de fitotoxidez nas folhas.

### 6.2. Fósforo

A exemplo de outras culturas o feijoeiro tem apresentado respostas ao fósforo aplicado (ROSOLEM, 1987; MORAES, 1988). As figuras 6 e 7 ilustram situações com nitrogênio e calagem, em interação com o fósforo aplicado.

Para as condições de irrigação, o mesmo raciocínio feito para o nitrogênio aplica-se também ao fósforo. Para a mesma dose de adubo obtém-se maior produtividade em cultura irrigada, mas provavelmente a dose mais econômica de fósforo será maior nestas condições do que em sequeiro, em função da maior produtividade alcançada. A figura 8, baseada nos resultados de FRIZZONE et alii (1982) mostra isso.

### 6.3. Potássio

MALAVOLTA (1971) relata que de 232 ensaios analisados apenas 15 demonstraram resposta ao potássio aplicado, ou seja, em apenas 7,5% dos casos. Da mesma forma, dentre 50 ensaios conduzidos no Estado de São Paulo (IGUE, 1968) encontrou resposta significativa em apenas 6, e o efeito médio de 9 kg/ha com a dose mais elevada de potássio. MALA-

VOLTA (1971), analisando 54 ensaios conduzidos no Estado de São Paulo, encontrou um efeito máximo de 335 kg/ha na produção de feijão, havendo casos de resposta negativa. É interessante notar que a maioria dos ensaios foi conduzida em locais onde os teores de potássio no solo eram médios ou altos.

A figura 9, extraída de RAIJ (1981), mostra a correlação entre o teor de potássio no solo e a produção do feijoeiro. O mesmo autor, através de revisão de literatura, propõe como limite superior para a classe de teor muito baixo o valor de 0,11 e.mg de potássio/100 g, e admite como médios os teores entre 0,17 e 0,25 e.mg de potássio/100 g. Estes valores correspondem, respectivamente a 70, 90 e 100% da produção máxima de feijão.

No Paraná têm sido encontrados resultados semelhantes, desde que o solo em questão não tenha sido utilizado intensamente (PARRA & VOSS, 1978). Em Minas Gerais, segundo GUEDES & JUNQUEIRA NETO (1978), é esperada resposta ao nutriente em solo sob cerrado.

Mesmo assim, têm sido recomendadas pequenas doses de potássio, pensando-se em restituir o nutriente que é exportado do campo de cultivo, pelo menos parcialmente.

### 6.4. Enxofre

VITTI et alii (1982) encontraram respostas muito significativa ao enxofre (Figura 10), demonstrando, entretanto, que concentrações de $S\text{-}SO_4$ no solo, da ordem de 2 ppm, seriam suficientes para a obtenção de altas produtividades. No caso particular deste experimento, isto correspondeu à aplicação de 20 kg/ha de enxofre.

Em Minas Gerais, BRAGA (1972) obteve resposta linear ao enxofre até a dose de 27 kg/ha.

Do conjunto dos trabalhos pode-se deduzir que embora sejam conseguidas respostas ao enxofre, a demanda da planta pode perfeitamente ser satisfeita pela aplicação de adubos contendo enxofre, como por exemplo o superfosfato sim

ples e sulfato de amônio. Na impossibilidade de utilização destes adubos, o enxofre pode perfeitamente ser fornecido na forma de gesso.

### 6.5. Adubação com micronutrientes

É muito difícil distinguir os efeitos dos micronutrientes sobre o processo de fixação simbiótica e sobre a planta do feijoeiro nos ensaios em que se estudou a aplicação destes nutrientes.

BRAGA (1972) concluiu que em Minas Gerais, as máximas produções de feijão foram obtidas quando foram aplicados 13,5 g/ha de molibdênio e encontrou uma resposta linear ao boro até 0,69 kg/ha. Quando a dose de molibdênio aplicada foi maior que 13 g/ha houve um decréscimo na produção. RUSCHEL et alii (1970) notaram um efeito maior de boro na planta de feijoeiro do que propriamente no processo simbiótico.

Nos estudos de MIYASAKA et al. (1966b, c, d, e, g, h, i, 1967a, b) os autores somente detectaram respostas a uma mistura de zinco, boro, cobre e molibdênio nos solos turfosos do Estado de São Paulo.

NAKAGAWA et al. (1981) estudaram a reação de diversos cultivares de feijão à aplicação de micronutrientes na forma de "fritas", em um Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa e em Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa. No primeiro solo não houve resposta do feijoeiro aos micronutrientes, tanto no ensaio das águas, como no ensaio da seca; entretanto, no segundo solo, onde os autores aplicaram os micronutrientes apenas na época das águas e estudaram o efeito residual na época da seca, houve um efeito positivo nas condições do residual.

Nas condições de solo de cerrado, tem-se obtido resposta a zinco (OLIVEIRA et alii, 1982; BUZETTI et alii, 1982).

Entretanto, no caso de ser necessário o fornecimento de micronutrientes as recomendações poderão ser as seguintes:

. Boro - 10 a 20 kg/ha de bórax na mistura de adubos;

. Cobre - 5 a 10 kg/ha de sulfato de cobre na mistura de adubos;

. Ferro - solução de sulfato ferroso a 1% neutralizado com cal (25 a 50 litros/ha);

. Manganês - solução de sulfato manganoso a 2% neutralizado com cal (25 a 50 litros/ha);

. Molibdênio - 0,5 a 1 kg de molibdato de sódio na mistura de adubos;

. Zinco - 20 a 30 kg/ha de sulfato de zinco na mistura;

. Cobalto - 0,25 a 0,5 kg de cloreto de cobalto na mistura de adubos.

Na falta de outras informações pode ainda ser utilizada a seguinte tabela, sugerida por MALAVOLTA & KLIEMANN (1985):

Níveis de micronutrientes no solo:

| Elemento | Nível adequado |
|---|---|
| B | > 0,30 |
| Cu | > 0,80 |
| Fe | > 30 |
| Mn | > 5 |
| Zn | > 1,0 |

B - água quente, Cu, Fe, Mn, Zn, duplo ácido.

## 7. LITERATURA CITADA

ALMEIDA, L.D'A. de; BULISANI, E.; GALLO, P.B.; SABINO, J. C. Respostas de três cultivares de feijoeiro à adubação nitrogenada. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, I., Goiânia, 1982. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p.184-7.

AVILAN ROVIRA, L.A. Estudo do sistema radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Carioca. Piracicaba, 1975. 86p. (Tese de Doutorado, ESALQ/USP).

BARBER, S.A. Soil Nutrient bioavailability: A mechanistic aproach. John Wiley & Sons, New York, 1985. 389p.

BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; OMETTO, J.C.; ANGELOCCI, R.R.; LIBARDI, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro: I. Análise de crescimento e fenologia. Pesq. Agropec. bras., 23(7): 735-743. 1988.

BITTENCOURT, V.C.; GOMES, V.B.; ZAMBELLO JÚNIOR, E. Efeito da aplicação de calcário em Terra Roxa Estruturada e sua influência na produção do feijoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.265-71.

BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro "Rico 23" à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. Revista Ceres, Viçosa, 19(103): 222-6.

BUZETTI, S.; SÁ, M.E. de; MORELO, S.; DEZIDÉRIO, N.D. Efeitos de micronutrientes na cultura do feijoeiro cv. Carioca. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p.173-5.

CARDOSO, A.A.; FONTES, L.A.N.; VIEIRA, C. Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ceres, Viçosa, 25(139): 292-5, 1978.

COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 28: 257-74, 1971.

FEITOSA, C.T.; RONZELLI Jr., P.; ALMEIDA, L.D'A. de; VEIGA, A.A.; HIROCE, R.; JORGE, J.P.N. Adubação NP para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)na presença e na ausência de calcário. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4(3): 156-9, 1980.

FRIZZONE, J.A.; CASSIANO SOBRINHO, F.; SÁ, M.E. de; BUZETTI, S. Efeito da irrigação e da adubação fosfatada sobre a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p.169-72.

GALLO, J.R. & MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. Bragantia, Campinas, 20(40): 867-84, 1961.

GUEDES, G.A.A. & JUNQUEIRA NETO, A. Calagem e adubação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 4(46): 21-3, 1978.

HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. Bragantia, Campinas, 26(30): 381-91, 1967.

IGUE, T. Interações em grupos de experimentos de adubação do feijoeiro com N, P e K, seguindo o esquema fatorial 3x3x3. Piracicaba, 1968. 81p. (Mestrado, ESALQ/USP).

INFORZATO, R.; GUIMARÃES, G.; BORGONOVI, M. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz e do feijoeiro em duas séries de solo do Vale do Paraíba. Bragantia, Campinas, 23(30): 365-70, 1964.

INFORZATO, R. & MIYASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 22(2): 477-82, 1963.

MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A.; BALDUCCI Jr., J.J.; NAKAGAWA, J. Adubação foliar do feijoeiro. I. Estudo das épocas de aplicação de nitrogênio. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 1, Botucatu, 1981. Anais. Botucatu, FEPAF, 1981. p.121.

MALAVOLTA, E. (coord.). Nutrição e adubação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., Viçosa, 1971. Anais. São Paulo, Ministério da Agricultura, 1972. p.209-42.

MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H.J. Desordens Nutricionais no Cerrado. Piracicaba, Potafós, 1985. 136p.

MASCARENHAS, H.A.A.; ALMEIDA, L.D'A. de; MIYASAKA, S.; FREITAS, E.S.; CIONE, J.; HIROCE, R.; NERY, J.P. Adubação mineral do feijoeiro. XII. Efeitos da calagem, do nitrogênio e do fósforo em solo Latossolo Vermelho Amarelo do Vale do Ribeira. Bragantia, Campinas, 28 (7): 71-83, 1969.

MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4(2): 83-8.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; ALVES, S.; ROCHA, T.R. Adubação mineral do feijoeiro. III. Efeitos de N, P, K,da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em solo massapê-salmourão. Bragantia, Campinas, 25(15): 179-88, 1966b.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; CAMPANA, M. Adubação mineral do feijoeiro. II. Efeitos de N, P, K, da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes em terra roxa misturada. Bragantia, Campinas, 25(3): 145-59, 1966c.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; SCHMIDT, N.C.; LEITE, N. Adubação mineral do feijoeiro. V. Efeitos de N, P, K, e de uma mistura de micronutrientes em dois solos do Vale do Paraíba. Bragantia, Campinas, 25(28): 307-16, 1966a.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. Bragantia, Campinas, 22(2): 511-9, 1963.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; ALCOVER, H. Adubação mineral do feijoeiro. VII. Efeitos de N, P, K, S, da calagem e de uma mistura de micronutrientes, no sul do Planalto Paulista. Bragantia, Campinas, 25(35): 385-92, 1966e.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; IGUE, T.; PARANHOS, S.B. Adubação mineral do feijoeiro. X. Efeitos de N, P, K, S, e de uma mistura de micronutrientes, em terra roxa legítima e terra roxa misturada. Bragantia, Campinas, 26(21): 287-302, 1967a.

MIYASAKA, S.; MASCARENHAS, H.A.A.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; SORDI, G. de. Adubação mineral do feijoeiro. IX. Efeitos de N, P, K, S, e de uma mistura de micronutrientes, em "terra roxa misturada" previamente tratada, ou não, com calcário dolomítico e adubação verde com labelabe. Bragantia, Campinas, 26(12): 171-80, 1967b.

MIYASAKA, S.; MASCARENHAS, H.A.A.; FREIRE, E.S.; ROCHA, T.R.; ALVES, S.; ISSA, E. Adubação mineral do feijoeiro. VI. Efeitos de N, P, K, S e de uma mistura de micronutrientes, em solo massapê-salmourão. Bragantia, Campinas, 25(34): 371-84, 1966h.

MORAES, J.F.V. Calagem e Adubação. In: Cultura do Feijoeiro: Fatores que afetam a produtividade. Potafós, Piracicaba, 1988. p.261-294.

MUZILLI, O. Desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar "Goiano precoce" e absorção de nutrientes em função da acidez do solo Latossol Roxo distrofic Piracicaba, 76p. (Mestrado-ESALQ). 1974.

NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O.; MARCONDES, D.A. S. Comportamento de algumas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de micronutrientes. Experimento I. Científica, Jaboticabal, 9 (1): 67-71, 1981.

OLIVEIRA, I.P. de.; KLUTHCOUSKI, J.; CARVALHO, J.R.P. de. Efeitos de macro e micronutrientes na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em Latossolo Vermelho Escuro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p.214-6.

PARRA, M.S. & VOSS, M. Adubação do feijoeiro no Paraná. In: MANUAL AGROPECUÁRIO DO PARANÁ. Londrina, IAPAR, 1978. p.247-55.

PONS, A.L. Efeito da adubação nitrogenada, fosfatado e potássica sobre o rendimento de feijão em dois solos do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17., Manaus, 1979. Resumos, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. p.51.

PORTELA, M.C.L. da S.; DEFELIPO, B.V.; BRAGA, J.M.; RIBEIRO, A.C. Necessidade de calagem da cultura do feijão, em solos da microrregião da Mata de Viçosa, Minas Gerais. Experimento em casa-de-vegetação. Revista Ceres, Viçosa, 32(182): 271-82, 1985.

RAIJ, B., van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato. Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

REIS, M.S.; VIEIRA, C.; BRAGA, J.M. Efeitos de fontes, doses e épocas de aplicação deadubos nitrogenados sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ceres, Viçosa, 19(101): 25-42, 1972.

ROSOLEM, C.A. Nutrição e Adubação do Feijoeiro. Potafós, Piracicaba. 93p. 1987.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; KANTAK, R.A.D. Adubação foliar do feijoeiro. IV. Efeitos de doses e épocas de aplicação de NPKS. Revista de Agricultura, Piracicaba, 58(4): 305-14, 1983.

SAITO, S.M.T.; BONETTI, R.; URQUIAGA S.; VICTORIA, 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., Goiânia, 1982. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p.316

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, S.C. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro: 1. Produtividade. Pesquisa Agropec. bras., 23(2): 161-167. 1988.

PPI Potasch: 1st need and use in modern Agricultures. Saskatoon. 1988. 44p.

VIEIRA, C. Cultura do feijão. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 146p.

VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; FERREIRA, M.E.; RAGAZZI, D.; HING, L.T. Efeito de doses de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista de Agricultura, Piracicaba, 57(3): 119-32, 1982.

WESTERMANN, D.T.; KLEINKOPF, G.E.; PORTER, L.K.; LEGGETT, G.E. Nitrogen sources for bean seed production. Agronomy Journal, Madison, 73(4): 660-4, 1981.

TABELA 1. Rendimento de culturas de feijão em lavouras demonstrativas instalados no Rio Grande do Sul, sob o patrocínio da ANDA e EMATER-RS, safra 79/80 (média do Estado: 403 kg/ha).

| | Rendimento (kg/ha) | | Aumento (%) | Lucro adicional pela adubação (Ncz$) |
|---|---|---|---|---|
| | Com adubo | Sem adubo | | |
| Primeiro colocado | 2400 | 600 | 300 | 32.400,00 |
| Média dos 5 primeiros | 1718 | 586 | 193 | 17.772,00 |
| Média de 25 campos | 938 | 409 | 129 | 6.667,00 |

TABELA 2. Quadro comparativo de exigências e exportações de nutrientes pela soja e feijão, para cada tonelada de grãos produzida.

| Nutriente | Exigência (kg/ha) | | Exportação (kg/ha) | |
|---|---|---|---|---|
| | Soja | Feijão | Soja | Feijão |
| N | 81 | 153 | 65 | 84 |
| P | 6 | 23 | 5 | 12 |
| K | 27 | 127 | 16 | 36 |
| Ca | 17 | 54 | 3 | 6 |
| Mg | 11 | 18 | 2 | 3 |
| S | 3 | 25 | 2 | 10 |

TABELA 3. Distribuição em profundidade (%) do sistema radicular do feijoeiro, variedade Creme, em dois solos do Estado de São Paulo, na época do florescimento.

| Profundidade (cm) | S O L O | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Podzólico Vermelho Amarelo | | Pdzólico de Lins e Marília | |
| | Por camada | Acumulado | Por camada | Acumulado |
| 0 - 10 | 74,5 | - | 87,4 | - |
| 10 - 20 | 9,1 | 83,6 | 10,0 | 97,4 |
| 20 - 30 | 5,0 | 88,6 | 1,0 | 99,4 |
| 30 - 50 | 7,6 | 96,2 | 1,0 | 99,4 |
| 50 - 90 | 3,8 | 100,0 | 0,6 | 100,0 |

Fonte: INFORZATO & MIYASAKA (1963).

TABELA 4. Crescimento radicular de cultivares de feijão tolerantes (BAT 85 e BAT 477) e não tolerantes à seca (BAT 1224 e A 70), com e sem déficit hídrico (CIAT, 1985).

| Variáveis | Tratamento | Cultivar | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | BAT 85 | BAT 477 | BAT 1224 | A 70 |
| Produtividade | C* | 1458 | 1457 | 548 | 570 |
| | S | 2517 | 2538 | 2344 | 2768 |
| Produtividade de 90% das raízes (cm) | C | 100 | 100 | 60 | 60 |
| | S | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Matéria seca das raízes (Mg) | C | 541 | 599 | 534 | 494 |
| | S | 660 | 715 | 725 | 598 |

* C... com déficit hídrico
S... sem déficit hídrico

TABELA 5. Interação do suprimento de água e nutrição potássica na produção de milho.

| Experimento de água | Produção | | |
|---|---|---|---|
| | -K | +K | Diferença |
| mm | kg/ha | | |
| Deficiente 202 | 5560 | 8100 | 2560 |
| Ótimo 448 | 9300 | 9800 | 500 |
| Excessivo 655 | 5710 | 8730 | 3020 |

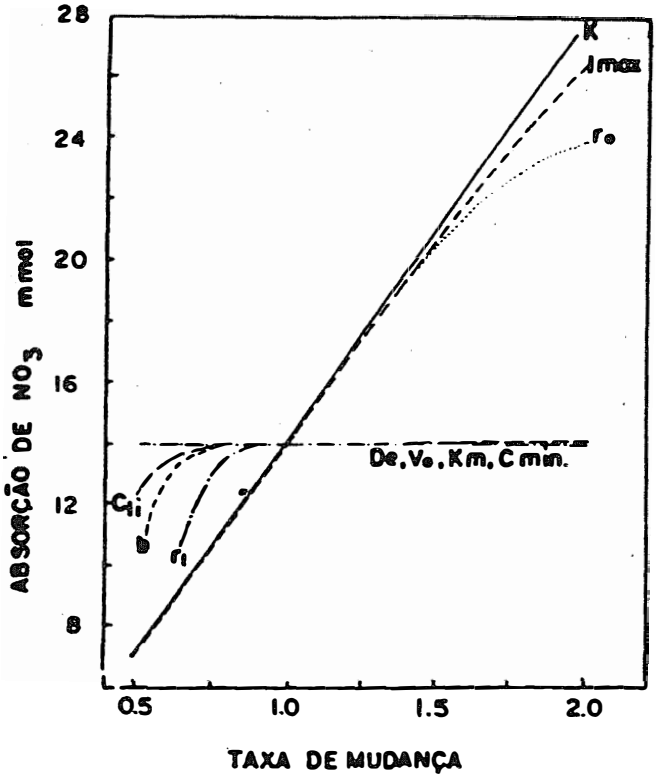



Figura 1 - Modificação na absorção de nitrato pelo milho em função da taxa de modificação de diversos parâmetros.

