Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Agricultura
Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz"



Tecnologia da Produção do Feijão Irrigado

(2ª Edição Revisada e Ampliada)

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Agricultura
Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz"

Tecnologia da Produção do Feijão Irrigado

DOI: 10.11606/9786562061048

(2ª. Edição Revisada e Ampliada)

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

Piracicaba / SP
1997

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Reitor - Prof. Dr. Flávio Fava de Moraes
Vice-reitora - Profª. Drª. Myriam Krasilchik

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Diretor - Prof. Dr. Evaristo Marzabal Neves
Vice-diretor - Prof. Dr. Antonio Roque Dechen

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Tecnologia da produção do feijão irrigado [recurso eletrônico] / editores Antonio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto.- - 2. ed.- - Piracicaba : ESALQ/FEALQ, 1997.
182 p. : il.

ISBN: 978-65-6206-104-8
DOI: 10.11606/9786562061048

1. Feijão - Produção 2. Irrigação 3. Tecnologia agrícola I. Fancelli, A. L., ed. II. Dourado Neto, D., ed. III. Título

CDD 635.652

Índice para o catálogo sistemático:

1. Feijão Irrigado : 2. Produção agrícola : 3. Tecnologia agrícola CDD 635.652

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

ÍNDICE

página

PREFÁCIO
A. L. Fancelli v

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PIVÔ CENTRAL
C. Tomazela 1

MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO FEIJÃO
J.A. Lunkes 9

NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DO FEIJOEIRO
E. Malavolta & O. F. Lima Filho 22

MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO FEIJÃO
A. Junqueira Netto 52

QUIMIGAÇÃO
D. Dourado Neto & A. L. Fancelli 65

A PRÁTICA DA ADUBAÇÃO: FATORES QUE AFETAM O USO EFICIENTE
T. Yamada 81

ECOFISIOLOGIA E FENOLOGIA DO FEIJOEIRO
A. L. Fancelli & D. Dourado Neto 100

RECOMENDAÇÕES GERAIS NA OPERACIONALIZAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO
D. Dourado Neto & A. L. Fancelli 121

MANEJO DE PRAGAS NA CULTURA DE FEIJÃO
M. Yokoyama 128

SITUAÇÃO ATUAL DA CULTURA DO FEIJÃO NO BRASIL
Maria J. Del Peloso; L. P. Yokoyama & P. A. A. Pereira 135

MANEJO DE DOENÇAS NA CULTURA DE FEIJÃO
J. R. de Menezes & J. O. M. Menten 140

PLANTIO DIRETO: PRINCIPAIS PROBLEMAS
Ricardo de Castro Merola 153

DIMENSIONAMENTO DE UM BALÃO DE ESCORVA
N. A. Villa Nova; C. Tomazela; D. Dourado Neto & A. L. Fancelli 159

ESTIMATIVA DA PERDA POR DERIVA EM PIVÔ CENTRAL
N. A. Villa Nova; C. Tomazela; D. Dourado Neto & A. L. Fancelli 163

EFEITO DE POPULAÇÃO DE PLANTAS E A COLHEITA MECÂNICA NA CULTURA DO FEIJÃO
M. A. Lollato 166

CONTROLE DE FUNGOS DE SOLO EM FEIJOEIRO IRRIGADO
S. H. F. de Oliveira & J. O. M. Menten 175

PREFÁCIO

POR UMA AGRICULTURA LUCRATIVA, RACIONAL E SUSTENTÁVEL

0 Homem habita a superfície de nosso planeta há cerca de dois milhões de anos e, no início, dedicava-se à caça dê animais e coleta de frutas, sementes e algumas folhas, com o objetivo de garantir sua sobrevivência. Com o reconhecimento de sua vocação social, o Homem passaria a viver em grupos, com regras de relacionamento muito frágeis, denominados clãs. E, desde então, a necessidade de alimentos aumentou, e tal preocupação o acompanha até os dias de hoje.

Cerca de 10.000 anos atrás, aproximadamente, o Homem realizou as primeiras tentativas de cultivo de algumas espécies geradoras de matéria-prima para sua sobrevivência. Desta feita, com o advento da agricultura o nomadismo deu origem ao sedentarismo e, conseqüentemente, as cidades vicejaram, as ciências e as artes se desenvolveram e a civilização pôde experimentar seus primeiros passos.

Após sofrer a obscuridade da idade média, a ciência reviveu na renascença e a história moderna começou. 0 Homem descobriu que podia manipular as forças da natureza e, fugindo decididamente de seu domínio, iniciou o exercício da transformação.

A revolução agrícola, muito tempo depois, propiciou o desencadeamento da revolução industrial, que como conseqüência trouxe a gradativa substituição da força animal, e mesmo humana, pela força mecânica em todas as tarefas produtivas, bem como o uso de estimulantes e reguladores biológicos, promovendo a ampliação dos horizontes para a humanidade.

Desde então, a concentração de esforços tem sido efetiva no sentido de proporcionar a difusão de tecnologia fundamentada no uso intensivo, e algumas vezes abusivo, de insumos modernos de produção, bem como de elevados índices de mecanização, que eventualmente ocasionam baixos coeficientes de eficiência do sistema produtivo, em decorrência principal do esquecimento de princípios e fundamentos básicos relativos ao processo de produção. As alterações introduzidas pelo Homem no ambiente, muitas delas de forma inconsciente, têm proporcionado a exaustão progressiva de recursos naturais, bem evidenciada pelos desequilíbrios ecológicos drásticos, colocando em risco as condições fundamentais para a continuidade da vida em padrões aceitáveis.

Assim, problemas relacionados à erosão do solo; não consideração da aptidão agrícola local, uso inadequado da água gerando salinização ou lixiviação de nutrientes; dispersão de produtos tóxicos ocasionando poluição de solos, mananciais, lençóis freáticos e rios; desperdícios de fertilizantes resultando a eutrofização; utilização indiscriminada de defensivos pertubando o equilíbrio regional; além de tantos outros, não devem ser aceitos passivamente. Muito menos devam ser entendidos como conseqüências inevitáveis do processo produtivo agrícola, tal qual apregoam os mais afoitos. Hoje, já com um certo atraso, mostra-se premente a necessidade da realização de uma agricultura lucrativa, racional e sustentável, com embasamento científico e amplamente fundamentada em ações conscientes e previsíveis.

Cumpre lembrar que a dinâmica da vida se consolida através dos ecossistemas. Assim, em qualquer lugar da natureza onde se evidenciam organismos vivos e fatores abióticos (clima e solo) invariavelmente interrelacionados e interatuantes, aí se visualiza

um sistema ecológico. Ainda, em decorrência da agricultura trabalhar com a manipulação de seres vivos, tal atividade, obrigatoriamente, deverá ocorrer num ecossistema, que por ser especial, recebe a denominação de Agroecossistema.

0 agroecossistema, portanto, é um sistema originado pela ação do Homem, mediante a transformação ou adaptação do ecossistema natural, apresentando como objetivo principal a geração de recursos alimentares e outros produtos para a sobrevivência, de forma abundante e localizada.

Esses sistemas agrícolas, face ao crescente contingente humano, assumem determinadas características, tais como: a) extensas monoculturas; b) plantas em níveis próximos à homozigose (pequena variabilidade genética dentro da população); c) alta densidade populacional; d) componentes selecionados para elevada produtividade e e) técnicas de manejo padronizadas, as quais poderão contribuir para a instabilidade estrutural e funcional do sistema biológico considerado.

No entanto, a própria concepção de agricultura como atividade econômica, implica no conceito de simplificação do sistema ecológico, pois o Homem necessita cultivar, conduzir e colher de forma rápida, prática e econômica.

Os agroecossistemas não apresentam mecanismos eficientes relacionados à resistência e equilíbrio, o que os tornam sistemas inadequadamente moldados e extremamente frágeis. Por outro lado, os sistemas ecológicos naturais altamente estratificados (horizontal e verticalmente) e complexos, constituem-se preferencialmente num refúgio de grande número de espécies, além de se caracterizarem pela capacidade potencial de resistir a profundas alterações.

Por esse motivo, os ecossistemas simplificados (agroecossistemas) exigem para sua regulação e efetivo funcionamento, contínuos subsídios ou contribuições da energia representados pela utilização de fertilizantes, defensivos, práticas de irrigação e combustíveis fósseis. Ainda, em função do acentuado crescimento populacional e da crescente demanda por alimentos, aliados à escassez gradativa de terras agricultáveis, torna-se imperioso a busca incessante do aumento de produção por unidade de área, adotando-se para tanto, alternativas imediatistas, nem sempre racionais.

Tem-se observado também, na agricultura atual, o aumento do dispêndio de energia para a produção da mesma quantidade de calorias no produto final. Esse incremento no consumo energético é resultante dos processos cada vez mais complexos utilizados na produção, processamento e comercialização dos produtos agrícolas.

As evidências de tais fatos podem ser constatadas em sistemas de produção de milho e trigo nos Estados Unidos, bem como de batata e feijão irrigados no Brasil cujos resultados ratificam a tendência da baixa eficiência energética adotada pelo sistema.

Tal situação poderá se agravar, caso não sejam tomadas providências imediatas no sentido de promover o desenvolvimento e estabelecimento de sistemas de produção adequados às peculiaridades da espécie, do local, da condição político-social e do momento econômico, principalmente nas condições tropicais e subtropicais, como é o caso da maior parte das áreas agrícolas do Brasil.

Prof. Dr. Antônio Luiz Fancelli
Departamento de Agricultura / ESALQ / USP

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PIVÔ CENTRAL

Cláudio Tomazela[1]

1. INTRODUÇÃO

A caracterização do desempenho dos sistemas de irrigação se faz necessária a fim de que se possa determinar sua aplicabilidade sob certas condições específicas, como a otimização do recurso água. A uniformidade de aplicação de água é uma característica que pode ser utilizada para comparar sistemas, reduzir os custos de bombeamento, evitar problemas com o meio ambiente, evitar ou minimizar os riscos potenciais de salinização dos solos e aumentar a produtividade das culturas.

É possível simular o desempenho dos sistemas de irrigação para diversos valores de lâmina requerida, fazendo-se uso da integração numérica de uma função que relacione as lâminas aplicadas com a área de coleta.

Embora seja possível a utilização de procedimentos teóricos para efetuar a avaliação da uniformidade de aplicação de água, a medida real em condições de campo ainda é uma das mais importantes medidas tomadas.

Muitas empresas e pesquisadores tem conduzido avaliações de pivô e relatados suas uniformidades. Entretanto, nenhum método de avaliação tem sido utilizado por todos de maneira padronizada, sendo poucos os dados publicados que entram em detalhe da maneira como as avaliações foram feitas.

Ao se avaliar o uso da água pelo pivô central, dois caminhos podem ser seguidos: a) Caracterização da uniformidade de aplicação: Este procedimento procura medir quanto as lâminas aplicadas em pontos espcíficos da área irrigada diferem da lâmina média. É influenciada pela qualidade do equipamento e pela velocidade e direção do vento; b) Caracterização da eficiência da irrigação: Nesses casos, o que se procura é medir quanto do volume total de água aplicado ficou disponível para a planta. Está diretamente relacionado ao custo da água e produtividade da cultura.

Devido às diferentes conotações e importâncias que podem ser dadas aos resultados dos ensaios de distribuição de água pelos sistemas de irrigação pivô central, este trabalho tem como objetivo principal apresentar os aspectos básicos que devem ser seguidos antes ou mesmo durante a realização dos testes de campo desses sistemas de irrigação, procurando caracterizar os pontos que devem ser checados e os problemas que devem ser corrigidos.

2. GERAIS

2.1. Pivô Central

Consta de uma estrutura composta de um tubulação lateral suportada por um conjunto de treliças e tirantes e ancorada por torres de sustentação que as mantém a uma

[1] Eng. Agr. Dr. CT Assessoria Técnica em Agricultura. Campinas-SP. Telefax (019) 253-0228.

dada altura em relação ao nível do solo. As torres de sustentação, comportam um conjunto de caixas de comando (com contatores, micro switches e came), motorredutores, eixos cardã, redutores de roda e pneumáticos (mais comum), O caminhamento da lateral é radial e contínuo em relação ao ponto central do pivô, através de um princípio de liga e desliga dos micro-switches das caixas de comando de acordo com a regulagem do relê percentual localizado no painel principal do pivô, e dessa maneira mantém um perfeito alinhamento longitudinal.

O sistema de irrigação do tipo pivô central é bem característicos tanto em termos de dimensionamento hidráulico, quanto na maneira de operação. Ele utiliza uma variedade de diferentes tamanhos e tipos de emissores e válvulas reguladoras de pressão (adaptados diretamente na tubulação ou em conjuntos pendurais), responsáveis pela distribuição de água na área irrigada.

Para que o sistema opere dentro de padrões especificados, é de extrema importância que o mesmo receba manutenção adequada. A estrutura do pivô central apresenta algumas partes que merecem mais atenção em termos de manutenção, como: emissores e válvulas reguladoras de pressão; redutores de roda e motorredutores, eixos-cardãs, pneus (calibração frequente); micro-switches e relê percentual.

2.2. Aspectos básicos do projeto de irrigação

Na elaboração de um projeto de irrigação dos sistemas pivô central, deve-se, antes de tudo, procurar carcaterizar alguns pontos importantes, como: a) Clima: temperaturas; umidade relativa; insolação; precipitação pluviométrica; ventos, etc.; b) Solo: armazenamento de água, infiltração, granulometria, densidades; c) Cultura: tipo e variedade, consumo de água no ciclo; d) Água: quantidade e qualidade (potencial de salinização e sodificação dos solos), localização[2]; e) Topografia: limites da área, impedimentos (árvores, rede de alta tensão, etc.), declividades; f) Equipamento: marca, modelo, vazão crítica, tempo de giro, lâminas aplicadas, etc.; g) Econômico: vida útil dos sistemas, custos fixos (juros e depreciação), custos variáveis (energia, reparos e manutenção e mão de obra), capacidade de pagamento, prazo de recuperação do capital, etc.

3. AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTOS

3.1 Ensaios de Campo

Os fatores que influenciam no desempenho do sistema de irrigação, podem ser considerados sob duas ópticas diferentes: a) Distribuição de água que sai do aspersor até atingir a superfície do solo. Na estimativa da uniformidade de distribuição, considera-se apenas o grau de dispersão com que a água é aplicada pelo sistema em relação a um valor médio, sem se considerar qualquer conotação física.

---

[2] Os itens a, b e c são os responsáveis pela determinação da quantidade de água a ser aplicada no projeto de irrigação e também do tipo de manejo a ser adotado com o pivô, visando reduzir custos e obter economia no uso da água.

De acordo com HART e HEERMANN (1978) e PAIR (1968), os fatores que influenciam no desempenho dos sistemas de irrigação, estão relacionados ao equipamento, às variáveis climáticas e ao tipo de manejo.

No que se refere ao equipamento, podem ser citados o diâmetro do bocal, o ângulo de saída do jato de água, o tipo de emissor, a pressão de serviço e o espaçamento entre emissores.

Quanto ao clima, podem ser citados a velocidade e direção do vento.

STEINER *et alii* (1982), especificam que para condições de ventos transversais ao pivô, com demanda evaporativa alta, ocorrem perdas máximas devido ao arrefecimento e humidificação das massa de ar.

Em relação ao manejo, citam-se o alinhamento da linha lateral, a velocidade e rotação do sistema e do aspersor e a pressão de operação.

A uniformidade de distribuição de água foi primeiramente estudada por Christiansen (1942), em sistema de irrigação por aspersão. A expressão obtida por Christiansen é a que segue:

$$CUC = 100.\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - x_m|}{n.x_m}\right) \quad (1)$$

em que CUC: coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %; x_i: lâminas ou volumes coletados, em mm ou ml; x_m: lâmina ou volume médio coletado, em mm ou ml; n: número do coletor, admensional.

Trata-se de uma medida de dispersão, como outra qualquer (amplitude, desvio padrão ou coeficiente de variação). Este coeficiente é de uso frequente devido à maior facilidade no cálculos e à adoção em massa. É um parâmetro de comparação entre trabalhos ou sistemas.

Este coeficiente mostra apenas que existem diferenças entre as lâminas, mas não mostra onde ocorrem tais diferenças.

WILCOX e SWAILES (1947), apresentaram outro coeficiente tendo como medida de dispersão o desvio padrão. A expressão apresentada é:

$$CWS = 100.\left(1 - \frac{s}{x_m}\right) \quad (2)$$

em que s: desvio padrão, em mm ou ml; x_m: lâmina ou volume médio precipitado no coletor, em mm ou ml.

HART (1961) e HART e REYNOLDS (1965), deram um significado físico a uniformidade, através de um tratamento estatístico mais apurado ao coeficiente de uniformidade de Christiansen, utilizando-se do estudo da função normal e obtiveram a expressão:

$$CUH = 1 - 0{,}798.\frac{s}{x_m} \quad (3)$$

No caso do pivô central, a área coberta pelos emissores aumenta à medida que se afasta do centro de rotação. O volume médio aplicado em cada sub-área ou corôa é crescente. HEERMANN e HEIN (1968), considerando o volume associado a cada corôa

abrangida pelo alcance do emissor, apresentaram um coeficiente envolvendo a ponderação para a lâmina coletada, obtendo a seguinte expressão:

$$CUC = 100.\left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i \left| x_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i . R_i}{\sum_{i=1}^{n} R_i} \right|}{\sum_{i=1}^{n} x_i . R_i}\right] \quad (4)$$

em que: CUC: coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %; x_i: lâmina ou volume precipitado no e-ésimo coletor, em mm ou ml; R_i: distância do centro do pivô ao i-ésimo coletor, em m; n: número do ordem do coletor.

MAREK *et alii* (1986), criticaram o coeficiente de Christiansen, afirmando que o uso do desvio médio anula o efeito das lâminas muito dispersas em relação à média no valor final do coeficiente de uniformidade. Sugeriram o uso do desvio padrão, de acordo com Wilcox e Swailes (1947). O uso do desvio padrão enfatiza os desvios maiores em relação à média, aumentando a sensibilidade do CUC, sendo útil especialmente para avaliação de equipamentos de irrigação pivô central com obstruções ou danos nos emissores, os quais podem ser perfeitamente detectados, tornando fácil seu reparo. A expressão proposta pelos autores é a que segue:

$$CUC = \left[1 - \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left[R_i . x_i \left(\frac{R_i . \sum_{i=1}^{n} R_i . x_i}{\sum_{i=1}^{n} R_i}\right)\right]}{n-1}}}{\frac{\sum_{i=1}^{n} R_i . x_i}{n}}\right]^2 \quad (5)$$

b) Distribuição da água no perfil do solo. Neste caso, o que se preconiza é a eficiência da irrigação. KRUSE (1977) e HART *et alii* (1979), sugerem parâmetros para atestar a qualidade da aplicação de água por um sistema de irrigação, sendo respectivamente a eficiência de aplicação de água e eficiência de armazenamento, perdas por percolação profunda e eficiência e uniformidade de distribuição.

Por outro lado, temos que: a) eficiência de aplicação **(Ea)**: mede a fração do volume total de água aplicado que ficou disponível para a cultura. É um indicador do excesso de água aplicado ao campo durante a irrigação; b) Eficiência do armazenamento **(Es)** é a fração do armazenamento de água na zona radicular que foi preenchido pela

irrigação; c) Perdas por percolação profunda **(Dp)** referem-se a estimativas das perdas ocorridas por percolação, devido ao excesso de deposição de água em pontos da área irrigada; d) Eficiência de distribuição **(Ed)** é a fração de água aplicada que é absorvida pelo solo através da infiltração; e) Uniformidade de distribuição **(UD),** trata-se do volume ou lâmina de água que faltou ou ultrapassou o volume ou lâmina média aplicada.

3.3.1 Finalidade

Os tipos de ensaios de campo que podem ser realizados, são fundamentados básicamente nas distribuições de pressão e de água, dependendo da finalidade do mesmo.

Dependendo da finalidade a que se destina o ensaio, procura-se levantar o maior número de informações possíveis, a fim de caracterizar e adequar o sistema de irrigação à realidade da região. As possíveis finalidades dos ensaios são: a) simples aferição do projeto de irrigação; b) checagem da uniformidade de distribuição da lâmina de água; c) caracterização do sistema, visando a aplicação de produtos químicos; d) simples comparação entre projetos já implantados; e) readequação de projetos já implantados; f) correção de problemas hidráulicos e de distribuição de água.

3.3.2 Para quem?

Esta é uma pergunta que deve ser feita, mesmo que seja para si próprio. Quem será o usuário ou beneficiário dos trabalhos efetuados? Pode ser qualquer um dos abaixo descritos: a) compradores de pivô (novos ou de segunda ou terceira ordem); b) fabricantes de equipamentos; c) fornecedores de peças e partes do equipamento; d) auditoria ou peritagem; e) fornecedores de insumos (sementes, fertilizantes, defensívos, etc); f) empresas ou profissionais liberais prestadores de serviços; g) proprietário de pivô, para simplesmente aferir o sistema; g) instituições governamentais (aulas, pesquisa, etc.); h) outros.

3.3.3 O que ensaiar?

Este passo depende da finalidade do ensaio. De maneira geral, busca-se caracterizar as condições operacionais de motores, bombas, tubulações, válvulas, registros, chaves de partida, estrutura da lateral do pivô incluindo tubulações, micro-switches, relés, contatores, etc.

Busca-se caracterizar níveis de desgaste e corrosão das partes estruturais do pivô. Às vezes é necessário efetuar testes de laboratório.

3.2 Metolodogia utilizada nos ensaios de campo

De maneira geral, apenas os ensaios de distribuição de água dos sistemas pivô central de irrigação, são contemplados com metodologias ou normas de ensaios. Os demais itens, giram em função do bom senso e da experiência de quem irá efetuar os trabalhos. Porém, para que os testes de uniformidade de distribuição de água sejam bem

conduzidos, ou mesmo, para que os problemas detectados nestes ensaios possam ser corrigidos, alguns ajustes devem ser realizados e de preferência por pessoal experiente e habilitado. Estes ajustes envolvem a unidade de bombeamento, os sistemas de captação, condução e distribuição de água, testes de peças espeçificas, tanto elétricas quanto hidráulicas, testes e análises de solo, água, plantas, nutrientes e outros. Caso contrário, de nada valem os esforços dispendidos nós ensaios de distribuição de água dos pivôs. Ou seja, os trabalhos ficam sem ter qualquer função, que não seja apenas exploratória ou mesmo para satisfazer alguma curiosidade.

Quanto aos ensaios de distribuição de água pelos pivôs, a metodologia utilizada é baseada no projeto de norma n°. 12:02.08-005 "Sistemas de irrigação por aspersão pivô central- Caracterização de desempenho/Método de ensaio", da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, de agosto de 1985 e nos padrões da American Standard of Agricultural Engeneering. "Test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot, corner pivot and moving lateral irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzle".

3.3 Procedimentos de ensaio

Duas linhas radiais de coletores espaçadas de 3^0 em relação ao ponto central do pivô, são instaladas nas posições mais representativas da área em estudo. A distância entre os últimos coletores das linhas radiais, não podem ultrapassar 50 metros, mesmo que o ângulo formado pelas mesmas seja diferente de 3° Os coletores são distribuidos ao longo da linha radial em espaçamentos que melhor representem o padrão de distribuição dos emissores, buscando bem caracterizá-los. Este espaçamento também pode estar relacionado à finalidade do ensaio de distribuição de água.

Durante a realização do ensaio, deve-se procurar caracterizar as condições climáticas locais, principalmente quanto as condições de vento reinantes e umidade relativa do ar.

Deve-se também caracterizar a distribuição de pressão ao longo do sistema de irrigação e eliminar todo e qualquer vazamento de água que não seja através dos bocais emissores.

O sistema de irrigação deverá ser acionado na regulagem do relê percentual especificada do ensaio. De acordo com as normas, este valor deverá corresponder a uma velocidade tal do pivô que admita uma lâmina de 12,5 mm. Isto, é claro depende da finalidade do ensaio de distribuição de água.

O início dos testes deverá ser cronometrado assim que os primeiros coletores próximos ao ponto do pivô começarem a receber água e seu final será determinado quando tais coletores deixarem de coletar água do pivô,

Os dados de campo deverão ser anotados em planilha específica e após isso processados para a determinação dos parâmetros que irão indicar a qualidade do desempenho do sistema.

4. CONCLUSÕES

Em função do que foi apresentado, pode-se verificar que é de extrema importância, em primeiro lugar, a identificação do tipo de ensaio que se irá fazer. Depois disso, deve-se conhecer quem é o cliente e qual a finalidade do ensaio.

Um segundo passo importante, é procurar caracterizar todos os problemas que estão ocorrendo com o sistema de irrigação. Em seguida, deve-se proceder à caracterização do desempenho dos sistemas de irrigação e sua adequação à realidade da região e das culturas implantadas.

Do lado do consumidor dos serviços prestados, é de extrema importância também, verificar quem está sendo responsável pelos ensaios dos equipamentos, seja no que se refere aos conhecimentos específicos dos problemas como principalmente na sua capacidade de resolver esses problemas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot, corner pivot and moving lateral irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzels**. St. Joseph, 1991, 34(3): 890-6. may-june. 1991

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de irrigação por aspersão pivô central-Caracterização de desempenho/Método de ensaio**. Projeto de norma 12:02.08-005. Rio de Janeiro, 1985. 9p.