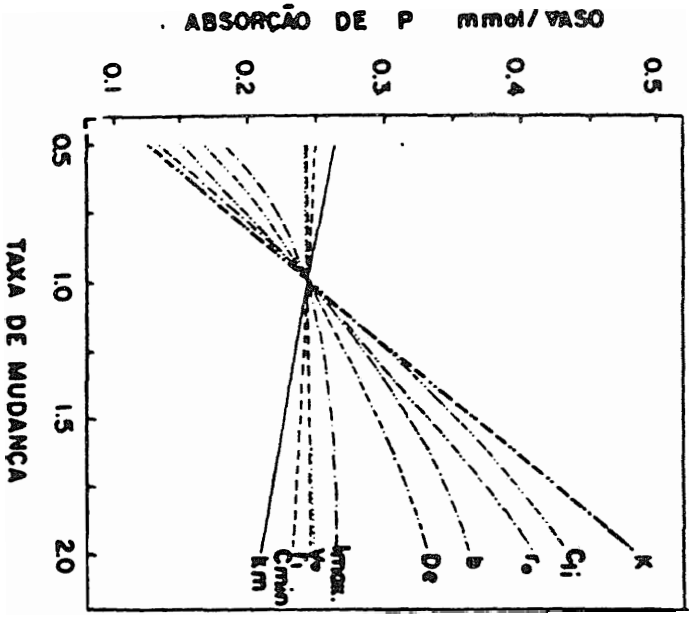



Figura 2 - Modificação na absorção de fósforo pelo milho em função da taxa de modificação de diversos parâmetros.

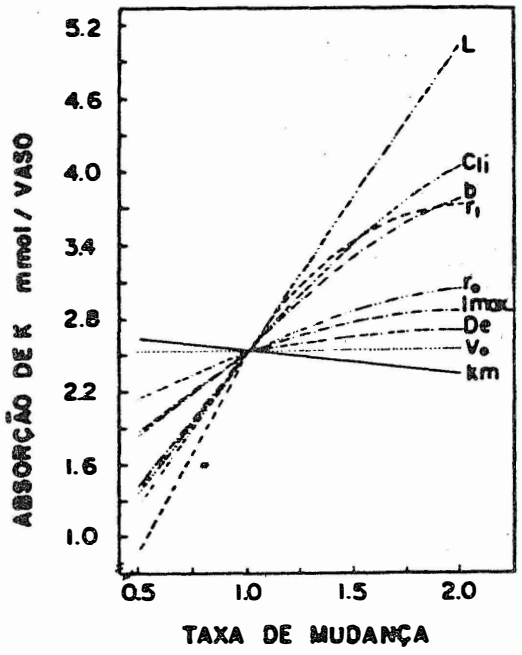



Figura 3 - Modificação na absorção pelo milho em função da taxa de modificação de diversos parâmetros.

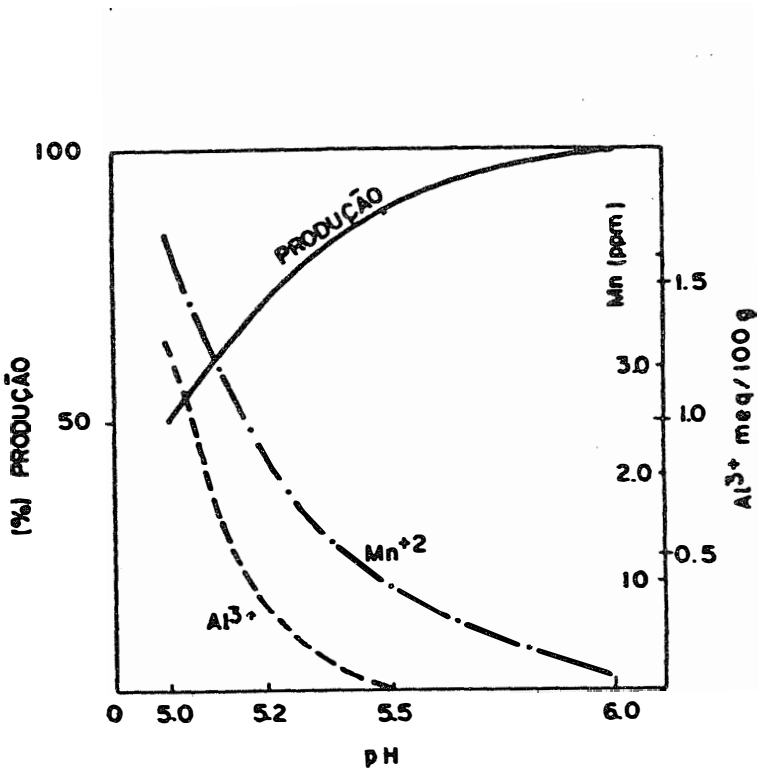



Figura 4 - Resposta do feijoeiro a calagem, Al e Mn do solo.

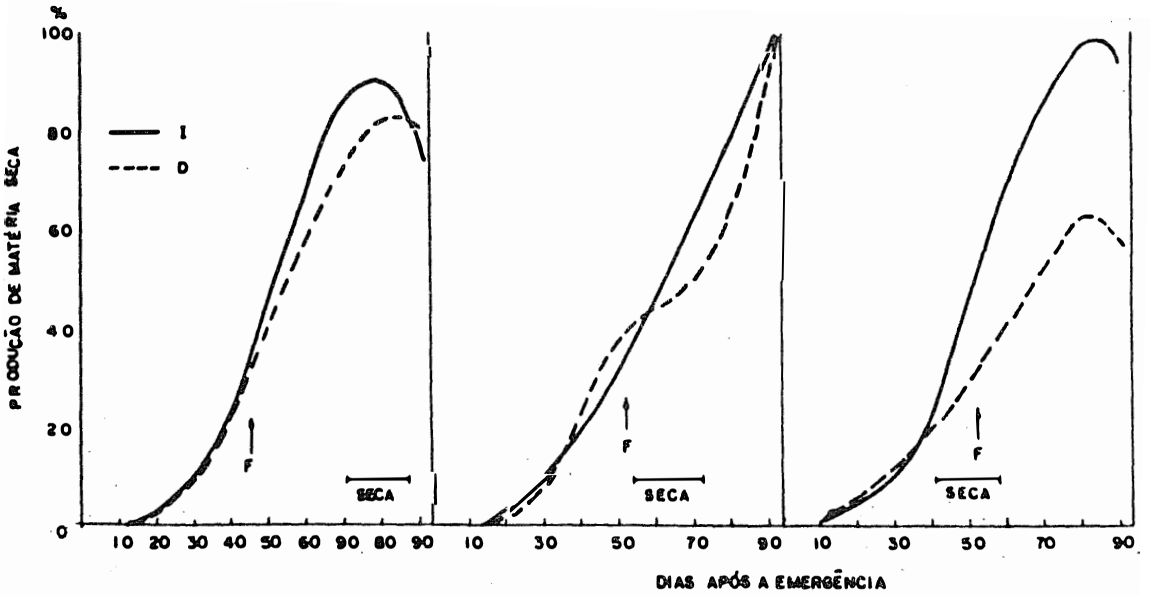



Figura 5 - Produção relativa de matéria seca pelo feijoeiro submetido a 17 dias de seca em três estágios de crescimento.

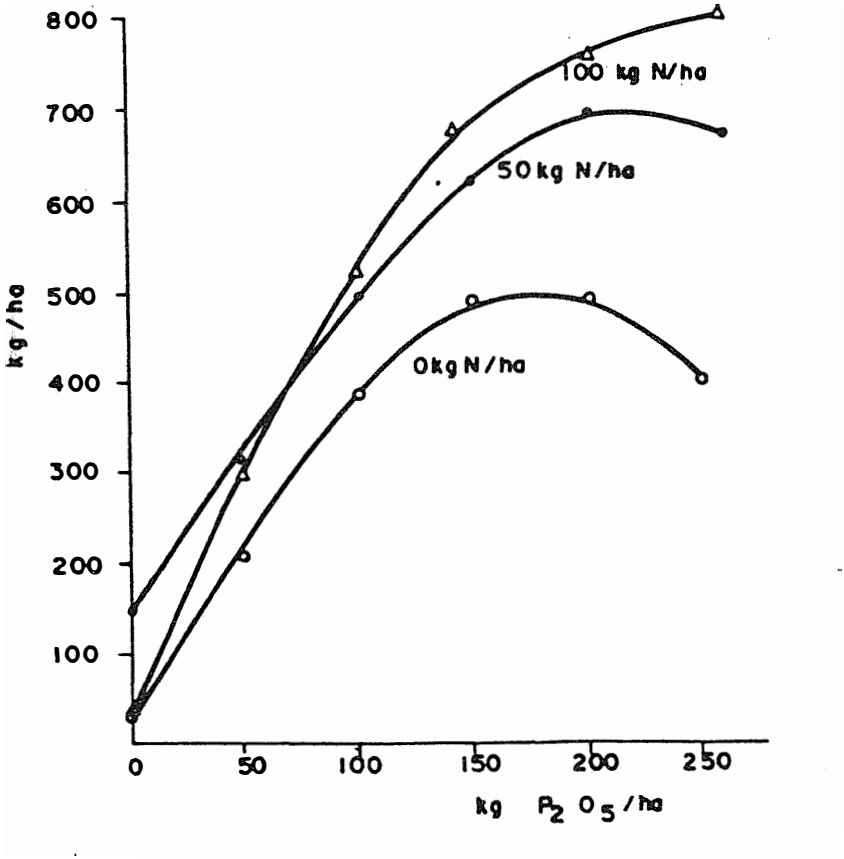



Figura 6 - Interação fósforo x nitrogênio em feijoeiro.

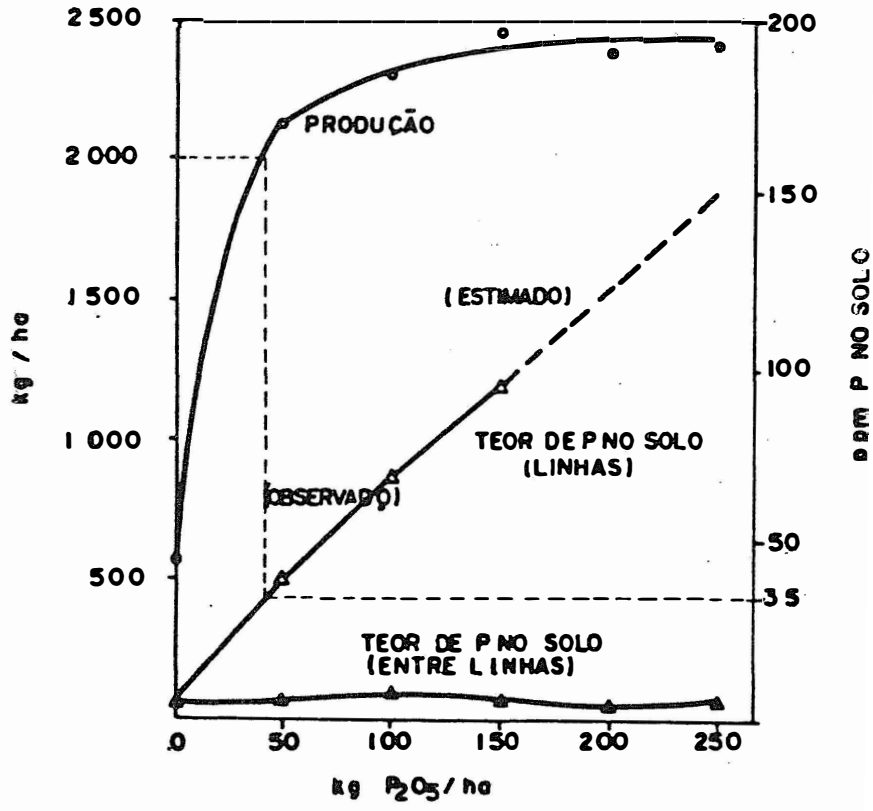



Figura 7 - Resposta do feijoeiro a fósforo e teor do nutriente no solo.

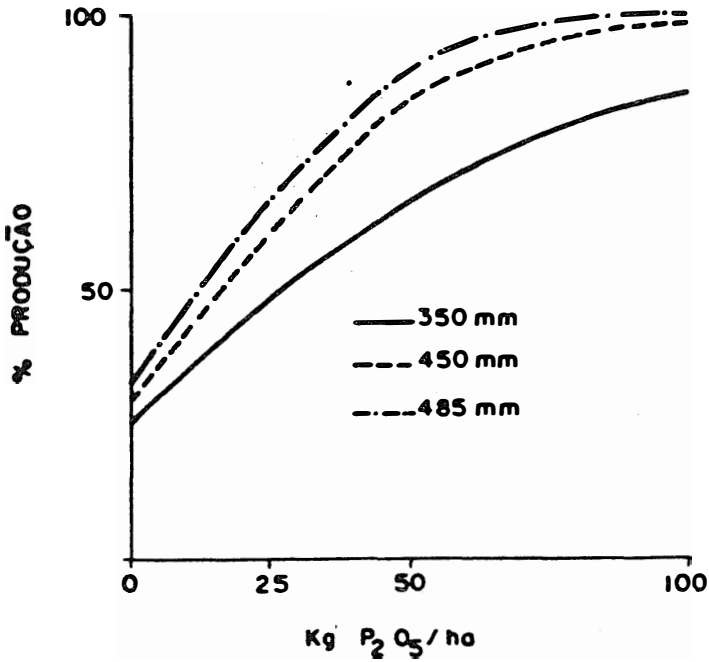



Figura 8 - Produtividade do feijoeiro em função de doses de fósforo e irrigação.

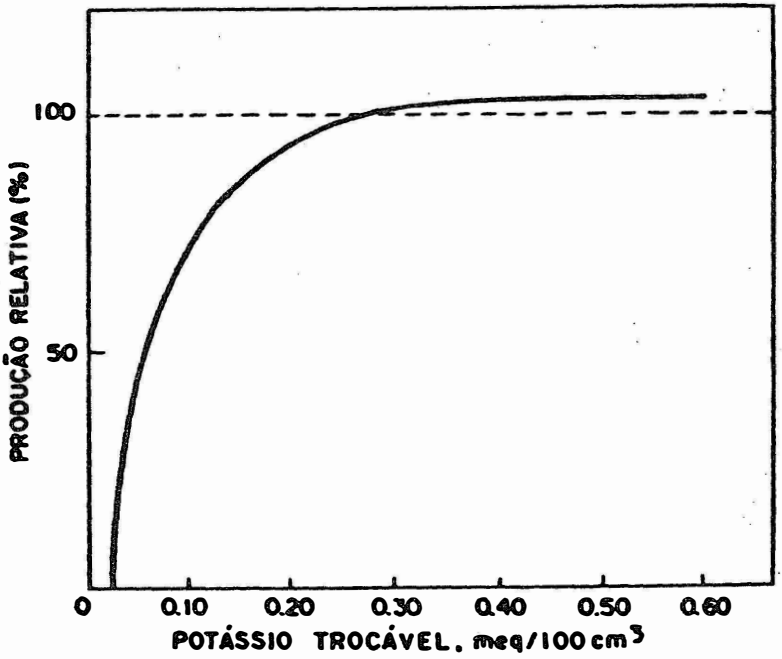



Figura 9 - Curva de produção relativa de feijão em função dos teores de K no solo.

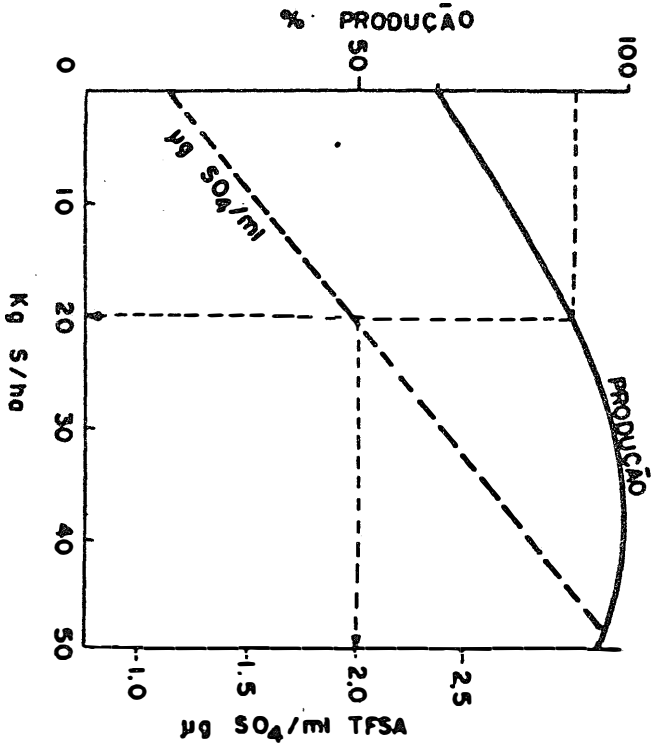



Figura 10 - Produção de feijão em função de doses e teores de enxofre no solo.

# CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*)

*Ricardo Victória Filho**

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijão no Brasil, de um modo geral apresenta baixa produtividade. Diversos fatores contribuem para essa baixa produtividade. Assim podemos citar alguns deles como por exemplo, o baixo índice de mecanização, a localização em áreas acidentadas onde predomina a pequena propriedade, e baixa utilização de novas tecnologias pelo agricultor.

A infestação de plantas daninhas junto à cultura se constitui num fator muito importante, e que acarreta prejuízos enormes a produção pela competição que exerce em água, luz e nutrientes.

## 2. COMPETIÇÃO DAS PLANTAS DANINHAS

O feijoeiro é uma planta de ciclo curto, semeada a um espaçamento estreito, mas que mesmo assim sofre a competição das plantas daninhas na fase inicial de seu desenvolvimento. Diversos trabalhos conduzidos no Brasil mostram que o período mais importante dessa competição situa-se entre 20 e 30 dias após a emergência da cultura (BLANCO, 1969; VIEIRA, 1970; COSTA et al., 1971).

A competição das plantas daninhas com a cultura do feijão depende de uma série de fatores relacionados a cultura ou com as plantas daninhas. Assim, podemos citar como exemplo o tipo de planta daninha infestante, a densidade de ocorrência, o período que elas permanecem junto a cultura, a variedade de feijão utilizada, o espaçamento e adubação utilizada.

* Prof. Associado - Depto. de Horticultura - ESALQ/USP.

Algumas plantas daninhas pela agressividade que apresentam, assim como pela dificuldade de controle devem sempre ser conhecidas pelo agricultor para que se adote o melhor manejo delas, ou então se evite a introdução em áreas onde elas ainda não estejam presentes. No quadro 1 estão relacionadas algumas dessas plantas.

De acordo com GELMINI (1982) as principais plantas daninhas que crescem na cultura do feijão são as seguintes: (a) monocotiledôneas anuais: *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada), *Cenchrus echinatus* (capim carrapicho), *Digitaria sanguinalis* (capim-colchão), *Eleusine indica* (capim pé-de-galinha); (b) monocotiledôneas perenes: *Cynodon dactylon* (grama-seda), *Cyperus rotundus* (tiririca), *Commelina virginica* (trapoeraba); (c) dicotiledôneas: *Acanthospermum australe* (carrapicho-rasteiro), *Acanthospermum hispidium* (carrapicho-de-carneiro), *Amaranthus hibridus* (caruru), *Ageratum conyzoides* (mentrasto), *Bidens pilosa* (picão-preto), *Borreria alata* (erva quente), *Emilia sonchifolia* (falsa serralha), *Galinsoga parviflora* (picão branco), *Euphorbia heterophylla* (amendoim-bravo), *Ipomea* sp. (corda-de-viola), *Portulaca oleracea* (beldroega), *Richardia brasiliensis* (poaia-branca), *Sida rhombifolia* (guanxuma), *Alternanthera ficoidea* (apaga-fogo).

## 3. CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS

As plantas daninhas que ocorrem na cultura do feijão podem ser controladas por meios manuais (enxada), por meios mecânicos (diversos tipos de cultivadores) além do método químico. O controle manual das plantas daninhas através da enxada é ainda muito utilizado na cultura do feijão.

Além disso devem ser utilizados os métodos culturais que procuram fornecer as melhores condições possíveis à planta cultivada para que ela estabeleça rapidamente na superfície do solo.

É importante salientar que a capina manual ou o cultivo mecânico deve ser realizado o mais cedo possível quando as plantas daninhas estão na fase cotiledonar ou

com as primeiras folhas verdadeiras. Esse controle deve ser efetuado na camada superficial (3-5 cm) de forma a destruir as plantas daninhas que estão germinando e sem trazer à superfície as sementes das camadas mais profundas (ALMEIDA et al., 1983).

### 3.1. Controle químico

Atualmente encontramos no mercado diversos herbicidas para uso na cultura do feijão. Cada um deles tem um determinado espectro de ação. É importante se conhecer as plantas daninhas mais importantes na área para que possamos escolher o herbicida mais adequado, ou utilizarmos uma mistura deles.

#### a) Época de aplicação

Basicamente os herbicidas recomendados para a cultura do feijão são aplicadas em pré-plantio incorporados, em pré-emergência ou em pós-emergência.

Os herbicidas aplicados em pós-emergência sobre as plantas daninhas e sobre a cultura são absorvidos principalmente via foliar.

As condições para que haja sucesso no funcionamento dos herbicidas aplicados em pós-emergência são os seguintes (VICTORIA FILHO, 1982): (1ª) o herbicida deve atingir o alvo, ou seja, deve cobrir uniformemente na maioria dos casos, a superfície foliar das plantas. Todavia, isso não acontece em muitas situações de aplicação no campo, provocando falhas nos resultados; (2ª) havendo uma aplicação uniforme, e o herbicida estando na superfície foliar, deve haver sua retenção na superfície, por um tempo suficiente para que ele seja absorvido. A presença de cutícula espessa, ou a ocorrência de chuvas logo após a aplicação, pode provocar a falha na atuação dos herbicidas. A retenção na folha pode ser melhorada com a adição de produtos denominados surfatantes; (3ª) após a retenção do herbicida o passo seguinte é a absorção pela planta. A principal barreira à absorção dos herbicidas aplicados a

folha, é a cutícula que reveste toda a superfície foliar, inclusive as câmaras subestomáticas dos estômatos. A cutícula é constituída de ceras, cutinas, pectinas e celulose. As ceras são lipofíticas, a cutina é parcialmente lipofílica e a pectina e celulose são hidrofílicas. A passagem do herbicida pela cutícula pode se dar por rota aquosa que ocorre com as substâncias polares (ex.: água), ou então por rota lipoidal que ocorre com as substâncias não polares (ex.: óleo). Após a passagem pela cutícula os herbicidas devem atravessar a parede celular, e após o plasmalema para atingir o interior da célula. Os fatores ambientais como umidade relativa, temperatura, luz, chuva e vento afetam a absorção dos herbicidas; (4º) após a absorção, a grande maioria dos herbicidas se move do local da aplicação para o local de ação nas plantas. São denominadas de translocação ou sistêmicos. Fazem exceção os herbicidas de ação tópica, ou seja, que atuam somente nos tecidos onde entram em contato.

Os herbicidas de translocação simplástica são aqueles que translocam predominantemente pelo simplasto, ou seja, pelo conjunto vivo e contínuo, formado pelos protoplastos da planta. O floema faz parte do simplasto da planta. Os herbicidas de translocação apoplástica são aqueles que translocam pelo apoplasto, ou seja, pelas paredes celulares e outros tecidos não vivos da planta, como por exemplo, o xilema. No quadro 2 estão classificados os principais herbicidas pelo tipo de mobilidade que apresentam na planta.

Portanto, caso ocorram falhas dos herbicidas aplicados em pós-emergência, devemos seguir os itens relacionados anteriormente para buscarmos as possíveis razões do insucesso.

Os herbicidas de aplicação em pré-plantio incorporados ou em pré-emergência são aplicados antes da emergência das plantas daninhas. O sucesso de uma aplicação de um herbicida no solo depende de uma série de fatores:

1º) o herbicida deve atingir o alvo, ou seja, a superfície do solo uniformemente. Daí a importância de um co

nhecimento perfeito relacionado aos equipamentos de aplicação. Isso porque são doses muito pequenas que devem ser uniformemente distribuídas na superfície.

2º) O herbicida deve penetrar no solo, ou seja, sofrer uma pequena lixiviação na camada superficial onde germina a grande maioria das plantas daninhas. Se não houver chuva, e o herbicida permanecer na superfície, grande parte do ingrediente ativo se perde pelos fatores de degradação, a não ser aqueles herbicidas de longo efeito residual, cuja perda é menor.

3º) O herbicida deve ser absorvido pelas plantas daninhas em início de germinação. Normalmente os herbicidas de solo são de translocação predominantemente apoplástica, ou seja, são absorvidos pelo sistema radicular.

4º) Após a absorção, os herbicidas são translocados até o local de ação. Como exemplo, temos os herbicidas inibidores de fotossíntese.

Os principais herbicidas recomendados para a cultura do feijão encontram-se relacionados no quadro 3.

A seletividade dos herbicidas para a cultura do feijão ocorre da seguinte maneira:

1º) nas aplicações dos herbicidas em pré-plantio incorporado, as sementes de feijão são colocadas na camada tratada pelo herbicida. As plantas de feijão também absorvem o herbicida, mas devido a uma metabolização em compostos não tóxicos, como devido a morfologia da planta que tendo raiz pivotante consegue sair mais rapidamente da camada tratada, as plantas não são afetadas. Esses herbicidas de aplicação em pré-plantio incorporado na cultura do feijão de um modo geral controlam mais as gramíneas que, apresentando um sistema radicular fasciculado, não conseguem sair facilmente da camada tratada.

2º) nas aplicações dos herbicidas em pré-emergência a seletividade é mais devida a um posicionamento no solo, mas também em muitas situações está envolvida a sele-

tividade fisiológica.

3º) nas aplicações em pós-emergência a seletividade é mais fisiológica ou seja, as plantas de feijão absorvem também o herbicida mas apresentam mecanismos de degradação que evitam as injúrias às plantas.

Nas aplicações de herbicidas no solo é importante se conhecer os efeitos residuais para evitar injúrias à cultura em rotação. VICTORIA Fº (1975), procurando verificar os efeitos residuais de aplicação sequencial no feijão das águas e das secas no mesmo ano agrícola, não encontrou efeitos danosos às plântulas do sorgo utilizando os herbicidas trifluralin, mitralin e EPTC.

De um modo geral, na cultura do feijão, sempre se deve realizar um planejamento adequado de tal modo a se utilizar uma integração dos métodos de controle químico e mecânico, dependendo de cada situação específica.

## 4. LITERATURA CITADA


ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N. & OLIVEIRA, V.F. Controle de plantas daninhas na cultura do feijão no Estado do Paraná. Circular IAPAR nº 32, 1983. 22p.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A. & ARAUJO, J.B.M. Competição de plantas daninhas com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). O Biológico, 35(12): 304-308, 1969.

COSTA, A.M. da; XAVIER, F.E. & BRAUNER, G.C. Período crítico de concorrência entre feijoeiro e as plantas invasoras. I SIBRAFE, 1971.

GELMINI, G.A. & ROSTON, A.J. Controle de plantas daninhas na cultura do feijão. CATI. Bol. Técnico nº 161, 1982. 22p.

VICTORIA FILHO, R. Controle químico de plantas daninhas. In: Controle Integrado de Plantas Daninhas, CREA-SP, p.77-102. 1985.

VICTORIA FILHO, R. Herbicidas na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): controle, fitotoxicidade e persistência no solo. ESALQ/USP, 1975, 102p. (Dissertação de Mestrado).

QUADRO 1 - Plantas daninhas de difícil controle, e que justificam um programa adequado de prevenção.

| Nome comum | Nome científico | família | ciclo de vida |
|---|---|---|---|
| grama-seda | Cynodon dactylon | Gramineae | perene |
| Capim.colchão | Panicum maximum | Gramineae | perene |
| Campim-massambará | Sorghum halepense | Gramineae | perene |
| Sapé | Imperata cylindrica | Gramineae | perene |
| Tiririca | Cyperus rotundus | Cyperaceae | perene |
| Capim-fino | Brachiaria mutica | Gramineae | perene |

QUADRO 2 - Tipos de translocação dos principais herbicidas nas plantas.

| Mobilidade fácil | | Mobilidade limitada | | | | pouca ou nenhuma mobilidade |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Apoplasto | Simplasto | Ambos | Apoplastos | Simplastos | ambos | |
| ac. cacodílico | glifosate | amitrole | bipiridilios | fenoxis[a/] | cloramben[a/] | DCPA |
| cloroacetamidas | hidrazida maleica | asulam | chloruxuron | | naptalan | dinoseb |
| difenamida [a/] | | dalapon | | | fenoxis[a/] | dinitroanilinas |
| naproparnida | | dicamba | | | propanil | |
| pronamida | | DSMA | | | | |
| tiocarbamatos | | MSMA | | | | |
| triazinas | | picloram | | | | |
| uracilas | | 2,3,6 TBA | | | | |
| uréias | | | | | | |

[a/] translocação varia muito dependendo da espécie.

FONTE: ASHTON, P.M. e CRAFTS, A.J. (1981).

QUADRO 3 - Principais herbicidas utilizados para cultura do feijão

| Nome comum | nomes comerciais | doses p.c./ha | plantas daninhas controladas | época de aplicação | Observações |
|---|---|---|---|---|---|
| Trifluralin | Herbiflan | 1,2 -2,4 | gramíneas e algumas dicotiledôneas | pré-plantio incorporado | incorporar de 5 a 10 cm até 8 hs após a aplicação |
| | Lifalin | | | | |
| | Marcap | | | | |
| | Treflan | | | | |
| | Trifluralina Nortox | | | | |
| | Trifluralina Fecotrigo | | | | |
| | Trifluralina 600 | 0,9 -1,8 | | pré-emergência | |
| EPTC | Eptam | 5,0 -6,0 | gramíneas e algumas dicotiledôneas | pré-plantio incorporado | incorporação imediata até 5-7 cm de profundidade |
| Pendimethalin | Herbadox | 2,0 -3,0 | gramíneas e algumas dicotiledôneas | pré-plantio incorporado | incorporação até 5 dias após a aplicação numa profundidade de 3-5 cm. |
| Bentazon | Basagram | 1,5 | dicotiledôneas | pós-emergência | não utilizar em época seca ou com temperatura muito baixa. |
| Sethoxydim | Poast | 1,25 | gramíneas | pré-emergência | aplicar em boas condições de desenvolvimento de gramínea |

# MANEJO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

*Durval Dourado Neto*[1]

## 1. INTRODUÇÃO

A adoção da prática de irrigação requer o uso de alta tecnologia com consequente elevado custo de produção. Há estudos que indicam que quanto mais se investe em tecnologia, até um certo limite, maior a relação benefício - custo, ou seja, maior é o lucro.

A viabilidade econômica da adoção da técnica de irrigar é verificada quando a receita líquida correspondente ao acréscimo de produção devido à irrigação pagar pelo menos o investimento referente ao sistema de irrigação implantado, num determinado período de tempo, por causa de outras vantagens adicionais, tais como: (1) maior flexibilidade no planejamento de exploração da terra em função do mercado; (2) maior índice de exploração da terra; (3) menor risco de perda; (4) menor utilização de mão-de-obra (em alguns casos), (5) viabilidade de aplicação de fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas na época oportuna, de forma adequada e com uniformidade satisfatória (irrigação localizada ou por aspersão).

O presente trabalho tem por objetivo abordar de forma simples e objetiva os princípios fundamentais e os aspectos práticos sobre o manejo da irrigação na cultura de feijão.

[1] Professor Assistente. Depto. de Agricultura - ESALQ/USP. Cx. Postal 9 - Piracicaba, SP, CEP 13400.

## 2. MANEJO DA IRRIGAÇÃO PELO MÉTODO DO TENSIÔMETRO

### 2.1. Algumas considerações

Para compreensão do princípio de funcionamento do tensiômetro, necessitar-se-ia abordar alguns conceitos de: (1) termodinâmica (para definição do potencial mátrico), (2) tensão superficial, (3) capilaridade, (4) adsorção, e (5) a estrutura molecular da água, o que não é o objetivo deste curso. Porém, convém definir potencial mátrico, pois em última instância, é o que o tensiômetro mede.

Define-se potencial mátrico como a variação parcial da energia livre de Gibbs, devido unicamente à variação do teor da solução do solo de um estado padrão definido arbitrariamente a um estado considerado de interesse, sendo que os demais componentes permanecem constantes.

Em outras palavras, potencial mátrico é a energia por unidade de volume dispendida para que a solução retida fique livre da matriz do solo. Potencial mátrico tem dimensão de pressão, normalmente expresso em centímetros de coluna de água equivalente, tendo assim a possibilidade de comparação (pode-se prever se haverá movimento ou não de um ponto a outro no solo), porque se trata de grandeza intensiva.

O método exato de controle de irrigação ainda não foi inventado. O tensiômetro mede o potencial mátrico da solução do solo, o qual isoladamente seria uma informação incompleta. Para controlar a irrigação baseado num potencial mátrico crítico, deve-se levar em consideração além da espécie e do cultivar, as condições de clima (umidade relativa, temperatura, vento, insolação) e do solo (mineralogia da argila, porosidade total, curva característica de retenção da solução do solo e condutividade hidráulica).

Sendo assim, o potencial mátrico crítico é variável durante o ciclo da cultura, de local para local e de cultivar para cultivar, requerendo experimentos por um certo período para sua determinação.

O cálculo do potencial mátrico (Pm), utilizando tensiômetro de mercúrio, é calculado pela seguinte expressão:

$$Pm = -12,6h + hc + z \quad (1)$$

onde: h é a altura (cm) de mercúrio lida diariamente, hc a altura (cm) da cuba e z a profundidade de instalação do tensiômetro (normalmente a altura da cuba é de 20 a 30 cm).

## 2.2. Princípio fundamental

Controle da irrigação baseado num potencial mátrico crítico determinado experimentalmente para cada cultivar de feijoeiro de interesse para cada local específico.

## 2.3. O manejo propriamente dito

Para a cultura de feijão, cultivar CARIOCA, em experimento conduzido na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", adotou-se como potencial mátrico crítico -550 cm de água à profundidade de 15 cm, e de -300 cm de água à profundidade de 30 cm.

### 2.3.1. Momento da irrigação

O momento de irrigar é definido quando o potencial mátrico atual for inferior ou igual a -550 cm de água à profundidade de 15 cm, e que, à profundidade de 30 cm, o mesmo seja inferior ou igual a -300 cm de água.

### 2.3.2. Lâmina de irrigação

Para o cálculo da lâmina de irrigação é preciso conhecer: (1) profundidade efetiva do sistema radicular (Ze) (Tabela 1); (2) curva característica de retenção da solução do solo; (3) umidade volumétrica na capacidade de cam

po (θcc); (4) umidade volumétrica atual (θa); (5) eficiência de irrigação (Ei).

A curva característica da retenção da solução do solo normalmente é construída em laboratório, com funil de Buchner e Câmara de Pressão de Richards. Recomenda-se o detalhamento da faixa úmida. Sugere-se, no mínimo, os seguintes pontos (potencial mátrico): 5 (ou 10), 60, 100, 300, 600, 1.000, 3.000 e 15.000 cm de água.

Após a obtenção dos dados experimentais (valores de umidade correspondentes aos do potencial mátrico), faz-se análise de regressão não linear (ajuste da curva) minimizando a soma dos quadrados dos desvios residuais, utilizando o modelo empírico de van GENUCHTEN (1980):

$$\theta_a = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (a\, h_a)^n]^m} \qquad (2)$$

onde: $\theta_a$ é a umidade atual (cm³/cm³); $\theta_s$ é a umidade (cm³/cm³) quando o solo está saturado; $\theta_r$ é a umidade (cm³/cm³) residual correspondente ao potencial mátrico de -15.000 cm de água (ponto de murcha permanente); $h_a$ é o módulo do potencial mátrico correspondente à umidade atual (cm de água); a, m, n são os parâmetros empíricos determinados na análise de regressão.

Adota-se como capacidade de campo a umidade correspondente ao potencial mátrico de -100 cm de água. Outro critério seria adotar a coordenada do ponto de inflexão da curva característica transformada (utilizando o Log do módulo do potencial mátrico como variável dependente) pelo modelo de van GENUCHTEN (1980) dada pela seguinte expressão (DOURADO NETO & LIBARDI, 1990):

$$\theta cc = \theta r + \left(\frac{m}{1 + m}\right)^m (\theta s - \theta r) \qquad (3)$$

Normalmente para efeito de cálculo, para irrigação por aspersão adota-se eficiência de 80% e para sulcos de 65%.

A lâmina (mm) bruta de irrigação ($h_b$) pode assim ser calculada:

$$h_b = \frac{(\theta_{cc} - \theta_a)Z_e}{E_i}$$

### 2.3.3. Tempo de irrigação ($t_i$)

O tempo de irrigação, no caso de irrigação por aspersão convencional, pode assim ser calculada:

$$t_i = \frac{h_b}{P_a}$$

onde: $P_a$ é a precipitação do aspersor, que normalmente adota-se igual à velocidade de infiltração básica, que é aproximadamente igual à condutividade hidráulica do solo saturado, que pode ser determinada por teste de campo.

No caso de irrigação por sulcos, recomenda-se determinar o comprimento do sulco experimentalmente, adotando o tempo de avanço igual ao tempo de oportunidade para infiltração no ponto de derivação para aplicar a lâmina requerida. Nesse caso, portanto, o tempo total de irrigação será a soma do tempo de avanço, do tempo de irrigação propriamente dito, do tempo de depleção (desprezível) e o de recesso; o qual dependerá de um estudo econômico analisando a relação custo-benefício da irrigação, ou seja, o tempo total de irrigação depende do custo da água e do acréscimo de produção por unidade de lâmina de água aplicada. A decisão do tempo exato de irrigação é econômica.

### 2.3.4. Operacionalização do sistema

Feitas todas essas considerações, a operacionalização do controle do sistema de irrigação pode assim ser feita: (1) leitura diária, entre 7 e 8 horas da manhã, das alturas de mercúrio dos dois tensiômetros instalados (profundidades de 15 e 30 cm) (o tensiômetro deve ser fluxado pelo menos uma vez por semana); (2) cálculo do potencial mátrico nas duas profundidades utilizando a expressão (1); (3) definição do momento de irrigação a partir da análise das seguintes condições:

- **condição 1:** $Pm_a^{15} < -550$ cm de água;
- **condição 2:** $Pm_a^{30} < -300$ cm de água,

quando as duas condições foram satisfeitas, é o momento de irrigar; (4) caso seja o momento de irrigar, calcula-se a umidade atual ($\theta_a$), utilizando a expressão (2), nas duas profundidades; (5) conhecendo-se a idade da planta, determina-se a profundidade efetiva do sistema radicular ($Z_e$), utilizando a Tabela 1; (6) cálculo da umidade média ($\bar{\theta}_a$) no perfil utilizando a seguinte expressão:

$$\bar{\theta}_a = \frac{\theta_a^{15} + \theta_a^{30}}{2} \qquad (6)$$

(7) cálculo da lâmina bruta e do tempo de irrigação utilizando as expressões (5) e (6), respectivamente (irrigação por aspersão convencional).