HART, W.E. Overhead irrigation pattern parameters. **Agricultural Engineering**. St. Josph, 42 (7): 354-355, 1961.

HART,W.E. & HEERMANN, D.F. **Evaluating water distributionn of sprinkler irrigation systems.** Fort Collins, Colorado State University, 1978. 42p. (Colorado Experimental Station Bulletin, 128p.

HART;W.E.;& REINOLDS, W. N. Analytical design of sprinkler systems. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 9(1):83-85, 89. 1965.

HART, W.E.; PERI, G.; SKOGERBOE, G. F. Irrigation performance: an evaluation. **Journal of the irrigation and drainage division.** New York. 105(IR3): 275-288. november, 1979.

HEERMANN, D. F. & HEIN, P.R. Performance characteristics of self-propelled center pivot irrigation system. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 11(1): 11-5, Nov. Dec. 1968

KRUSE, E. G. Describing irrigation efficiency and uniformity. **Journal of irrigation and drainage division**. Ann Arbor, 104 (IR1): 35-41, 1978.

MAREK, T.H.; UNDERSANDER, D. J.;EBELING, L.L. An aerial-weighted uniformity coefficient for center pivot system. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 29(6): 1965-7, nov/dec. 1986

PAIR, C. H. Water distribution under sprinkler irrigation. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, 11(5): 648-51, 1968.

STEINER, J. L.; KANEMASU, E. T.; CLARK, R. N. Spray losses and partioning of water under center pivot sprinkler system. **ASAE paper (82-2008)**. june, 1982.

WILCOX, J. C. & SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, 27(11): 565-383, 1947.

MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO FEIJÃO

Johann Amaral Lunkes[1]

1.INTRODUÇÃO

As altas produtividades que a pesquisa agrícola tem proporcionado atualmente através da genética e melhoramento, fertilidade, entomologia, fitopatologia e outras áreas se baseiam no pressuposto de que as plantas daninhas sejam controladas de maneira correta e no momento exato, pois o potencial de rendimento de uma cultivar, o sucesso de uma determinada adubação ou a eficiência ou a economicidade de um método de controle de praga ou doença somente poderão se expressar na sua totalidade se a cultura em foco não estiver sujeita a condições limitantes, como por exemplo, a competição com as plantas daninhas.

Esta competição pode causar dois tipos de perdas nas culturas. Um deles, o mais importante, resulta da competição por água, luz, nutrientes e CO_2. O outro está relacionado com perdas indiretas traduzidas por casos de colheita dificultada, onerada ou com perdas, sementes infestadas ou mesmo de maior incidência de pragas e doenças, uma vez que as plantas daninhas podem servir de hospedeiros de insetos, fungos, bactérias, nematóides e viroses nocivas às culturas, bem como criar condições que favoreçam o desenvolvimento destes microorganismos.

Para a cultura do feijão que nos últimos anos tem deixado de ser uma cultura de subsistência para tornar-se uma cultura com adoção de alta tecnologia, o controle inadequado de invasoras passa a representar acentuada queda na produtividade, principalmente devido ao fato do microclima criado em áreas irrigadas favorecer o desenvolvimento das plantas daninhas, tornado-as mais agressivas e competitivas. É importante salientar que no caso de áreas irrigadas a ocorrência de plantas daninhas é inevitável sendo que seu controle sempre representará um acréscimo representativo no custo de produção.

Desta forma, torna-se imprescindível ao produtor conhecer o método ou os métodos de controle mais adequados à sua situação, bem como o momento exato de controle, realizando um "manejo integrado das plantas daninhas na cultura do feijão " onde se pretende obter um controle mais eficiente das invasoras, possibilitando maiores produtividades, reduzindo a infestação, sem no entanto causar danos ao meio-ambiente.

2.COMPETIÇÃO, PERDAS E PERÍODO CRÍTICO NA CULTURA DO FEIJÃO

A intensidade de competição entre plantas daninhas e as culturas depende de vários fatores entre os quais sobressaem a espécie e densidade das invasoras e a umidade e fertilidade do solo. As plantas invasoras possuem características que lhes proporcionam um melhor desempenho na competição com a cultura tais como, uma maior eficiência na absorção de água e nutrientes mesmo em condições de baixa umidade, características morfológicas e fisiológicas mais adaptadas, bem como maior capacidade reprodutiva.

---

[1] Eng. Agrônomo/Doutor/Professor/Faculdade de Ciências Agrárias Universidade de Marília (UNIMAR)

A composição da população de plantas daninhas em competição com a cultura também afeta diretamente a intensidade de perdas ocorridas, sendo que no caso da cultura do feijão os vários levantamentos realizados, entre eles por Brandão et al (1982) e Kranz (1993) demonstram a grande diversidade de espécies de plantas daninhas que ocorrem nesta cultura.

A intensidade da competição vai depender também de características inerentes à própria cultura, tais como: rapidez de germinação e de estabelecimento, velocidade de crescimento e desenvolvimento, área foliar, altura, hábito de crescimento, ciclo vegetativo e sistema radicular.

O feijoeiro é considerado uma planta pouco competitiva, pois seu crescimento inicial é muito lento e só à partir do vigésimo dia, quando a planta acumulou apenas 5% da matéria seca total, é que a taxa de crescimento torna-se mais intensa, atingindo o máximo quando alcança a idade de 55 a 70 dias (Oliveira e Thung, 1988) e completando seu ciclo em torno de 90 dias após a semeadura, o que pode ser ilustrado pela curva apresentada na Figura 1.

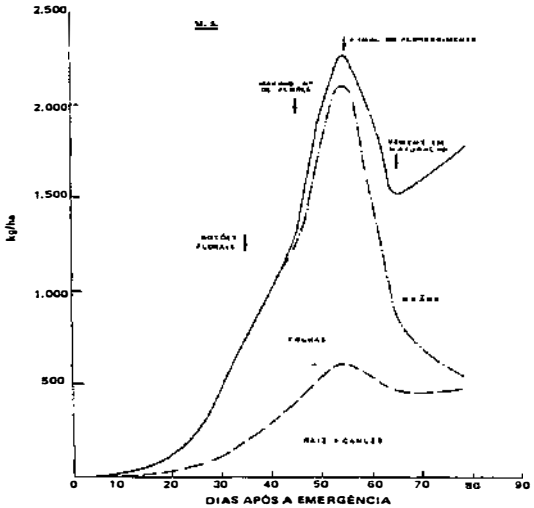


Figura 1. Acumulação de matéria seca pelo feijoeiro (Cobra Neto, Accorsi e Malavolta, 1971, adaptado por Rosolem, 1987).

Além disso a planta do feijoeiro possui um sistema radicular superficial e altura de planta relativamente pequena, geralmente 50 a 60 cm, justamente a faixa em que um grande número de invasoras se desenvolve, tomando da cultura grande quantidade de luz e conseqüentemente reduzindo-lhe consideravelmente a população e as condições fisiológicas, prejudicando-a sensivelmente. É importante salientar também que devido ao seu curto ciclo vegetativo, geralmente 90 dias, o feijoeiro não dispõe de tempo hábil para uma recuperação dos danos sofridos.

De uma forma geral, as perdas na produtividade para a cultura do feijoeiro, em função da competição com plantas invasoras, variam de 15 a 97%, sendo que, em condições de escassez ou má distribuição de chuvas, os efeitos da concorrência das ervas daninhas sobre o feijoeiro são mais acentuadas. O componente da produção mais prejudicado pela competição é o número de vagens por planta, sendo que a

qualidade comercial dos grãos também é muito prejudicada, devido à presença de grãos manchados e mal formados.

A determinação precisa do período no qual o feijoeiro é afetado mais seriamente pela competição é de muita importância, já que determina o período em que é necessário manter a cultura "no limpo", sem que, após este período, o reaparecimento das plantas daninhas cause prejuízo à produção.

O feijoeiro, devido às suas características citadas anteriormente, tem condições de competir com as invasoras somente quando encontra-se bem desenvolvido, uma vez que em estádios mais avançados de desenvolvimento o mesmo chega a possuir, segundo Andrade e Ramalho (1995), um número de folhas até mesmo excessivo, o que promove um bom "fechamento da lavoura" inibindo à partir daí o desenvolvimento de plantas daninhas em função da escassez de luz. Tais fatos indicam que o controle de plantas deve ser feito precocemente.

Quando a cultura do feijão é infestada nos primeiros 30, 40 ou 50 dias após a emergência, a planta sofre intensa competição por água, luz e nutrientes, o que é evidenciado por alguns sinais como amarelescimento, estiolamento, tombamento, diminuição da população ou aumento do ciclo.

De acordo com a Figura 2, extraída de Andrade (1983) pode-se afirmar que a presença de plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura do feijão pode reduzir em mais de 90% o potencial do rendimento da cultivar. Mantendo-se a cultura livre de plantas daninhas pelo menos até os 30 dias após a emergência, obtém-se produção bem próxima do potencial de rendimento da cultivar (em média 91%), indicando que as invasoras que se desenvolvem após aquele período não causam efeitos muito adversos, pois a cultura forma uma boa cobertura do solo inibindo o desenvolvimento das plantas daninhas. Por outro lado, mantendo-se a cultura no limpo por mais de 30 dias após a semeadura, não se obtém aumentos significativos no rendimento.

Diante das considerações feitas, pode-se afirmar que o período crítico de competição ocorre, portanto, entre 10 e 30 dias após a emergência, quando as plantas daninhas podem diminuir o rendimento cultural em 52% em média. Na prática, se a cultura é mantida no limpo durante os primeiros 35 dias ou seja, até a pré-floração, que corresponde ao estádio R_5 de desenvolvimento, maiores produções serão alcançadas.

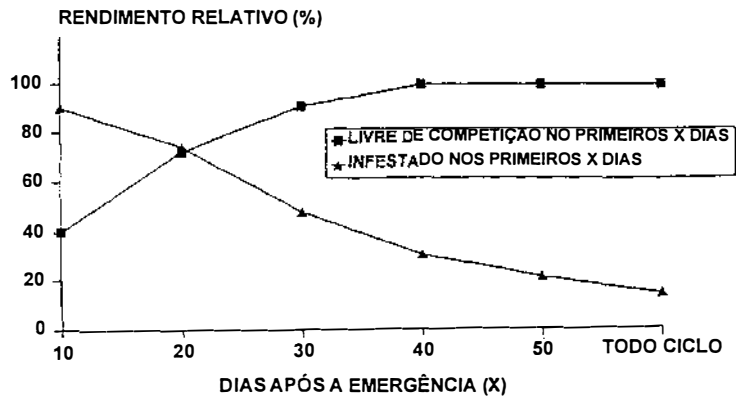


Figura 2. Rendimentos percentuais médios da cultura do feijão submetida a diferentes épocas de controle das plantas daninhas.

3.MÉTODOS DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO FEIJÃO

O controle de plantas daninhas na cultura do feijão, como em qualquer cultura, tem por objetivos: a) evitar a redução da produtividade devida à competição com as plantas daninhas; b) beneficiar as condições de colheita; c) evitar o aumento de infestação de plantas daninhas na área; d) proteger o meio-ambiente.

Para que se alcance os referidos objetivos, não se deve encarar o combate às plantas daninhas como um "simples controle" mas sim, como um **"manejo integrado de plantas daninhas"** que será possível, somente com a **associação dos métodos** que serão descritos, bem como com a alternância destes métodos de acordo com as condições apresentadas pela área de produção e recursos disponíveis ao produtor.

4.CONTROLE PREVENTIVO

Através deste método, visa-se a reduzir a quantidade de sementes de plantas daninhas nas áreas de plantio e evitar que novas espécies de plantas daninhas venham a ser introduzidas.

Reduz-se o banco de sementes dos campos de lavoura eliminando as invasoras antes que estas atinjam a frutificação, pois, sem a produção de novas sementes a infestação vai, progressivamente, diminuindo. Para isso, é necessário adotar métodos que mantenham as culturas limpas até a colheita, sendo que de nada vale esse esforço se durante a entressafra não for realizado o combate a estas plantas antes que elas produzam sementes. A simples utilização de uma roçadeira após a colheita, que representa uma operação de custo relativamente baixo, pode ser suficiente.

Segundo Lorenzi (1994) como principais práticas que podem evitar a introdução de novas espécies de plantas daninhas em uma área agrícola, tem-se: a) utilização de sementes provenientes de culturas livres de plantas daninhas; b) uso de esterco, palha ou composto isentos de sementes daninhas; c) limpeza completa dos equipamentos agrícolas antes de entrar na lavoura; d) eliminação de infestação de plantas daninhas próximas a canais de irrigação e margens de carreadores.

Dificilmente medidas preventivas podem impedir por completo a introdução de novas espécies na propriedade, mas podem diminuí-la, representando um custo adicional mínimo para o produtor, em troca de um benefício inestimável. Este método de controle deve ser encarado apenas como um complemento ao **"manejo integrado"** , que deve ser utilizado em associação a outros métodos e nunca isoladamente.

5.CONTROLE CULTURAL

Consiste em conduzir a lavoura de forma a beneficiar a cultura em detrimento das invasoras e, conseqüentemente, reduzir os danos causados. O bom manejo da água e do solo, a rotação de culturas e a variação no espaçamento constituem-se práticas deste método.

As plantas daninhas que emergem antes da cultura levam vantagens em relação ao desenvolvimento e, portanto, na competição. A semeadura do feijão logo após a ultima gradagem do terreno elimina essa vantagem, pois destroem-se as plantas recém-germinadas e as emergidas.

O uso de cultivares com um crescimento inicial rápido e arquitetura foliar e dos ramos que favoreçam um rápido fechamento, promoverão um sombreamento que poderá inibir a germinação e o desenvolvimento das plantas daninhas .

A profundidade de semeadura é outro fator a ser levado em consideração pois, quanto mais profunda a semeadura, mais tempo é necessário para a emergência das plântulas e as plantas daninhas provenientes de sementes situadas mais superficialmente no solo, emergem antes do feijão o que lhes confere vantagem sobre este. Desde que a umidade do solo e a previsão de chuva o permitam, é recomendável fazer a semeadura a menores profundidades (em torno de 3 cm).

Sob o ponto de vista do controle de infestantes deve-se dar preferência aos menores espaçamentos, dentro do intervalo recomendado (no caso 0,4 cm), pois a cultura "fecha" mais cedo, dando-lhe vantagem na competição com as plantas daninhas.

A nutrição adequada da cultura bem como um controle fitossanitário adequado proporcionarão uma maior vigor às plantas do feijoeiro, tornando-o mais competitivo e portanto menos sensível à competição.

A rotação de culturas, que é uma prática obrigatória para a cultura do feijão, em função da alta incidência de doenças nesta cultura, pode prevenir o surgimento de altas populações de determinadas espécies de plantas daninhas mais adaptáveis à cultura do feijão, pois com a adoção das mesmas práticas culturais seguidamente, ano após ano, no mesmo solo, a associação planta daninha-cultura tende a multiplicar-se rapidamente.

Da mesma maneira que no método anterior este deve ser considerado como mais um método complementar ao **"manejo integrado de plantas daninhas".**

6.CONTROLE MECÂNICO OU FÍSICO

O controle mecânico de plantas daninhas na cultura do feijão pode ser realizado através das operações de preparo de solo (aração e gradagens), capina manual (10 serviços/ha) ou por cultivadores de tração animal (1 a 2 ha/dia), ou ainda tratorizados (1 a 2 ha/hora).

A capina manual através da enxada é um meio altamente eficaz no controle de plantas daninhas, porém, em função da escassez e alto custo da mão-de-obra, este método deixou de ser o método mais econômico, inviabilizando sua utilização em grandes áreas, principalmente irrigadas.

A capina através do uso de cultivadores baseia-se nos seguintes princípios: a)rompimento da relação íntima solo-raiz e a conseqüente suspensão da absorção de água pelas plantas daninhas; b) enterrio de pequenas ervas e conseqüentemente a morte por sufocação; c) corte da planta abaixo do ponto de crescimento.

Diante destes princípios podemos enumerar as desvantagens ou limitações do uso destes equipamentos: a) o solo tem que estar seco para obtenção de um controle eficiente; b) o cultivo tem que ser realizado em dias ensolarados e sem previsão de chuvas, pois ocorrendo chuvas após o cultivo, as raízes pode restabelecer-se rapidamente, inutilizando a operação; c) ineficiência ou dificuldade de controle de plantas daninhas que se desenvolvem na linha da cultura, apesar da possibilidade do uso de enxadinhas que promovam enterrio destas plantas, na linha, em estádio inicial de desenvolvimento; d) o revolvimento da superfície do solo provocado pelo cultivador pode criar condições favoráveis à germinação das sementes de plantas daninhas situadas nesta camada; e)as plantas daninhas tem que estar em início de desenvolvimento para obtenção de um

controle mais eficiente, devendo-se desta forma iniciar o controle no máximo aos 15 dias após a semeadura, o que pode provocar arranquio, afogamento ou esmagamento de plantas de feijão. No caso de cultivadores tracionados por trator utilizar baixa velocidade.

Como o feijoeiro é uma planta de ciclo curto, geralmente dois cultivos são suficientes, sendo o primeiro quando a cultura atingir o estádio de quatro trifólios, bem superficial, utilizando enxadas do tipo "picão" à fim de evitar danos à cultura. O segundo cultivo deve ser realizado antes do período de floração, pois neste período o embate de qualquer instrumento no feijoeiro provoca a queda de flores, podendo ser um cultivo mais profundo.

É importante lembrar que o uso de cultivadores em áreas irrigadas torna-se muito vantajoso no caso de solos que, em função de sua constituição física favoreça a formação de crosta superficial que impede a penetração de água. Desta forma o cultivador além de promover o controle de plantas daninhas, promoverá o rompimento deste encrostamento.

7.CONTROLE QUÍMICO

O controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão é um método de controle prático, econômico e eficaz para reduzir as perdas e custos de produção, podendo ser utilizado quando as condições climáticas não são favoráveis à realização de capinas, sem a necessidade de grande dispêndio de mão-de-obra apresentando ainda grande eficiência no controle de plantas daninhas na linha de semeadura.

Quando utililizados corretamente os herbicidas desempenham com segurança e eficiência seu papel, transformando-se em ferramentas indispensáveis à agricultura. Contudo, se usados de maneira inadequada, podem causar severas perdas econômicas e principalmente danos irreparáveis ao meio-ambiente.

Apesar de sua alta eficiência, o fato do controle químico apresentar um custo relativamente alto (aproximadamente 180 kg de feijão/ha), limita sua utilização a lavouras que tenham produtividade prevista em mais de 1200 kg/ha.

Quanto à época de aplicação os herbicidas podem ser: a)**de Pré-plantio de superfície (PPS),** que são os herbicidas utilizados para manejo de palhada em plantio direto; b)de **Pré-plantio incorporado (PPI)**; c)de **Pré-emergência (PRÉ)**; d) de **Pós-emergência (PÓS)**; e)**Dessecantes,** que são os herbicidas utilizados na dessecação das culturas à fim de se antecipar e ou beneficiar as condições de colheita.

A aplicação em Pré-plantio incorporado (PPI) é recomendada para herbicidas com alta pressão de vapor, ou seja, mais voláteis, e para herbicidas fotodegradáveis ou de baixa solubilidade em água. A incorporação deve ser realizada com o solo seco através do uso de grade, a uma profundidade de 5 a 7 cm, o que corresponde à grade cortando em torno de 10 cm de profundidade e com velocidade por volta de 6 a 8 km/h.

A aplicação em Pré-emergência (**PRÉ**) deve ser realizada logo após a semeadura do feijão em solo úmido ou com irrigação imediata, para que haja rápida penetração do herbicida através da camada superficial do solo, onde a maioria das sementes das plantas daninhas germinam. Além disso, a umidade presente no solo evitará possíveis perdas destes produtos que em ausência da mesma, permaneceriam expostos na superfície do solo podendo sofrer perdas por volatilização ou decomposição fotolítica.

É necessário também que o solo esteja bem preparado ou livre de torrões que comprometeriam seriamente a ação do herbicida, uma vez que a cobertura do solo pela calda aplicada seria desuniforme.

Tanto herbicidas de aplicação em PPI quanto em PRÉ são muito influenciados pela textura e teor de matéria orgânica do solo havendo, portanto variações das doses recomendadas em função destas características dos solos.

A aplicação em Pós-emergência deve ser realizada quando as plantas daninhas encontram-se em início de desenvolvimento e as plantas de feijão no estádio entre o primeiro e o terceiro trifólio. Neste caso, os fatores climáticos são muito importantes, sendo que a ocorrência de chuvas logo após a aplicação pode reduzir a eficiência destes produtos (Ferreira et al, 1994).

Quanto ao volume de calda, para herbicidas, de um modo geral, deve-se utilizar em torno de 100 l de calda/ha para aplicações em PPI e em PRÉ, de 100 a 150 l de calda/ha para aplicação de produtos sistêmicos em PÓS e de 200 a 400 l de calda/ha para aplicação de produtos de contato em PÓS.

É importante salientar que quanto menor o volume de pulverização, maior será a eficiência do equipamento, pois será requerido um menor número de paradas para reabastecimento. Porém, será necessário um total domínio da tecnologia adequada de aplicação e maior grau de treinamento do aplicador em função do alto risco de ocorrência de erros na dose aplicada.

Definida a época de aplicação do herbicida deve-se observar vários aspectos para a escolha do produto a ser utilizado: a)levantamento das principais espécies de plantas daninhas a serem controladas; b) conhecer o período crítico de controle das plantas daninhas para a cultura em questão; c) verificar quais as plantas daninhas controladas pelo herbicida; d)conhecer o período de controle (controle residual) e doses dos herbicidas, principalmente os de PRÉ; e)conhecer o estádio de desenvolvimento correto, das plantas daninhas e da cultura, para aplicação de herbicidas de PÓS; f)conhecer as propriedades físico-químicas dos herbicidas; g)conhecimento do período de permanência do herbicida no solo e possíveis interferências em culturas sucedâneas; h)conhecimento das restrições ao uso do herbicida.

Alguns dos herbicidas recomendados para a cultura do feijão no Brasil são apresentados na Tabela 1.

Considerando que a susceptibilidade das plantas daninhas a cada herbicida é diferente, combinações ou misturas de herbicidas podem ser feitas, visando aumentar o espectro de controle destas plantas, respeitando-se a época e modo de ação de cada produto, bem como as recomendações dos fabricantes.

Outro aspecto que assume grande importância no controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão, é o risco de danos ocasionados pelos produtos, em detrimento da produção da cultura, uma vez que esta é considerada bastante sensível. Desta forma vários são os fatores, como por exemplo, a ocorrência de baixas temperaturas na germinação, que podem apresentar sintomas muito semelhantes à fitotoxicidade, podendo ser confundidos com a mesma, sendo necessário então, muito critério e conhecimento do modo de ação dos produtos para se diagnosticar este tipo de efeito.

É muito comum ocorrerem, por alguns dias após a aplicação, sintomas como clorose e/ou necrose das plantas de feijoeiro função da fitotoxicidade de alguns produtos recomendados para o controle de plantas daninhas de folha larga. Em função disso, a aplicação destes produtos normalmente é recomendada nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (entre o primeiro e o terceiro trifólio), uma vez que nesta fase de desenvolvimento a planta apresenta grande capacidade de recuperação sem que ocorra queda de produtividade.

Caso seja recomendado pelo fabricante pode-se realizar também aplicações seqüenciais de ½ dose + ½ dose, que apresenta as seguintes vantagens: a)menor risco de fitotoxicidade para a cultura; b)uma única aplicação pode ser suficiente para realizar o controle implicando em redução de custos e menor contaminação de meio ambiente; c)ocorrendo reinfestação o controle será realizado novamente, a um custo final muito semelhante ao de uma única aplicação da "dose cheia".

No caso de áreas irrigadas, com semeadura seqüencial de culturas como feijão e milho, deve-se dar preferência a herbicidas de menor efeito residual, devendo-se respeitar o intervalo entre a aplicação do herbicida e a semeadura da cultura subsequente, evitando-se prejuízos para esta última (Junqueira Netto, 1994).

Cobucci et al (1994a) verificaram que o uso de bentazon em dois cultivos sucessivos de feijão, não afetou a cultura do milho implantada logo após a segunda safra de feijão. Quanto ao uso de fomesafen também em duas safras sucessivas de feijão e semeadura seqüencial de milho, Cobbuci et al (1994b) observaram que os resíduos do produto não afetaram a produção do milho, apesar de se ter observado sintomas de fitotoxicidade para esta cultura.

O efeito fitotóxico de resíduos de herbicidas entre culturas em sucessão pode ser diretamente afetado pelas condições climáticas e pelo tipo de solo, devendo-se desta forma seguir as recomendações do fabricante.

8.HERBIGAÇÃO NA CULTURA DO FEIJÃO

Com a expansão das áreas de feijão irrigado no país, principalmente sob pivô central, a prática da aplicação de produtos químicos via água de irrigação, entre eles os herbicidas, tem se tornado comum entre os produtores irrigantes, que visando reduzir os custos de aplicação dos herbicidas.