## 2.4. Construção dos tensiômetros

### 2.4.1. Escolha da cápsula porosa

Para escolha da cápsula porosa, deve-se fazer estudos de suas características hidráulicas: (i) **Pressão de borbulhamento** deve ser superior a 1.000 cm de água (cerca

de 1 atm). Adota-se esse valor porque a faixa de funcionamento do tensiômetro, para mensuração do potencial mátrico, é de -850 (aproximadamente) a 0 cm de água; (ii) a condutância hidráulica das cápsulas porosas escolhidas devem ter a mesma ordem de grandeza (geralmente em torno de $10^{-4}$ $cm^2/s$) e um mínimo de variação, podendo ser adotada a seguinte sugestão empírica:

| nº de cápsulas | CV(%) máximo |
|---|---|
| 1 a 15 | 15 |
| 15 a 80 | 35 |
| > 80 | 65 |

### 2.4.2. Materiais utilizados

Para construção do tensiômetro, LIBARDI (1988), recomenda os seguintes materiais: (i) tubo de PVC (diâmetro de 21 mm); (ii) tubo de nylon (diâmetro de 2 mm) com 3 metros de comprimento; (iii) cápsula porosa de cerâmica; (iv) cola araldite (24 horas); (v) solução limpadora de PVC; (vi) "cap"; (vii) rolha de borracha; (viii) cortador e rosqueador de tubo PVC; (ix) mercúrio; (x) "manômetro" (suporte) de madeira; (xi) cuba de vidro; (xii) lixa; (xiii) fita crepe.

### 2.4.3. A construção propriamente dita

LIBARDI (1988) recomenda o seguinte procedimento: (i) cortar o tubo de PVC no seguinte comprimento: profundidade desejada + 7,5 cm (assumindo que a cápsula porosa tem 5 cm de altura); (ii) fazer rosca em uma das extremidades; (iii) furar com broca (de 2 mm) o tubo de PVC, 10 cm abaixo da extremidade rosqueada, com ângulo aproximado de 45º; (iv) lixar internamente a extremidade não rosqueada e externamente a superfície da região do furo; (v) lim

par as superfícies lixadas com pano branco imediatamente antes da colagem; (vi) colar a cápsula porosa com cola araldite (24 horas), tomando o cuidado de não deixar bolhas de ar entre as superfícies coladas; (vii) com fita crepe fazer o meio cone na região do furo; (viii) inserir o tubo de nylon no furo deixando uma ponta dentro do tubo de PVC de 10 cm; (ix) colar o tubo de nylon enchendo o meio cone com cola araldite (24 horas); (x) verificar a existência de vazamentos com compressor aplicando uma pressão de 1.000 cm de água, após a saturação da cápsula porosa.

### 2.4.4. Instalação

Para instalação do tensiômetro, LIBARDI (1988) recomenda o seguinte procedimento: (i) com auxílio de um trado (diâmetro = 25 mm) fazer o furo com a seguinte profundidade: profundidade desejada -2,5 cm; (ii) molhar o furo com água; (iii) colocar no tensiômetro um disco de borracha circular (externo) na altura do furo rente à superfície do solo; (iv) cravar o tensiômetro fazendo com que a saída do tubo de nylon fique na superfície do solo; (v) instalar o suporte de madeira, distante 50 cm do tensiômetro; (vi) fixar a cuba de vidro no suporte de madeira; (vii) colocar mercúrio na cuba de vidro e instalar o tubo de nylon no suporte (a extremidade do tubo de nylon inserida na cuba de vidro deve ser cortada em bisel); (viii) fluxar o tensiômetro com água destilada eliminando todo o ar do sistema; (ix) colocar rolha de borracha e "cap" (garantir vedação).

## 2.5. Vantagens do método

As vantagens do método do tensiômetro sao: (i) **método não destrutivo**: há a possibilidade de acompanhamento da umidade no tempo sem destruir o local amostrado; (ii) maior **rapidez** na determinação da umidade; (iii) maior **simplicidade** de operacionalização (apenas uma leitura diária da altura de mercúrio); (iv) possibilidade de **automatiza-**

ção do sistema; (v) maior rapidez para decidir o momento da irrigação; (vi) facilidade de repasse de informação a mão-de-obra não especializada (não se trata de um método dependente da experiência pessoal); (vii) possibilidade de aplicar a lâmina correta no tempo correto; (viii) método relativamente preciso; (ix) baixo custo de instalação, operação e manutenção.

### 2.6. Desvantagem do método

As desvantagens do método do tensiômetro sao: (i) flu xagem dos tensiômetros pelo menos uma vez por semana; (ii) faixa de funcionamento do tensiômetro é restrita; (iii) poucas informações da pesquisa sobre: (iii.1.) números de tensiômetros por área; (iii.2.) profundidade de instalação; (iii.3.) posição relativa na área; (iii.4) potencial mátrico crítico; (iv) risco da curva característica não ser representativa devido a variabilidade espacial e a problemas metodológicos; (v) constante variação da estrutura do solo na camada arável com consequente mudança da curva característica; (vi) desconsideração da histerese.

## 3. MANEJO DE IRRIGAÇÃO PELO MÉTODO DO TANQUE CLASSE A

### 3.1. Tanque Classe A

Devido a concepção do método de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) (caráter comparativo), o Tanque Classe A é cilíndrico de fundo plano possuindo altura de 25,5 cm, diâmetro de 121 cm (dimensões padronizadas), construído inteiramente com chapa galvanizada. Deve-se instalá-lo sobre estrado branco de madeira (altura: 10 cm) em solo nu ou vegetado com grama batatais (*Paspalum notatum*). Com auxílio de um parafuso micrométrico, instalado dentro de um poço traquilizador, lê-se diariamente a Evaporação do Tanque Classe A (ECA) (mm/dia). Normalmente a precisão é de 0,01 mm.

### 3.2. Evapotranspiração de referência (ETo)

Entende-se por evapotranspiração diária de referência (mm/dia) à soma das componentes evaporação e transpiração de uma superfície vegetada por grama batatais (*Paspalum notatum*) mantida em condições ótimas de umidade, em fase de desenvolvimento ativo (10 cm de altura) e com bordadura adequada, num período de 24 horas.

### 3.3. Coeficiente do Tanque (Kp)

Assumindo variação linear entre a evapotranspiração de referência (ETo) e a Evaporação do Tanque Classe A (ECA), define-se coeficiente do Tanque Classe A (Kp) como o coeficiente angular dessa reta (Tabela 2), o qual foi determinado empiricamente através de análise de regressão linear (FAO).

$$ET_o = K_p \cdot ECA \qquad (7)$$

### 3.4. Evapotranspiração da cultura (ETc) de feijão

Entende-se por evapotranspiração diária da cultura de feijão (mm/dia) à soma das componentes evaporação e transpiração de uma superfície vegetada pelas plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), num período de 24 horas, em condições ótimas de umidade, para que a cultura expresse todo o seu potencial genético (máxima produtividade de sementes).

### 3.5. Coeficiente da cultura (Kc)

Assumindo variação linear entre a evapotranspiração da cultura (ETc) (mm/dia) e a evapotranspiração de referência (ETo) (mm/dia), define-se coeficiente da cultura (Kc) como o coeficiente angular dessa reta (Tabela 3), o qual foi determinado empiricamente através de análise de regressão.

### 3.6. Fator de disponibilidade de água no solo (Y)

Define-se fator de disponibilidade de água no solo como a fração (Y) da Capacidade de Água Disponível (CAD) do solo que não redunde em perda significativa de produtividade.

$$Y = \frac{CAD - ADcrít.}{CAD} \qquad (9)$$

Esse fator é dependente da demanda evapotranspirativa da cultura (Tabela 4), que por sua vez está relacionada com as condições climáticas e do solo.

### 3.7. Princípio fundamental

Controle da irrigação baseado na agua disponível crítica (ADcrit) levando em consideração o solo, a planta e as condições climáticas.

### 3.8. O manejo propriamente dito

Para se determinar a época, a lâmina e o tempo de irrigação, deve-se levar em consideração a profundidade efetiva do sistema radicular, o fator de disponibilidade (Y) de água no solo específico para a cultura de feijão (em função da demanda evapotranspirativa: ETc) e a Capacidade de Água Disponível (CAD) do solo.

#### 3.8.1. Época de irrigação

O momento de irrigar é definido quando o volume de solo explorado pela cultura tiver fornecido a fração (Y) do volume total de água nele contido determinado experimentalmente para a cultura de feijão naquele local e naquela época específica.

### 3.8.2. Lâmina e tempo de irrigação

A lâmina de irrigação [$h_b$ (mm) (volume por unidade de área) a ser aplicada é calculada análoga ao método do tensiômetro, que é igual à evapotranspiração acumulada no período, onde as precipitações pluviométricas devem ser consideradas:

$$h_b = \frac{CAD - ADcrít.}{E_i} \qquad (10)$$

$$ADcrít. = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \cdot Ze\ (1 - Y) \qquad (11)$$

O tempo de irrigação é calculado de forma idêntica ao método do tensiômetro.

### 3.10. Vantagens do método

As vantagens do método do Tanque Classe A são : (i) simplicidade de cálculo; (ii) simples operacionalização; (iii) possibilidade de previsão; (iv) método relativamente barato.

### 3.11. Desvantagem do método

As desvantagens do método do Tanque Classe A são: (i) método empírico: os coeficientes do Tanque Classe A (Kp) e da cultura (Kc) induzem erros de estimativa; (ii) utilização do mesmo fator de água disponível (Y) independente do tipo de solo.

# 4. FERTIRRIGAÇÃO

## 4.1. Introdução

A técnica de aplicação de fertilizantes via água de irrigação é chamada de fertirrigação, a qual pode ser mineral (fertilizante químico) ou orgânica (resíduos orgânicos como vinhaça e águas provenientes de esgotos domésticos).

Não se trata de uma técnica nova. Segundo WOOWARD (1959), na Califórnia (Estados Unidos da América), por volta de 1930 iniciou-se a técnica de fertirrigação em sistema de irrigação por aspersão, a qual já existia desde 1910.

Por outro lado, o relativo avanço na técnica de fertirrigação se deu devido ao desenvolvimento dos sistemas de irrigação (microaspersão, gotejamento e pivô central, principalmente) e ao advento dos adubos líquidos. Segundo VIETS et alii (1967) o fertilizante amoniacal (amônia anidra) despertou interesse por essa técnica no oeste dos Estados Unidos desde a década de 30.

Atualmente há vários tipos de equipamentos utilizados para aplicação de fertilizantes via irrigação (equipamentos tipo venturi e equipamentos de introdução do fertilizante por injeção na rede de irrigação por meio de uma bomba apropriada).

## 4.2. Fertilizantes utilizados

Embora haja utilização de fertilizantes de fontes diversas (potássio e micronutrientes) sem grandes problemas, o nitrogênio é o principal nutriente aplicado via irrigação, o qual pode ser totalmente suprimido na cultura de feijão com a possibilidade futura do sucesso na simbiose com as bactérias do gênero *Rhizobium*.

Para escolha de fertilizantes a serem utilizados para fertirrigação, as seguintes características são desejá-

jáveis: solubilidade rápida, solubilidade completa, não corrosivo, não volátil, seja concentrado, tenha informações da pesquisa, boa disponibilidade no mercado, fácil manipulação, não tóxico e barato.

Os fertilizantes existentes no mercado com possibilidade de serem utilizados são: uréia, nitrato de amônio, uréia-nitrato de amônio, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de sódio, cloreto de potássio, sulfato de potássio, ácido fosfórico, fosfato diamônio, polifosfato de amônio, entre outros. Para efeito de cálculo e de escolha do fertilizante deve-se conhecer a solubilidade (Tabela 5) e a corrosão relativa dos fertilizantes (Tabela 6).

### 4.3. Quantidade de fertilizante na fertirrigação

Para o cálculo da quantidade de fertilizante a ser aplicada via fertirrigação deve-se levar em consideração as características da cultura de feijão (requerimento de nutrientes em função da produtividade desejada), do solo (capacidade de retenção catiônica e aniônica, fertilidade natural e lixiviação) e do sistema de irrigação utilizado.

O requerimento de nutrientes pela cultura de feijão pode ser estimado baseado em resultados de pesquisa, conduzida no solo específico a ser trabalhado, fornecendo a marcha de absorção em em função da idade da planta e da produtividade desejada. Com base nesses dados experimentais, faz-se a aplicação parcelada de fertilizantes (Tabela 7). Há vários trabalhos com resultados conflitantes na literatura devido às diferentes condições na condução do experimento, desde o clima e o solo até o nível tecnológico, bem como os diferentes cultivares utilizados (HAAG & MALAVOLTA, 1967; NEPTUNE & MURAOKA, 1978; MEIRELLES et alii, 1980; URQUIAGA et alii, 1982, citados por MAIA, 1989). O cálculo da quantidade de fertilizante sólido a ser aplicado via bomba injetora de solução fertilizante de funcionamento hidráulico é feito utilizando a seguinte expressão:

$$QFT = \frac{CDS \cdot VSI \cdot CT}{CIB \cdot QNF} \qquad (12)$$

onde: QFT é a quantidade (kg) de fertilizante sólido a ser colocado no tanque; CDS é a concentração (kg/m³) desejada da solução na saída dos aspersores; VSI é a vazão (m³/s) do sistema de irrigação; CT é a capacidade volumétrica (m³) do tanque; CIB é a capacidade de injeção (m³/s) da bomba e QNF é a quantidade de nutriente no fertilizante (kg/kg). Deve-se verificar a concentração final do fertilizante utilizado na água de irrigação (Tabela 8), e se a sua concentração no tanque é compatível com a sua solubilidade. Segundo FRIZZONE et alii (1986), a concentração química (fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas) na água de irrigação varia de 4 a 100 ppm.

## 4.4. Vantagens da fertirrigação

A adoção dessa técnica apresenta as seguintes vantagens: (i) **boa uniformidade** de distribuição na área, pois o fertilizante é diluído na água de irrigação (mesma uniformidade de distribuição da irrigação); (ii) **economicidade** e **comodidade**; (iii) minimiza a utilização de **mão-de-obra** (do ponto de vista do empresário rural); (iv) possibilidade de **aplicação parcelada** no momento oportuno em função das condições climáticas e da idade da planta de feijão; (b) maior **eficiência** de utilização do fertilizante; (vi) controle da **profundidade de aplicação** em função da profundidade efetiva do sistema radicular e do solo; (vii) **controle da quantidade exata aplicada** de fertilizante; (viii) possibilidade de **aplicação de micronutrientes**; (ix) possibilidade de **outros usos** (apesar de poucas pesquisas no Brasil, já fazem aplicações de inseticidas e herbicidas via água de irrigação); (x) **menor dano físico** ao solo e à cultura.

4.5. Limitações da fertirrigação

A técnica de fertirrigação apresenta as seguintes limitações: (i) possibilidade de contaminação das fontes de água potável; (ii) entupimento de emissores (gotejadores principalmente) devido à precipitação de alguns fertilizantes (principalmente os fosfatados); (iii) corrosão de algumas partes metálicas do sistema de irrigação; (iv) minimiza a utilização de mão-de-obra (do ponto de vista social).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


DOURADO NETO, D. & LIBARDI, P.L. **Determinação do ponto de inflexão da curva característica da "água" no solo.** 1990. (Trabalho não publicado).

DOURADO NETO, D.; ALENCAR, J.O. de & LOPEZ, J.C.M. **Produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) nos perímetros irrigados de São Desidério e Barreiras Sul.** Barreiras, CODEVASF, 1985.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Crop water requeriments.** Roma, 1975. (Irrigation and Drainage. Paper 24). 179p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Yield response to water.** (Irrigation and Drainage. Paper 33). Roma, 1979.

FRIZZONE, J.A.; ZANINI, J.R.; PAES, L.A.D.; NASCIMENTO, V.M. do. **Fertirrigação mineral.** Ilha Solteira, UNESP, 1985 (Boletim Técnico 2).

LIBARDI, P.L. **Água no sistema solo-planta-atmosfera.** Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem. Piracicaba, ESALQ, 1988.

MAIA, P.C.S. **Fertirrigação por aspersão convencional na cultura do feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, ESALQ, 1989. (Dissertação de Mestrado).

PENTEADO, S.R. **Fertirrigação**. Piracicaba, ESALQ, 1987.

VIETS Jr., F.G.; HUMBERT, R.P. & NELSON, C.E. **Fertilizers in relation to irrigation pratice**. In: HAGAN, R.M.; HAISE, H.R. & ADMINSTER, T.W. (eds.). Irrigation Agriculture Lands. Madison, American Society of Agronomy, p.1008-1023, 1967.

VILLA NOVA, N.A.; BARBIERI, V. & SCARDUA, R. **Evapotranspiração e evaporação: principais métodos de estimativa climatológica segundo as recomendações da FAO (1979)**. Piracicaba, Departamento de Física e Meteorologia/ ESALQ/USP, 1980.

VOLPE, C.A. & CHURATA-MASCA, M.G.C. **Manejo da irrigação em hortaliças: método do Tanque Classe A**. Jaboticabal, FUNEP, 1988. 19p.

WOODWARD, G.D. **Sprinkler Irrigation**. Sprinkler Irrigation Association. New York, 1959, 377p.

## 6. ADENDO

Tabela 1: Variação da profundidade efetiva do sistema radicular (Ze) durante o ciclo do feijoeiro.

| DAS* | Ze (mm) |
|---|---|
| 0 - 10 | 150 |
| 11 - 30 | 200 |
| 31 - 45 | 400 |
| 46 - 70 | 500 |
| > 70 | 500 |

* DAS = Dias após a semeadura.

Tabela 2: Coeficiente do Tanque Classe A (Kp) para diferentes faixas de umidade relativa, velocidade do vento, raio e tipo (grama ou rolo nu) de cobertura.

| velocidade do vento (km/dia) | tamanho da bordadura (grama) | grama batatais umid. rel. média (%) | | | solo nu umid. rel. média (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | baixa < 40 | média 40-70 | alta > 70 | baixa < 40 | média 40-70 | alta > 70 |
| leve < 175 | 1 | 0.55 | 0.65 | 0.75 | 0.70 | 0.80 | 0.85 |
| | 10 | 0.65 | 0.75 | 0.85 | 0.60 | 0.70 | 0.80 |
| | 100 | 0.70 | 0.80 | 0.85 | 0.55 | 0.65 | 0.75 |
| | 1000 | 0.75 | 0.85 | 0.85 | 0.50 | 0.60 | 0.70 |
| moderado 175 - 425 | 1 | 0.50 | 0.60 | 0.65 | 0.65 | 0.75 | 0.80 |
| | 10 | 0.60 | 0.70 | 0.75 | 0.55 | 0.65 | 0.70 |
| | 100 | 0.65 | 0.75 | 0.80 | 0.50 | 0.60 | 0.65 |
| | 1000 | 0.70 | 0.80 | 0.80 | 0.45 | 0.55 | 0.60 |
| forte 425 - 700 | 1 | 0.45 | 0.50 | 0.60 | 0.60 | 0.65 | 0.70 |
| | 10 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.50 | 0.55 | 0.65 |
| | 100 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.45 | 0.50 | 0.60 |
| | 1000 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.40 | 0.45 | 0.55 |
| muito forte > 700 | 1 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.50 | 0.60 | 0.65 |
| | 10 | 0.45 | 0.55 | 0.60 | 0.45 | 0.50 | 0.55 |
| | 100 | 0.50 | 0.60 | 0.65 | 0.40 | 0.45 | 0.50 |
| | 1000 | 0.55 | 0.60 | 0.85 | 0.35 | 0.40 | 0.45 |

fonte: FAO

Tabela 3: coeficiente da cultura (Kc) de feijão para os diferentes estágios fenológicos.

| estágios de desenvolvimento da cultura | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| I | II | III | IV | V | PTC* |
| 0,3 a 0,4 | 0,7 a 0,8 | 1,05 a 1,2 | 0,65 a 0,75 | 0,25 a 0,3 | 0,7 a 0,8 |

* PTC = Período total de crescimento.

fonte: FAO

Primeiro número: sob alta umidade (URmin>70%) e vento fraco (v<5m/s).
Segundo número: sob baixa umidade (UR<20%) e vento forte (v>5m/s).

Caracterização dos estágios:

Estágio I: emergência até 10 % do desenvolvimento vegetativo (DV);
Estágio II: 10 % do DV até 80 % do DV;
Estágio III: 80 % do DV até 100 % do DV (inclusive frutos formados);
Estágio IV: maturação;
Estágio V: colheita.

Tabela 4: Fator (Y) de disponibilidade de água no solo em função da evapotranspiração da cultura de feijão.

| ETc (mm/dia) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| fator Y | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,45 | 0,43 | 0,38 | 0,35 | 0,30 |

fonte: FAO

Tabela 5: Solubilidade (g/100 g de água) de alguns fertilizantes sólidos utilizados em função da temperatura ($^{o}$C)

| fertilizante | solubilidade | T |
|---|---|---|
| cloreto de potássio | 34,0 | 20 |
| fosfato diamônio | 40,8 | 20 |
| fosfato monoamônio | 37,4 | 20 |
| nitrato de amônio | 195,0 | 20 |
| nitrato de cálcio | 102,0 | 0 |
| nitrato de magnésio | 72,0 | 25 |
| nitrato de potássio | 31,6 | 20 |
| sulfato de amônio | 77,0 | 25 |
| sulfato de magnésio | 25,2 | 20 |
| sulfato de manganês | 105,0 | 0 |
| sulfato de potássio | 11,1 | 20 |
| superfosfato simples | 20,0 | 0 |
| super triplo | 40,0 | 0 |
| uréia | 120,0 | 25 |
| uréia + nitrato de amônio | 23,0 | 25 |

fonte: SCHEVER citado por PENTEADO (1987).

Tabela 6: Corrosão relativa dos fertilizantes dissolvidos na água à diversos metais.

| fertilizante | pH | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ácido fosfórico | <1 | mc | mc | mc | mc | mc | sc |
| amônia líquida | >9 | sc | bc | bc | sc | sc | sc |
| fosfato diamônio | 6 | mc | mc | mc | - | - | bc |
| nitrato de amônio | 7 | bc | bc | bc | bc | bc | bc |
| nitrato de cálcio | >5 | sc | bc | bc | bc | co | sc |
| nitrato de sódio | >8 | co | sc | sc | bc | bc | sc |
| polifosfato de amônio | 6 | co | bc | bc | sc | bc | sc |
| sulfato de amônio | 5 | bc | mc | mc | mc | mc | sc |
| uréia (solução) | 8 | co | sc | co | sc | sc | sc |
| uréia-nitrato de amônio | 8 | co | co | co | co | bc | sc |

A=Alumínio; B=Cobre; C=Bronze; D=Aço; E=Aço galvanizado; F=Aço inoxidável.

sc: sem corrosividade; bc: baixa corrosividade; co: corrosivo a elevada concentração; mc: muito corrosivo.

fonte: SCHEVER citado por PENTEADO (1987).

Tabela 7: Sugestão para o parcelamento da adubação nitrogenada na cultura de feijão.

| DAG | quantidade relativa (%) |
|---|---|
| 5 | 20 |
| 15 | 20 |
| 30 | 25 |
| 40 | 25 |
| 50 | 10 |

DAG: Dias após a germinação.

Tabela 8: Concentração de alguns produtos que devem ser ministrados na água de irrigação (gotejamento).

| produto | $g/m^3$ |
|---|---|
| ácido bórico | 2,00* |
| cloreto férrico | 4,00 |
| cloreto de magnésio | 0,05 |
| fosfato monopotássico | 350,00 |
| fosfato monoamônio | 400,00 |
| molibdato de amônio | 0,025 |
| nitrato de cálcio | 700,00 |
| nitrato de potássio | 300,00 |
| sulfato de magnésio | 400,00 |
| sulfato de zinco | 2,00 |
| sulfato cúprico | 0,025 |
| uréia | 10,00 kg/ha |

* não deve exceder

fonte: GOLDBERG & RIMON (1975) citados por PENTEADO (1987).

# TRATAMENTO DE SEMENTES

José Otavio M. Menten *
ESALQ/USP - Depto. de Fitopatologia
C. P. 9 - 13400 Piracicaba-SP
Tel.: (0194) 33-0011

## 1. INTRODUÇÃO

Tratamento de sementes, no sentido amplo, envolve a aplicação de diversos processos e substâncias às sementes, com o objetivo de preservar ou aperfeiçoar seu desempenho e aumentar a produtividade das plantas. No sentido restrito e mais tradicional, tratamento de sementes visa, exclusivamente, o controle de agentes causais de doenças que interferem na produtividade das plantas cultivadas.

Existem referências sobre o tratamento de sementes desde o início da era cristã; os métodos consistiam na imersão de sementes em infusões ou sua mistura com diversas substâncias antes da semeadura. Por volta de 1670, a observação de que sementes de trigo, recuperadas de um naufrágio próximo à Inglaterra, originaram culturas com baixa incidência de cárie, induziu ao emprego de solução de NaCl para tratamento de sementes. No período 1750-1775, Tillet desenvolveu, na França, estudos sobre o controle da cárie do trigo através do tratamento de sementes com sal, cal e lixívia. Prevost, em 1807, demonstrou a ação do sulfato de cobre no controle da cárie do trigo. Nesta época, diversos outros produtos químicos (hidróxido de sódio, carbonato de cálcio, mercúrio e arsênio) passaram a ser utilizados para tratamento de sementes; entretanto, neste período de 1800-1880 foi aperfeiçoado o emprego de sulfato de cobre, para tratamento de sementes por imersão, na França, Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha. Em 1888, Jensen, na Dinamarca, descreveu e desenvolveu o tratamento térmico de sementes, que também foi eficiente no controle do carvão do trigo e cevada. Ainda no final do século XIX foi introduzido o emprego do formaldeído, na Alemanha e Estados Unidos.

No início do século XX foi iniciado o tratamento via seca, com carbonato de cobre. Posteriormente (1920-1950) surgiram diversos outros produtos, disponíveis em formulações via líquida, seca e pasta fluida: organomercuriais, em 1938, e orgânicos não- mercuriais

* Bolsista do CNPq

(Chloranil = "Spergon", em 1938, e Thiram = "Arasan", em 1942).Em 1950 surgiu o Captan e, posteriormente, o primeiro produto sistêmico (Carboxin). A partir de 1960 o número de produtos químicos para tratamento de sementes tomou grande impulso. Por volta de 1976 os mercuriais foram proibidos no Brasil, estimulando o desenvolvimento de substitutivos eficientes.

Deve-se enfatizar que o tratamento de sementes é a última alternativa para a obtenção de sementes "livres" de patógenos; deve-se sempre considerar a possibilidade da produção de sementes sadias através do manejo do campo de produção, beneficiamento visando a eliminação de sementes portadoras de patógenos (peneiras, mesa gravitacional, separação pela cor), armazenamento sob condições adequadas e seleção dos melhores lotes após análise de amostras representativas.

## 2. TIPOS E CARACTERÍSTICAS DE TRATAMENTO DE SEMENTES

O tratamento de sementes é uma das técnicas mais utilizadas na agricultura moderna. A sua eficiência depende, basicamente, do tipo e localização do patógeno-alvo, do vigor da semente e da existência de substâncias ou processos eficazes. Existem diversos tipos de tratamento de sementes.

### 2.1. Tratamento Químico

Entende-se por tratamento químico a aplicação de fungicidas, antibióticos e nematicidas às sementes. É o método mais comum de se tratar sementes, sendo de grande valor comercial. O seu princípio é bastante simples e baseia-se na existência de produtos eficientes contra o(s) patógeno(s), que apresentem baixa fitotoxicidade e sejam pouco tóxicos ao homem e ao ambiente. É um método bastante diversificado e em expansão; freqüentemente surgem novos produtos com características desejáveis.

Além das características já mencionadas(eficiência, fitotoxicidade e toxicidade), os produtos para tratamento de sementes devem apresentar outros requisitos: persistência/estabilidade, aderência, cobertura, ação vaporífera, não ser corrosivo e explosivo, compatibilidade com outros produtos, baixo custo, etc..Toda semente tratada com produtos químicos devem ser coloridas (com corantes como a rodamina) ou conterem outras substâncias indicadoras.

Existem diversos tipos de tratamento químico de sementes:

(a) via úmida: são utilizados produtos formulados adequadamente (pós molháveis, pós solúveis, soluções, concentrados emulsionáveis) e aplicados às sementes por diversas maneiras. As mais comuns são: (1) imersão das sementes na calda fungicida (concentração definida), por um tempo determinado, seguido por secagem e armazenamento ou plantio; a imersão pode ser de curta duração (5-30 minutos, em solução/suspensão com 0,5% i.a.) ou de longa duração (24 horas, em solução/suspensão com 0,2% i.a.); (2) molhagem rápida, na qual o fungicida é adicionado à semente através de uma solução/suspensão concentrada ou uma pasta fluida ("slurry"); a água adicionada às sementes (5-40 ml/kg semente) é superficial, evapora-se rapidamente, não exigindo a secagem das sementes após o tratamento.

O tratamento via úmida apresenta como vantagem a não formação de poeira no local de tratamento e a boa aderência do produto às sementes. Este processo é inadequado para sementes que danificam o tegumento após a absorção de água, como é o caso de leguminosas, sementes mucilaginosas e hidrofóbicas.

(b) via seca: são utilizados os produtos formulados como pós secos, que devem ser misturados às sementes até que a cobertura se efetue. Este processo, embora seja mais simples de ser realizado a nível de propriedade rural, apresenta uma série de desvantagens: (1) formação de poeira, que pode ser inalada pelos operadores; (2) exigem embalagens bem vedadas, caso as sementes sejam armazenadas após o tratamento; (3) não podem ser utilizadas semeadeiras a base de jato de ar. Deve-se também enfatizar que o tratamento via seca não é adequado para sementes com superfície lisa (não há boa aderência) ou sementes pilosas (retenção grande e irregular, podendo causar fitotoxicidade).

(c) outros: as sementes também podem ser tratadas por fumigação e peletização. Fumigação é a aplicação de produtos voláteis em ambientes vedados; é mais comum com nematicidas. Peletização é o processo pelo qual a semente é envolvida por um adesivo (acetato de celulose, goma arábica, verniz), seguindo-se o fungicida e um inerte (talco, calcário, etc.).

O tratamento químico pode ser realizado com produtos com diferentes características:

(a) Modo de ação: existem produtos que agem na superfície da semente e são chamados de protetores ou de contacto, como

é o caso do Thiram e Captan; outros produtos têm a capacidade de penetrar nos tecidos e serem translocados no interior da planta, sendo chamados de sistêmicos, como é o caso do Benomyl, Carboxin e Thiabendazol.

(b) Espectro de ação: existem produtos que são eficientes contra um grande número de patógenos, pertencentes a diferentes grupos, e são chamados de amplo espectro ou não específicos, como é o caso de Captan, Thiram e Benomyl; outros produtos são eficientes apenas para um ou poucos grupos de patógenos e são chamados de específicos, como é o caso de Metalaxyl, Carboxin e Iprodione. De maneira geral, os produtos de ação específica têm maiores possibilidades de "selecionarem" linhagens de patógenos com resistência.

Os produtos podem pertencer a diversos grupos químicos, que lhes confere determinadas propriedades: ditiocarbamatos (Thiram, Mancozeb), heterocíclicos (Captan), aromáticos (PCNB, TMCTB), benzimidazóis (Benomyl, Thiabendazol), triazóis (Triadimenol, Tebuconazole), antibióticos (Estreptomicina, Aureomicina), etc.

O tratamento químico é realizado em sementes de quase todas as plantas cultivadas. Existe um grande número de produtos recomendados por sua eficiência contra determinados patógenos. A Tabela 1 relaciona os principais produtos químicos utilizados no Brasil.

Tabela 1. Indicação de sensibilidade de alguns dos principais patógenos e produtos químicos usados no tratamento de sementes de algumas plantas de importância econômica.

| Hospedeiro | Patógenos (Sementes/Solo) | Produtos | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Benomyl | Captan | Carbendazin | Carboxin | Cartap | Chloroneb | Estreptomycina | Etridiazol | Fenitrothion | Quazatine | Imazalil | Iprodione | Mancozeb | Prochloraz | Quintozene | Thiabendazol | Thiram | Tiof.metílico | Triadimenol |
| Algodão | Colletotrichum gossypii | x | | x | | | | | | | | | | | | | x | x | x | |
| | Fusarium sp. | x | | x | | | | | x | | | | | | | | x | x | x | |
| | Rhizoctonia solani | x | | x | | x | | | | | | | x | | | x | x | x | x | |
| Arroz | Pyricularia oryzae | x | | | | | | | | | | | | x | | | x | x | x | |
| | Aphelenchoides besseyi | | | | | x | | | | x | | | | | | | x | | | |
| | Drechslera oryzae | | | | | | | | | | x | | x | | | | | | | x |
| Feijão | Colletotrichum lindemuthianum | x | | x | | | | | | | | | | | | | | x | x | |
| | Xanthomonas campestris pv. phaseoli | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| Girassol | Alternaria zinniae | | x | | | | | | | | | | x | x | | | | | | |
| Milho | Pythium sp. | | x | | | | | | x | | | | | | | | | | | |
| | Diplodia maydis | x | | x | | | | | | | | | | | | | | x | x | x |
| | Ustilago maydis | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soja | Phomopsis sp. | x | | x | | | | | | | | | | | | | | x | x | |
| | Cercospora sojina | x | | x | | | | | | | | | | | | | | x | x | |
| | Colletotrichum truncatum | x | | x | | | | | | | | | | | | | | x | x | |
| Trigo | Bipolaris sorokiniana | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | x | | x |
| | Ustilago tritici | | | | x | | | | | | x | | | | x | | | | | x |
| | Septoria nodorum | x | | x | x | | | | | | x | x | | x | x | | | x | | x |
| | Gibberella zeae | x | | x | | | | | | | | | | | | | | x | x | x |
| Alho | Sclerotium cepivorum | x | | x | x | | | | | | | | x | | | x | | | | |
| Cenoura | Alternaria dauci | | | | | | | | | | | | x | x | | | | | | |
| Brassicas | Xanth.campestris pv. campestris | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| | Alternaria brassicicola | | | | | | | | | | | | x | x | | | | | | |
| Solanáceas (Jiló, Pimentão) | Colletotrichum gloeosporioides | x | | x | | | | | | | | | | x | | | | x | x | x |

FONTE: MACHADO, 1988.

A aplicação dos produtos químicos pode ser feita de diversas maneiras,dependendo da formulação disponível; o fundamental é proporcionar distribui-ção e revestimento adequados. Pode-se aplicar desde à lanço, fazendo-se a mistura com pá ou instrumento semelhante,ou utilizar-se de equipamentos com diversos graus de com- plexidade, eficiência e rendimento: tambor rotativo (eixo excêntrico ou deflectores in-ternos), tratador com fluxo contínuo para pó, pasta fluida ou líquido, tratador por nebulização ("Mist-O-Matic") ou atomização e tratamento na plantadeira ("Drill-Box" ou "Dry on-the-Farm").

Um dos avanços no tratamento químico de sementes refere-se as possibilidades de se utilizar solventes orgânicos para permeabilizar a semente, aumentando a penetração do fungicida (tanto sistêmico como protetor), diminuindo os problemas devidos a cobertura inadequada da semente e não rompendo o tegumento. As substâncias mais promissoras são diclorometano, clorofórmio e tetracloreto de carbono; acetona, benzeno e etanol não são eficientes. Este processo apresenta como problemas a fitotoxicidade, toxicidade ao operador e riscos de incêndio. Uma solução é o polietilenoglicol (não tóxico e não inflamável).

O tratamento químico antecipado das sementes apresenta alguns problemas: durante o armazenamento pode-se acentuar o efeito fitotóxico, o produto pode diminuir sua eficiência e, caso as sementes não sejam utilizadas, não poderão ser destinadas ao consumo humano ou animal.

Outro problema potencial do tratamento químico de sementes refere-se a possibilidade de surgimento de linhagens de patógenos resistentes ou insensíveis aos fungicidas. Isto deve ocorrer principalmente com produtos de ação específica, principalmente os sistêmicos. Assim recomenda-se a utilização de misturas de produtos com diferentes espectros/mecanismos de ação, ou a alternância destes produtos.

## 2.2. Tratamento Físico (Termoterapia)

Entende-se por termoterapia a exposição das sementes ao calor. O método não é de uso generalizado, provavelmente por falta de divulgação, por não apresentar efeito residual e por ter pouco valor comercial. O princípio da termoterapia é a sensibilidade diferencial entre patógenos e semente ao calor; sempre deve-se considerar o binômio temperatura-tempo de exposição.

Diversos fatores devem ser considerados para a realização da termoterapia: (1) quanto maior a umidade das sementes,maior

a sensibilidade ao calor; (2) sementes dormentes são mais resistentes ao calor; (3) sementes novas e vigorosas apresentam menor sensibilidade ao calor; (4) sementes com injúrias no tegumento são mais sensíveis ao calor; (5) sementes produzidas sob condições de alta temperatura têm maior tolerância ao tratamento com calor; (6) a sensibilidade ao calor varia entre cultivares de uma mesma espécie.

Os principais prejuízos da termoterapia são o retardamento ou diminuição da germinação e a diminuição do vigor. A pré-imersão das sementes em solução de polietilenoglicol a 30% pode amenizar estes efeitos.

Existem diversos tipos de termoterapia: (a) imersão em água quente: submetem-se as sementes a um pré-aquecimento, imergindo-as por 10 minutos em água à temperatura 5-8°C abaixo da temperatura de tratamento; segue-se a imersão das sementes em água à temperatura definida (49° - 52°C), por tempo determinado (15 a 30 minutos).

É importante que a relação volume de semente: água seja não inferior a 1:5 para que haja um máximo contacto das sementes com a água quente; as sementes devem ser colocadas em um saco poroso ou recipiente de tela e a água deve ter circulação forçada. Após o tratamento, deve-se, imediatamente, proceder a resfriação em água e a secagem através de ventilação forçada a 37-38°C ou à sombra, 21-25°C, em camada fina de sementes.

(b) ar quente ou calor seco: as sementes são colocadas em secadores ou estufas, com regulagem adequada (temperatura entre 95°-100°C por 12 horas). Trata-se de procedimento menos eficientes que o "calor úmido" da imersão, por possibilitar menor troca de calor e pelos patógenos apresentarem menor sensibilidade. Entretanto, é mais fácil de ser aplicado e causa menos danos às sementes, já que não há rompimento do tegumento e extravasamento de substâncias das sementes. Antes de se proceder ao tratamento, deve submeter as sementes a uma pré-desidratação (pré-aquecimento), por 24 horas, a 60-65°C. O tratamento por calor seco também pode ser de longa duração, consistindo na manutenção das sementes a 55°C, por 80-120 dias.

(c) vapor aiejado: é um procedimento intermediário entre a água quente e o ar quente. Sementes pré-hidratadas (mantidas em ambiente com alta umidade relativa por tempo determinado) são submetidas ao vapor de água, a temperatura de 50-57°C, por 30 minutos. Segue-se um rápido resfriamento das sementes. É um processo que permite a utilização de equipamentos apropriados, podendo ser automatizado.

(d) outros: existem outras possibilidades de se utilizar agentes físicos para o controle de patógenos associados às sementes. Uma das opções é o emprego da energia solar, através da exposição das sementes ao sol, em terreiros ou estruturas mais apropriadas onde as sementes podem atingir temperaturas entre 40° e 54°C. Métodos mais modernos vem sendo desenvolvidos visando a utilização de micro-ondas e de ultra-som, com resultados promissores devido às facilidades disponíveis.

A termoterapia, apesar de ser um processo não poluente e de baixo custo, tem como principal limitação a ausência de ação residual. Desta forma, é conveniente a realização de um tratamento fungicida complementar contra patógenos do solo. A Tabela 2 mostra alguns exemplos de recomendações do tratamento térmico em sementes.