Apesar de todas as vantagens conhecidas que esta prática pode proporcionar, poucos são os trabalhos realizados nesta área com a cultura do feijão, havendo desta forma carência de informações.

Em aplicações de pré-emergência, as características do solo afetarão diretamente os efeitos do herbicida, sendo que em solos mais arenosos, com baixos teores de matéria orgânica, deve-se utilizar menores quantidades de água para incorporar o produto, em função da maior mobilidade deste nesse tipo de solo. Por outro lado, em solos pesados, com teor de matéria orgânica médio, deve-se aplicar uma maior lâmina de água para ativação do herbicida e, para compensar a parte que estará adsorvida nos colóides do solo, será preciso uma dose maior de herbicida. A umidade do solo no momento da aplicação também afeta a performance do produto, sendo que herbicidas mais voláteis aplicados via água de irrigação tem sua persistência reduzida por causa da solubilização e imediata volatilização (Silva et al, 1994).

Junqueira Netto (1994) afirma que, dos herbicidas utilizados, os de aplicação em pré-plantio incorporado e os de pré-emergência são os que tem apresentado melhores resultados, porque sua eficiência é melhorada pela água de irrigação (ativação). Segundo o mesmo autor, no caso de herbicidas aplicados em PPI, deve-se utilizar lâmina de aplicação maior e solo bem preparado, tornando-se desnecessária a incorporação com grade, sendo que o uso de trifluralin e pendimethalin já se tornou freqüente, via pivô-central em PPI, com os quais obtém bons resultados de controle.

No caso de aplicações em pós-emergência, as condições ambientais representadas pela temperatura, luminosidade, direção e velocidade do vento e umidade relativa do ar são primordiais. A temperatura favorece a evaporação da gotícula de água e a volatilização do herbicida; a luminosidade afeta a performance de herbicidas que tem o modo de ação dependente de luz; o vento pode provocar problemas na uniformidade de distribuição do produto e aumentar a deriva; e a umidade relativa do ar que quanto mais baixa, menor é o tempo que leva para a gotícula de água evaporar e deixar o herbicida concentrado na superfície foliar sem condições de ser absorvido (Silva et al, 1994).

Além das condições ambientais no momento da aplicação as características dos herbicidas, bem como, características das plantas daninhas afetarão sua eficiência, sendo que a absorção foliar aumenta com o aumento da área foliar, porém quanto mais desenvolvidas as plantas daninhas, maior será a sua tolerância aos produtos.

O volume de água aplicado através da irrigação representa um volume excessivo de calda (cada 1 mm corresponde a 10.000 l de água /ha), que acaba provocando um escorrimento dos produtos aplicados às folhas das plantas daninhas, reduzindo extremamente a sua eficiência. Segundo Junqueira Netto (1994), os resultados obtidos na prática com herbicidas em PÓS via água de irrigação ainda são pouco animadores.

Tem-se realizado estudos procurando-se realizar uma pré-mistura do herbicida a um óleo natural não miscível em água e esta mistura seria injetada na linha de irrigação. Desta forma, o produto misturado ao óleo teria uma maior aderência `a superfície foliar das invasoras, sendo que mesmo com o alto volume de água aplicado não ocorreria escorrimento do herbicida, podendo aumentar sua eficiência. É necessário salientar que estes estudos ainda encontram-se em fase inicial.

9.CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM FEIJÃO DE INVERNO

Um dos principais problemas da semeadura inverno do feijoeiro é a carência de informações técnicas quanto ao manejo de plantas daninhas.

A temperatura exerce grande influência sobre a dinâmica de uma população de plantas daninhas. Um grande número de plantas C4, altamente competitivas nas épocas quentes do ano , entre elas diversas espécies de gramíneas e cyperáceas cedem lugar a dicotiledôneas, quando declina a temperatura. Por isso, no cultivo de inverno há o predomínio de plantas daninhas de folhas largas, sem no entanto termos informações precisas à respeito do período crítico nesta época (Ferreira et al, 1994).

A temperatura exerce também influência marcante sobre a atividade dos herbicidas, principalmente sobre aqueles aplicados e/ou incorporados ao solo. Geralmente, com a queda da temperatura, esses produtos apresentam maior atividade e maior persistência no solo.

Os herbicidas recomendados para a cultura do feijão em semeadura de inverno são os mesmos recomendados anteriormente, porém com uma ressalva para o fato de que as pesquisas que levaram ao registro de alguns destes produtos foram conduzidas durante o verão, época em que as condições climáticas diferentes afetam tanto a ocorrência de plantas daninhas, quanto a eficiência dos herbicidas recomendados. A escolha vai depender das espécies infestantes, da época de aplicação e das condições edafoclimáticas.

10.CONCLUSÕES

Diante de todos os aspectos discutidos pode-se concluir que: a)as perdas da cultura do feijão em competição com plantas daninhas variam de 15 a 97% em função da cultivar utilizada, época de semeadura e da composição e densidade da população de plantas daninhas; b)o período crítico situa-se em torno de 10 a 30 dias após a semeadura, devendo-se manter a cultura no limpo até a pré-floração (R_5); c)o custo do controle químico de plantas daninhas gira em torno de 120 a 180 kg de feijão/ha devendo-se, desta forma, ser recomendado somente para agricultores com produtividade acima de 1200 kg/ha, sendo necessário a realização da rotação de herbicidas quanto ao modo de ação à cada safra; d)o manejo de plantas daninhas em feijão de inverno é diferente da semeadura realizada em épocas quentes do ano, devendo-se realizar mais estudos referentes a este manejo nessa época de semeadura; e)o uso da herbigação nesta cultura apresenta-se como uma prática bastante promissora, porém carente de estudos, principalmente no que se refere a aplicações em pós-emergência; f)o controle de plantas daninhas deve ser encarado como um **"sistema integrado de manejo"**, com associação de vários métodos, sendo importante lembrar que não existe uma receita padronizada deste manejo, devendo-se fazer uma diagnose do problema, para que ele possa selecionar e aplicar as medidas adequadas de controle, levando sempre em consideração: topografia, tipo de solo e clima, tipo de manejo, espécies predominantes e disponibilidade de recursos e equipamentos.

11.AGRADECIMENTO

Ao "mestre" Dr. João Baptista da Silva (CNPMS/EMBRAPA) pelos ensinamentos técnicos e pelo exemplo de vida a ser seguido o meus sinceros agradecimentos.

12. LITERATURA CONSULTADA

ANDRADE, M. J. B. de. **Período crítico de competição do feijoeiro com ervas daninhas.** mimeografado, abril /1993. 11p.

ANDRADE, M. J. B. de; RAMALHO, M. A. P. **Cultura do feijoeiro,** Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS 1995, 97 p. (Apostila das aulas ministradas pelos dois autores no *Curso de Atualização Técnica para Engenheiros Agrônomos do Banco do Brasil* no CNPMS/EMBRAPA).

BRANDÃO, M. ; GAVILANES, M. L. Principais plantas daninhas no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 8, n. 87, p. 18-26. 1982

COBBUCI T.; SILVA J. B. da; CARDOSO, A. A.; VIEIRA, C (a). Eficiência agronômica e comportamento ambiental de bentazon no sistema irrigado de milho e feijão em sucessão. In: **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.** Período 1992-1993. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, v. 6, p. 261.1994.

COBBUCI T.; SILVA J. B. da; CARDOSO, A. A.; VIEIRA, C.; FERREIRA, F. A. (b). Eficiência agronômica e comportamento ambiental de fomesafen no sistema irrigado de milho e feijão em sucessão. In: **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.** Período 1992-1993. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, v. 6, p. 261-2. 1994.

FERREIRA , L. R. ; FERREIRA, F. A.; SILVA, J. F. da. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão de Outono-inverno. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 178, p. 38-42. 1994.

JUNQUEIRA NETTO, A. Aplicação de herbicida, inseticida e fungicida via pivô central na cultura do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 178, p. 35-8. 1994.

KRANZ, V. M. Plantas invasoras na cultura do feijoeiro no estado do Paraná. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 4, 1993, Londrina. **Resumos**, Londrina, IAPAR, 1993, p. 68.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas:** plantio direto e convencional. 4ª edição, Nova Odessa, Editora Plantarum, 1994, 297 p.

OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T., eds. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade, Piracicaba: POTAFÓS, 1988. p. 175-259.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F.S. (in memorian). **Guia de herbicidas**, 3ª ed., Londrina, 1995, 675 p.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição mineral do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1987. 93 p.

SILVA, J. B. da; KARAM, D. & COSTA, E. F. da. Herbigação. In: **Quimigação:** aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília, EMBRAPA, 1994, pag. 281-315

Tabela 1. Herbicidas recomendados e/ou utilizados para a cultura do feijão no Brasil[1].

Produto técnico	Produto comercial	Concent. (g/l)	Dose produto comerc. (l/ha)	Época de aplicação	Plantas daninhas controladas	Observações
bentazon	Basagran 600	600	1,2 a 1,6	PÓS	Folhas largas e ciperáceas	Aplicar com o feijoeiro entre o 1º e o 3º trifólio
	Banir	480	1,5 a 2,0	idem	idem	idem
bentazon + paraquat	Pramato	48+30	1,5 a 2,5	PÓS	Folhas largas e gramíneas	Aplicar no início do desenvolvimento das ervas e com o feijoeiro entre o 1º e o 3º trifólio
clethodim[2]	Select 240 CE	240	0,4 a 0,5	PÓS	Gramíneas	Plantas daninhas com 4 folhas até 6 perfilhos
2,4 D	Capri	720	0,9 a 1,6	PPS	Folhas largas	Aplicar pelo menos 7 dias antes da semeadura
	U- 46 D-Fluid 2,4 D	idem	idem	idem	idem	idem
	Aminol 860	670	1,1 a 1,8	idem	idem	idem
	DMA 806 BR	idem	idem	idem	idem	idem
	Deferon	400	1,0 a 1,5	idem	idem	idem
	Esteron 400 BR	idem	idem	idem	idem	idem
	Herbi D 480	idem	1,75 a 3,0	idem	idem	idem
diclofop-metil	Iloxan 28 EC	284	2,5 a 3,5	PÓS	Gramíneas	Plantas daninhas com 2 a 4 folhas
diquat	Reglone	200	1,5 a 3,0	PPS/DESSEC[3]	Folhas largas e gramíneas	
EPTC	Eptam 720 CE	720	5,0	PPI	Gramíneas, folhas largas e ciperáceas	Incorporar imediatamente após a aplicação
	Eradicane	idem	idem	PPI	idem	idem
fenoxaprop-p-ethyl[2]	Podium	120	0,75	PÓS	Gramíneas	Não requer adjuvantes
fluazifop-p-butil[3]	Fusilade	250	1,5 a 2,0	PÓS	Gramíneas	Aplicar com o feijoeiro entre o 1º e o 3º trifólio
fomesafen	Flex	250	0,9 a 1,0	PÓS	Folhas largas	Aplicar com o feijoeiro entre o 1º e o 3º trifólio Podem ser realizadas aplicações seqüenciais de ½ dose + ½ dose
fomesafem + fluazifop -p butyl	Robust	250+200	0,8 a 1,0	PÓS	Gramíneas e folhas largas	Não usar espalhante aplicar com as plantas daninhas em início de desevolvimento. Podem ser realizadas aplicações seqüenciais de ½ dose + ½ dose

Tabela 1. Herbicidas recomendados e/ou utilizados para a cultura do feijão no Brasil (continuação)[1].

Produto técnico	Produto comercial	Concent. (g /l)	Dose produto comerc. (l/ha)	Época de aplicação	Plantas daninhas controladas	Observações
glyphosate	Roudup	360	1,0 a 6,0	PPS	Folhas largas e gramíneas	Aplicar pelo menos 7 dias antes da semeadura
	Glifosato Agripec	idem	idem	idem	idem	idem
	Glifosato Nortox	idem	idem	idem	idem	idem
	Glion	idem	idem	idem	idem	idem
	Trop	idem	idem	idem	idem	idem
	Direct	720	0,5 a 2,5	idem	idem	idem
glyphosate+ 2,4 D	Command	120+160	4,0 a 7,0	PPS	Folhas largas e gramíneas	Aplicar pelo menos 7 dias antes da semeadura
imazamox	Sweeper	700	60 g	PÓS	Folhas largas	Aplicar preferencialmente com o feijoeiro entre o 1º e 3º trifólio
metolachlor	Dual 960 CE	960	2,0 a 2,5	PRÉ	Gramíneas e algumas folhas largas	Aplicar logo após a semeadura com o solo úmido ou irrigar logo após aplicação. Não aplicar em solo arenoso
paraquat	Gramoxone 200	200	1,5 a 3,0	PPS/DESSEC[3]	Gramíneas e folhas largas	Pode-se realizar a semeadura imediatamente após a aplicação
paraquat + diuron	Gramocil	200 +100	2,0 a 3,0	PPS[3]	Gramíneas e folhas largas	Pode-se realizar a semeadura imediatamente após a aplicação
pendimethalin	Herbadox 500 CE	500	1,5 a 3,0	PPI	Gramíneas e folhas largas	
quizalofop-ethyl[2]	Targa	50	1,5 a 2,0	PÓS	Gramíneas	Aplicar no início do desenvolvimento das ervas
sethoxydim	Poast	184	1,25	PÓS	Gramíneas	Aplicar com o feijoeiro entre o 1º e o 3º trifólio
sulfosate	Zapp	480	1,0 a 6,0	PPS	Gramíneas e folhas largas	Aplicar pelo menos 7 dias antes da semeadura
trifluralin	Herbiflan	445	1,2 a 2,4	PPI	Gramíneas anuais e algumas folhas largas	Incorporar no máximo 8 horas após a aplicação a 10 cm de profundidade
	Lifalin	idem	idem	idem	idem	idem
	Trifluralina Hoescht	idem	idem	idem	idem	idem
	Trifluralina Nortox	idem	idem	idem	idem	idem
	Trifluralina Defensa	idem	idem	idem	idem	idem
	Trifluralina Agrevo	idem	idem	idem	idem	idem
	Treflan	idem	idem	idem	idem	idem
	Tritac	480	1,5 a 2,0	idem	idem	idem
	Premerlin	600	0,9 a 1,8	PPI/PRÉ	idem	idem
	PremelinNA 600[2]	idem	idem	idem	idem	idem
	Novolate 600[2]	idem	idem	idem	idem	idem

[1]Adaptado de Ferreira et al (1994), Lorenzi (1994) e Rodrigues e Almeida (1995)
[2]Produto em fase de registro para a cultura do feijão
[3]Produto não registrado para a cultura do feijão

NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DO FEIJOEIRO

E. Malavolta[1]
O. F. Lima Filho[2]

1. INTRODUÇÃO

1.1 Em 1971 como parte do I Simpósio Brasileiro de Feijão, MALAVOLTA et al. (1972) chamaram a atenção para a baixa produtividade do feijoeiro no Brasil no período 1967 a 1969 a qual, além disso, havia caído de 698 para 605 kg por hectare. Um quarto de século depois, como se vê na Tabela 1, a situação, no que tange a produtividade, continua a mesma. Quem sabe, pior.

1.2 Quais as causas da baixa produtividade?

A equação geral que junta os fatores de produção é conhecida, embora somente admita soluções parciais:

$$y = f(S, Pl, Cl, Pc, Pm...)$$

onde y = produção; S = solo, corretivo, adubos; Pl = planta; Cl = clima; Pc = práticas culturais; Pm = pragas e moléstias

Esses fatores e seus desdobramentos (meia centena no total) agem e às vezes interagem, positiva ou negativamente, até depois de conseguida a produção: As perdas na colheita, no beneficiamento, no armazenamento, no supermercado, na dispensa da dona-de-casa. Fatores negativos puxam a curva de resposta para baixo: os conceitos do simpósio editado por MURPHY et al. (1980) continuam válidos.

De fato, pode-se apontar o seguinte:

(1) S = a falta de adubação e de correção de acidez de superfície e de subsuperfície é, sem dúvida, uma das causas que contribuem para a baixa produtividade.

As estatísticas, oficiais ou não oficiais, não apresentam dados sobre o consumo de corretivos na cultura do feijão; de acordo com ANDA (1992) os 4.361.000 ha plantados com o feijoeiro consumiam 580 000 t de adubos (produto); 61 987 000 ha ocupados com as principais culturas receberam um total de 10 593 000 de adubos; em outras palavras: a área ocupada com feijão corresponde a 7% do total; o adubo aplicado corresponde a 5%; admitindo que tenha sido usada a fórmula tradicional 4-14-8 tem-se que cada ha com feijão recebeu 5,3 kg de N, 18,6 de P_2O_5 e 10,6 kg de K_2O;

(2) Pl = embora as variedades tenham alto potencial de colheita este, entretanto, não se realiza visto que outros fatores o impedem; como o da oferta e da procura, uma lei básica da Biologia (e da Sociologia) não pode ser revogada:

$$\text{fenótipo} = \text{genótipo} \times \text{meio}$$

Um dos componentes desse complicado "meio" é o fato de que, grande parte do feijão produzido no Brasil é uma cultura ainda de subsistência e consorciada; YOKOYAMA et al. (1996) relatam que, no ano de 1985, o sistema consorciado representou cerca de 62% da área total plantada e 47% da produção nacional; entretanto, a produtividade obtida no sistema solteiro, 586 kg/ha, foi o dobro da obtida no consorciado, 284 kg/ha;

---

[1] Professor Catedrático (aposentado) e Pesquisador permissionário. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP.

[2] Bolsista do CNPq, pós doutorando. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. niversidade de São Paulo. Piracicaba, SP.

Tabela 1. Evolução da área plantada, produção e rendimento do feijão no Brasil

Ano	Quantidade (t)	Área (ha)	Rendimento (kg/ha)
1968	2 419 677	3663 301	661
69	2 199 974	3663 301	606
70	-	-	-
71	-	-	-
72	-	-	-
73	2 228 940	3 814 662	584
74	2 238 012	4 288 555	521
75	2 282 461	4 145 916	550
76	1 840 315	4 059 176	453
77	2 290 007	4 551 032	503
78	2193 977	4 617 259	475
79	2 186 343	4 212 424	519
80	1 918 165	4 643 409	423
81	2 340 947	5 026 925	466
82	2 906 259	5 928 810	490
83	1 586 993	4 068 872	390
84	2 625 676	5 320 150	493
85	2 548 738	5 315 850	479
86	2 219 478	5 484 590	405
87	2 006 055	5 221 794	384
88	2 808 639	5 781 248	485
89	2 310 546	5 181 016	445
90	2 334 467	4 680 094	477
91	2 744 711	5 433 642	505
92	2 797 138	5 148 698	543
93	-	-	-
94	-	-	-
95	-	-	-

(3) Cl = são tradicionais o plantio das águas e o plantio da seca, neste caso também a produtividade no primeiro caso 820 kg/ha, é o dobro da outra (410 kg/ha); a informação é de YOKOYAMA et al. (1996); nas regiões de Barreiras, Santa Maria e Bom Jesus vem aumentando, informa a mesma fonte, a área de produção sob pivôs, ocupando hoje 26,5 mil ha, dando até 3 safras por ano, com média que ultrapassa 1900 kg/ha o que é umas 3 vezes a média nacional, 9 vezes se forem consideradas as 3 colheitas; torna-se desnecessário dizer que nesses casos calagem e adubação, tratamentos fitossanitários e práticas culturais não são descuidadas;

(4) Pc = vão as práticas culturais do preparo ou sistematização do terreno, ao controle da erosão, à densidade mais adequada de plantio para garantir, através do índice da área foliar (IAF) adequado a maior "colheita do sol", o plantio direto édesenvolvimento (BALBINO et al., 1996);

(5) Pm = além do controle do mato, há necessidade de fazer o das pragas e moléstias como informam SARTORATO et al. (1996), CARDOSO et al. (1996), RAVA & SARTORATO (1996), FARIA et al. (1996), YOKOYOMA (1996).

1.3 Várias revisões sobre nutrição e adubação do feijoeiro vem sendo publicadas: MALAVOLTA et al. (1972), MALAVOLTA et al. (1974), MALAVOLTA (1987), ROSOLEM (1987), OLIVEIRA & THUNG (1988), MORAES (1988), VITTI & CASARIN (1992), ROSOLEM (1992), OLIVEIRA et al. (1996), ROSOLEM (1996), FANCELLI (1994).

No presente trabalho serão resumidos alguns dados disponíveis, a maior parte deles sobre *Phaseolus vulgaris*. Alguma informação sobre o feijão-de-corda (*Vigna sinensis*).

2. NUTRIÇÃO

2.1 Na prática da adubação tem-se, como objetivo principal, cobrir, em termos econômicos a diferença entre o que a planta, no caso do feijoeiro, exige e o que o solo pode dar, isto é:

$$M\ (adubo) = [M\ (exigência) - M\ (fornecimento)] \times f$$

onde M = macro ou micronutriente e f é um fator maior que 1 devido às perdas que podem ocorrer por causa de volatilização, lixiviação, fixação e erosão. Trata-se porém, de uma aritmética muito mais complexa do que parece.

2.2 Exigências

2.2.1 Acúmulo de matéria seca e de nutrientes

As Figuras 1 e 2 foram preparadas com os dados de COBRA NETTO et al. (1974) a partir de material colhido no campo. Total refere-se a raiz, caule, folhas, flores e vagens. A população correspondia a 250 000 plantas/ha e a produção a 1 t de grãos/ha.

A Figura 1 mostra que entre 25 dias antes do aparecimento dos botões florais e até o fim do florescimento a Acúmulo de matéria seca total cresce com o tempo de modo quase linear, caindo depois, provavelmente devido à perda de folhas e ramos em senescência, hipótese confirmada pelo aumento na matéria seca das vagens.

A Figura 1, na parte referente ao acúmulo de N e a Figura 2 mostram que a marcha de absorção ou a Acúmulo dos macronutrientes acompanha muito perto a curva que descreve a Acúmulo da matéria seca.

Nos 31 dias entre preflorescimento e fim do mesmo (fases V8 e R7, FAGERIA et al., 1991) fim do florescimento tem-se os seguintes números: a) Acúmulo de matéria seca total: 101 kg/dia; b) idem vagens (21 dias, entre fim do florescimento e maturação): 47 kg; c) Acúmulo total de N: 2,090 kg/ha; P: 0,193; K: 2,229; Ca: 1,517; Mg: 0,425; e S: 0,512.

Tais quantidades (ou maiores, se a colheita potencial for maior, deve ser fornecida pela solução do solo enriquecida, se necessário, pelo adubo aplicado. O enchimento das vagens deve ocorrer no caso de N, P e K em parte, pelo menos, às custas da redistribuição dos elementos das folhas cujo teor diminui, o mesmo, surpreendentemente ocorre com o Ca, em geral tido como imóvel no floema, os teores foliares de Mg e S não mudam substancialmente.

Na literatura disponível não foram encontrados dados sobre Acúmulo de micronutrientes. E quanto ao feijão-de-corda, FAGERIA et al. (1991) apresentam apenas a Acúmulo de matéria seca (raízes e parte aérea) entre 17 e 76 dias.

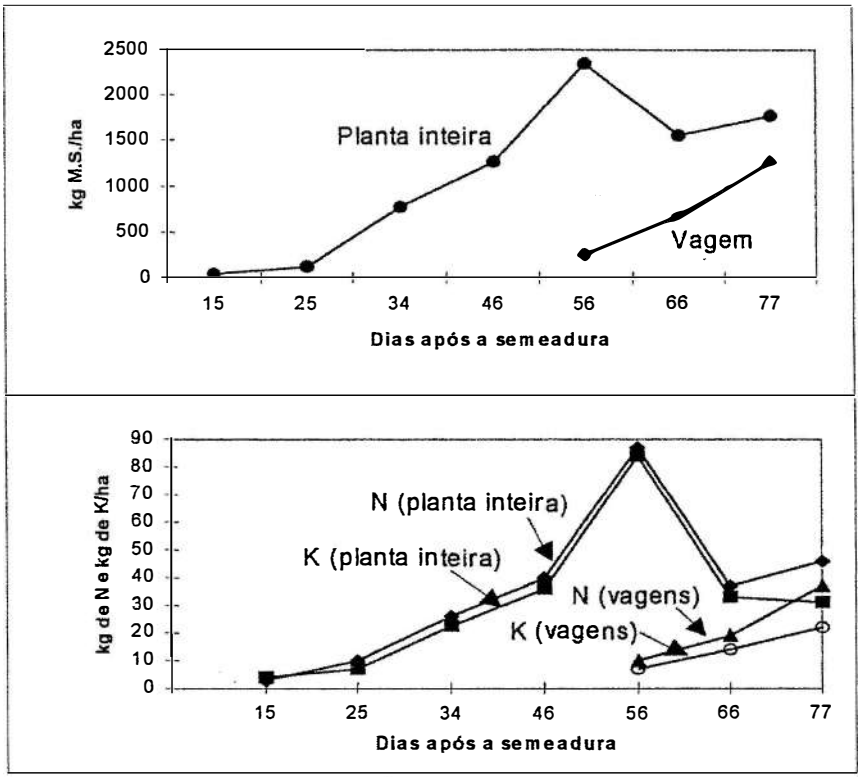


Figura 1. Acúmulo de matéria seca, N e K pelo feijoeiro var. Roxinho(COBRA NETTO et al., 1971).