Tabela 2. Recomendação do tratamento térmico de sementes de algumas plantas com vistas à erradicação de alguns fitopatógenos.

| Cultura | Patógeno | Modalidade de calor[1] | Regime temp./tempo | Pré-requisito do tratamento |
|---|---|---|---|---|
| Abóbora | **Fusarium solani** f.sp. **cucurbitas** | A. quente | 55°C/15min | |
| Alfafa | **Ditylenchus dipseci** | A. quente | 48-49°C/15 min | |
| Algodão | **Glomerella gossypii** | C. seco | 95-100°C/12 h | Pré-aquecimento (60-65°C/ 20-24 h) |
| Beterraba açucareira | **Phoma betae** | V.arejado | 56°C/20 min | |
| | **Botrytis cinerea** | V.arejado | 52°C/10 min | Pré-hidratação |
| | **Heterodera schachtii** | C.seco | 65-70°C/5-10min | |
| Cenoura | **Alternaria radicina** | A.quente | 50-52°C/20 min | |
| | **Xanthomonas campestris** pv. **carotae** | | | |
| | **Alternaria brassicae** | V.arejado | 56°C/30 min | Pré-hidrat. |
| Repolho | **Phoma lingam** | V.arejado | 56°C/30 min | Pré-hidrat. |
| | **Xanthomonas campestris** | A. quente | 50°C/30 min | |
| Tomate | **Colletotrichum** **Alternaria solani** **Xanthomonas campestris** pv. **Vesicatoria** | A.quente | 50°C/20 min | |
| Trigo | **Ustilago tritici** | A.quente | 52°C/11 min | Pré-embebição (21°C/ 5 h) |
| Zínia | **Alternaria zinniae** | V.arejado | 57°C/30 min | |
| | | A. quente | 52°C/30 min | |

1 A.quente=água quente ; C.seco = calor seco ; V.arejado = vapor arejado.
FONTE: MACHADO, 1988.

## 2.3. Tratamento Biológico

Tratamento biológico é a incorporação artificial de agentes de controle biológico às sementes. É um processo pouco utilizado atualmente, mas com muita pesquisa em desenvolvimento e com amplas possibilidades de se tornar uma prática rotineira. O seu princípio básico é a ação de "controle biológico" exercido por determinados microrganismos, que eliminam, impedem ou reduzem o desenvolvimento de patógenos transportados pelas sementes (durante o armazenamento ou após a semeadura) ou presentes no solo; também existe a possibilidade de haver uma "indução de resistência" contra os patógenos da parte aérea. Estes microrganismos atuam basicamente através de antagonismo, hiperparasitismo e competição. Diversos fungos e bactérias têm potencial para serem aplicados às sementes como agentes de controle biológico: Trichoderma spp., Chaetomium spp., Gliocladium spp., Penicillium spp., Bacillus spp., Streptomyces spp., Pseudomonas spp., etc.. Os agentes de controle biológico normalmente são aplicados às sementes através da imersão em suspensão de propágulos ($10^8$ células/ml), por cerca de 10 minutos, seguida de secagem. Este processo pode ser bastante aperfeiçoado, incluindo uma peletização ou a aplicação dos microrganismos devidamente formulados; isto poderia tornar o processo mais industrial, além de garantir a necessária sobrevivência dos agentes de controle biológico após sua aplicação às sementes.

A grande vantagem deste método é que além de não ser poluente, pode contribuir para um controle mais estável das doenças, já que organismos desejáveis estarão sendo constantemente adicionados ao agroecossistema, alterando seu equilíbrio em favor do homem e sem grande impacto na natureza.

## 2.4. Tratamento Bioquímico

Este método consiste em submeter as sementes a uma fermentação anaeróbica, por tempo determinado. Trata-se de procedimento de emprego limitado a poucas espécies e de pouco valor comercial; também não apresenta ação residual. O princípio do processo é a sensibilidade de patógenos às substâncias químicas formadas durante a fermentação anaeróbica; assim, deve ser criadas condições de umidade e temperatura para que ocorra a produção de ácidos que inativam os patógenos presentes. Na prática, as sementes de tomate são extraídas após a

fermentação, juntamente com a polpa, durante 96 horas, a 21°C; através deste processo, realiza-se o controle de Clavibacter michiganense, agente causal do cancro do tomateiro. Após a fermentação as sementes devem ser lavadas e secadas, através de ventilação forçada ou camada fina à sombra.

## 3. BENEFÍCIOS DO TRATAMENTO DE SEMENTES

Para o agricultor interessa, em geral, a obtenção de lucro imediato pela adoção do tratamento de sementes. Logicamente, este é um aspecto que deve ser considerado; o tratamento de sementes deve reduzir os danos causados pelos patógenos, de modo que o ganho adicional em dinheiro seja superior aos gastos com o procedimento. Deve-se considerar que o custo do tratamento de sementes é, em geral, baixo, participando em 0,1 a 0,5% do custo total da produção.

Entretanto, outro aspecto a ser considerado é o efeito do tratamento de sementes a médio e longo prazo. A introdução de sementes portadoras de patógenos em novas áreas, ou mesmo a contínua adição de patógenos em áreas já tradicionais, alteram o equilíbrio entre os microrganismos do ecossistema, particularmente do solo. O aparecimento ou aumento de patógenos pode dificultar ou mesmo inviabilizar o cultivo de uma espécie em determinadas regiões. Isto foi observado durante a expansão da cultura da soja no cerrado: os solos eram biologicamente mal tamponados e, com a introdução de patógenos transportados pelas sementes, estes passaram a predominar no ambiente, por falta de competição, antagonismo, hiperparasitismo, etc.. O mesmo vem ocorrendo em áreas cultivadas sob irrigação (pivô central), onde o cultivo contínuo da mesma espécie tem agravado os problemas causados pelos patógenos do solo.

Para se compreender a importância do tratamento de sementes deve-se ter uma ampla visão da situação. As sementes podem ser portadoras de patógenos de campo, que permanecem latentes até o momento da semeadura. Nesta fase, os patógenos de solo também podem atacar as sementes ou as plântulas produzidas. As sementes também podem sofrer a ação de patógenos durante o armazenamento, caso sejam mantidas em condições favoráveis ao desenvolvimento destes microrganismos. Desta forma, o tratamento de sementes, eliminando os patógenos presentes nas sementes ou protegendo-as contra a ação de patógenos do ambiente (solo ou armazém), tem grande importância no desenvolvimento de

plantas vigorosas e sadias. Além disso, o emprego de produtos sistêmicos, que são translocados para a parte aérea das plântulas provenientes de sementes tratadas, podem controlar os patógenos foliares em fases iniciais do desenvolvimento da cultura e que muito interferem na produtividade.

A gama de patógenos que devem ser controlados pelo tratamento de sementes é muito ampla e influenciada pela espécie do hospedeiro e ambiente de produção, armazenamento e semeadura. Como exemplo, o tratamento de sementes pode visar, particular ou simultaneamente, o controle de: (a) patógenos associados às sementes: Colletotrichum, Helminthosporium, Phomopsis, Xanthomones, Clavibacter, vírus do Mosaico, Aphelenchoides, etc.; (b) habitantes ou invasores do solo: Rhizoctonia, Pythium, Sclerotium, Fusarium, etc.; (c) patógenos de armazenamento: Aspergillus, Penicillium, Bacillus, etc.; (d) agentes causais de doenças foliares: Oidium, Pyricularia, Uromyces, etc..

Dependendo do tipo de tratamento de semente, um ou mais efeitos podem ser obtidos. A Tabela 3 mostra, de maneira esquemática, estes efeitos.

Tabela 3. Principais efeitos dos diferentes tipos de tratamento de sementes.

| Efeito contra | Tipo de Tratamento | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Químico | Físico | Biológico | Bioquímico |
| Patógenos na semente | + | + | + | + |
| Patógenos no solo | + | - | + | - |
| Patógenos no armazenamento | + | - | + | - |
| Patógenos aéreos iniciais | + | - | ? | - |

A Tabela 4 mostra o efeito do tratamento de sementes na redução do dano de patógenos durante o armazenamento. Verifica-se que a aplicação do fungicida após o beneficiamento proporcionou uma emergência superior àquela observada quando o fungicida foi aplicado antes da semeadura; este efeito deve ter ocorrido pelo controle de patógenos que atuaram durante os 12 meses de armazenamento das sementes. Além disso, o fungicida também foi eficiente contra patógenos que atuaram após a semeadura.

Tabela 4. Efeito do tratamento de sementes de amendoim com fungicida (acetato fenil-mercúrio) sobre fungos de armazenamento.

| Tratamento | Emergência (%) (12 meses) |
|---|---|
| Fungicida após beneficiamento | 75 |
| Fungicida antes semeadura | 60 |
| Sem fungicida | 10 |

FONTE: ZINK et al., 1962.

Os patógenos presentes nas sementes podem reduzir a germinação de um lote por causarem morte das sementes ou a produção de plântulas anormais infeccionadas. A Tabela 5 mostra que o principal efeito benéfico do tratamento de sementes de caupi com fungicida foi a redução da porcentagem de sementes mortas; a amostra de sementes submetidas ao teste padrão de germinação apresentava elevada incidência de Macrophomina phaseolina (35%), além de outros patógenos, como Fusarium spp. (12%), Phomopsis sp. (10%) e Botryodiplodia theobromae (8%). M.phaseolina é um patógeno agressivo, de crescimento rápido e as condições do teste de germinação foram favoráveis para que o inóculo, presente na semente, entrasse em atividade e destruisse a semente, antes desta exteriorizar os primeiros indícios de que havia iniciado o processo de germinação.

Tabela 5. Efeito do tratamento de sementes de caupi com Benomyl (100 g Benlate/100 kg sementes) sobre a germinação. Piracicaba, 1990.

| Componentes do Teste de Germinação | Semente Não Tratada | Semente Tratada |
|---|---|---|
| Plântulas Normais (%) | 53 | 69 |
| Plântulas Anormais Deformadas (%) | 13 | 20 |
| Plântulas Anormais Infeccionadas (%) | 6 | 6 |
| Sementes Mortas (%) | 28 | 5 |

A Tabela 6 mostra que o principal benefício trazido pelo tratamento de sementes de sorgo (aumento na germinação) foi devido a drástica redução de plântulas anormais infeccionadas; as sementes submetidas ao teste de germinação apresentavam 32% de Colletotrichum graminicola e 29% de Drechslera turcica; estes patógenos não causam morte das sementes após o plantio, mas produzem plântulas com infecção, que provavelmente não darão origem a plantas vigorosas ou nor-

mais. Este efeito deve ser devido ao desenvolvimento mais lento e a menor agressividade destes patógenos (maior grau de parasitismo e menor patogenicidade), durante o processo de germinação das sementes.

Tabela 6. Efeito do tratamento de sementes de sorgo com Thiram (200 g Rhodiauram pó seco/100 kg sementes) na germinação. Piracicaba, 1990.

| Componentes do Teste de Germinação | Semente Não Tratada | Semente Tratada |
|---|---|---|
| Plântulas Normais (%) | 61 | 85 |
| Plântulas Anormais Deformadas (%) | 4 | 4 |
| Plântulas Anormais Infeccionadas (%) | 27 | 0 |
| Sementes Mortas (%) | 8 | 8 |
| Sementes Duras (%) | 0 | 3 |

O controle de patógenos associados às sementes também se reflete na emergência. A Tabela 7 mostra que a aplicação de diversos fungicidas às sementes de algodão diminuiu a incidência de Colletotrichum gossypii e Fusarium spp., acarretando um aumento na emergência; Benomyl foi o produto mais eficiente (reduziu a incidência dos patógenos em 80% e 92%, respectivamente), aumentando a emergência em 32%.

Tabela 7. Efeito do tratamento de sementes de algodão CV. IAC-20 com fungicidas na incidência de Colletotrichum gossypii e Fusarium spp. e na emergência.

| Tratamento | Colletotrichum gossypii (%) | Fusarium spp. (%) | Emergência 15 dias (%) |
|---|---|---|---|
| Benomyl | 2,1 | 3,3 | 75 |
| Captan | 8,7 | 15,0 | 72 |
| Carboxin | 8,7 | 37,1 | 68 |
| Thiran | 7,9 | 25,4 | 61 |
| Testemunha | 10,8 | 41,7 | 57 |

FONTE: FURLAN et al., 1986

O tratamento das sementes com água quente (imersão) também reduz a incidência de patógenos transportados pelas sementes de cenoura (Tabela 8); a 55°C houve eliminação total dos patógenos e acréscimo de 2,9X e 2,2X na emergência e velocidade de emergência; a

50°C a redução na incidência dos patógenos foi de 80% e o aumento na emergência e velocidade de emergência foi de 1,3x e 4X, respectivamente. A eficiência da termoterapia é semelhante a da aplicação de fungicida à semente (Rovrin).

Tabela 8. Efeito do tratamento térmico via úmida de sementes de cenoura sobre a incidência de Alternaria spp., emergência e velocidade de emergência.

| Tratamento | Incidência (%) | | Emergência (%) | velocidade Emergência |
|---|---|---|---|---|
| | A.dauci | A.radicina | | |
| Testemunha | 61 | 23 | 15 | 1,6 |
| 50°C, 15 min | 11 | 7 | 50 | 6,5 |
| 55°C, 15 min | 0 | 0 | 43 | 3,7 |
| Iprodione + Thiram (200g p.c./100kg) | 11 | 1 | 40 | 4,8 |

FONTE: VIANA, SILVA SANTOS E MENTEN, 1991

O tratamento de sementes, com produtos químicos ou agentes de controle biológico, é eficiente contra patógenos do solo, causadores de tombamento ou "damping-off"; esta ação patogênica é uma das responsáveis pelo baixo "stand" da lavoura e, como conseqüência, por sua baixa produtividade. Os patógenos que causam a morte das plântulas ("apodrecimento" dos tecidos jovens próximos a semente) atuam, principalmente, sob condições de estresse, como deficiência ou excesso de água, baixa temperatura, semeadura muito profunda, formação de crosta na superfície do solo; enfim, qualquer processo que retarde a rápida emergência da plântula, deixando-a mais tempo numa fase sensível à colonização por patógenos pouco especializados do solo. A Tabela 9 mostra os efeitos do tratamento químico de sementes de milho na emergência sob estresse de frio e umidade, simulando o que ocorre nos plantios antecipados no sul do Brasil; verifica-se que diversos produtos proporcionaram emergência bem superior à testemunha (sementes não tratadas), com o Captan aumentando em 130% o número de plântulas por unidade de área. Sob estas condições de estresse, o patógeno mais prejudicial deve ser Pythium spp.; provavelmente a aplicação de Metalaxyl às sementes proporcionaria efeitos altamente benéficos, pois, além de atuarem diretamente sobre o patógeno, também seria absorvido pela plântula (produto sistêmico) e distribuído tanto para as raízes como para a parte aérea da planta.

Tabela 9. Efeito do tratamento de sementes de milho com fungicidas sobre a emergência de plântulas em solo infestado com patógenos e sob condições de estresse de temperatura (teste de frio).

| Produto técnico | Dose g i.a./100 kg sem. | Emergência (%) (teste de frio)[1] |
|---|---|---|
| Captan | 112 | 90 |
| Thiram | 187 | 87 |
| Thiabendazol | 60 | 84 |
| Benomyl | 50 | 44 |
| Testemunha | -- | 39 |
| PCNB | 225 | 26 |

FONTE: MENTEN & MORAES, 1986

(1) semeadura em 1 parte solo de área tradicional de milho: 2 partes de areia, irrigar até a capacidade de campo, manter 5 dias a 14-15°C e 10 dias em casa de vegetação (± 25°C) - predominância de Pythium sp., Rhizoctonia solani e Fusarium spp.

Sementes tratadas podem reduzir a transmissão de patógenos da semente para a parte aérea das plantas; quanto maior for a eficiência do tratamento, menor será o número de "focos de infecção", fontes de inóculo primário para o desenvolvimento de epidemias. Este efeito é tão importante que aumentos na emergência são, em geral, um objetivo secundário no tratamento de sementes. A Tabela 10 mostra que o tratamento de sementes de trigo, portadoras de Helminthosporium sativum, com agente de controle biológico e fungicida, foi eficiente na redução da incidência do patógeno na semente e na transmissão para a plântula. O desenvolvimento epidêmico da doença provavelmente sofrerá um atraso nas lavouras provenientes de sementes tratadas; com isto, a quantidade de doença será menor nas fases críticas da cultura e a produtividade será maior.

Tabela 10. Efeito do tratamento de sementes de trigo CV.IAC-24 com Trichoderma viride e com fungicida, sobre a incidência de Helminthosporium sativum, emergência e transmissão do patógeno para a parte aérea e/ou raízes.

| Tratamento | Incidência na semente (%) | Emergência (%) | Transmissão (% plant. c/ sint.) |
|---|---|---|---|
| Testemunha | 40 | 92 | 61 |
| Trichoderma ($10^8$ conid./ml) | 3 | 93 | 25 |
| Iprodione + Thiram (250g p.c./100 kg) | | 100 | 3 |

FONTE: PESSOA; ALBUQUERQUE E MENTEN, 1991

Com o advento dos modernos fungicidas sistêmicos, tem sido possível e eficiente o controle de doenças da parte aérea através do tratamento de sementes. O período de controle após a emergência é variável em função do produto, podendo ser de alguns dias a diversas semanas. Assim, doenças como o oídio do trigo (Erysiphe graminis f. sp. tritici) é eficientemente controlado pela aplicação de Triadimenol ("Baytan") e Tebuconazole ("Raxil") nas sementes, antes do plantio (Tabela 11). Recentemente foi lançado o produto Pyroquilon ("Fongorene") para o tratamento de sementes de arroz e trigo visando o controle da brusone (Pyricularia oryzae). A Tabela 12 mostra a redução na severidade da brusone em arroz e o conseqüente aumento na produtividade em 45% pelo tratamento de sementes de cultivar suscetível (IAC-165) com Pyroquilon.

Tabela 11. Efeito da aplicação de fungicidas às sementes de trigo cv. IAC-5-Maringá sobre a severidade de oídio (Erysiphe graminis f.sp. tritici) na parte aérea das plantas.

| Tratamento e dosagem (g i.a./100 kg sem.) | Severidade de oídio (% AFA 45 dias após emerg.) |
|---|---|
| Testemunha | 72 d |
| Tebuconazole (38) | 19 a |
| Tebuconazole (40) | 27 b |
| Tebuconazole (25) | 30 b |
| Triadimenol + Iprodione (30 + 50) | 30 b |
| Iprodione + Thiram (50 + 150) | 63 c |
| Iminoctadina (62) | 65 cd |

FONTE: FORCELINI E REIS, 1988

Tabela 12. Efeito do tratamento de sementes de arroz cv. IAC-165 com Pyroquilon ("Fongorene") na severidade de brusone e produtividade da cultura de sequeiro.

| Tratamento | Severidade (% A.F.A., 35D.A.E.) | Produtividade (kg/ha) |
|---|---|---|
| Testemunha | 40 | 1100 |
| Pyroquilon, 400g i.a./100kg | 0,5 | 1600 |

FONTE: CIBA-GEIGY, 1990

Verifica-se que o tratamento de sementes, isoladamente, pode trazer lucro imadiato ao agricultor, pelo aumento da produtividade. Este efeito pode ser devido a ação do tratamento em diversos processos. A Tabela 13 mostra que o aumento na produtividade da soja, pelo tratamento de sementes com Thiabendazol, foi devido ao aumento da população e altura das plantas (que aumentou o rendimento de colheita).