2.2.2 Extração e exportação

A Tabela 2, feita com dados reunidos por MALAVOLTA (1987, 1995) compara as exigências minerais do feijão comum e as do feijão-de-corda. Os dados não são estritamente comparáveis visto que as produções são diferentes; o mesmo devendo ocorrer com a matéria seca do restante da planta e o seu conteúdo em nutrientes. Pode-se, entretanto, comparar as percentagens exportadas que obedecem à seguinte ordem decrescente: a) Macronutrientes: feijão comum: S = N = P, K = Mg, Ca; feijão-de-corda: N, P = S, K, Mg, Ca; b) Micronutrientes: feijão comum: B = Cu = Zn, Mo, Mn, Fe; feijão-de-corda: Mo, Zn = Cu, B, Mn = Fe. Há alguma concordância nos dois gêneros

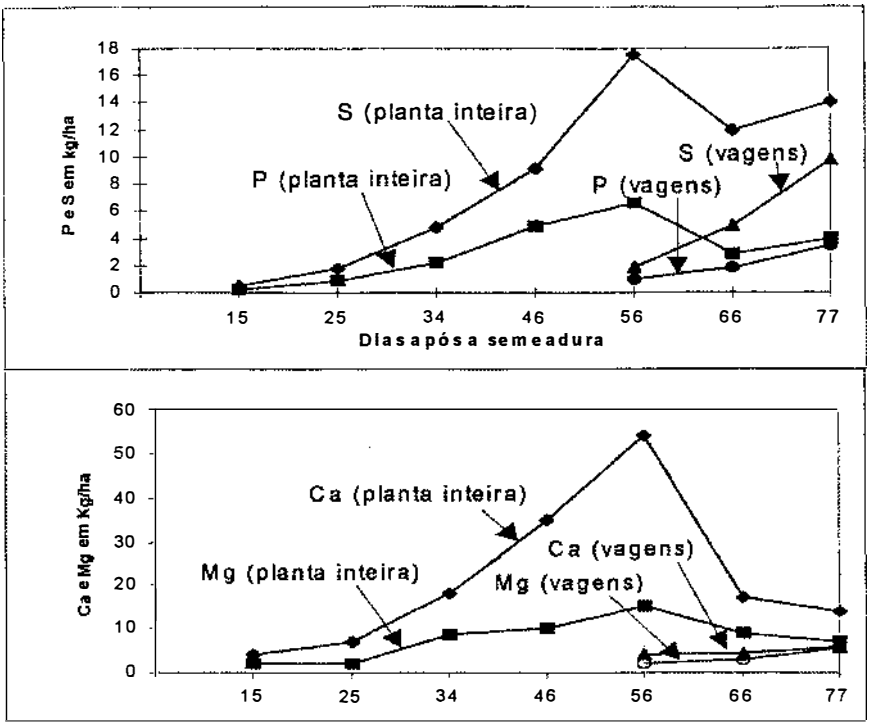


Figura 2. Marcha de acúmulo de S, P, Ca e Mg pelo feijoeiro, var. Roxinho (COBRA NETTO et al., 1971)

2.2.3 Eficiência de utilização de nutrientes

A expressão "eficiência nutricional" tem sido usada para indicar fenômenos ou aspectos diferentes de nutrição das plantas, o que leva a confusão (ver, por exemplo, DUNCAN & BALISAR, 1990; GOURLEY et al., 1993).

MALAVOLTA & AMARAL (1978) definiram eficiência de utilização de nutrientes da seguinte forma:

$$E = \text{colheita. Nutriente absorvido}^{-1}.\text{ciclo}^{-1}$$

onde E = eficiência; colheita = grãos produzidos; nutriente absorvido = conteúdo de nutriente na planta inteira e ciclo = dias.

Mediram E para N, P e K cultivando 104 variedades de feijoeiro em solução nutritiva com a concentração usual do elemento e com 1/5 da mesma. A faixa de variação na produção de matéria seca e produção é dada na Tabela 3. Das 104 variedades 10 por cento não responderam ao aumento do nível do elemento no substrato o que sugere serem adaptadas a baixos níveis de fertilidade do solo. A produção de grãos obtida nas 4 repetições em solução nutritiva foi extrapolada para uma população de 1 ha no campo, o que motivou um potencial de colheita entre 0,145 e 5,1 t/ha. As variedades foram então arbitrariamente classificadas como mostra a Tabela 3 em que aparecem em ordem decrescente. O conteúdo total (raízes + caule + folhas + cascas +

grãos) está na Tabela 4. A Tabela 5, por sua vez, dá a variação nos valores de E: há uma variação de 30 vezes para N e P e de 100 vezes para o K. A Tabela 6, finalmente mostra que E se correlaciona de modo altamente significativo com a produção o que sugere a utilidade desse parâmetro no melhoramento, devido à possibilidade de existirem efeitos de genes aditivos dando uma contribuição maior para a utilização de N, P e K no processo de formação da colheita (O'SULLIVAN et al., 1974; CLARK & BROWN, 1980). Em um ensaio preliminar um grupo de 12 variedades de alta, média e baixa eficiência de utilização do P foram cultivadas na casa de vegetação em solos recebendo 4 doses do elemento. As variedades mais eficientes no tratamento sem adição de P_2O_5 deram colheitas relativas de 50 das obtidas com a adição enquanto no caso daqueles de menor eficiência o valor correspondente foi igual à metade. Resultados semelhantes foram obtidos no campo por ANÔNIMO (1976) trabalhando com 176 variedades procurando tolerância a baixos níveis de P disponível no solo.

Tabela 2. Exigências minerais comparadas do feijoeiro comum e do feijão de corda[1]

Elemento	Total		Vagens			
	Comum	Corda	---------Comum------		---------Corda---------	
	---kg/ha---					
N	101	113	34	(33)	72	(63
P	9	6	3	(33)	3	(50
K	92	128	20	(21)	46	(36)
Ca	54	75	4	(7)	9	(12)
Mg	18	20	4	(22)	7	(20
S	25	9	9	(36)	4	(44)
	------g/ha---					
B	138	320	54	(39)	90	(28
Cu	46	30	18	(39)	10	(33)
Fe	2970	1855	120	(4)	204	(11)
Mn	563	243	50	(9)	29	(12)
Mo	4	11	1	(25)	8	(72)
Zn	224	133	76	(33)	52	(39)

Comum: 1 t grãos e 0,3 t casca. Corda (média das variedades Pituba e Dorminhoco): 1,5 t grãos e 0,5 t casca. Entre parênteses: percentagem do extraído (total) exportado nas vagens.

Em ensaios em vasos com solo e dois níveis de P (ARAUJO et al., 1995 e FERNANDES et al., 1995) usaram respectivamente 31 e 38 genótipos de *Phaseolus* para estudar a eficiência de absorção e utilização do elemento. Entretanto, não foram até a produção de vagens o que pode ser uma limitação aos dois trabalhos.

Tabela 3. Faixa de variação na produção de matéria seca e de grãos (g/planta)

Parte	Solução Completa	Diluída
raízes	0,48-4,08	0,44-2,54
caule	0,92-19,90	0,36-4,55
folhas	2,21-18,27	1,26-5,96
casca	0,81-6,90	0,39-2,22
grãos	0,58-20,40	1,47-7,10

Tabela 4. Potencial de colheita das variedades[1]

t/ha	Variedade
5,1-3,1	Mulatinho 1208, Mulatinho, Composto 388, Chumbinho Opaco, Guatemala 344, Aeté-1, Roxinho, Chumbinho Brilhante, Lambe Beiço, Roxinho V,. Branca, Bico de Ouro, S Curva 168/N, Chuveiro de Prata, Rosinha G-2, México 200, Piratã-1, Rosado Guaranésia, Bico Roxo Precoce, Lustroso, Carioca, México 191, Floresta 5, Mulatinho Paulista, 589-N, Rosinha G-1, 1 Guassu, Preto Uberabinha, Guatemala 139, Pintado, Jalo EEP, 558, Roxão Lustroso, Roxão.
3,0-2,0	Roxote, Creme, Mulatinho, Vagem Roxa, Paraná H-182, Jamapa, Costa Rica, Esquisito, Mulata Gorda, Rico 23, México 230, Enxofre, Aeté 2, Chumbinho, Cara Suja, Nep Bayo 22, S.T. 19N, Manteigão Fosco, Cubano, México 158, Piratã 2, Opaco Paraná, Negro do México, Roxinho Precoce;
2,0-1,0	Roxinho Opaco, Preto G-1, Olho de Pomba, Rico Pardo 896, Vi 1010, México 163, Guatemala 245, Americano Precoce, Goiano Precoce, Roxinho Precoce, México 167, Guatemala 23, Paquinho, Sel, 55-51519 N2, México 185, Porrillo-1, Mulatinho Monte Mor, Mulatinho 46, Rosinha CIA-63, México 266, San Francisco, Pintadinho Precoce
Menos de 1,0	Preto 143, Costa Rica 1031, Vi 1013, Carioca, 1030, Jalo, Venezuela 350, Rosinha, Franguinho

(1) Em cada classe na ordem decrescente de produtividade.

Tabela 5. Faixa de variação no conteúdo total de elementos (g/planta)

Tratamento	N	P	K
Sol. Completa	0,28-1,11	0,05-0,25	0,27-1,04
Sol. Diluída	0,09-0,31	0,02-0,04	0,11-0,27
C.V. %	10,39	27,32	9,25
Tukey (1%)	0,25	0,09	0,19

Tabela 6. Variações no valor de E

Elemento	Mínimo	Máximo
N	0,008	0,280
P	0,051	1,827
K	0,007	0,789

Tabela 7. Coeficientes de correlação entre valores de E colheita observada

Elemento	r
N	0,761**
P	0,762**
K	0,637**

** significativo a 1% de probabilidade

2.2.4 Avaliação do estado nutricional

2.2.4.1 Sintomas visuais

MALAVOLTA (1980, p.224) sugeriu que o sintoma visual de deficiência, excesso ou desequilíbrio é o final de uma cadeia de eventos.

Falta ou excesso → lesão molecular → alteração subcelular → modificação celular → lesão no tecido → manifestação visível

Descrições detalhadas dos sintomas visuais e chaves para a identificação podem ser encontradas em: MALAVOLTA (1987), feijão comum e de corda, OLIVEIRA et al. (1996) e ROSOLEM & MARUBAYASHI (1994). Fotos coloridas mostrando desordens nutricionais podem ser vistas em: BERGMANN (1992), BOULD et al. (1983), OLIVEIRA et al.(1996), ROSOLEM & MARUBAYASHI (1994) e SCAIFE et al. (1983).

2.2.4.2 Diagnose foliar

Como o nome indica, na diagnose foliar procura-se avaliar o estado nutricional mediante a análise mineral das folhas determinando-se nelas teores totais ou, menos freqüentemente, formas solúveis do elemento. O que se faz é simplesmente comparar os teores do elemento, ou as relações entre dois ou três elementos, da amostra com os de uma folha tida como padrão do ponto de vista nutricional. Se o teor encontrado estiver abaixo, ou se as relações se desviarem daquela do padrão, haverá falta ou desequilíbrio que a adubação no ano (ou no ano seguinte) deverá corrigir ou impedir que apareça. Se os valores estiverem próximos ter-se-á uma indicação de que o solo (ou o adubo aplicado), está fornecendo o elemento em quantidade (e proporção) suficiente. Se, por outro lado, os valores forem muito mais altos haverá a possibilidade de excesso prejudicial ao crescimento e à produção. A comparação, entretanto, somente será válida se a amostra corresponder à mesma folha e à mesma época daquela que serve como padrão. Maiores detalhes podem ser encontrados em MALAVOLTA & MALAVOLTA (1989) e MALAVOLTA et al. (1989).

As Tabelas 8, 9 e 11 reúnem dados para interpretar os teores foliares totais de macro e micronutrientes no feijoeiro comum e em *Vigna*. Existe uma aceitável concordância entre as diversas fontes embora a amostragem e a variedade analisada não sejam as mesmas. A Tabela 10, por sua vez dá os teores solúveis de nitrato, fosfato e potássio (lembrar que 90% ou mais do K na planta está na forma iônica): há poucos dados que, entretanto, são muito coerentes.

A concentração adequada de um nutriente, CAN, também chamado nível crítico ou nível crítico inferior é influenciada por fatores fisiológicos (idade, por exemplo) e do meio (chuvas, por exemplo). Pragas e moléstias e intensidade de crescimento podem afetar o teor do elemento na folha. Uma alternativa para interpretar a análise das folhas é o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) proposto por BEAUFILS (1971) e explicado, entre outros, por MALAVOLTA et al. (1989). O DRIS consiste em comparar as relações de nutrientes nas folhas (às vezes os produtos é que são comparados), ou em outras partes da planta, com os quocientes dos mesmos elementos encontrados em populações altamente produtivas. Essas relações ótimas são chamadas "normas". As relações de diferentes nutrientes podem ser comparadas entre elas e com as normas. Assim, os elementos deficientes (e com maior probabilidade de resposta na

adubação), em teores adequados ou de luxo podem ser determinadas. O DRIS foi usado no feijoeiro comum por WORTMANN et al. (1992) os quais usaram um banco de 1100 dados de produção e análise. Em todos os casos a amostra consistiu da primeira folha do topo, completamente expandida e colhida no aparecimento da primeira flor. A Tabela 12 mostra alguma concordância entre os valores das normas obtidas na África, no trabalho em questão, e as obtidas na Colômbia. WORTMAN et al. (1992) verificaram também que os valores do DRIS eram mais precisos que os do CAN para predizer resposta à aplicação de N, P e K como adubos. Ao que parece, as possibilidades do DRIS para o feijoeiro ainda não foram exploradas no Brasil.

Tabela 8. Teores foliares de macronutrientes adequados para *Phaseolus vulgaris*

E[1]	Teor (g/kg)	Amostra[2]	Fonte
N	28-60	-	Wilcox & Fageria (1976)
	52-54	PFM,início florescimento	Piggott (1986)
	27	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	30-50	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	50-60	Idem	Benton Jones et al. (1991)
P	2,5-5,0	-	Wilcox & Fageria (1976)
	4-6	PFM, início florescimento	Piggott (1986)
	4	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	2-3	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	3,5-7,5	Idem	Benton Jones et al. (1991)
K	18-25	-	Wilcox & Fageria (1976)
	15-35	PFM, início florescimento	Piggott (1986)
	22	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	20-25	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	22-40	Idem	Benton Jones et al. (1991)
Ca	8-30	-	Wilcox & Fageria (1976)
	15-25	PFM, início florescimento	Piggott (1986)
	3	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	15-20	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	15-25	Idem	Benton Jones et al. (1991)
Mg	2,5-7,0	-	Wilcox & Fageria (1976)
	4-8	PFM, início florescimento	Piggott (1986)
	2	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	4-7	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	3-10	Idem	Benton Jones et al. (1991)
S	1,6-6,4	PA início florescimento	Piggott (1986)
	2,2	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	5-10	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)

[1] Elemento

[2] PFM primeira folha recém madura da ponta.PA parte aérea inteira

Tabela 9. Teores foliares de micronutrientes adequados para *Phaseolus vulgaris*

E[1]	Teor (g/kg)	Amostra[(1)]	Fonte
B	30-60	-	Wilcox & Fageria (1976)
	10-50	PFM,início florescimento	Piggott (1986)
	75	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	30-60	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	20-75	Idem	Benton Jones et al. (1991)
Cu	10-20	-	Wilcox & Fageria (1976)
	5-15	PFM, início florescimento	Piggott (1986)
	4	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	10-20	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	7-30	Idem	Benton Jones et al. (1991)
Fe	100-450	-	Wilcox & Fageria (1976)
	100-300	PFM, início florescimento	Piggott (1986)
	390	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	100-450	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	50-300	Idem	Benton Jones et al. (1991)
Mn	30-300	-	Wilcox & Fageria (1976)
	50-400	PFM, início florescimento	Piggott (1986)
	54	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	30-300	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	50-300	Idem	Benton Jones et al. (1991)
Mo	0.4	PA 56 DAG	Piggott (1986)
	0.3	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
Zn	20-100	-	Wilcox & Fageria (1976)
	35-100	PFM, início florescimento	Piggott (1986)
	32	Fim do ciclo	Malavolta (1987, não publicado)
	20-100	PFM, início florescimento	Malavolta (1987)
	20-200	Idem	Benton Jones et al. (1991)
Cl	0,6-20	PFM, início florescimento	Piggott (1986)
Na	0,4-3,3	PFM, início florescimento	Piggott (1986)

1 Elemento

2 PFM primeira folha recém madura da ponta. PA: parte aérea inteira. DAG dias após germinação

Tabela 10. Teores solúveis adequados em feijão comum.

Elemento	Teor	Amostra	Fonte
(1) $N\text{-}NO_3$ mg/kg	3000	pecíolo da 4ª folha	
(2) $P\text{-}PO_4$	2000		
(3) K g/kg	50		
(4) $N\text{-}NO_3$ mg/kg	1500	Idem, no florescimento	
(5) $P\text{-}PO_4$	1500		
(6) K g/kg	40		Lorenz & Tyler (1983)
$N\text{-}NO_3$ mg/kg	4000	ver (1)	
$P\text{-}PO_4$	3000	ver (2)	
K g/kg	50	ver (3)	
$N\text{-}NO_3$ mg/kg	2000	ver (4)	
$P\text{-}PO_4$	2000	ver (5)	
K g/kg	40	ver (6)	Piggott (1986)
$N\text{-}NO_3$ mg/kg	>3000	ver (1)	
	>1500	ver (4)	
$P\text{-}PO_4$	>2000	ver (2)	
	>1500	ver (5)	
K g/kg	>50	ver (3)	
	>40	ver (6)	Benton Jones et al. (1991)

Tabela 11. Teores foliares adequados em feijão de corda.

Elemento	Teor	Amostra[1]	Fonte
N g/kg	11-17	PPFM, início florescimento	Reuter (1986)
	18-22	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
P	1,2-4,0	PPFM, início florescimento	Reuter (1986)
	1,2-1,5	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
K	49-66	PPFM, início florescimento	Reuter (1986)
	30-35	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
Ca	7,2-10,0	PPFM, início florescimento	Reuter (1986)
	50-55	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
Mg	1,7-3,1	PPFM, início florescimento	Reuter (1986)
	5-8	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
S	3,5-6	PPFM, início florescimento	Reuter (1986)
	1,5-2	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
B mg/kg	150-200	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
Cu	5-7	Idem	Malavolta (1987)
Fe	>100	PA 56 DAG	Reuter (1986)
	700-900	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
Mn	<1000	PA 35 DAG	Reuter (1986)
	400-500	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
Mo	0,2-0,3	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)
Zn	27-32	LF 42 DAG	Reuter (1986)
	40-50	FMI Fim do ciclo	Malavolta (1987)

PPFM pecíolo da primeira folha recém madura, do topo. FMI folha inteira da metade inferior da planta. PFM primeira folha recém madura do topo. PA parte aérea inteira. DAG dias após germinação. LF limbo foliar.

Tabela 12. Compáração de normas do DRIS estimadas na África e na Colômbia.

Norma	África	Colômbia
N	4,349	3,891**
P	0,279	0,344**
K	2,078	2,167 n.s.
Ca	2,657	2,430 n.s.
Mg	0,561	0,775**
N/P	16,422	11,620**
N/K	2,463	1,844**
Nx Ca	11,464	9,912**
N x Mg	2,432	3,171**
P/K	0,150	0,161**
P/Ca	0,725	0,928**
P x Mg	0,155	0,295**
K x Ca	5,358	5,605 n.s.
K x Mg	1,132	1,791**
Ca x Mg	4,852	3,196**

n.s. = não significativo
** significativo ao nível de 1%

2.2.4.3 Testes bioquímicos

Os testes bioquímicos estão baseados no fato que um dado elemento faz parte de estrutura de um componente da planta, ou é ativador ou cofator enzimático ou inibidor

de uma enzima (veja-se MALAVOLTA et al., 1989). A enzima redutase de nitrato (RNO_3) tem sua atividade induzida pelo substrato, que é reduzido a nitrito, NO_2^-, e pelo Mo que a ativa. Assim, dentro de limites, aumentando o suprimento de N nítrico no substrato (solo, solução nutritiva) deve aumentar a concentração de nitrato no tecido, a atividade de RNO_3 e o crescimento e a produção.

A Figura 3 (dados não publicados e obtidos em 1987) mostra as relações entre N na solução nutritiva, crescimento, teores foliares de N total e nítrico e atividade da RNO_3 na cultivar Carioca. Na solução nutritiva a relação N-NO3/N-NH4 era de 8/1.

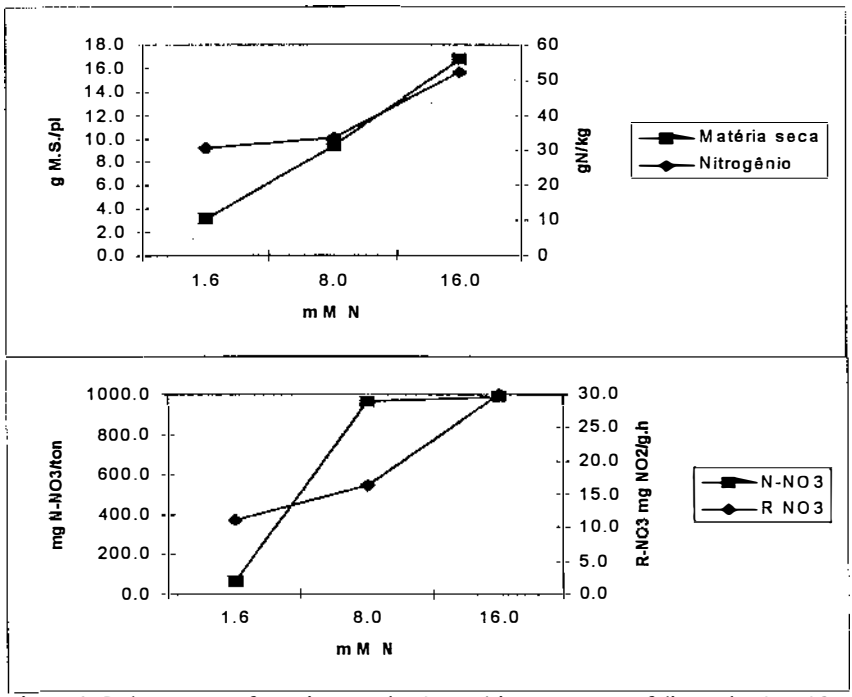


Figura 3. Relação entre fornecimento de N, matéria seca, teores foliares de N e NO_3 e RNO_3

A enzima fosfase ácida (Pase) libera H_2PO_4 por hidrólise e sua atividade no tecido é inversamente proporcional ao suprimento externo de fósforo e ao nível do mesmo no tecido, como mostra a Figura 4 (dados não publicados, obtidos em 1987).

As plantas tem uma capacidade de absorver íons do meio a qual é inversamente proporcional à concentração do mesmo no tecido: plantas com fome absorvem mais. CALVACHE et al. (1994) cultivaram o feijoeiro em solução nutritiva com níveis crescentes de N e de P. As raízes destacadas dessas plantas foram postas para absorver $(N^{15}H_4)_2SO_4$ e $KH_2{}^{32}PO_4$ e depois de 2 horas os isótopos foram analisados. Foi encontrada uma correlação linear entre log (10) da absorção de ^{15}N ($\mu g\ Ng^{-1}\ h^{-1}$) e a concentração de N na solução nutritiva.

$$\text{Log (10)}\ \mu g\ Ng^{-1}\ h^{-1} = 1{,}760 - 0{,}027 \text{mM N}\ (r^2=0{,}8)$$

a absorção do ^{15}N se correlacionou negativamente, como esperado com N foliar, r = - 0,95, N-NO_3, r = - 0,88, N acumulado, r = -0,95.

Achado semelhante constatou-se com respeito ao fósforo

regressão entre P na solução e absorção do ^{32}P

$$\log (10)\ nM\ P\ g^{-1}\ h^{-1} = 2{,}810 - 0{,}384\ n\ MP\ (r^2=0{,}96)$$

correlação com P total foliar r= -0,76, P-H_2PO_4 foliar r = -0,71, P acumulado r = -0,93.

É óbvio que, devido ao tempo e ao preço, os métodos bioquímicos e isotópicos não podem, como a diagnose foliar, ser usados na rotina.

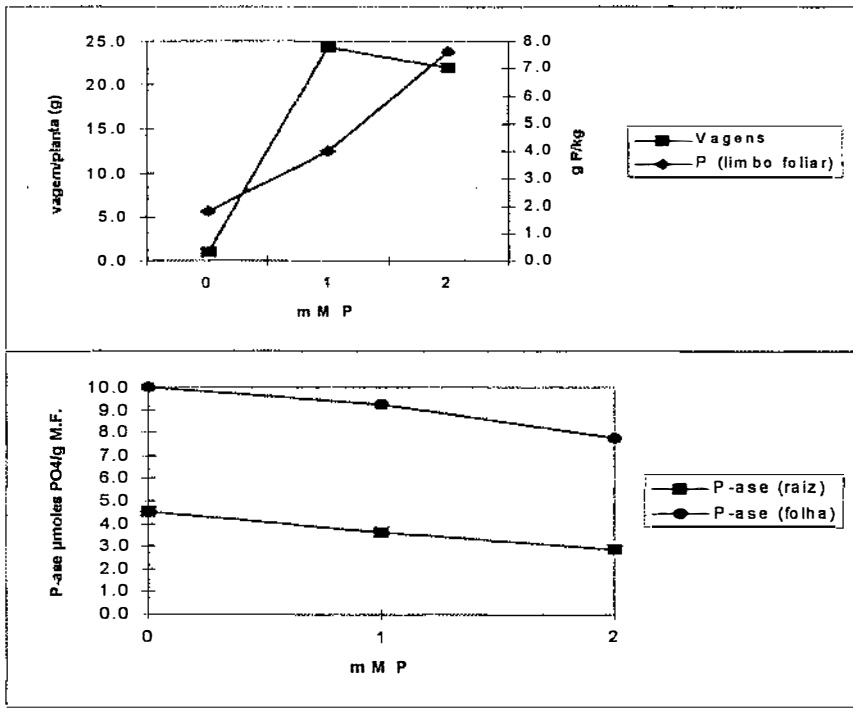


Figura 4. Relação entre fornecimento de P, produção, teor foliar de fósforo total e atividade da Pase na raiz e na folha

2.3 Fornecimento

2.3.1 Fertilidade (química) dos solos para o feijoeiro

De acordo com OLIVEIRA et al. (1996) a faixa de pH que oferece melhores condições para o desenvolvimento do feijoeiro está entre 5,8 e 6,2. Nesta faixa, que corresponde a uma saturação em bases ao redor de 70% (ROSOLEM, 1996), todos os elementos encontram-se na disponibilidade máxima (N, P, K, Ca, Mg, S) ou não mínima (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) enquanto a concentração do Al tóxico é zero ou perto de zero.

Deve-se notar, entretanto, que tal como acontece com outras culturas, há diferenças entre variedades na sua tolerância aos componentes de acidez do solo e de suas conseqüências (tudo o que está atras do índice pH) (MESQUITA FILHO et al., 1982; MUZILLI, 1983; PESANHA et al., 1994; DUETE & CRISÓSTOMO, 1995).

Os mesmos OLIVEIRA et al. (1996) mencionam que em áreas com teor de matéria orgânica menor que 20 g/kg, teores de P (em Mehlich 1 ou duplo ácido) inferiores a 4 mg/dm^3 com teor de K entre 20 e 40 mg/dm^3 (0,5 e 1,0 milimol$_c$ por dm^3 ou 0,05 e 0,1 meq/100 cm^3), Ca entre 10 e 30 milimol$_c$/dm^3 (1 e 3 meq/100 cm^3), M entre 5 e 10 milimol$_c$ (0,5 e 1 meq/100 cm^3), S entre 25 e 55 milimol$_c$/dm^3 (2,5 e 5,5 meq/100 cm^3), V% (saturação em bases) maior que 40% (?) e saturação em Al (m %) maior que 5% podem produzir feijão mas não atingem produtividade correspondente aos tratos recebidos. A relação Ca/Mg desejável é 4/1 com um teor de Mg ao redor de 8 milimol$_c$/dm^3 ou 0,8 meq/100 cm^3.

Reunindo dados dos diversos estados ROSOLEM (1996) mostrou que os níveis adequados estão nas seguintes faixas: P (mg/dm^3) entre 14 e 20 em Mehlich 1 e, no caso de SP, 16-40, extração com resina; K (milimol$_c$/dm^3) de 1,3 a 6,0.

EL-HUSNY (1992) estudou usando a técnica da diagnose por subtração, as limitações da fertilidade de um Latossolo vermelho Amarelo distrófico de Jequitinhonha, MG. DUETE (1995) conduziu trabalho semelhante, também em vasos, empregando solos da região de Irecê-BA, todos eles contendo calcário livre (entre 0,9 e 1,4%). Os resultados estão na Tabela 13.

Como se pode ver as limitações obedecem à seguinte ordem decrescente, considerando-se a média para os solos baianos: a) BA: P, S, Mn, Cu, Fe, Zn, B; b) MG: S, K, B, N=K=Cu=Mo, Co=Zn.

Tabela 13. Limitações na fertilidade do solo em solos de MG e da BA [1]

Tratamento	MG	BA			
		LVA	LA	CV	CL
	Produção de Grãos Relativa				
Completo	100	100	100	100	100
Menos N	85	-	-	-	-
Menos P	85	60	93	2	50
Menos K	77	-	-	-	-
Menos S	48	45	79	39	58
Menos B	81	134	223	102	92
Menos Co	89	-	-	-	-
Menos Cu	85	84	175	66	107
Menos Fe	-	69	104	110	93
Menos Mn	-	110	211	61	62
Menos Mo	85	-	-	-	-
Menos Zn	89	154	213	42	81
Testemunha	29	31	21	0	46

[1] MG - Latossolo Vermelho Amarelo distrófico
BA - LVA - Latossolo Vermelho Amarelo
LA - Latossolo Amarelo
CV - Cambissolo Vértico
CL - Cambissolo Latossólico

A Tabela 14, preparada por MALAVOLTA (1995) é uma sugestão para caracterizar um solo "adequado" para o feijoeiro, comparando-a com as características dos latossolos de Barreiras (BA) onde se cultiva o feijão (e outras culturas) com irrigação. Como se vê, corrigir a acidez e adubar é precioso!

2.3.2 Fixação biológica do nitrogênio

TRUCHET et al. (1993) chamaram a simbiose entre as bactérias do gênero *Rhizobium* e as leguminosas de "diálogo molecular". É que nas etapas precoces de simbiose que culmina com a fixação do N_2, os dois parceiros trocam sinais moleculares. Num primeiro momento a leguminosa excreta, nos seus exsudados radiculares, flavonoides que atraem os *Rhizobium* por quimiotatismo e ativam nas bactérias os genes nod. Por sua vez, esses genes determinam a produção, por parte das bactérias, de moléculas de lipoligossacarídeos, os fatores Nod que desempenham um papel fundamental no reconhecimento e na infeção da planta hospedeira e induzem a formação dos nódulos. Ao que parece, feijoeiro e *Rhizobium* não se comunicam muito bem nessa conversa molecular visto que a fixação do N_2 nessa simbiose é menos eficiente que no caso de outros pares como mostra FRANCO (1978) embora haja muita diferença entre as variedades (PESANHA et al., 1994).

SILVA et al. (1993) citam que, nas condições brasileiras, o feijoeiro é capaz de fixar 20-60 kg N por hectare, quantidade insuficiente para garantir altas produtividades. Como se vê na Tabela 15 uma produção de 1 t de grãos exige 101 kg de N. Embora arriscado extrapolar, 2 t demandariam, 202 e 3 t exigiriam 303 kg de N por ha.

Várias revisões foram feitas a respeito do assunto. Em ordem cronológica as mais recentes apenas: SIQUEIRA & FRANCO (1988), ARAUJO & HENSON (1988), PERES et al. (1992), FRANCO & NEVES (1992), OLIVEIRA et al. (1996).

FRANCO & NEVES (1992) discutiram vários fatores que limitam a fixação: limitações de natureza fisiológica; fatores climáticos (temperatura, umidade, tensão de O_2); limitações que ocorrem no solo (antagonismo microbiano, pragas, disponibilidade de nitrogênio, acidez, nutrientes minerais).

Alguns fatores foram estudados por MALAVOLTA et al. (1982) em condições de solução nutritiva, com 3 variedades inoculadas com *Rhizobium*. Cabem as seguintes observações: (1) doses baixas de N combinado estimulam a fixação do N_2; recentemente TSAI et al. (1993), a exemplo do que fora observado com a soja, verificaram que a nodulação e a fixação do nitrogênio respondiam positivamente a uma nutrição balanceada de N, P, K e S; a nodulação não respondeu de modo consistente aos níveis de P no substrato; entretanto a atividade de nitrogenase o fez; o Ca aumentou a nodulação e a fixação simbiótica; (2) A acidez diminuiu a nodulação e a fixação; o Al e o Mn tem efeito drástico na nodulação e suprimem totalmente a atividade da nitrogenase.

Tabela 14. Fertilidade de um solo adequado para o feijoeiro e dos Latossolos de Barreiras (BA)

Característica	Barreiras		Adequado	
	0-20 cm	21-40 cm	0-20 cm	21-40 cm
Mat.Org. %	1,2-3,0	1,1-1,4	2-3	1-2
N %	0,07-0,17	0,06-0,08	0,13-0,16	0,10-0,12
pH (H_2O)	4,1-5,2	4,0-4,3	6,0-6,5	5,5-6,0
($CaCl_2$)	3,5-4,6	3,4-3,7	5,4-5,9	4,9-5,4
P mg/dm^3				
Duplo ácido	1-5	1-2	10-15	5-10
Resina	2-12	1-5	20-40	10-20
SO4 mg/dm^3	6-12	8-24	10-15	15-20
Meq K	0,04-0,08	0,01-0,03	0,2-0,3	0,15-0,20
Ca	0,5-1,0	0,1-0,5	3-4	2-3
Mg	0,5-1,0	0,1-0,4	1-1,5	0,5-1
Al	0,5-2,0	1-2,5	<0,5	<0,5
S	0,5-1,5	0,2-1,2	5-6	4,5
CTC	3-6	2-5	7-10	5-7
%CTC K	1-2	0,5-1	3-5	2-3
Ca	20-40	15-30	50-60	40-50
Mg	10-40	10-20	10-15	7-10
Sat.bases (V%)	15-40	5-30	50-70	40-60
Sat.Al (m%)	30-60	60-90	<30	<30
B ppm [1]	0,04	0,04	0,5-1,0	0,3-0,5
Cu ppm [2]	0,2-0,6	0,1-0,2	1-2	0,8-1,6
Fe [2]	50-200	50-200	30-40	30-40
Mn [2]	2-4	0,1-2	10-20	10-20
Zn [2]	0,3-3	0,2-2	2-5	1-3

(1) em água quente
(2) Duplo ácido

Tabela 15. Efeitos dos níveis de N combinado, P e Ca no crescimento, nodulação e fixação de N_2 [1]

Nível de	Matéria Seca											
	Total (g)			Nódulos (mg)			Nitrogenase			mg N/planta		
Fornec.	N	P	Ca	N	P	Ca	N	P	Ca	N	P	Ca
1	0,55	0,64	0,67	72	14	3	12	12	18	6	17	24
2	1,16	0,71	0,74	108	15	3	23	41	51	18	20	28
3	1,60	0,61	0,77	102	23	5	16	40	56	27	17	30
4	2,41	0,72	0,80	79	17	8	5	44	32	44	17	30
5	4,02	1,48	0,75	14	66	5	3	12	23	95	34	27

(1) Médias das variedades Venezuela 350, Carioca e Rico 23
(2) Níveis de fornecimento em mg do elemento/l: N (como Na NO_3)
(3) 0; 4,2; 8,4; 16,8; 42,0. Ca- 0,4; 2,0; 10,0; 50 e 125; P - 0,3; 1,.5; 7,5; 37,5 e 75
(4) Nitrogenase: micromoles de acetileno reduzido por g de M.S. de nódulo

Tabela 16 Efeito do pH no crescimento, nodulação e fixação de N_2

pH	Matéria Seca			
	Total (g)	Nódulos (mg)	Nitrogenase	mg N/planta
4,0	2,4	65	12	63
5,0	2,8	80	45	70
6,0	2,5	95	79	61
7,0	3,0	89	33	66

Tabela 17 Efeitos do Al e do Mn no crescimento, nodulação e fixação do N_2[(1)]

Nível do Elemento	Matéria Seca					
	Total (g)		Nódulos (mg)		Nitrogenase	
	Al	Mn	Al	Mn	Al	Mn
0	1,6		100		7	
1	1,2	0,5	51	0	0	0
2	0,7	0,2	16	0	0	0

(1) Níveis dos elementos em mg/l: Al 0,0; 0,5 e 10; Mn 0,0; 1,0 e 20

3. ADUBAÇÃO

Do Norte ao Sul do Brasil quase todos os estados possuem suas recomendações próprias de adubação: MA, CE, PE, AL, BA, ES, RJ, SP, PR, SC, RS, MG, GO. As doses de P e K são dadas em função dos resultados de análise de solo na forma de Tabelas. Somente SC e RS recomendam N levando em conta o teor de matéria orgânica do solo enquanto os demais estados fazem-no com base nos resultados de ensaios de adubação. Tais tabelas são sujeitas a revisões periódicas em função de novos resultados experimentais. São úteis como uma aproximação geral e geralmente conservadora. Necessitam, porém, de três aprimoramentos: (1) levar em conta o nível de produtividade desejado; (2) considerar a relação custo/benefício em que entram o custo do adubo e o valor da produção; (3) devem ser comprovadas através de ensaios de campo para que se saiba qual a percentagem de acerto que se tem quando aplicadas. Os pontos (2) e (3), como regra, aplicam-se às recomendações para as demais culturas. Essas recomendações foram transcritas por MALAVOLTA (1987); desde então, porém, algumas mudanças foram introduzidas. Tais recomendações, com ajuda do Engenheiro Agrônomo, devem ser usadas com adaptações que a experiência local aconselhar. Um bom exemplo é dado por ROSOLEM (1996) e está na Tabela 18.

Em seguida serão dadas algumas sugestões gerais que, como as oficiais, podem ser modificadas pelo Engenheiro Agrônomo para as condições da propriedade. São retiradas de MALAVOLTA (1995).

Tabela 18. Sugestões de ROSOLEM (1996) para produtividade acima de 1500 kg/ha

Sugestão	Detalhamento
a)	Determinar a adubação recomendada para a região com base na análise de solo
b)	Para cada 1000 kg/ha a mais de produção adicionar à dose recomendada a)
	35 kg/ha de N
	20 kg/ha de P_2O_5
	15 kg/ha de K_2O
c)	Parcelar doses de K_2O acima de 50 kg/ha, aplicando-se até 50 kg na semeadura e o restante em cobertura até 20 dias após a emergência
d)	Se for feita adubação verde com leguminosa reduzir a dose de N de 30 a 50% dependendo da massa incorporada
e)	Se for feita adubação orgânica, considerar o teor dos elementos no material e considerar o seguinte aproveitamento:
	N - 50%, P_2O_5 - 60 e K_2O - 100%
	deduzindo da dose de adubo mineral

3.1 Adubação corretiva

A adubação corretiva, como o nome indica, destina-se a alterar o nível de fertilidade do solo. O adubo é aplicado a lanço, na área total e incorporado por aração e gradagem. As doses são geralmente pesadas e por isso a adubação corretiva se justifica nos seguintes casos: altas produtividades; plantios irrigados; antes do plantio direto. A Tabela 19 apresenta sugestões tanto para a neutralização da acidez de superfície e subsuperfície quanto para a correção da fertilidade. O calcário pode ser misturado com o gesso (desde que este esteja seco); os adubos fosfatados, potássico e os micros podem ser misturados previamente. Como fonte de P_2O_5 devem ser usados adubos fosfatados solúveis em água (superfosfato simples ou triplo) ou que tenham alta proporção do seu fósforo total (75% ou mais) solúvel em citrato de amônio ou ácido cítrico a 2% (fosmag, termofosfato, fosfato natural reativo). O B pode ser empregado como ulexita ou ácido bórico; Cu, Fe, Mn e Zn podem ser usados como sulfatos ou óxidos de boa qualidade; o Mo pode ser usado como trióxido ou molibdato. Outras fontes são as fritas e os quelados. No caso do Cu, Fe e Mn devem ser usados sulfatos ou óxidos da forma bivalente (oso).

Tabela 19. Controle da acidez e adubação corretiva [1]

Elemento ou Produto	kg/ha
Calcário	de acordo com a necessidade de cal
Fosfogesso	de acordo com a necessidade de gesso
P_2O_5 [2]	
Teor no solo	
Baixo	80-240
Médio	40-120
Alto	0
K_2O	
Teor no Solo	
K % CTC < 2	90
2-3	60
>3	0
B Teor no solo, ppm [3]	
<0,6	1
>0,6	0
Cu Teor no solo, ppm [3]	
<0,6	1
>0,6	0
Fe Teor no solo, ppm	
<10	20
>10	0
Mn Teor no solo, ppm	
<5	10
>5	0
Mo Teor no solo, ppm [3]	
<0,1	0,25
>0,1	0
Zn Teor no solo, ppm [3]	
<1	6
>1	0

(1) análise solo: anual ou antes de cada plantio
(2) doses maiores: solos argilosos
(3) doses baseadas em UFG/EMGOPA (1986)

3.2 Adubação de manutenção

As doses que aparecem nas Tabelas 20 e 21 referem-se a solos com teores entre baixo e médio onde não foi praticada a adubação corretiva. Se com este forem alcançados, como se espera, níveis adequados de macro e micronutrientes as doses das duas tabelas, a critério do Engenheiro Agrônomo podem ser reduzidas em 30% ou mais.

Tabela 20. Adubação de plantio e cobertura (macronutrientes)

Produtividade	Plantio				Cobertura	
	N	P_2O_5	K_2O	S	N	K_2O
	kg/ha					
<1000	10	40	20	10	20	-
1000<1500[1]	20	50	20	10	20	20
1500<2000[2]	20	60	30	10	30	30
2000<2500[2]	20	70	30	20	40	40
>2500[2]	20	80	40	30	60	60

(1) em uma cobertura 2-3 semanas após germinação
(2) Divididas em 2-3 coberturas: 2-3 semanas, 4-5 e 6-7 semanas após germinação

Tabela 21. Adubação de plantio e cobertura - Micronutrientes

Elemento	<1000	1000<1500	1500<2000	2000<2500	<2500
	kg/ha				
B[1]	0,025	0,5	1,0	1,5	2,0
Co	0,025	0,05	0,1	0,1	0,1
Cu	0,5	0,5	0,75	1,0	1,5
Fe	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Mn	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Mo	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Zn	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

(1) Dose igual ou maior que 1,0 kg/ha - dividida em duas aplicações, ½ no plantio e ½ cobertura (mais próxima florescimento)

3.3 Enxofre e Micronutrientes

Uma sugestão para as doses de S e micronutrientes com base na análise do solo está na Tabela 22. As doses correspondem a uma produtividade ao redor de 2500 kg/ha ou mais.

Tabela 22. Sugestões para aplicação via solo.

Elemento	Teor no solo ppm	Dose kg/ha	Elemento	Teor no solo ppm	Dose kg/ha
Enxofre ($S\text{-}SO_4$)	<5	20	Manganês (Mn)	<5	10
	5-10	10		5-15	5
	>10	0		>15	0
Boro (B)	<0,6	1,0	Molibdênio (Mo)	<0,1	0,2
	0,6-1,0	0,75		0,1-0,5	0,1
	>1,0	0		>0,5	0
Cobre (Cu)	<0,6	2	Zinco (Zn)	<1	4
	0,6-1,2	1		1-2	2
	>1,2	0		>2	0
Ferro (Fe)	<10	10	B, Cu, Fe, Mn e Zn = duplo ácido.		
	10-20	5	Mo - oxalato.		
	>20	0	Observação: confirmar com análise de folhas		

3.4 Micronutrientes nas sementes e por via foliar

No tratamento das sementes, como inoculante ou não, podem ser usados produtos comerciais que contem Co, Fe e Mo. Alternativamente são empregados sais com Mo (molibdatos) na dose de 10 g/ha do elemento. Os sais com Co devem fornecer junto com a semente em torno de 0,25 g/ha do elemento.

A correção (ou prevenção) de carência de micronutrientes por via foliar é feita de acordo com a Tabela 23. Havendo compatibilidade podem ser adicionadas a defensivos.

Tabela 23. Sugestão de doses de micronutrientes para aplicação foliar[1]

Elemento	kg/ha	Observação
Boro (B)	0,5	dividida em 2-4 aplicações
Cobalto (Co)	0,025	dividido em 2 aplicações
Cobre (Cu)	1	dividido em 2-4 aplicações
Ferro (Fe)	4	Idem
Manganês (Mn)	2	Idem
Molibdênio (Mo)	0,05	dividida em 2 aplicações
Zinco (Zn)	1	Idem

Em função de: desenvolvimento, sintomas, análise folhas quando fonte de Cu, Fe, Mn e Zn for quelados, usar 2/3 da dose do elemento

3.5 Sugestão de um programa geral de correção de acidez e adubação do feijoeiro

a) Análise do solo (0-20 e 20-40 cm) (componentes da acidez, macro e micronutrientes); b) Calagem & Gessagem; c) Adubação corretiva (P K micro); d) Semeadura (Inoculação + micro); e) Irrigação; f) Observações e análise folhas (30 dias após germinação); g) Irrigação; h) Cobertura (N, K_2O) e foliares (micro); i) Irrigação; j) Colheita e avaliação[3].

3.6 Adubação no plantio direto

BALBINO et al. (1996) consideram como adequados para o plantio direto os seguintes índices: matéria orgânica > 20 g/dm^3; pH (H_2O) acima de 5,5; P (Mehlich ou duplo ácido maior que 2,0 mg/dm^3); K acima de 1,3 milimol$_c$/dm^3 (50 ppm ou 0,13 meq/100 cm^3); Ca maior que 20 milimol$_c$/dm^3 (2 meq/100cm^3); Mg acima de 8 milimol$_c$/dm^3 (0,8 meq/100cm^3); B (H_2O quente?) maior que 1 mg/dm^3; Cu (Mehlich 1) acima de 1 mg/dm^3. Mn (Mehlich 1) acima de 5 mg/dm^3; Mo (oxalato?) acima de 0,2 mg/dm^3; Zn (Mehlich 1) maior que 4 mg/dm^3.

Caso a fertilidade não seja adequada - uma quase constante no Brasil, nos 4 cantos da rosa-dos-ventos - "necessitam ser cultivadas por dois ou mais anos agrícolas no sistema convencional para terem o seu nível de fertilidade corrigido". Alternativamente existe a opção, obedecidos critérios econômicos, da adubação corretiva que é dada na Tabela 24.

Continuando com observações do trabalho de BALBINO et al. (1996): (1) adubação nitrogenada - a aplicação de N no plantio causa maior produção de grãos de que no plantio convencional; quando se tem um programa (desejável) de rotação de

[3] Nota: Coberturas e foliares (micro) - na água de irrigação se possível.

culturas a fonte nitrogenada pode ser substituída parcialmente mediante a inclusão de espécies cultivadas solteiras ou em consórcio; quando se aplica uréia sobre a palha pode ocorrer perda de N por volatilização devido à atividade de urease, a menos que 5-10 mm de água arrastem o adubo para baixo; por outro lado, já existem no mercado implementos que conseguem incorporar o adubo ao solo cobrindo-o e reduzindo quase a zero as perdas por volatilização; (2) As semeadoras usadas no plantio possibilitam a colocação do adubo ao lado e abaixo da semente (15 cm); para diminuir a concentração excessiva de K e principalmente de P perto da superfície pode-se fazer a incorporação mais profunda do fertilizante mediante o emprego de semeadoras adaptadas com facas em vez de discos duplos.

Com o tempo, o solo cujo pH fora corrigido, torna-se de novo ácido em conseqüência do efeito acidificante dos adubos, da mineralização e nitrificação do N orgânico, e da "troca" que a raiz efetua dando H^+ por cátions (K^+, Ca^{+2}, Mg^{+2}). Os resultados de OLIVEIRA & PAVAN (1994) mostram que a aplicação do calcário de boa qualidade (alto PRNT) em cobertura, dispensa a incorporação, pelo menos temporariamente, a qual viria interromper o plantio direto: o calcário desce pelos canaizinhos formados pelas raízes mortas e mantidas no solo que não é perturbado.

3.7 Adubação e irrigação

Há duas possibilidades a considerar: adubação convencional no solo (plantio + cobertura) e irrigação; adubação na água de irrigação (ou fertirrigação). Não há muita informação na literatura disponível. A segunda opção é particularmente atraente por combinar duas operações (às vezes 3, quando for usado um defensivo) e por dar mais flexibilidade à prática de adubação, aplicando os nutrientes nos períodos de maior demanda e na cultura "fechada". Alguns trabalhos gerais podem ser mencionados, em ordem cronológica: HAGIN & TUCKER (1982), COSTA et al. (1986), BAR-YOSEF (1991), DOURADO NETO (1992), ROSOLEM (1992), SAN JUAN (1993), VIVANCOS (1993), COELHO (1994), MALAVOLTA (1995). Não há muita informação sobre os efeitos da irrigação e da adubação ou sobre o efeito da fertirrigação. Seguem-se alguns dados e uma sugestão.

3.7.1 Nitrogênio

SILVEIRA & DAMASCENO (1993) verificaram que a dose máxima de N a usar, num experimento em que a cultura recebeu 400 mm de água, foi de 72 kg de N/ha, 1/3 aplicado no plantio e 2/3 em cobertura 30 dias depois. Não houve efeito do K_2O.