Tabela 13. Efeitos de tratamento de sementes com fungicida sobre a população, a altura da planta e o rendimento em colheita manual(parcelas) e mecânica(lavoura)da cultivar Bossier,semeada mecanicamente em 06/12/80,sob condições adversas de umidade do solo. EMBRAPA/CNPSo. Londrina,PR. 1981.

| Tratamentos | | População nº de pls/m | Altura cm | Rendimento a 12% de umidade | | | | Perdas na colheita (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Colheita Manual | | Colheita Mecânica | | |
| Nome técnico | Nome comercial | | | kg/ha | % aumento | Kg/ha | % aumento | |
| Thiabendazol | Tecto 10-S | 17,6a | 49,2a | 1347,0a | 41 | 1046 | 64 | 28,7 |
| TOMTB | Busan 30E | 7,8 b | 38,6 b | 995,2 b | 4 | 698 | 9 | 42,6 |
| Testemunha | - | 8,8 b | 41,0 b | 955,6 b | 0 | 638 | 0 | 49,7 |

FONTE: HENNING, FRANÇA NETO E COSTA, 1981

O aumento na produtividade pode variar com o local, pois a prevalência e danos provocados pelas doenças depende bastante do clima. A Tabela 14 mostra que o tratamento de sementes de trigo com diversos fungicidas podem apresentar resultados diferentes; assim, em região de temperatura mais elevada (Jaguariuna), onde o fator limitante da produtividade é a helmintosporiose, todos os produtos tiveram bom desempenho. Entretanto, um ambiente de temperatura mais baixa e maior umidade, além da helmintosporiose, também prevalece o oídio; sob estas condições, o tratamento com Triadimenol mostrou um melhor desempenho.

Tabela 14. Efeito do tratamento químico de sementes no controle de doenças do trigo e na redução de danos.

| Produto Comercial | Ingrediente(s) ativo(s) | Dose (g i.a./ 100 kg) | Controle "in vitro"(%) | | Controle(%) Transmissão | Controle(%) | Aumento produtividade(%)[5] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Helm.[1] | Pyric.[2] | Helm.[3] | Oídio[4] | Jaguariúna (IAC-24) | Passo Fundo (IAC-5) |
| Baytan 25 DS | Triadimenol | 40 | 100 | 100 | 100 | 79 | 50 | 29 |
| Rovrin 80 PS | Iprodione + Thiran | 50+150 | 100 | 100 | 100 | 10 | 45 | 25 |
| Raxil 15 DS | Tebuconazole | 15 | 80 | 100 | 99 | 54 | 49 | 5 |
| Vitavax-Thiram PM | Carboxin + Thiram | 94+94 | 79 | 100 | 78 | 32 | 44 | 10 |
| Vitavax 75PM BR | Carboxin | 150 | 66 | 100 | 56 | 23 | 48 | 11 |
| Rhodiauram | Thiram | 140 | 65 | 84 | 38 | 12 | 36 | 5 |

FONTE: FORELINI E MENTEN, 1990

(1) Média de 3 lotes (cv.IAC-24, IAC-5 e Anahuac) com 57%, 42% e 24%,respectivamente,de Helminthosporium sativum.

(2) Média de 1 lote (cv. Anahuac) com 8% de Pyricularia oryzae.

(3) Média de 3 lotes (cv. IAC-24, IAC-5 e Anahuac), com transmissão de 65% na testemunha(25 dias após semeadura).

(4) Média de avaliações aos 45 e 65 dias após a emergência, em condições de campo (Passo Fundo-RS).

(5) Produtividade das testemunhas não tratadas: Jaguariúna = 1763 kg/ha (baixa emergência); Passo Fundo= 2240 kg/ha (baixa emergência e alta severidade de oídio).

Finalmente, deve-se considerar que a decisão de se tratar as sementes é tomada, logicamente, antes da semeadura e, algumas vezes, imediatamente após o beneficiamento. Assim, não é possível esperar o surgimento de doença e fazer sua quantificação para detectar se alguma ação deve ser tomada (limiar de dano econômico). Trata-se, pois, de se trabalhar com probabilidades de ocorrência de doenças, em função da sanidade e vigor das sementes e das características do local (basicamente, ocorrência de patógenos de solo e clima favorável ao desenvolvimento de doenças). Caso exista alguma probabilidade das doenças causarem danos à cultura, recomenda-se o tratamento de sementes. Devido ao baixo custo da operação, trata-se de um seguro extremamente barato.

Além das considerações meramente agronômicas e econômicas, o tratamento de semente, mesmo com produtos químicos, apresentam uma grande vantagem: são aplicados de maneira localizada na semente, em baixas quantidades (15-200g i.a./100 kg sementes), causando menor impacto sobre o ambiente, comparado ao emprego de fungicidas em pulverização na parte aérea da planta.

O tratamento de sementes pode, ainda, ser aperfeiçoado em diversos aspectos. Embora os maiores impactos devam surgir no tratamento com agentes de controle biológico e estimulantes do crescimento/produtividade de plantas, o desenvolvimento de novos produtos químicos ou formulações, "priming", cobertura e peletização de sementes e tratamento de sementes pré-germinadas poderão contribuir para o aumento dos lucros do agricultor.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


AGARWAL, V.K. & SINCLAIR, J.B..Principles of Seed Pathology. Boca Raton, CRC Press. 1987. v.I, 176p.; v.II, 168p.

BAKER, K.. Seed pathology - concepts and methods of control. Journal of Seed Technology,4(2):57-67, 1979.

CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J..Tratamento químico das sementes. In: Sementes:Ciência,Tecnologia e Produção.Campinas,Fundação Cargill.1983. p.281-289.

CUNFER, B.M..Microorganismos as seed treatments.In: NASSER,L.C.;WETZEL, M.M. & FERNANDES,J.M.ed. Seed Pathology-International Advanced Course,Proceedings.Brasília,ABRATES,1988.p.226-231.

DHINGRA, O.K..Importância e perspectivas do tratamento de sementes no Brasil. In: MENTEN, J.O.M.,Coord.Situação e Perspectivas da Patolo-

gia de Sementes no Brasil. Anais, Piracicaba, CENA/USP-CNEN; Brasília, ABRATES, p.126-129. 1984 (1º Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes).

OHINGRA, O.D.; MUCHOVEJ, J.J. & CRUZ FILHO, J..Tratamento de Sementes (controle de patógenos). Viçosa, Imprensa Universitária UFV. 121p. 1980.

FORCELINI, C.A. & MENTEN, J.O.M..Epidemiologia e controle de Bipolaris sorokiniana em sementes de trigo, parte 6: Efeito de fungicidas sobre a transmissão. Reunião da Comissão Centro Sul de Pesquisa de Trigo, VI, Campinas-SP, 23-26/01/1990. 31p.

FORCELINI, C.A. & REIS, E.M..Controle de Helminthosporium sativum, Septoria nodorum, Fusarium graminearum e Erysiphe graminis f.sp. tritici pelo tratamento de sementes de trigo com fungicidas. Fitopatologia Brasileira, 13:28-31. 1988.

FURLAN, S.H.; AMARAL, H.M.; MORAES, M.H.D.; BUENO, J.T. E MENTEN, J.O. M..Efeito de quatro fungicidas na incidência de Colletotrichum gossypii e Fusarium spp. em sementes de algodão (Gossypium hirsutum L.) e sua relação com o vigor das sementes. Revista Brasileira de Sementes,8(2):67-75. 1986.

HENNING, A.A.; FRANÇA NETO, J.B. & COSTA, N.P..Recomendação do tratamento químico de sementes de soja Glycine max (L.) Merril. Comunicado Técnico nº 12, EMBRAPA/CNPSo, Londrina. 1981. 9p.

HOMECHIN, M..Controle biológico no tratamento de sementes. In:Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes,2.Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986. p.101-105.

JEFFS, K.A., Ed..Seed Treatment.2.ed.Surrey, British Crop Protection Council, 1986. 332p.

KUROZAWA, C.. Tratamento de sementes de hortaliças (cebola, cenoura, tomate). In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes,2. Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986. p.139-143.

LASCA, C.C..Tratamento de sementes. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes,2. Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986.p.93-99.

MACHADO, J.C..Tratamento de sementes de feijão.In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes,2. Anais. Campinas, Fundação Cargill.1986. p.131-137.

MACHADO, J.C..Patologia de Sementes: Fundamentos e Aplicações. Brasília, MEC-ESAL-FAEPE. 1988. 107p.

MARIOTTO, P.R..Tratamento de sementes de amendoim. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 2. Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986. p.117-118.

MAUDE, R.B..The use of physical and chemical methods for seed treatment. In: NASSER, L.C.; WETZEL, M.M. & FERNANDES, J.M., ed. Seed Pathology - International Advanced Course, Proceedings. Brasília, ABRATES, 1988. p. 187-197.

NEERGAARD, P.. Seed Pathology. London, Mac Millan Press, 1977. 2v., 1191p.

NUNES JÚNIOR, J.. Tratamento de sementes de soja. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 2. Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986. p.149-159.

PEREIRA, O.A.P..Tratamento de sementes de milho. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 2. Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986. p. 145-148.

PESSOA, M.N.G.; ALBUQUERQUE, P.S.B. & MENTEN, J.O.M..Controle de Helminthosporium sativum através do tratamento biológico de sementes de trigo (Triticum aestivum L.).Summa Phytopathologica, 17 (1): 22. 1991.

PIZZINATTO, M.A..Tratamento de sementes de algodão.In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 2. Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986. p.111-116.

RODRIGUEZ-KABANA, R.; BACKMAN, P.A. & CURL, E.A..Control of seed and soilborne plant diseases. In: SIEGEL, M.R. & SIESLER, H.D.,ed. Antifungal Compounds. New York, Marcel Dekker, 1977.v.1,p.117-161.

SINCLAIR, J.B..Evaluation of the use of chemicals as seed treatments. In: NASSER, L.C.; WETZEL,M.M. & FERNANDES,J.M.,ed. Seed Pathology-International Advanced Course, Proceedings. Brasília, ABRATES,1988. p.198-206.

SINCLAIR, J.B..The use of fungicides as seed treatments. In: NASSER,L.C.; WETZEL, M.M. & FERNANDES, J.M.,ed. Seed Pathology - International Advanced Course, Proceedings. Brasília, ABRATES, 1988.p.207-225.

SOAVE, J. & MORAES, S.A..Medidas de controle das doenças transmitidas por sementes. In: SOAVE,J. & WETZEL, M.M.V.S.,ed. Patologia de Sementes.Campinas, Fundação Cargill, 1987.p.192-259.

TANAKA, M.A.S..Tratamento de sementes de arroz. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 2. Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986. p.119-129.

TAYLOR, A.G. & HARMAN, G.E..Concepts and technologies of selected seed treatments. Ann.Rev.Phytopathol.,28:321-339. 1990.

TOLEDO, A.C.O..Desenvolvimento de fungicidas para tratamento de sementes. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 2. Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986. p.107-110.

TOLEDO, F.F. & MARCOS FILHO, J.. Tratamento das sementes. In: _____. Manual das Sementes - Tecnologia da Produção. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres. 1977. Cap. 13, p.194-210.

VALARINI, P.J.. Tratamento de sementes de trigo. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, 2. Anais. Campinas, Fundação Cargill. 1986. p.161-167.

VIANA, R.M.F.; SILVA SANTOS, A.C.K. & MENTEN, J.O.M..Termoterapia para controle de Alternaria dauci e A.radicina em sementes de cenoura (Daucus carota L.). Summa Phytopathologica,17(1):20. 1991.

ZINK, E.; CORAL, F.J. & TELLA, R..Estudo sobre a conservação de sementes. X-amendoim. Bragantia,21:159-165. 1962

# ADUBAÇÃO VERDE

Antonio Luiz Fancelli[1]

## I. INTRODUÇÃO

**ADUBAÇÃO VERDE** é definida como a prática agrícola pela qual determinadas plantas são cultivadas com a finalidade de incorporá-las, ainda verdes ao solo, promovendo seu enriquecimento em matéria orgânica e nutrientes, principalmente nitrogênio. Constitui-se numa das modalidades mais simples e acessíveis de adubação orgânica, em decorrência de que o produto a ser ministrado é obtido no próprio local de utilização. Para esse fim, usualmente, dá-se preferência às leguminosas, pelas suas características relativas à grande potencialidade de produção de fitomassa, à presença de sistema radicular profundo e portentoso, e à capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico mediante o processo de simbiose com as bactérias do gênero *Rhizobium*.

O emprego de plantas com o intuito de melhorar as terras para culturas é considerado como técnica agrícola milenar, pois seus efeitos já eram sobejamente conhecidos pelos antigos povos chineses, romanos, gregos e mesmo pela civilização egípcia. No Brasil, sua prática foi preconizada no início do presente século, sendo, no entanto, implementada em larga escala por volta de 1940. Com o advento dos adubos minerais, aliado ao uso intensivo do solo e alto custo da terra, o emprego de leguminosas com tal finalidade foi um tanto esquecido.

## II. BENEFÍCIOS E REQUISITOS BÁSICOS

A adubação verde resulta em relevantes benefícios, quais sejam: a) adição de nitrogênio ao solo; b) adição e manutenção de matéria orgânica; c) reciclagem de nutrientes pelo efeito bombeamento; d) cobertura do terreno, minimizando os riscos de erosão; e) estímulo à vida do solo; f) melhor aproveitamento de fertilizantes; g) auxílio no controle de nematóides nocivos às plantas. Contudo, a manifestação dos resultados mencionados depende do estudo e da escolha de plantas (espécies) a utilizar em cada região, segundo a natureza da cultura que se deseja beneficiar e das circunstâncias naturais e econômicas prevalecentes no local.

1 - Engenheiro Agrônomo, MSC. Dr. Docente do Depto. de Agricultura/ESALQ/USP Cx. Postal 09, 13.400-Piracicaba/SP, Fone (0194) 33-0011 - R. 4115.

Para o aproveitamento efetivo da fixação de nitrogênio, através da simbiose estabelecida entre a leguminosa e a bactéria, exige-se incialmente a presença de população adequada de *Rhizobium* compatível com a espécie em uso, bem como a ocorrência de condições favoráveis ao desenvolvimento da planta.

Inúmeros são os fatores, porém, que poderão desfavorecer esta relação, dentre os quais destacam-se: 1) nível de carboidrato insuficiente nas plantas; 2) pH desfavorável (< 6,0); 3) ocorrência de concentrações inibitórias de nitrato e nitrogênio combinado; 4) deficiências em Ca, Mg, P, Fe, Mo e Co e 5) altas temperaturas do solo

Assim, as leguminosas, são em geral as mais recomendáveis para tal fim, principalmente pela sua riqueza em nitrogênio, além da ocorrência de favorável relação C/N (22-15:1), possibilitando maior eficiência de decomposição, não exigindo consumo significativo de nitrogênio do solo. Embora, produzam quantidades de massa verde relativamente pequenas quando comparadas com algumas gramíneas.

Atualmente, objetivando o aproveitamento da capacidade de produção de fitomassa e de compostos alelopáticos, algumas espécies de gramíneas estão sendo usadas como cobertura vegetal de solo, dentre as quais merecem especial referência a aveia preta (*Avena spp.*), o azevém (*Lollium multiflorum*), o centeio (*Secale cereale*) e o triticale(*Triticum aestivum x Secale cereale*).

## III. TIPOS DE ADUBAÇÃO VERDE

Em geral a mencionada prática agrícola pode ser utilizada de três formas distintas: adubação verde exclusiva (de verão e inverno), adubação verde intercalar e adubação verde com espécies perenes, sendo certo que a primeira modalidade é mais comumente empregada por não apresentar condição específica para sua implementação.

A adubação verde exclusiva de verão, constitui-se em simples sistema de rotação adubos verdes-cultura principal, impossibilitando, todavia, a exploração do período chuvoso pela cultura, motivo pelo qual não tem obtido grande aceitação pela maioria dos agricultores. É, entretanto, recomendada para a recuperação de solos intensivamente cultivados, bem como para o cerrado cuja utilização plena encontra-se estritamente vinculada a práticas especiais de manejo. Neste caso, aconselha-se que a semeadura seja efetuada na época das águas, no período compreendido entre a segunda quinzena de outubro e primeira quinzena de dezembro, obedecendo espaçamento de 0,50-0,60 m entre linhas com densidade de 5 a 10 plantas por metro linear. Estas recomendações, no entanto, bem como a época de corte e as práticas de manejo da fitomassa p r oduzida, dependerão da regularidade da precipitação pluvial e da espécie em uso.

Trabalhos experimentais têm evidenciado significativas influências da prática de adubação verde exclusiva na produção de diversas culturas. Reconhece-se, todavia, que

tais benefícios não se encontram apenas vinculadas à quantidade de fitomassa produzida, mas também a outras características intrínsecas à espécie, que podem favorecer o desenvolvimento vegetal.

Atualmente, a adubação verde exclusiva de outono/inverno vem recebendo especial atenção por parte das instituições de pesquisa, bem como despertando grande interesse por parte dos agricultores, visto que, tal prática é efetiva no período de entre-safra das culturas, quando as áreas de produção estariam normalmente destinadas ao pousio. Para tanto, às recomendações de leguminosas para esse fim deverão se fundamentar nas condições de temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de água reinantes no período e região considerados.

Os adubos verdes podem ser semeados a lanço, em terreno previamente arado, sendo que a distribuição de sementes pode ser realizada à mão ou por meio de máquinas apropriadas, com posterior gradeação superficial para o enterrio. No entanto, dá-se preferência pela semeadura em linhas ou fileiras, efetuada quer manualmente ('matraca') ou mediante semeadoras de tração animal ou mecânica, em sistemas de plantio convencional ou direto.

Três são as opções consideradas para a realização de práticas de corte da fitomassa produzida. A primeira, pela utilização da grade de discos destravada; sendo as mais eficientes as efetuadas com auxílio de rolo-faca (recomendável em algumas situações) ou roçadeira (mais comumente utilizada), mantendo os restos das plantas espalhados na superfície, por 5 a 10 dias, para posterior incorporação.

A adubação verde intercalar é amplamente utilizadas por pequenos e médios produtores de lavoura do milho. Nesse caso, a leguminosa é semeada entre as linhas da cultura aproximadamente 90 a 100 dias após a semeadura do cereal, correspondendo ao período compreendido entre a 1ª quinzena de janeiro, e a 2ª quinzena de fevereiro, ou quando o milho se encontrar próximo ao ponto de "pamonha"; pois, sem este cuidado, a produção do cereal poderá ser sensivelmente afetada. Neste caso, os mesmos espaçamentos e densidades de semeaduras serão obedecidos, dando-se, no entanto, preferência para a mucuna-anã, mucuna-preta e labelabe que se mostram muito mais adaptadas a esse sistema de cultivo. A incorporação, também convém que ocorra por ocasião do florescimento do adubo verde, cumprindo no entanto que seja realizada pelo menos 2 meses antes da implantação da cultura subsequente, em decorrência da incorporação conjunta da palhada de milho remanescente.

A adubação verde com leguminosas perenes pode ser utilizada em sistemas de produção de culturas anuais ou perenes. Para esse fim, as leguminosas comumente empregadas são: a galáxia (*Galactia striata*), a centrosema ou jetirana (*Centrosema pubescens*), o siratro (*Macroptilum atropurpureum*), o guandú (*Cajanus cajan*) e a leucena (*Leucaena leucocephala*).

Para culturas anuais, a leguminosa é semeada em espaçamento e densidade recomendadas para a espécie.O adubo verde é, então, semeado e devidamente manejado objetivando a

formação de massa verde em grande quantidade, até a ocasião da instalação da cultura no ano seguinte. Nesta época, a leguminosa é cortada com o auxílio de roçadeira, não se efetuando, contudo, sua incorporação. No início da brotação, herbicidas dessecantes são utilizados visando não somente a queima da parte vegetativa do adubo verde, mas também a eliminação de eventuais plantas daninhas que possam competir com a cultura. Assim, a semeadura da cultura considerada é feita mediante a prática do plantio direto (sem preparo convencional do solo) efetuada por semeadoras apropriadas ou mesmo valendo-se do plantio em sulcos ou covas.