A irrigação adequada, no ensaio de CALVACHE et al. (1995) foi condição necessária para a resposta ao N: a produção com 60 kg N/ha, chegou a cerca de 3000 kg/ha. A restrição da água no florescimento impediu que o nitrogênio fizesse efeito.
Duas ou mais coberturas de N podem ser feitas devido à possibilidade de resposta ao elemento aplicado tardiamente (ROSOLEM, 1992, 1996).

A lixiviação carece de importância quando a irrigação e a adubação nitrogenada (dose, época) são bem conduzidas. URQUIAGA et al. (1984) verificaram que 86% do N do adubo que o feijoeiro não absorveu permanecia na camada de 0-45 cm do solo.

3.7.2 Fósforo

FRIZZONE et al (1982) obtiveram interação positiva entre P e H_2O. SILVEIRA & MOREIRA (1990) verificaram que, com 470 mm de água em presença de P_2O_5 a produção dobrou de 1800 para 3600 kg/ha, enquanto que praticamente não houve resposta ao fósforo quando foram fornecidos 200 mm de água durante o ciclo: parece haver, dentro de limites um efeito de substituição do fósforo pela água.

3.7.3 Potássio

Levando em conta a marcha de absorção do N e do K (ver Figura 2) e a dinâmica dos dois elementos no solo tanto ROSOLEM (1992) quanto COELHO (1994) sugerem que o K_2O em cobertura deve ser aplicado antes daquele ou, quando se faz mais do que um parcelamento do nitrogênio, o de K_2O deve coincidir com o primeiro ou primeiros.

3.7.4 Doses

PELUSO et al. (1996) relatam que no feijoeiro irrigado tem sido empregados, em média, 15-20 kg de N no plantio e 30-50 kg em cobertura, geralmente na água de irrigação. As doses de P_2O_5 são de 90-120 kg e as de K_2O são de 40 a 60 kg/ha.

Em Barreiras, BA, sob pivô tem sido usados no plantio 15-20 kg de N, 80 de P_2O_5 e 60 de K_2O. Na água de irrigação são usados 60 kg de N e 40 de K_2O divididos em 3-7 aplicações (MALAVOLTA, 1993).

3.8 Respostas

A falta de espaço concedido não permite fazer aqui uma revisão, ainda que a "vol d'oiseau" de respostas experimentais e práticas obtidas. Mas, "pour manque de mieux", a Tabela 24 tenta, de modo algo arbitrário, dar uma idéia geral. O que se considera melhor que uma página em branco.

Tabela 24. Estimativa das respostas e causa provável[1]

Elemento	Freqüência Relativa	Causa
Correção da acidez		
superfície	10	Acidez natural ou induzida
subsuperfície	5	pela adubação. Pouco calcário e gesso
Macronutrientes		
Nitrogênio	7	Pouca matéria orgânica e água; acidez. Fixação insuficiente. Pouco N ou má aplicação.
Fósforo	10	Pobreza. Acidez. Pouco P_2O_5 ou má aplicação
Potássio	5	Pobreza. Pouco K_2O ou má aplicação
Cálcio e Magnésio	ver correção da acidez	
Enxofre	7	Pouca matéria orgânica. Acidez. Seca. Adubos concentrados. Ausentes nas análises de solo
Micronutrientes		
Boro	10	Pouca matéria orgânica e água. Excesso de chuva. Calagem excessiva. Falta na adubação (plantio ou cobertura)
Cobre	3	Pobreza. Excesso de P_2O_5 ou calcário. Falta na adubação ou defensivos
Ferro	3	Pobreza. Acidez. Excesso de P_2O_5 ou calcário
Manganês	5	Pobreza. Excesso de P_2O_5 ou calcário. Falta na adubação.
Molibdênio	5	Falta. Acidez excessiva. Solos vermelhos. Excesso de sulfato
Zinco	10	Ver manganês
Cobalto	3	Pobreza no solo. Excesso de calcário

(1) em cada grupo, freqüência relativa

4. DEDICATÓRIA E FECHO

Este trabalho é dedicado a dois decanos - vivos e atuantes - das pesquisas com feijoeiro:

Prof. Dr. Clibas Vieira, U. Federal de Viçosa
Dr. Shiro Miyasaka, Instituto Agronômico de Campinas

"Ensinai-me, e eu me calarei;
dai-me a entender
em que tenho errado"

(Jó, 6.24)

5. LITERATURA CITADA

ANDA, 1993. Anuário Estatístico de Fertilizantes. ANDA. São Paulo. 156p.

ANONYMOUS. 1976. Tolerancia a bajos niveles de fosforo. Em: Sistemas de Produccion de Frijol. CIAT. s.n.p.

ARAUJO, A.P.; M.G. TEIXEIRA; D.L. ALMEIDA. 1955. Avaliação de parâmetros associados à eficiência de absorção e utilização de fósforo em cultivares de feijoeiro. XXV Congr. Bras. Ci. Solo (Viçosa):1390-1392.

ARAUJO, R.S. & R.A. HENSON. 1988. Fixação biológica do nitrogênio. Em: Cultura do feijoeiro - fatores que afetam a produtividade. p.213-228. M.J.O. Zimmermann; M. Rocha; T. Yamada, eds. POTAFOS. Piracicaba. 589p.

BALBINO, L.C.; J.A. MOREIRA; J.G. SILVA; E.F. OLIVEIRA; I. P. OLIVEIRA. 1996. Plantio direto. Em: Cultura do feijoeiro comum no Brasil. P. 301-352. R.S.Araujo, C.A. Rava, L.F. Stone; M.J.O. Zimmermann (Coord.). POTAFOS. Piracicaba. 786p.

BAR-YOSEF, B. 1991. Fertilization under drip irrigation.. Em: Fluid fertilizer science and technology. P.285-329. D.A. Palgrave, ed. Marcel Dekker, Inc. Nova Iorque. 633p.

BEAUFILS, E.R. 1971. Physiological diagnosis - a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. Fertilizer Soc. South Africa J. 1:1-28.

BENTON JONES JR., J.; B. WOLF; H.A. MILLS. 1991. Plant analysis hand book. Micro-macro Publ., Inc. Athens. 213p.

BERGMANN, W. 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer. Jena, Stuttgart, Nova Iorque. 741p.

BOULD, C.; E.J. HEWITT; P. NEEDHAM. 1983. Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol.1. Principles. HMSO, Londres. 170p.

CALVACHE, A.M.; A.C.C. BERNARDI; F.C. OLIVEIRA; E. PRADA NETO; J.A.A. SILVA; E. MALAVOLTA. 1994. Bioavaliação do estado nutricional do arroz (*Oryza sativa* L. var. IAC-165) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Carioca) utilizando ^{15}N e ^{32}P. Sci. agr. (Piracicaba) 51(3):393-398.

CALVACHE, M.; K. REICHARDT; J.C.A. SILVA; O. PORTEZAN FILHO. 1995. Adubação nitrogenada do feijoeiro sob estresse de água. 25 Congr. Bras. Ci. Solo (Viçosa). Res. EXP., vol.2:649-651.

CARDOSO, J.E.; C.A. RAVA; A. SARTORATO. 1996. Doenças causadas por fungos do solo. Em: Cultura do feijoeiro comum no Basil. P. 701-722. R.S. Araujo, C.A. Rava, L.F. Stone; M.J.O. Zimmermann (Coord.). POTAFOS. Piracicaba. 786p.

CLARK, R.B. & J.C. BROWN. 1980. Role of the plant in mineral nutrition as related to breeding and genetics. Em: Moving up the yield curve: advances and obstacles.

p.45-70. L.S. Murphy, E.C. Doll; L.F. Welch, eds. Amer. Soc. Agronomy, Soil Sci. Soc. America. Madison. 103p.

COBRA NETTO, A.; W.R. ACCORSI; E. MALAVOLTA. 1971. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). An. E.S.A. "Luiz de Queiroz" , USP (Piracicaba) 28:257-274.

COELHO, A.M. 1994. Fertirrigação. Em: Quimigação. P.201-228. E.F. da Costa, R.F. Vieira; P.A. Viana. EMBRAPA-SPI. Brasilia. 315p.

COSTA, E.F.; G.E. FRANÇA; V.M.C. ALVES. 1986. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Inf. Agropec. (Belo Horizonte) 12(139):63-18.

DOURADO NETTO, D. 1992. Fertirrigação. Em: Feijão irrigado. 3a.ed. p.167-177. Publique. Piracicaba. 177p.

DUETE, R.R.C. & L.A. CRISÓSTOMO. 1995. Tolerância de cultivares de feijoeiro à acidez do solo. XXV Congr. Bras. Ci. Solo (Viçosa):1443-1445.

DUETE, W.L.C. 1995. Estudo da relação K/Ca+Mg e diagnose por subtração de P, S e micronutrientes em solos calcários de Irecê-BA. Tese de Doutorado. E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP. Piracicaba. 134p.

DUNCAN, R.R. & V.C. BALIGAR. 1990. Genetics, breeding, and physiological mechanisms of nutrient uptake and use efficiency: an overwiew. Em: Crops as enhancers of nutrient use. P. 3-36. V.C. Baligar & R.R. Duncan, eds. Academic Press, Inc. San Diego. 574p.

EL-HYSNY, J.C. 1992. Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais. Diss. de Mestrado. Esc. Sup. De Agricultura de Lavras - Lavras. 151p.

FAGERIA, N.K.; V.C. BALIGAR; C.A. JONES. 1991. Common bean and cowpeas. Em: Growth and mineral nutrition of field crops. P.280-318. Marcel Dekker, Inc. Nova Iorque, Basileia, Hong Kong. 476p.

FANCELLI, A.L. 1994. Tecnologia para a produção do feijoeiro. E.S.A. "Luiz de Queiroz" , USP. Cursos Agrozootécnicos. SEBRAE. Piracicaba. 154p.

FARIA, J.C.; J.R.N. ANJOS; A.F. COSTA; C.A. SPERANDIO; C.L. COSTA. 1996. Doenças causadas por virus e seu controle. Em: Cultura do feijoeiro comum no Brasil. P. 731-770. R.S. Araujo, C.A. Rava, L.F. Stone; M.J.O. Zimmermann (Coord.). POTAFOS. Piracicaba. 786p.

FERNANDES, R.B.A.; J.O. SOUZA JR; J.C.L. NEVES. 1995. Screening de variedades de feijão para eficiência de utilização e resposta ao fósforo. XXV Congr. Bras. Ci. Solo (Viçosa):1393-1395.

FRANCO, A.A. & M.C. P. NEVES. 1992. Fatores limitantes à fixação biológica do nitrogênio. Em: Microbiologia do Solo. p.219-230. E.J.B.N. Cardoso, S.M. Tsai; M.C.P.Neves, Coord. Soc. Bras. Ci. Solo. Campinas. 360p.

FRANCO, A.A. 1978. Contribution of the legume - *Rhizobium* symbiosis to the ecosystem and food production. Em: Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. P.65-74. J. Dobereiner, R.H. Burris & A. Hollander, eds. Plenum Press. Nova Iorque. 398p.

FRIZZONE, J.A.; F. CASSIANO SOBR., M.S.SÁ; S. BUZETI. 1982. Efeito da irrigação e da adubação fosfatada sobre a produção de feijão. la Reu. Nac. Pesq. Feijão (Goiânia). An.:169-172.

GOURLEY, C.J.P.; D.L. ALLAN; M.P. RUSSELLE. 1993. Defining phosphorus efficiency in plants. Plant and Soil. 155/156:289-292.

HAGIN, J. & B. TUCKER. 1982. Fertilization of dryland and irrigated soils. Springer-Verlag. Berlim, Heidelberg, Nova Iorque. 186p.

LORENZ, O.A. & K.B. TYLER. 1983. Plant tissue analysis of vegetable crops. Em: Soil and plant tissue testing in California. P.24-29. H.M. Reisenauer, ed. Div. Agr. Sciences, Univ of California. Bull. 1879. Berkeley. 55p.

MALAVOLTA, E. & F.A.L. AMARAL. 1978. Nutritional efficiency of 104 bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.). 8th Internatl. Coll. on Plant Analysis and Fertilizer Problems (Auckland). Vol.2:317-317.

MALAVOLTA, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 251p.

MALAVOLTA, E. 1987. Leguminosas - feijões, soja. Em: Manual de calagem e adubação das principais culturas. P.102-150. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 496p.

MALAVOLTA, E. 1993. Calagem, gessagem e adubação do feijão, da soja e do milho em Barreiras (BA). Nutriplanta. Paulinia. 56p.

MALAVOLTA, E. 1995. Fertirrigação em um pomar de citros. CENA-USP. Piracicaba. 18p.

MALAVOLTA, E. 1995. Nutrição e adubação do feijoeiro. CENA, USP. Piracicaba. 63p.

MALAVOLTA, E.; G.C. VITTI; S.A. OLIVEIRA. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações. POTAFOS. Piracicaba. 201p.

MALAVOLTA, E.; H.P. HAAG; F.A.F. MELLO; M.O.C. BRASIL SOBR. 1974. Feijoeiro. Em: Nutrição mineral e adubação das plantas cultivadas. P. 536-557. Livraria Pioneira Editora. São Paulo. 727p.

MALAVOLTA, E.; L.G. DA PAZ; A.P. RUSCHEL. 1982. Mineral nutrition and nitrogen fixation in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Nutrition 1982. Proc. 9th Internatl. Plant Nutrition Coll. Vol.2:746-750.

MALAVOLTA, E.; M.L. MALAVOLTA. 1989. Diagnose foliar - princípios e aplicações. Em: Interpretação de análise química do solo e planta para fins de adubação. P.227-308. L.T. Bull & C.A. Rosolem, eds. Fund. Est. e Pesq. Agrícolas e Florestais. Botucatu. 360p.

MALAVOLTA, E.; S. MIYASAKA; E.A. BULISANI; R.J. GUAZZELLI; A. BUSS; R./B.C. JUNIOR; J.C. COSTA; R.C. MAFRA; C.F. GOEPFERT. 1972. Nutrição e adubação. Em: Anais do I Simpósio Brasileiro de Feijão. P. 209-242. Universidade Fed. Viçosa. 280p.

MESQUITA FILHO, M..V.; L.N. MIRANDA; J. KLUTHCOUSKI. 1982. Avaliação de cultivares de feijão para sua tolerância à toxicidade de alumínio com relação à disponibilidade de fósforo em solo de cerrado. R. bras. Ci. Solo. 6:43-46.

MORAES, J.F.V. 1988. Calagem e adubação. Em: Cultura do feijoeiro - fatores que afetam a produtividade. p. 261-302. M.J.O. Zimmermann, M. Rocha & T. Yamada, eds. POTAFOS. Piracicaba. 589p.

MURPHY, L.S.; E.C. DOLL; L.F. WELCH (Eds). 1980. Moving up the yield curve. American Soc. Agronomy, Soil Sci. Soc. America. Madison. 103p.

MUZILLI, P. 1983. Calagem para o feijoeiro. Em:Acidez e calagem no Brasil. P.165-178. B. van Raij, O.C. Bataglia & N.M. Silva, Coord. Soc. Bras. Ci. Solo. Campinas. 361p.

O'SULLIVAN, J.; W.H. GAZELMAN; G.C. GERLOFF. 1974. Variations in efficiency of nitrogen utilization in tomatoes grown under nitrogen stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99:543-547.

OLIVEIRA, E.L. & M.A. PAVAN. 1994. Redução da acidez do solo pelo uso de calcário e gesso e resposta da soja cultivada em plantio direto. XXI Reu. Bras. Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas (Petrolina):2p.

OLIVEIRA, I.P. & M.D.T. THUNG. 1988. Nutrição mineral. Em: Cultura do feijoeiro - fatores que afetam a produtividade. p. 175-212. M.J.O. Zimmermann, M. Rocha & T. Yamada, eds. POTAFOS. Piracicaba. 589p.

OLIVEIRA, I.P.; R.S. ARAUJO; L.G. DUTRA. 1996. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. Em: Cultura do feijoeiro comum no Brasil. P.169-222. R.S. Araujo, C.A. Rava, L.F. Stone; M.J.O. Zimmermann (Coord.). POTAFOS. Piracicaba. 786p.

PELOSO, M.J.; P.M. SILVEIRA; C.C. SILVA; J.A.A. MOREIRA. 1996. Cultivo irrigado em terras altas. Em: Cultura do feijoeiro comum no Brasil. P.571-589. R.S. Araujo; C.A.Rava; L.F. Stone; M.J.O. Zimmermann (Coords). POTAFOS. Piracicaba. 786p.

PERES, J.R.R.; A.R. SUHET; M.A.T. VARGAS. 1992. Fixação do N_2 em leguminosas cultivadas em solos de cerrados. Em: Microbiologia do Solo. p.213-218. E.J.B.N. Cardoso, S.M. Tsai; M.C.P.Neves, Coord. Soc. Bras. Ci. Solo. Campinas. 360p.

PESANHA, G.; D.L. ALMEIDA; F.F. DUQUE; B.F. SOUZA FILHO; A.A. FRANCO. 1994. Seleção de cultivares de feijão com alta capacidade de nodulação e tolerantes a solos ácidos. Turrialba 44(1):31-38.

PIGGOTT,. T.J. 1986. Vegetable crops. Em: Plant analysis - an interpretation manual. D.J. Reuter & J.B. Robinson, eds. Inkata Press. Melbourne, Sydney. 218p.

REUTER, D.J. 1986. Temperate and subtropical crops. Em: Plant analysis - an intepretation manual. P.38-99. D.J. Reuter & J.B. Robinson, eds. Inkata Press. Melbourne, Sydney. 218p.

ROSOLEM, C.A. & O.M. MARUBAYASHI. 1994. Seja o doutor do seu feijoeiro. Info. Agronômicas (Piracicaba) no 68, dez. Encarte. Piracicaba. 16p.

ROSOLEM, C.A. 1987. Nutrição e adubação do feijoeiro. Bol. Tec. 8. POTAFOS. Piracicaba. 91p.

ROSOLEM, C.A. 1992. A adubação do feijoeiro sob irrigação. Em: Feijão irrigado. Ea. Ed. p. 46-81. A.L. Fancelli & D. Dourado Neto (eds). Publique. Piracicaba. 177p.

ROSOLEM, C.A. 1996. Calagem e adubação mineral. Em: Cultura do feijoeiro comum no Brasil. P.353-416. R.S. Araujo, C.A. Rava, L.F. Stone; M.J.O. Zimmermann (Coord.). POTAFOS. Piracicaba. 786p.

SANJUAN, J.A.M. 1993. Riego por goteo. 3a. ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madri. 256p.

SARTORATO, A.; C.A. RAVA; G.P. RIOS. 1996. Doenças fungicas e bacterianas da parte aérea. Em: Cultura do feijoeiro comum no Brasil. P. 669-700. R.S. Araujo, C.A. Rava, L.F. Stone; M.J.O. Zimmermann (Coord.). POTAFOS. Piracicaba. 786p.

SCAIFE, A.; M. TURNER; P.WOOD. 1983. Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol.2. Vegetables. Mix. Agr. Fisheris and Food, Agr. Res. Council. HMSO. Londres. 96p.

SILVA, P.M.; S.M.TSAI; R.BONETTI. 1993. Response to inoculation and N fertilization for increased yield and biological nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant and Soil. 152:123-130.

SILVEIRA, P.M. & J.A.A. MOREIRA. 1990. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. Rev. bras. Ci. Solo (Campinas) 14(1):63-67.

SILVEIRA, P.M. & M.A. DAMASCENO. 1993. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. Pesq. Agropec. Bras. (Brasilia) 28(11):1269-1276.

SIQUEIRA, J.O. & A.A. FRANCO. 1988. Fixação biológica do nitrogênio. Em: Biotecnologia do solo - fundamentos e perspectivas. P.179-216. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS. Brasilia. 235p.

TRUCHET, G.; J.-C. PROMÉ; J. DENARIE. 1993. Symbioses bacteries - legumineuses: un dialogue moleculaire. La Recherche 24(250):92-94.

TSAI, S.M.; R.BONETTI; S.M.AGBALA; R.ROSSETTO. 1993. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. Plant and Soil. 152:131-138.

UFG/EMGOPA. 1988. Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5a. aproximação. Universidade federal de Goiás e Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária. Goiânia. 101p.

URQUIAGA, S.; P.L. LIBARDI; K. REICHARDT; S.O. MORAES; R.L. VICTORIA. 1984. Variação no nitrogênio nativo e do proveniente do fertilizante, em terra roxa estruturada durante o desenvolvimento de uma cultura de feijão. Rev. bras. Ci. Solo (Campionas) 8(2):223-227.

VITTI, G.C. & V. CASARIN. 1992. Calcário e uso do gesso na cultura do feijoeiro. Em: Feijão irrigado. 3a. ed. p.23-45. A.L. Fancelli & D. Dourado Neto (eds). Publique. Piracicaba. 177p.

VIVANCOS, A.D. 1993. Fertirrigacion. Ediciones Mundi-Prensa. Madri. 216p.

WILCOX, G.E. & N.K. FAGERIA. 1976. Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção. Bol. Tec. 5. CNPAF/EMBRAPA. Goiânia. 22p.

WORTMANN, C.S.; J.KISARKYE; O.T. EDGE. 1992. The diagnosis and recommendation integrated system for dry beans: determination and validation of norms. J. Plant Nutrition 15(11):2369-2379.

YOKOYAMA, L.P.; K. BANNO; J. KLUTHCOUSKI. 1996. Aspectos sócio-econômicos da cultura. Em: Cultura do feijoeiro comum no Brasil. P.1-22. R.S. Araujo, C.A. Rava, L.F. Stone; M.J.O. Zimmermann (Coord.). POTAFOS. Piracicaba. 786p.

YOKOYAMA, M. 1996. Principais pragas e seu controle. Em: Cultura do feijoeiro no Brasil. P.771-786. R.S. Araujo, C.A. Rava, L.F. Stone; M.J.O. Zimmermann (Coord.). POTAFOS. Piracicaba. 786p.

MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO FEIJÃO

Arnoldo Junqueira Netto[1]

1. INTRODUÇÃO

Para alcançar altas produtividades, há necessidade de estudos multidisciplinares que permitam a viabilização desse objetivo. Dentre outros fatores, cultivar, controle de pragas e doenças, fertilidade do solo, práticas culturais, irrigação e preparo do solo são importantes no aumento da produtividade, e a nutrição mineral adequada e balanceada do feijoeiro pode ser responsável por, aproximadamente, 50% desse aumento.

A necessidade de um elemento mineral é determinada pelo atendimento aos critérios de essencialidade (Malavolta, 1980 e Vitti, 1988), tanto para macro quanto para micronutrientes, sendo que a disponibilidade inadequada de qualquer um deles limita a produtividade. Portanto, todos os nutrientes são igualmente importantes para o crescimento e desenvolvimento da planta.

No presente trabalho, serão tratados pontos práticos sobre os micronutrientes na cultura do feijão. A demanda de conhecimento sobre este tema tem aumentado nos últimos anos, principalmente na lavoura irrigada de altos rendimentos e visão empresarial.

2. CONDIÇÕES FAVORÁVEIS À OCORRÊNCIA E AGRAVAMENTO DE DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES NO SOLO

É importante o conhecimento das condições em que ocorrem deficiências de micronutrientes no solo pois, juntamente com o histórico da área, estes dados ajudarão na tomada de decisão sobre adubação, até mesmo no caso da impossibilidade de se recorrer aos critérios convencionais de diagnose de disponibilidade.

As condições favoráveis para a ocorrência de deficiências de micronutrientes no solo, segundo Oliveira, Araújo e Dutra (1996), são as seguintes: a) **Boro:** • Solos leves, arenosos e com baixo teor de matéria orgânica; • solos de origem pobre em B; • solos alcalinos; • solos turfosos ou orgânicos; b) **Cobre:** • Solos ácidos e ricos em matéria orgânica; • solos com baixa reserva de Cu; • solos que receberam altas doses de calcário; • solos intensivamente cultivados; • solos orgânicos e ricos em húmus (quelatização do Cu solúvel, tornando-o menos disponível); • solos arenosos e/ou alcalinos; c) **Ferro:** • Solos alcalinos; • solos arenosos; • solos orgânicos e turfosos; d) **Manganês:** • Solos alcalinos; • solos arenosos; • solos originados de rochas pobres em Mn; d) **Molibdênio:** • Solos ácidos; • solos arenosos; • solos intensamente cultivados sem reposição de Mo; e) **Zinco:** • Solos com alto pH; • solos mal arejados; • solos pobres neste micronutriente; • solos com alta capacidade de fixação; • solos com alto teor de matéria orgânica e que receberam altas doses de fósforo.

A deficiência de micronutrientes nos solos brasileiros vem se ampliando constantemente (Raij e Bataglia, 1991). Segundo Lopes (1988), são várias as razões: a) advento de tecnologia moderna e intensificação da produção nos solos de alta

---

[1] Professor Titular. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 37200-000.

fertilidade natural, levando-os à exaustão progressiva; b) incorporação, no processo produtivo, de solos com fertilidade marginal, como os sob vegetação de cerrado, onde deficiências de micronutrientes (notadamente o Zn) ocorrem já nos primeiros anos de cultivo; c) aumento de produtividade, o que exige alta demanda de macronutrientes, levando, consequentemente, à maior retirada de micronutrientes; d) aumento na produção e uso de fertilizantes de alta concentração que contêm menores quantidades de micronutrientes como impurezas; e) modernização dos laboratórios de análises de solos e de plantas, com a utilização de equipamentos eletrônicos na determinação das concentrações de micronutrientes.

A disponibilidade dos micronutrientes é também afetada pela faixa de pH, estando aquela que oferece as melhores condições ao crescimento do feijoeiro situada entre 5,8 e 6,2 (Figura 1). O molibdênio e o cloro nesta faixa, têm disponibilidade crescente, enquanto o boro, o cobre, o ferro, o manganês e o zinco, decrescente. Nesse caso, a análise química do solo identifica os seus teores, mostrando a necessidade ou não de reposição ao solo.

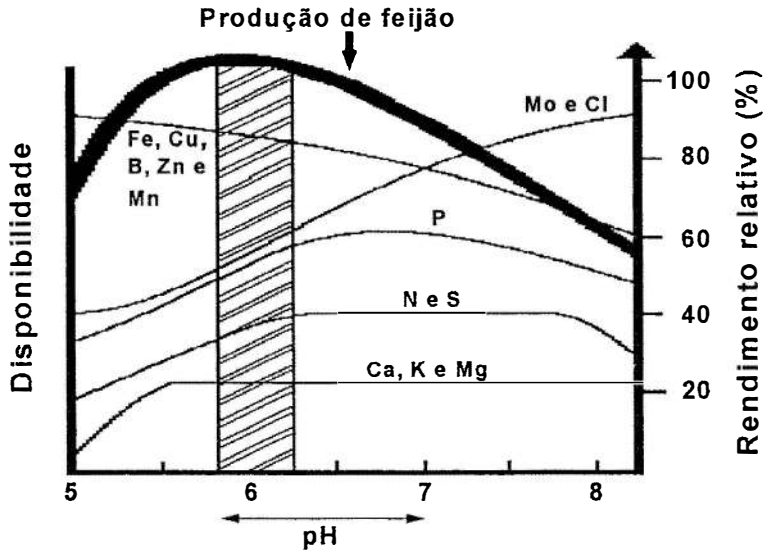


Figura 1. Representação adaptada da produção do feijoeiro obtida no cerrado, em função da acidez do solo e da disponibilidade de nutrientes (Malavolta, 1986).

2. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DO FEIJOEIRO

Para o crescimento e desenvolvimento normal do feijoeiro, são necessários 16 nutrientes considerados essenciais: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, cobre, ferro, maganês, molibdênio e zinco (Fageria, Oliveira e Dutra, 1996). Os nutrientes carbono, hidrogênio e oxigênio são fornecidos pelo ar e o cloro pela água, restando 12, dos quais 6 são micronutrientes, ou seja, exigidos em menor quantidade, mas igualmente importantes para o feijoeiro.

A exigência nutricional varia de acordo com a cultivar, fertilidade do solo, irrigação, condições ambientais e produtividade desejada. O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes em face de seu ciclo biológico ser curto (60-100 dias), variando, neste caso, com o hábito de crescimento. A Figura 2 mostra o acúmulo de nutrientes no feijoeiro por ocasião da floração, em solo de cerrado.

Fageria e Souza (1995) observaram a existência de correlação significativa entre a produção de matéria seca no período de floração e produção de grãos, mostrando que, nesse estádio, o acúmulo de matéria seca encontra-se em nível máximo e as concentrações dos nutrientes apresentam-se na seguinte ordem: K ≥ N > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu. Na Tabela 1, além daquele acúmulo, encontram-se as quantidades de micronutrientes exigidas para produzir uma tonelada de grãos.

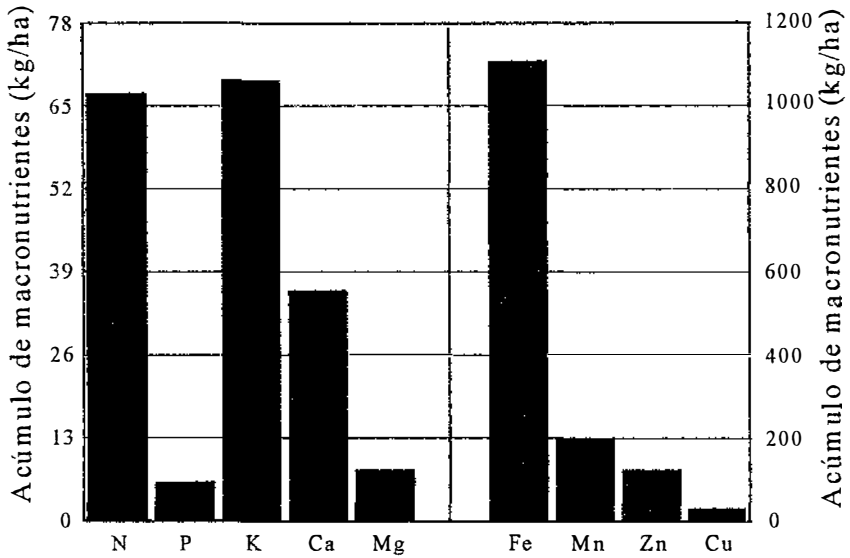


Figura 2. Acumulação de nutrientes na cultura do feijoeiro, na época do florescimento, em solo de cerrado (Fageria, Oliveira e Dutra, 1996).

Tabela 1. Acumulação na parte aérea do feijoeiro, por ocasião do florescimento e demanda de micronutrientes para produzir 1 t de grão.

Referência	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Acumulação (g)*	-	7	567	90	-	47
Quantidade (g/ha)**	5-10	2-4	15-25	4-8	0,5-1,0	10-20

FONTE: * Fageria e Souza (1995).
**Oliveira e Thung (1988).

3. RESPOSTA DO FEIJOEIRO A MICRONUTRIENTES

Há, na literatura, poucos resultados conclusivos sobre a resposta do feijoeiro a micronutrientes. Grande número de trabalhos foram realizados utilizando misturas de micronutrientes, muitas das vezes apenas comparando presença e ausência, e deixam a desejar no correlacionamento dos resultados com os teores no solo ou na planta.

Comparativamente aos macronutrientes (Figura 3), os micronutrientes têm apresentado baixa resposta, com excessão do boro e do zinco, cuja baixa disponibilidade é normal nos solos brasileiros (Oliveira, Kluthcousk e Carvalho, 1982; Oliveira, Araújo e Dutra, 1996). Quanto ao boro, cobre, ferro, manganês e molibdênio, as respostas têm sido menores, o que não exclui a importância para solos carentes, cuja produtividade pode ser limitada por aquele micronutriente cuja concentração no solo encontra-se abaixo do nível crítico, ou ainda, no limite inferior de concentração referencial pela planta naquelas condições de fertilidade (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996).

De modo geral, tem-se observado na prática das análises químicas de solo e da planta, que as deficiências mais importantes são as de boro e zinco e, em menor freqüência, de cobre e manganês.

Com relação ao molibdênio, as respostas têm sido frequentes, conforme diversos autores (Braga, 1972; Jacob Neto e Franco, 1986; Berger, Vieira e Araújo,1995; Diniz et al., 1996a,b; Rodrigues, Andrade e Carvalho, 1996; Andrade et al., 1996; Lima, Andrade e Carvalho, 1996.

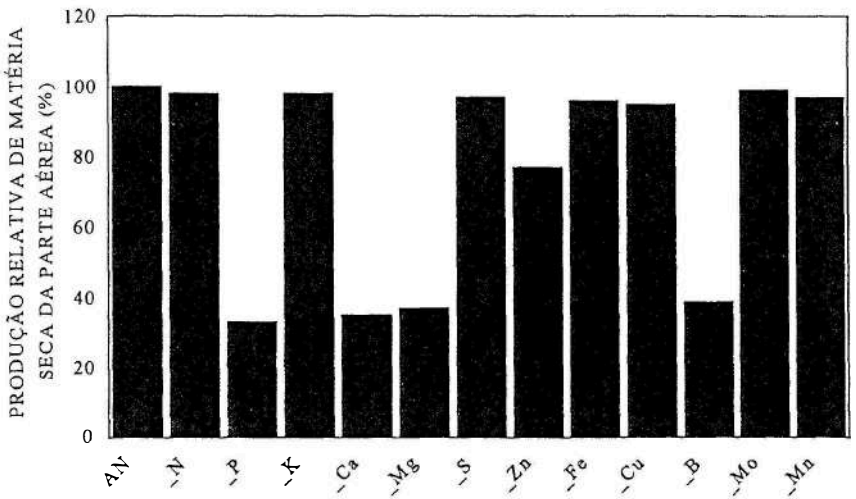


Figura 3. Resposta do feijoeiro à aplicação de nutrientes essenciais no solo de cerrado. Adubação normal (AN): 80 mg N/kg, 450 mg P_2O_5/kg, 240 mg K_2O/kg, 5 mg Zn/kg, 3 mg Cu/kg, 2 mg B/kg e 8 g calcário/kg de solo.

Pela análise da produção relativa do feijoeiro em resposta à aplicação de nutrientes no solo de cerrado, observa-se, pela Figura 3, que o fósforo é o que mais limita a produtividade, seguido pelo cálcio, magnésio, boro e zinco (Fageria, 1994).

Os solos de cerrado são normalmente caracterizados pela baixa fertilidade. As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio têm permitido à cultura de feijão expressar em torno de 50% de seu potencial produtivo. Entretanto, quando essa adubação é feita após correção de acidez, esse valor percentual eleva-se para, aproximadamente, 80%. Quando complementada com micronutrientes, essa capacidade produtiva do feijoeiro atinge valores ainda maiores (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996), como mostra a Figura 4.

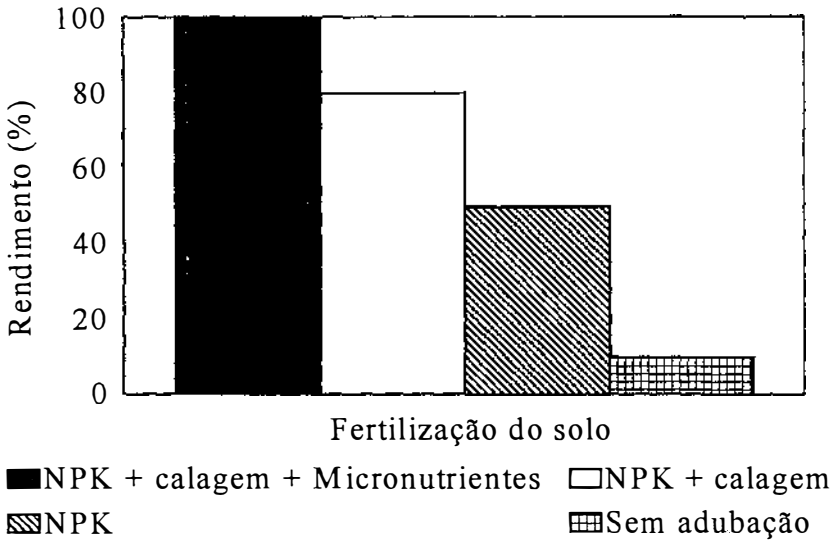


Figura 4. Respostas mais freqüentes do feijoeiro às adubações e correção do solo.

4. CRITÉRIOS DE DIAGNOSE E INTERPRETAÇÃO DOS TEORES DE MICRONUTRIENTES NO SOLO E NA FOLHA

A identificação de deficiência ou excesso de micronutrientes pode ser feita com a utilização dos seguintes procedimentos de diagnose:

4.1 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

É um método de identificação preventiva da disponibilidade de nutrientes, portanto deve ser realizado com antecedência suficiente para corrigir aqueles que se encontram em níveis de médio a baixo, no solo.

A avaliação da disponibilidade de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) pela análise do solo, apesar de promissora, ainda não é uma prática muito usual, devido, principalmente, à falta de definição dos laboratórios oficiais sobre os métodos químicos a usar (Abreu, 1995).

Várias soluções extratoras têm sido propostas para determinar a disponibilidade de micronutrientes no solo, entretanto aquelas que melhor se correlacionam com a absorção de micronutrientes pelas plantas são a solução de DTPA para Cu, Fe, Mn e Zn e água quente para B (Abreu, 1995).

A análise do solo para micronutrientes é muito importante para indicar a sua adição ou não, pois, o que se tem feito até o presente é adubação indiscriminada e sem nenhum critério básico.

4.1.1 Interpretação de resultados da análise do solo

Mesmo tratando-se de macronutrientes, existe certa discordância sobre os critérios de estabelecimento de classes de fertilidade e, com muito mais razão, no caso de micronutrientes a situação é pior, pela falta de pesquisas mais apuradas e em número maior.

No caso da análise química de micronutrientes do solo, é muito importante o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Para cobre, ferro, manganês e zinco recomenda-se o complexante DTPA e para boro, a água quente (Raij et al., 1996).

Os critérios oficiais de interpretação para os micronutrientes adotados em São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina e Goiás, encontram-se nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente. Convém lembrar que essas classes de interpretação para micronutrientes indicam a probabilidade de resposta do feijoeiro à sua adição. Deste modo, em solo com va-lor de baixo a médio na análise, há maior probabilidade de se obter aumento na produtivi-dade do feijoeiro pela sua correção, do que em solo com teor considerado alto ou suficiente.

Tabela 2. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos para o estado de São Paulo.

Teor	Boro (B)	Cobre (Cu)	Ferro (Fe)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
	Água quente	DTPA			
	---mg/dm^3 de solo---				
Baixo	< 0,20	< 0,20	< 4	< 1,2	< 0,5
Média	0,21 - 0,60	0,30 - 0,80	5 - 12	1,3 - 5,0	0,6 - 1,2
Alto	> 0,60	> 0,80	> 12	> 5,0	> 1,2

FONTE: Raij et al. (1996).

Tabela 3. Interpretação dos resultados de análise do solo para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Classes de Interpretação	Boro (B)	Cobre (Cu)	Zinco
	Água quente	Hcl 0,1 N	
	---mg/dm^3 de solo---		
Baixo	< 0,1	< 0,15	< 0,20
Médio	0,1 - 0,3	0,15 - 0,40	0,20 - 0,50
Alto	> 0,30	> 0,40	> 0,50

FONTE: Siqueira et al. (1987).

Tabela 4. Interpretação dos resultados de análise de solo para o estado de Goiás.

Nível	Boro (B)	Cobre (Cu)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
	Água quente	Mehlich - 1		
	----------mg/dm³ de solo----------			
Muito baixo	< 0,5	< 0,3	< 2,5	< 2,0
Baixo	0,5 - 1,0	0,3 - 0,6	2,5 - 5,0	2,0 - 4,0
Crítico	1,0	0,6	5,0	4,0

FONTE: EMBRAPA/CNPAF, 1996.

4.2 DIAGNOSE FOLIAR

A diagnose foliar pode ser feita através de análise química de folhas ou observação de sintomas visuais de deficiências nutricionais (diagnose visual).

4.2.1 Análise química de folhas

Este método avalia o estado nutricional da planta e, indiretamente, a fertilidade do solo, pela determinação dos teores de nutrientes contidos nas folhas cujos distúrbios nutricionais são mais evidentes.

Trata-se de método demorado, mas muito útil para a correção da deficiência de nutrientes, principalmente quando se correlaciona com os resultados da análise química do solo e/ou com o aspecto visual da planta.

4.2.1.1 Amostragem

Amostragem para análise química: coletar a primeira folha completamente desenvolvida e sadia, a partir da ponta da haste principal, no início da floração, em número de 20 - 30 folhas/amostra.

4.2.1.2 Interpretação dos resultados

Para a interpretação dos resultados analíticos, são apresentados as Tabelas 5 e 6, os quais mostram diferenças entre alguns micronutrientes. Apesar dos valores não serem conclusivos ou definitivos, têm dado boa referência para tomada de decisão na adubação.

O teor adequado pode ser definido como nível crítico interno, isto é, a faixa de concentração dos micronutrientes no tecido foliar, abaixo da qual a planta sofre de carência nutricional e acima da qual pode ocorrer fitotoxicidade ou não provoca aumento de produção. Quando os teores encontrados nos tecidos foliares forem inferiores aos níveis críticos, há necessidade de fazer a adubação adicional para suprir a exigência do feijoeiro.

Tabela 5. Concentrações adequadas de micronutrientes na planta de feijoeiro, no início do florescimento.

Nutriente	Concentração adequada (mg/kg)
B	30 - 60
Cu	10 - 20
Fe	300 - 500
Mn	100 - 200
Mo	0,5 - 1,0
Zn	30 - 100

FONTE: Wilcox e Fageria (1976); Fageria et al. (1991); Rosolem e Marubayashi (1994).

Tabela 6. Níveis deficiente, adequado e tóxico de nutrientes encontrados no tecido foliar do feijoeiro.

Micronutrientes	Teor (mg/kg)		
	Deficiente	Adequado	Tóxico
B	< 20	30 - 60	> 200
Cu	< 5	10 - 20	> 30
Fe	< 50	100 - 450	> 500
Mn	< 20	30 - 300	> 500
Zn	< 15	20 - 100	> 200

FONTE: Wilcox e Fageria (1976).

4.2.2 Sintomas visuais de deficiências de micronutrientes (diagnose visual)

Como regra geral, os sintomas visuais de deficiência nutricional são mais característicos do que os de excesso de nutrientes.

Este método determina de maneira prática e rápida a existência de deficiência mineral na planta, embora não quantifique a falta do micronutriente. É um método subjetivo, depende muito de experiência do profissional e torna-se mais difícil quando mais de um nutriente está deficiente.

Para se obter uma diagnose visual com maior acerto, deve-se recorrer a algumas informações adicionais como análise do solo, textura e umidade do solo, condições climáticas, adubos e defensivos agrícolas usados e histórico da área.

É muito importante fazer adubação básica quantitativa e balanceada, porque as deficiências nutricionais expressas por sintomas visuais, quando corrigidas tardiamente, às vezes podem desaparecer, mas certamente já comprometeram a produtividade.

Os sintomas de deficiência de micronutrientes menos móveis ou imóveis, manifestam-se primeiro nas folhas jovens, enquanto aqueles móveis, nas folhas velhas. Já os sintomas de excesso aparecem primeiro, normalmente, nas folhas mais velhas (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989).

Os principais sintomas de deficiência de micronutrientes são a seguir descritos de maneira suscinta, de modo a fornecer uma base para a sua identificação no campo: a) **Boro:** • Pouco móvel na planta e, por isso, a deficiência (< 30 ppm) é mais severa nas folhas novas; • caule anormalmente engrossado, podendo mostrar rachadura longitudinal na região do epicótilo; • morte do broto terminal, cessando o crescimento das pontas; • folhas novas recurvadas para baixo, enrugadas, coloração verde-escura; • em deficiência severa, a planta morre antes da floração; b) **Cobre:** • A deficiência (< 10 ppm) afeta a capacidade do feijoeiro de transferir água do solo para as folhas e, em

decorrência, as plantas murcham, os folíolos permanecem verticais com as margens encurvadas para cima, folhas velhas podem tornar-se amarelo-escuras (semelhante à deficiência de P). Normalmente, à noite as plantas se recuperam; c) **Ferro:** • Deficiência: < 100 ppm; • folhas jovens com clorose internerval, posteriormente tornam-se necróticas; • broto terminal morre ou pára de crescer;• planta definha; • maturação lenta; d) **Manganês:** • Deficiência: < 30 ppm; • folhas novas com clorose internerval amarelo-pálida, seguida por lesões necróticas marrom-escuras pequenas, pontas das folhas trifolioladas sempre mortas, nervuras permanecem verdes e proeminentes; • há redução de flores, vagens e grãos; e) **Zinco:** • Deficiência: < 15 ppm; • devido a mobilidade no floema, os sintomas de deficiência se manifestam nas partes novas do feijoeiro; • redução no crescimento, flores e vagens; • folíolos ficam retorcidos.

5. RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES

Para se obter produtividade elevada, grãos de boa qualidade e relativa resistência a pragas e a doenças, há necessidade de nutrição mineral adequada, que é conseguida com adubação básica equilibrada, quantitativa e qualitativamente.

O aumento crescente de deficiências de micronutrientes discutido anteriormente, causa prejuízos à produtividade do feijoeiro, o que motiva maior preocupação em supri-los adequadamente à cultura.

Como a cultura do feijão tem ciclo muito rápido, recomenda-se a utilização de micronutrientes em formas solúveis em água, porque são mais prontamente disponíveis.

Os micronutrientes, exceto o ferro, dependendo das quantidades aplicadas ao solo, podem apresentar efeito residual por vários anos (Raij et al., 1996). Aconselha-se, nesse caso, um monitoramento através de análises do solo para acompanhar a variação dos micronutrientes no solo, principalmente nas áreas irrigadas por pivô central, cuja exploração é intensiva.

A adubação com micronutrientes pode ser feita via solo, via foliar e aplicado à semente aqui serão tratados somente os dois primeiros métodos, mais usados.

5.1 ADUBAÇÃO VIA SOLO

Este é o método de aplicação de micronutrientes mais comum, que pode ser a lanço ou em sulco de plantio, juntamente com os macronutrientes. Pode-se empregar ainda a adubação de prescrição ou adubação generalizada, encontrada em diversas sugestões de adubação.

5.1.1 Adubação de prescrição

Por este método, a recomendação de adubação baseia-se nos resultados da análise química do solo e/ou da planta, sendo feita somente para aqueles micronutrientes necessários e de acordo com a Tabela de interpretação. Este método evita a aplicação desnecessária de micronutrientes e, ao mesmo tempo, fornece ao solo e à planta aqueles que estão em baixa disponibilidade no solo, obedecendo a critérios técnicos de recomendação, de acordo com o Tabela 7.

Raij et al. (1996) sugerem a aplicação de 3 kg de Zn/ha quando o seu teor no solo, pelo extrator DTPA, for menor que 0,6 mg/dm^3 e 1 kg de B/ha, quando o seu teor (água quente) for abaixo de 0,21 mg/dm^3.

Tabela 7. Adubação com micronutrientes que deverão ser aplicados juntamente com os macronutrientes no plantio.

Boro (B)			Cobre (Cu)			Manganês (Mn)			Zinco (Zn)		
Muito Baixo	Baixo	Crítico	Muito Baixo	Baixo	Crítico	Muito Baixo	Baixo	Crítico	Muito Baixo	Baixo	Crítico
mg/dm^3											
<0,5	0,5-1,0	1,0	<0,30	0,3-0,6	0,6	<2,5	2,5-5,0	5,0	<2,0	2,0-4,0	4,0
kg/ha											
1,00	0,50	0,25	3,00	1,50	0,75	2,00	1,00	0,50	4,00	2,00	1,00

FONTE: EMBRAPA/CNPAF (1996).

5.1.2 Sugestão generalizada de adubação

Outra opção de aplicação de micronutrientes ao solo, quando não se dispõe de resultados analíticos. Na Tabela 8 é apresentada a sugestão de Wilcox e Fageria (1976).

Segundo Oliveira et al. (1996) pode-se usar de 2 a 4 kg de Fe/ha, na forma de sulfato ou cloreto de ferro. Estes autores chamam a atenção para o fato de que, em alguns solos quando o ferro é aplicado, torna-se insolúvel e pouco disponível para as plantas de forma imediata. Diante dessa situação, recomendam usar sais de ferro de vários quelatos orgânicos. Para solos ácidos o FeEDTA é o quelato mais eficiente, enquanto o FeHEDTA ou FeDTPA, são recomendáveis para solos alcalinos.

Dessa forma, essas Tabelas consolidam a recomendação sobre o uso de micronutrientes, para não aplicá-los de forma indiscriminada.

Tabela 8. Recomendação de aplicação de micronutrientes no solo e foliar.

Nutriente	Material e análise aproximada	Aplicação no solo (kg/ha)	Aplicação foliar (kg/500 l de água)
Boro	Bórax ($Na_2B_4O_7.10H_2O$ 10,6% B)	10 - 15	1 - 2
Cobre	Sulfato de cobre ($CuSO_4.5H_2O$ - 25,5% Cu)	20 - 25	1 - 2
Ferro	Sulfato ferroso ($FeSO_4.7H_2O$ - 20% Fe)	-	1 - 2
Manganês	Sulfato de manganês ($MnSO_4.4H_2O$ - 24,6% Mn)	15	1 - 2
Molibdênio	Molibdato de amônio ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ - 54% Mo)	0,5 - 1	0,25 - 0,5
Zinco	Sulfato de zinco ($ZnSO_4.7H_2O$ - 23% Zn)	20 - 40	1 - 2

FONTE: Wilcox e Fageria (1976).

5.2 ADUBAÇÃO FOLIAR

A nutrição foliar normalmente é eficiente quando feita com a finalidade de corrigir ou suprir deficiências de micronutrientes detectadas em tempo adequado e não como fornecedora total ou substitutiva da adubação básica.

Sugestões de concentrações de adubos foliares são encontradas nas Tabelas 8 e 9.