Com relação ao emprego das modalidades de adubação verde descritas, em culturas perenes, recomenda-se sua instalação em períodos que propiciam a produção satisfatória de fitomassa, sem, contudo, estabelecer níveis significativos de competição com a cultura principal, nem interferir nos tratos culturais necessários. A fitomassa gerada, segundo pesquisas, tem evidenciado efeitos benéficos mais vantajosos quando, após o corte, é deixada sobre a superfície do solo, principalmente no período seco.

## IV. ESPÉCIES PARA ADUBAÇÃO VERDE

Inúmeros são as espécies recomendadas para esse fim, contudo merecem especial destaque a mucuna preta, mucuna anã, labelabe, crotalária, feijão de porco, guandú, chicharo, grão-de-bico e tremoço.

A mucuna preta (*Mucuna atterrima*), além de grande quantidade de fitomassa que produz, pode contribuir para considerável diminuição na população de nematóides, principalmente daqueles do gênero *Meloidogyne*. Devido, a mucuna apresentar, via de regra, sementes duras (com germinação parcelada), algumas precauções devem ser tomadas no sentido de se evitar a deiscência (queda) de suas vagens no campo e procedera escarificação de suas sementes antes da semeadura; caso contrário, poderão evidenciar sérios problemas de infestação da área. Ainda mais, a mencionada leguminosa é de crescimento rasteiro e vigoroso, anual e bianual; de hábito trepador e de ampla adaptação. Frequentemente apresenta condições de vegetação e produção nos mais variados tipos de solo, mesmos naqueles de baixa fertilidade. Mostra-se ademais, muito resistente à seca e possui satisfatória capacidade de fixação de nitrogênio.

A mucuna anã (*Mucuna deeringiana*) é de crescimento determinado, relativamente precoce, recomendada para adubação verde em oleoricultura e no cultivo de frutíferas perenes e cafeeiro. Normalmente, apresenta melhor desenvolvimento quando cultivada na primavera/verão, em regiões quentes.

O labelabe (*Dolichos lablab*) não é recomendado para área infestada por nematóides, pelo risco de favorecer o incremento da população desses patógenos, embora em locais isentos de tal poblema possa propiciar significativos benefícios às plantas cultivadas. Essa leguminosa apresenta

ciclo anual ou bianual, hábito rasteiro e ampla adaptação climática, sendo suas vagens e sementes passíveis de serem processadas para arraçoamento animal ou consumo humano. A fitomassa produzida pode ser também utilizada para enriquecimento de silagem ou palha de milho, quando em cultivo consorciado.

A crotalária (*Crotalaria juncea*), apesar de ser um dos adubos verdes preferidos, graças à excepcional quantidade de fitomassa verde produzida em curto período, é afetada consideravelmente pela murcha (*Ceratocystis fimbriata*), responsável por redução apreciável de produção, fato que impossibilita o cultivo dessa leguminosa em anos subsequentes na mesma área. Tal problema tem sido significativamente minimizado com o emprego das variedades IAC-KR1 e IAC-1. Exige calor, luz e umidade, devendo ser plantadas no período chuvoso, em solo bem drenado e com pH na faixa de 6.0 a 6.5. É empregada em todos os sistemas de produção, sendo considerada como um dos melhores adubos verdes para a cultura da cana-de-açucar, além de auxiliar no controle de nematóides.

Outra importante espécie utilizada como adubo verde é o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), planta ereta, com elevada tolerância à seca e ao sombreamento, apresentando efeitos alelopáticos relevantes sobre algumas espécies de plantas daninhas. Suas sementes, brancas e graúdas, apesar de apresentarem elevados teores de proteína de exelente qualidade, não são recomendadas para o consumo humano, devido a presença, em sua constituição, de inúmeros fatores antinutricionais. O guandú (*Cajanus cajan*) é uma leguminosa arbustiva, semiperene, de ampla adaptação ecológica e excelente rusticidade que pode ser empregada como adubação verde, quebra-vento, fornecimento de lenha e carvão, bem como na alimentação animal sob a forma de feno, silagem, pastoreio e grãos. É, também, recomendada para a restauração de solos depauperados e compactados, inclusive, para regiões semiáridas.

O chicharo (*Lathyrus sativus*) é uma planta anual, de inverno, de hábito não trepador com produção satisfatória de fitomassa, a qual apresenta razoável persistência no solo quando deixada na superfície após o corte. Seus grãos também podem ser consumidos sob a forma de mingaus ousopas na alimentação humana, bem como empregados no arraçoamento de bovinos, suinos e ovinos.

O tremoço branco (*Lupinus albus*) é uma leguminosa herbácea, anual e de inverno, apresentando crescimento ereto e determinado. Suas sementes, ricas em proteinas, quando destinadas ao consumo humano e animal devem ser submetidas a um processo de maceração ("molho") em água, com o intuito de eliminar substâncias do grupo dos alcalóides. Seu cultivo é recomendado no período compreendido entre março e maio, em regiões de clima temperado e subtropicais.

Outra importante leguminosa de inverno é o grão-de-bico (*Cicer arietinum*), planta rica em proteinas, herbácea e anual. Apresenta excelente resistência à seca, não tolera encharcamento de solo e constitui uma das poucas opções de adubação verde de outono/inverno para a região sudeste.

Os adubos verdes devem ser cortados e incorporados por

ocasião do pleno florescimento até uma semana após, em decorrência da facilidade de decomposição de suas estruturas vegetativas, além da maior concentração de nitrogênio da planta ser constatada neste período.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalmente, a escolha da modalidade deverá considerar o fato de que todas as operações implicadas no processo (semeadura, manejo, corte e incorporação do adubo verde) deverão ser executadas em função da infraestrutura presente na propriedade. Da mesma forma, a multipicação das sementes necessárias deverão ser promovidas com vistas ao auto-abastecimento da propriedade, evitando-se,uma eventual especulação do comércio.

RECOMENDAÇÕES BASICAS PARA O CULTIVO DAS PRINCIPAIS LEGUMINOSAS EMPREGADAS EM ADUBAÇÃO VERDE, NO PERIODO DE VERÃO E OUTONO/INVERNO.

ADUBAÇÃO VERDE DE VERÃO

| | ESPAÇO. (m) | SEMENTES NECESSARIAS* (kg/ha) | sts/m.l. | sts/m² | DENSIDADE* g/m² |
|---|---|---|---|---|---|
| Crotalaria juncea ..... | 0,50 | 30 | 25 | 50 | 2,6 |
| Crotalaria spectabilis .. | 0,50 | 12 | 30 | 60 | 1,2 |
| Mucuna preta ..... | 0,50 | 85 | 5 | 10 | 8,4 |
| Mucuna anã ..... | 0,50 | 105 | 10 | 20 | 10.5 |
| Guandu ..... | 0,50 | 36 | 12 | 24 | 3,6 |
| Labelabe ..... | 0,50 | 57 | 12 | 24 | 5,7 |
| Feijão de porco ..... | 0,50 | 100 | 5 | 10 | 14,1 |

ADUBAÇÃO VERDE DE INVERNO (1)

| | ESPAÇO. (m) | SEMENTES NECESSARIAS* (kg/ha) | sts/m.l. | sts/m² | DENSIDADE* g/m² |
|---|---|---|---|---|---|
| Crotalaria juncea ..... | 0,40 | 38 | 30 | 75 | 3,8 |
| Crotalaria spectabilis .. | 0,40 | 20 | 40 | 100 | 2,0 |
| Mucuna preta ..... | 0,40 | 100 | 5 | 13 | 10,5 |
| Mucuna anã ..... | 0,40 | 150 | 12 | 30 | 15,8 |
| Guandu ..... | 0,40 | 57 | 15 | 38 | 5,7 |
| Labelabe ..... | 0,40 | 89 | 15 | 38 | 5,7 |
| Feijão de porco ..... | 0,40 | 140 | 5 | 13 | 18,3 |
| Chicharo ..... | 0,40 | 40 | 12 | 30 | 4,0 |
| Tremoço ..... | 0,40 | 80 | 10 | 25 | 8,5 |

Observações:

* Recomendações baseadas no peso de 1000 sementes

(1) - Época de semeadura recomendada: 15 de janeiro a 10 de abril (Exceção feita ao chicharo, grão-de-bico e tremoço, que poderão ser semeados até o final de maio).

- Para as crotalarias recomenda-se a semeadura até o final de fevereiro, devido a sua resposta ao fotoperíodo.

# Programa computacional para elaboração do balanço hídrico em culturas anuais e perenes: aplicação em feijão

Quirijn de Jong van Lier[1]
Durval Dourado Neto[2]

## RESUMO

Com o objetivo de viabilizar a elaboração do balanço hídrico para culturas anuais e perenes, com diversas aplicações práticas, foi elaborado um programa de computador. Devido à diversidade genética e às condições peculiares da explotação agrícola de cada agricultor, o programa é executável com a intervenção direta do usuário. Para realização do balanço hídrico utilizou-se o método proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1955), adotando o procedimento preconizado por DOORENBOS & PRUITT (1975) para estimativa da evapotranspiração ótima da cultura. No caso de culturas anuais, como o feijão, o coeficiente de cultura é estimado a partir de três valores fornecidos pelo usuário. O programa possibilita o cálculo da capacidade de água disponível em função da profundidade efetiva do sistema radicular, a qual varia de um valor inicial até um valor final durante os primeiros estádios de desenvolvimento. O programa fornece como saída de dados tabelas detalhadas e resumidas do balanço hídrico com representação gráfica.

Palavras-chave: Feijão. Balanço hídrico.

(1) Estudante de pós-graduação do Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Ciência do Solo, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13400 Piracicaba.
(2) Professor Assistente do Departamento de Agricultura, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13400 Piracicaba.

# 1. INTRODUÇÃO

A água é um dos fatores de produção de vital importância à cultura de feijão. O conhecimento da variação do armazenamento da água no perfil do solo ao longo do ciclo da cultura otimiza a eficiência do manejo do sistema agrícola pelo agricultor.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um programa computacional que permite elaborar um balanço hídrico específico para as condições peculiares de cada agricultor, em função do clima, do solo e da época de semeadura, utilizando o método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), adotando o critério de iniciar o balanço hídrico de DOURADO NETO *et alii* (1991).

# 2. BALANÇO HÍDRICO EM FEIJÃO: ASPECTOS TEÓRICOS

## 2.1 Evapotranspiração ótima da cultura de feijão

THORNTHWAITE & MATHER (1955) definiram evapotranspiração de referência como sendo a evaporação normal de uma superfície natural bem suprida de água à atmosfera, ocorrendo quando a folhagem vegetal se mantém turgescente e quando o processo decorre apenas de atributos do clima, não havendo restrição de água ou cobertura vegetal.

Para a estimativa da evapotranspiração ótima (ETm) da cultura de feijão multiplica-se a evapotranspiração de referência pelo coeficiente de cultura (Kc), conforme proposição de van WIJK & de VRIES (SEDIYAMA, 1988), utilizando o procedimento de DOORENBOS & PRUITT (1975).

Para estimativa da evapotranspiração de referência, utilizou- se o procedimento proposto por THORNTHWAITE (1948), necessitando apenas dos dados de temperatura média dos períodos e a latitude local. Para o cálculo da declinação solar utilizou- se a equação proposta por PALTRIDGE & PLATT (1976). Assumiu-se que o coeficiente de cultura (Kc) está constante nos estádios de desenvolvimento I, III e V, e que nos estádios II e IV a variação é linear.

## 2.2 Armazenamento de água

Para estimativa da quantidade de água armazenada no perfil do solo, utilizou-se o método proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1955) e o critério apresentado por MENDONÇA (1958). O solo foi assumido como isotrópico para a propriedade retenção de água.

A profundidade efetiva do sistema radicular aumenta desde seu valor inicial até seu valor final, do plantio até a metade do estádio III, e continua no seu valor máximo depois. A forma da curva de crescimento de sistema radicular pode ser manipulada pelo usuário, mudando o fator F (fator relativo à taxa de crescimento da raiz).

## 2.3. Evapotranspiração real

Estima-se a evapotranspiração real (ETr) da cultura de feijão pelo método do balanço hídrico proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1955). Segundo esses autores, quando a chuva excede a evapotranspiração (ETm), a ETr é igual a ETm. Quando a chuva é menor que a ETm, a ETr é igual a essa chuva mais a variação do armazenamento de água no solo.

Assim, a evapotranspiração real estimada é dependente da quantidade de água armazenada no perfil de solo, da temperatura média e da precipitação ocorrida no período em estudo.

## 2.4. Déficе hídrico

Existe déficе hídrico (Dh) quando a ETr é menor que a ETm:

$$Dh = ETm - ETr.$$

É imprescindível conhecer os períodos da época de interesse em que ocorre déficе hídrico para tomada de decisões referentes aos diversos aspectos técnicos de manejo relacionados à economicidade da exploração do feijoeiro, tais como: adoção da técnica de irrigação; época, quantidade, tipos e modos de aplicação de fertilizantes a

serem utilizados; controle de plantas daninhas; controle [illegible]
variedades.

## 2.5. Excedente hídrico

Existe excedente hídrico (Eh) quando a chuva é maior que a ETr mais a variação de armazenamento de água no perfil de solo (Va):

Eh = Chuva - ETr - Va

Assume-se que há excedente hídrico, no período considerado, sempre que a precipitação for superior à soma da evapotranspiração real da cultura de feijão e a diferença entre a capacidade de água disponível e a quantidade de água disponível atual desse período, independentemente da intensidade de precipitação.

# 3. O PROGRAMA COMPUTACIONAL

Para realização do balanço hídrico para a cultura de feijão cria-se um arquivo de dados, contendo a altura de chuva e temperatura para cada período. Para facilitar o uso do programa, existem 7 casos de freqüência de dados regulares previstos: de 1 a 6 vezes por mês e 1 vez por semana. O programa, ao carregar o arquivo de dados, calcula a freqüência mensal de dados com os respectivos números de dias de duração de cada período, em função do número de linhas existentes. Nos casos não previstos, o usuário deve obrigatoriamente especificar os respectivos números de dias de duração de cada período considerado.

Além dos dados de chuva e temperatura, é necessário o preenchimento, dentro do programa, dos seguintes ítens:

- latitude local;
- duração dos cinco estádios de desenvolvimento;
- valores de coeficiente de cultura para o primeiro, o terceiro e o quinto estádios de desenvolvimento;
- profundidade efetiva do sistema radicular (valores inicial e final);

- teor de água, a base de volume, correspondente à "capacidade de campo" e ao "ponto de murchamento permanente";
- mês da execução do transplante.

Após completar o preenchimento desses dados, pode-se começar a execução do balanço hídrico. No procedimento padrão o programa cria um arquivo contendo os resultados do balanço hídrico executado (Tabela 1).

Além disso, o programa apresenta a possibilidade de representação gráfica em monitor de vídeo (CGA, EGA ou Hercules) ou em impressora matricial IBM, Epson ou compatível (Figura 1).

*Tabela 1: Arquivo contendo os resultados de um balanço hídrico executado para a cultura de feijão.*

BALANÇO HÍDRICO. (CADmin= 45 mm, CADmax=125 mm)
LOCAL: Piracicaba-SP (-22x 57').
CULTURA: Feijão (grão) (Phaseolus vulgaris).
UMIDADE Cap.campo 25.0% PMP 12.5%
Umidade inicial: 25.0% (automático, Kc anterior = 0.40)

| mês | período | T | ETo | Kc | ETm | Prec | Ze | AD(%) | ETr | Déficit | Exc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 16-28 | 23.1 | 44.4 | 0.40 | 17.8 | 66.2 | 36 | 100.0 | 17.8 | 0.0 | 48.4 |
| mar | 1-15 | 22.9 | 49.0 | 0.57 | 27.7 | 81.3 | 63 | 100.0 | 27.7 | 0.0 | 53.6 |
| | 16-31 | 22.7 | 49.7 | 1.04 | 51.9 | 70.0 | 80 | 100.0 | 51.9 | 0.0 | 18.1 |
| abr | 1-15 | 22.2 | 42.9 | 1.20 | 51.5 | 45.6 | 94 | 95.1 | 51.3 | 0.2 | 0.0 |
| | 16-30 | 21.5 | 38.7 | 1.20 | 46.4 | 21.2 | 100 | 78.1 | 42.8 | 3.6 | 0.0 |
| mai | 1-15 | 20.8 | 34.9 | 0.93 | 32.3 | 12.0 | 100 | 66.4 | 26.7 | 5.7 | 0.0 |
| | 16-19 | 20.0 | 8.3 | 0.36 | 3.0 | 2.3 | 100 | 66.0 | 2.7 | 0.2 | 0.0 |

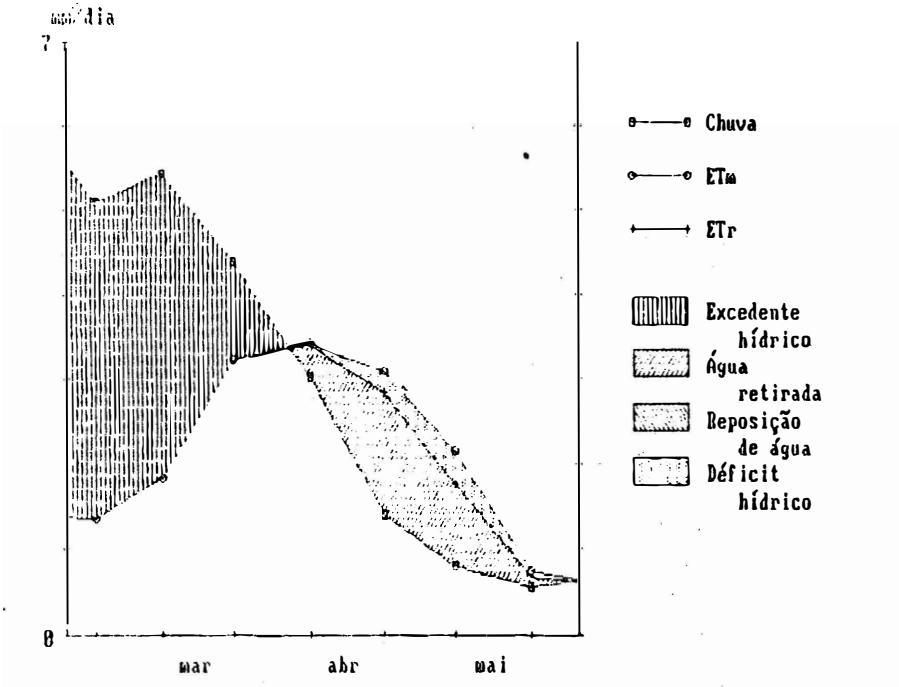



*Figura 1: Representação gráfica dos resultados de um balanço hídrico executado para a cultura de feijão.*

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOORENBOS, J. e PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome, FAO, 1975. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

DOURADO NETO, D.; van LIER, Q. de J. & OMETTO, J.C. Generalização do critério de iniciar o balanço hídrico segundo o método de THORNTHWAITE & MATHER. In: VII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Viçosa, 1991.

MENDONÇA, P. de V.E. Sobre o novo método de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather. In: CONGRESSO LUSO-ESPANHOL PARA O PROGRESSO DAS CIENCIAS, 24, Madrid, 1958. p. 415-25.

PALTRIDGE, G.W. & PLATT, C.M.R. Radiative processes in meteorology and climatology. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, 1976. (Developments in Atmospheric Science, 5).

SEDIYAMA, G.C. Necessidade de água para os cultivos. Brasília, 1988. 143 p. (ABEAS. Curso de Engenharia de Irrigação. Módulo 4).

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, New York, 38 (1):55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. Drexel Institute of Technology, 8(1):1-14, 1955.