A respeito do molibdênio, com base nos trabalhos realizados, pode-se sugerir adubação foliar de, aproxidamente, 60 g de Mo/ha, usando-se como fontes o molibdato de sódio ($Na_2MoO_4.2H_2O$ - 39% Mo) ou molibdato de amônio [$(NH_4)_6$ $Mo_7O_{24}.4H_2O$ - 54% Mo].

Tabela 9. Concentrações médias de várias fontes de micronutrientes que podem ser usadas após o diagnóstico das deficiências em campo, em aplicações foliares.

Nutriente	Fonte	Fonte	Concentração (%)
B	Bórax	$Na_2B_4O_7.10\ H_2O$ (11% B)	0,2
	Solubor	$Na_2B_4O_7.5H_2O$ + $Na_2B_{10}O_{16}.10H_2O$ (20% B)	0,1
	Ácido bórico	H_3Bo_3 (17% B)	0,1 - 0,2
Cu	Sulfato de cobre	$CuSO_4.5\ H_2O$ (25% Cu)	0,3
Fe	Quelato sintético	FeEDTA (2% Fe)	0,5 - 1
	Sulfato ferroso	$FeSO_4.10\ H_2O$ (20% Fe)	0,02
Mn	Sulfato de manganês	$MnSO_4.4\ H_2O$ (25% Mn)	0,5
Zn	Sulfato de zinco	$ZnSO_4.7\ H_2O$ (23% Zn)	0,5

FONTE: Oliveira e Thung (1988).

A solubilidade em água é uma característica muito importante dos adubos contendo micronutrientes, o que permite o uso com maior eficiência em adubação foliar ou fertirrigação. Por exemplo: o ácido bórico (H_3BO_3 - 17% B) é mais solúvel que o bórax, logo, deve-se usá-lo preferencialmente no caso de foliar e fertirrigação, de acordo com a Tabela 7. Todavia, o ácido bórico é suscetível a perdas, principalmente em solos de textura média e arenosa. Já a solubilidade do solubor está entre a do ácido bórico e a do bórax (Vale, Guedes e Guilherme, 1995). Os quelatos apresentam elevada solubilidade; não precipitam devido ao micronutriente quelado ficar "aprisionado" temporariamente no interior de estruturas orgânicas em forma de anel (Raij e Bataglia, 1991).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.A. Análise do solo para micronutrientes. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.20, n.3, p.128-130, 1995.

ANDRADE, M.J.B.de; ALVARENGA, P.E.de; SILVA, R.da; CARVALHO, J.G.de; LUNKES, J.A. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenadas e molibidica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*. In: RENAFE, 5, Goiânia, 1996. **Resumos**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1996. p.79-81.

BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A.de Efeitos de dose e épocas de aplicação de molibdênio sobre a cultura do feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Resumos Expandidos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v.3, p.1219-1221.

BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro Rico-23 à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v.19, n.103, p.222-226, 1972.

DINIZ, A.R.; ANDRADE, M.J.B.de; BERGO, C.L.; LUNKES, J.A. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio em cobertura e de molibdênio foliar. In: RENAFE, 5, Goiânia, 1996. **Resumos**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1996. p.71-72.

DINIZ, A.C.; ANDRADE, M.J.B.de; CARVALHO, J.G.de; LIMA, S.F.de; LUNKES, J.A. Resposta da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (cobertura e semeadura) e de molibdênio foliar. In: RENAFE, 5, Goiânia, 1996. **Resumos**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1996. p.73-74.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Recomendação Técnica para o Cultivo do Feijão. Brasília, 1996. 32p.

FAGERIA, N.K. Soil acidity affects availability of nitrogen, phosphorus and potassium. Better Crops International, Norcross, v.10, n.1, p.8-9, 1994.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: Marcel Dekker, 1991. 476p.

FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P.de; DUTRA, L.G. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA; 1996. 40p. (EMBRAPA-CNPAF. Documento, 65).

FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P.de. Respostas das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.359-368, 1995.

JACOB NETO, J.; FRANCO, A.A. **Adubação de molibdênio no feijoeiro**. Seropédica: EMBRAPA/UAPNPBS, 1986. (Comunicado Técnico).

LIMA, S.F.de; ANDRADE, M.J.B.de; CARVALHO, J.G.de. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a dose de boro, molibdênio e zinco aplicados via foliar. In: RENAFE, 5, Goiânia, 1996. **Resumos**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1996. p.82-84.

LOPES, A.S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agronômica e preparo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, I, Jaboticabal, 1988. **Anais**... Piracicaba: POTAFÓS/CNPq, 1991.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 1981. 251p.

MALAVOLTA, E. Micronutrientes na adubação. São Paulo: Nutriplantas Indústria e Comércio, 1986. 136p.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTAFÓS, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201p.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.169-221.

OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, I.; CARVALHO, J.R.P. Efeitos de macro e micronutrientes na cultura do feijão (*Phaseolus vulgares* L.) em Latossolos Vermelho-Escuro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1, Goiânia, 1982. **Anais**... EMBRAPA/CNPAF, 1982. p.214-247.

OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMERMANN, M.J.D.; ROCHA, J.A.; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do feijoeiro, fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1988. p.175-212.

RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C. Simpósio sobre micronutrientes na Agricultura, 1, Jaboticabal, 1988. **Anais**... ed. Manoel Evaristo Ferreira e Mara Cristina Pessoa da Cruz. Piracicaba: POTAFÓS/CNPq, 1991. 734p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANT, A.M.C. (eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES, J.R.de M.; ANDRADE, M.J.B.de; CARVALHO, J.G.de. Respostas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicadas via foliar. In: RENAFE, 5, Goiânia, 1996. **Resumos**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1996. p.76-78.

ROSOLEM, C.A; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Piracicaba, n.68, p.1-16, 1994.

SIQUEIRA, O.J.F.; SCHERES, E.E.; TASSINARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELLA, J.F.; TEDESCO, M.J.; MILAN, P.A.; ERNANI, P.R. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo Fundo: Centro Nacional de Pesquisa do Trigo/EMBRAPA, 1987. 100p.

VALE, F.R.do; GUEDES, G.A.de A.; GUILHERME, L.R.G. **Manejo da fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1995. 206p.

VITTI, G.C. Tópicos de nutrição mineral de plantas. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, 1988. 53p.

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

QUIMIGAÇÃO

Durval Dourado-Neto[1]
Antônio Luiz Fancelli[1]

1. INTRODUCÃO

Quimigação, por definição, é a técnica de aplicação de produtos químicos via água de irrigação, a qual recebe nomes específicos em função do produto utilizado. As principais técnicas podem assim ser caracterizadas: aplicação de i. fertilizante: fertirrigação, ii. fungicida: fungigação, iii. inseticida: insetigação, iv. herbicida: herbigação, e v. nematicida: nematigação.

A quimigação pode vir a ser uma excelente ferramenta, principalmente, para economizar mão-de-obra e óleo diesel, além de minimizar o depauperamento físico do solo e o risco de distribuição na área de fontes de inóculo, quando comparada com a aplicação via trator.

Porém, para a sua correta utilização é necessário conhecer suas limitações e alguns aspectos teóricos e práticos em função das características do produto químico e do equipamento (sistema injetor de produto químico) a serem utilizados, sistema de irrigação, cultura a ser explorada, solo, e clima.

Sendo assim, uma visão global do sistema agrícola, considerando o fator econômico, é imprescindível para a correta definição das ações de manejo (referência: fenologia) (Tabela 1), as quais são previamente norteadas pelo planejamento (referência: desenvolvimento relativo da cultura).

Tabela 1. Etapas do desenvolvimento do feijoeiro.

Fase	Estádio	Descrição
Vegetativa	V_0	Início da germinação
	V_1	Cotilédones ao nível do solo
	V_2	Folhas primárias expandidas
	V_3	Primeira folha trifoliada
	V_4	Terceira folha trifoliada
Reprodutiva	R_5	Botões florais
	R_6	Abertura da primeira flor
	R_7	Aparecimento da vagens
	R_8	Primeiras vagens cheias
	R_9	Modificação da cor das vagens[1]

1 Ponto de maturidade fisiológica.

Por outro lado, as técnicas de quimigação e irrigação apresentam lâminas desejáveis antagônicas.

No caso da irrigação, o dimensionamento é feito em função da demanda evapotranspiratória máxima. No caso do feijoeiro, isso ocorre no estádio fenológico R_7, época de índice de área foliar máximo. A ordem de grandeza da evapotranspiração depende da cultura e dos atributos climáticos, especialmente temperatura e umidade

[1] Professor Doutor. Departamento de Agricultura. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. C.P. 9. Piracicaba, SP. 13418-900.

relativa do ar, que definem o potencial total de água na atmosfera, e a velocidade e a constância do vento, além do conteúdo de água no solo e do estado nutricional e fitossanitário da cultura. Porém, os valores modais oscilam entre 6 e 9 mm/dia. Sendo assim, se considerarmos 70% (cerca de 17 horas por reversão do pivô) do valor mínimo de pico (6 mm/dia), ter-se-ia no dimensionamento uma lâmina de projeto, correspondente à regulagem do temporizador de 100%, de 4,2 mm (assumindo eficiência de aplicação de 100%), o que resultaria numa calda de 42000 l/ha.

No caso da quimigação, o dimensionamento do sistema de irrigação poderia visar (o que não ocorre na prática) uma lâmina correspondente a uma calda máxima, equivalente à calda aplicada via trator, de 400 l/ha (atualmente, há uma tendência da aplicação via trator reduzir para uma calda em torno de 200 l/ha). Nesse caso, ter-se-ia no dimensionamento uma lâmina de projeto, correspondente à regulagem do temporizador de 100%, de 0,04 mm, o que é inviável na prática.

Tabela 2. Valores modais de caldas utilizadas.

Técnica	Calda (l/ha)
Avião	10 a 60
Trator	200 a 400
Quimigação	42000 a 90000 l/ha, correspondente a 4,2 e 9,0 mm, respectivamente

Tabela 3. Quimigação e irrigação: critério para definição das lâminas desejáveis.

Técnica	Critério
Quimigação	lâmina superior à calda mínima e inferior à calda máxima
Irrigação	Evapotranspiração máxima

Em função da inviabilidade de se aplicar via sistema de irrigação caldas compatíveis à aplicação via trator, surgiu o sistema NOTLIADA, o qual se apresenta em fase de desenvolvimento. Esse sistema aplica cerca de 600 a 800 l/ha, devido à limitação da velocidade de caminhamento da última torre.

2. FERTIRRIGAÇÃO

2.1 Características desejáveis dos fertilizantes

Para escolha do fertilizante, deve-se levar em consideração as seguintes propriedades: i. rápida, completa e alta solubilidade à temperatura ambiente, ii. elevada pureza, iii. baixo poder corrosivo, iv. baixa volatilidade, v. alta concentração, vi. possuir informações de pesquisa disponíveis, vii. boa disponibilidade no mercado, viii. facilidade de manipulação, ix. baixa toxidade, x. facilidade de armazenamento, xi. compatibilidade de mistura, e xii. baixo custo. O índice de acidez e a mobilidade do elemento no solo são propriedades que também devem observadas.

Tabela 4. Fertilizantes utilizados

Produto	Fonte
Ácido fosfórico	N, P
Ácido nítrico	N
Bórax	B
Borato de sódio	B
Cloreto de cálcio	Ca, Cl
Cloreto de potássio	K, Cl
Fosfato Diamônio (DAP)	N, P
Fosfato Monoamônio (MAP)	N, P
Fosfato Monopotássico	P, K
MAP+DAP	N, P
MAP+Nitrato de amônio+Cloreto de potássio	N, P, K
MAP+uréia	N, P
Molibdato de sódio	Mo
Nitrato de amônio	N
Nitrato de amônio+carbonato de cálcio	N, Ca
Nitrato de amônio+uréia (URAN)	N
Nitrato de cálcio	N, Ca
Nitrato de sódio	N
Nitrato de potássio	N, K
Uréia	N
Sulfato de amônio	N, S
Sulfato de magnésio	S, Mg
Sulfato de manganês	S, Mn
Sulfato de potássio	K, S
Sulfato de zinco	S, Zn
Sulfato ferroso	S, Fe

Tabela 5. Concentração e propriedade dos fertilizantes nitrogenados

Produto	N, %	Propriedade
MAP+DAP[1]	8	Líquido
MAP+Nitrato de amônio+Cloreto de potássio[2]	10	Líquido
MAP+uréia[3]	12,5	Líquido
Nitrato de amônio	18-21	Líquido
Nitrato de amônio	34	Sólido
Nitrato de amônio+carbonato de cálcio	21	Granulado
Nitrato de amônio+uréia (URAN)	21-32	Líquido
Nitrato de potássio[4]	13	Sólido
Nitrato de potássio[4]	14	Líquido
Uréia	**45**	**Sólido**
Sulfato de amônio	19-21	Sólido

1 24% P_2O_5
2 10% P_2O_5 e 5% K_2O
3 12,5% P_2O_5
4 46% K_2O

Tabela 6. Concentração e propriedade dos fertilizantes potassicos

Produto	K_2O, %	Propriedade
Sulfato de potássio	52	Sólido
Cloreto de potássio	**60**	**Sólido**
Nitrato de potássio[1]	46	Sólido
MAP+ Nitrato de potássio + Cloreto de potássio[2]	5	Líquido

1 13% N
2 10% P_2O_5 e10% N

Tabela 7. Solubilidade teorica dos principais produtos utilizáveis na fertirrigação.

Produto	T (°C)	Solubilidade (g/l)
Borato de sódio	20	5
Bórax	20	50
Cloreto de cálcio	20	600
Cloreto de potássio	**20**	**340**
Cloreto de potássio	**27**	**350**
Fosfato Diamônio (DAP)	20	400
Fosfato Monoamônio (MAP)	20	220
Fosfato Monopotássico	20	230
Molibdato de sódio	20	56
Nitrato de amônio	20	1900
Nitrato de cálcio	20	1200
Nitrato de potássio	20	310
Uréia	**20**	**750-1000**
Uréia	**25**	**1190**
Sulfato de amônio	20	730
Sulfato de cobre	20	22
Sulfato de magnésio	20	710
Sulfato de manganês	20	500
Sulfato de potássio	20	11
Sulfato de zinco	20	750
Sulfato ferroso	20	260

Tabela 8. Corrosão relativa de diferentes materiais após quatro dias de imersão em soluções de diferentes fertilizantes comerciais (New et al., 1990).

Produto	Corrosão
Cloreto de potássio	Não observado
Fosfato Monoamônio (MAP)+ Fosfato Diamônio (DAP)	Fe, Al, Cu, Br
MAP+Nitrato de amônio+Cloreto de potássio	Fe, Al, Cu, Br
MAP+uréia	Fe, Al, Cu, Br
Nitrato de amônio	Cu, Br
Nitrato de amônio+carbonato de cálcio	Fe, Cu, Br
Nitrato de amônio+uréia (URAN)	Fe, Cu, Br
Nitrato de potássio	Não observado
Uréia	Não observado
Sulfato de amônio	Fe

Tabela 9. Compatibilidade da mistura de fertilizantes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1						N					N				N
2															
3						N	X	X			N				
4						N					N				N
5						N	X				X				X
6	N		N	N	N		N	N	N						
7			X		X	N					N				N
8			X			N					N				N
9						N									N
10															
11	N		N	N	X		N	N	X						
12								X							
13															
14															
15	N		N	N	X		N	N	N						

	Adubos que podem ser misturados
X	Adubos que devem ser misturados antes da aplicação
N	Adubos que **NÃO** podem ser misturados

1. Sulfato de amônio	9. Fosfato bicálcio
2. Nitrato de sódio e nitrato de potássio	10. Farinha de ossos
3. Nitrocálcio	11. Escórias de Thomas e termofosfato
4. Nitrato de amônio e sulfonitrato de amônio	12. Fosfatos naturais ou rochas fosfatadas
5. Uréia	**13. Cloreto de potássio**
6. Calciocianamida	14. Sulfato de potássio
7. Superfosfatos	15. Calcário
8. Fosfatos de amônio	

FONTE: Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA)

Tabela 10. Índice de acidez.

Produto	Índice de acidez
Fosfato Monoamônio (MAP)	357
Nitrato de amônio	185
Nitrato de cálcio	-100
Nitrato de potássio	-115
Uréia	158
Sulfato de amônio	550

2.2 Recomendação planejada de adubação

Para efeito de planejamento, pode-se utilizar expressões teóricas para estimar a quantidade de fertilizantes nitrogenado e potássico. Para efeito de manejo, esses valores são aferidos experimentalmente ao nível de propriedade.

A quantidade de fertilizante nitrogenado (Q_F, kg/ha) teoricamente pode ser estimada utilizando a seguinte expressão:

$$Q_F = \frac{R(1-S)}{Ef.Cf.IC}\left[IC.Tng + (1-IC)Tnop\right] \quad (1)$$

$$Tng = Tpg.Tnp \quad (2)$$

$$Tnop = Tpop.Tnp \quad (3)$$

onde R refere-se ao rendimento (kg/ha) de grão (ou semente) almejado, S à quantidade relativa (decimal adimensional) de nitrogênio fornecido pelo solo levando em consideração o efeito sinergístico da adubação nitrogenada, IC ao índice de colheita da cultura (kg/kg), Tng e Tnop aos teores (kg/kg) de nitrogênio no grão (ou semente) e nas outras partes da planta, respectivamente, Ef à eficiência (decimal adimensional) da adubação nitrogenada, Cf à concentração (kg/kg) de nitrogênio no fertilizante, Tpg e Tpop aos teores (kg/kg) de proteína no grão (ou semente) e nas outras partes da planta, respectivamente, e Tnp ao teor médio (kg/kg) de nitrogênio na proteína.

O modelo que representa a relação funcional entre o rendimento relativo da cultura de feijão e o teor de potássio no solo apresenta duas zonas: i. zona I: zona de deficiência, ii. zona II: zona ótima.

Recomenda-se a adubação de manutenção acrescida da adubação de correção quando o teor de potássio for inferior ao valor crítico. A correção pode ser feita de forma gradual, inclusive levando em consideração a economicidade da exploração agrícola.

Recomenda-se apenas a adubação de manutenção, referente à exportação da cultura (Q_K^E, kg/ha), quando o teor atual de potássio no solo se encontra na zona ótima (zona II).

$$Q_K^E = R.T_K \quad (4)$$

onde Tk refere-se ao teor de potássio (kg/kg) no grão (ou semente) de feijão.

Sendo assim, quando o teor atual de potássio no solo se encontrar na zona I, a quantidade teórica de fertilizante potássico, referente à adubação de correção (Q_K^C, kg/ha), pode ser estimada utilizando a seguinte expressão:

$$Q_K^C = \frac{(Td - Ta).M.Z.\rho}{Cf.Ef} \quad (5)$$

onde Td e Ta se referem aos teores (meq/100g) de potássio desejado (critérios norteadores: i. 3 a 5% da CTC, ii. valor absoluto mínimo: cerca de 0,2 meq/100g, iii.) e atual (resultado da análise química do solo), M à massa atômica do potássio (39,102 mg/meq), Z à profundidade (cm) do solo que se deseja aplicar o fertilizante, e ρ à massa específica do solo (g/cm^3).

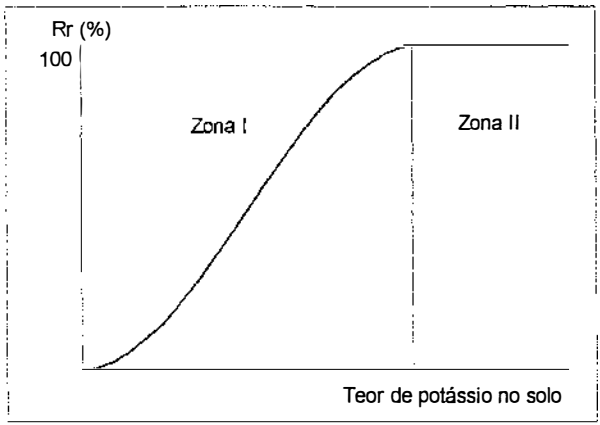


Figura 1. Modelo teórico (único fator limitante: teor de potássio no solo - Zona I), relativo à relação funcional entre o rendimento relativo (Rr, %) da cultura e o teor de potássio no solo (meq/100 g), utilizado como base para a recomendação de adubação potássica. Zona I: zona de deficiência, Zona II: zona ótima.

No caso de micronutrientes, assume-se modelo similar ao modelo concebido para o potássio, porém apresentando uma terceira zona de fitoxidez. Conseqüentemente, o procedimento de recomendação de adubação é análogo. Porém, leva-se em consideração o valor limítrofe crítico entre as zonas II e III.

$$Q_F = \frac{0,1.(Td - Ta).Z.\rho}{Ef.Cf} \quad (6)$$

onde Q_F se refere à quantidade (kg/ha) do fertilizante a ser aplicado, e Td e Ta aos teores (ppm) desejado e atual do micronutriente de interesse no solo.

Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1989), os teores críticos de micronutrientes na folha estão citados na Tabela 11.

Tabela 11. Teores críticos de micronutrientes no solo e na folha do feijoeiro (Malavolta, Vitti & Oliveira, 1989).

Elemento	valor crítico mínimo (ppm)	valor crítico máximo (ppm)
solo		
zinco	0,5	1,0
boro	0,1	0,3
cobre	0,4	0,8
manganês	3,0	5,0
folha		
zinco	20	100
boro	30	60
cobre	10	20
manganês	30	300
molibdênio	0,15	0,30
ferro	100	450

Tabela 12. Teores críticos de macronutrientes na folha do feijoeiro (Rosolém & Marbayashi, 1994).

Elemento	valor crítico mínimo (%)	valor crítico máximo (%)
nitrogênio	2,00	3,00
fósforo	0,20	0,39
potássio	2,00	2,60
cálcio	1,50	2,40
magnésio	0,20	0,29
enxofre	0,11	0,14

2.2.1 Adubação de semeadura

Por outro lado, van Raij & Cantarella (1995) sugere aplicar parte do adubo potássico em cobertura (terceiro trifólio), para solos com teor de argila inferior a 30 % e/ou CTC inferior a 4,5 mmol/dm^3, podendo-se acrescentar 10 a 30 kg/ha de K_2O para a obtenção de rendimento superior a 3000 kg/ha de grãos (ou sementes), principalmente para as faixas de 0,8 a 1,5 e 1,6 a 3,0 mmol/dm^3 de potássio.

Tabela 13. Recomendação de adubação na semeadura (adaptado de van Raij & Cantarella, 1995).

Ra[1]	N	P-resina (mg/dm^3)				K trocável (mmol/dm^3)			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
(t/ha)	(kg/ha)	P_2O_5 (kg/ha)				K_2O (kg/ha)			
<1	0	40	30	20	0	40	20	10	0
1-2	10	60	40	30	10	50	40	20	10
2-3	10	80	60	50	20	60	50	40	20
>3	20	-	90	60	30	-	60	50	30

1 rendimento almejado

2.3 Adubação nitrogenada e potássica

2.3.1 Época de aplicação e recomendação de adubação

Para definição da quantidade e da época de aplicação dos fertilizantes nitrogenados e potássicos, deve-se levar em consideração os seguintes aspectos: i. marcha de absorção dos nutrientes, ii. rendimento almejado, iii. quantidade exportada, iv. quantidade produzida, por unidade de área de matéria seca, v. efeito sinergístico da adubação nitrogenada, vi. índice de colheita e vii. teor de nitrogênio no grão (ou semente) e nas outras partes da planta. O parcelamento será dependente da capacidade de infiltração de água do solo (indiretamente inferida em função da textura do solo), da profundidade efetiva do sistema radicular e das condições climáticas (em épocas secas, há uma tendência de um maior parcelamento).

Para o efetivo cálculo da quantidade a ser aplicada, deve-se verificar se a concentração do elemento a ser aplicado é inferior à concentração máxima tolerada pela cultura, a qual é calculada em função da concentração do elemento na calda fertilizante, e das vazões de injeção e do sistema.

Tabela 14. Exemplo de recomendação de adubação nitrogenada em função do hábito de crescimento e do estádio fenológico.

Estádio	Hábito de crescimento	
	Determinado (Tipo I)	Indeterminado (Tipos II, III e IV)
Semeadura	20 a 40% da dose	20 a 40% da dose
V_4[2] a R_5[3]	60 a 80% da dose	50 a 70% da dose
R_7[3] a R_8	não recomendável	até 10% da dose[1]

1 Prática recomendável quando se deseja prolongar a duração foliar para propiciar o enchimento dos grãos (ou sementes) localizados nas vagens da parte superior da planta, com conseqüente minimização da porcentagem de grãos chochos.
2 Etapa mais longa do ciclo
3 Etapas críticas à deficiência hídrica: R_5, R_6 e R_7.

2.3.2 Marcha de absorção

A marcha de absorção do nutriente é importante para definir a época de aplicação, bem como a quantidade a ser aplicada em cobertura, a qual pode ser limitada pela vazão da bomba injetora de fertilizante e pelas condições climáticas. Cabe salientar que o hábito de crescimento da cultura influi nas estratégia de aplicação de fertilizante.

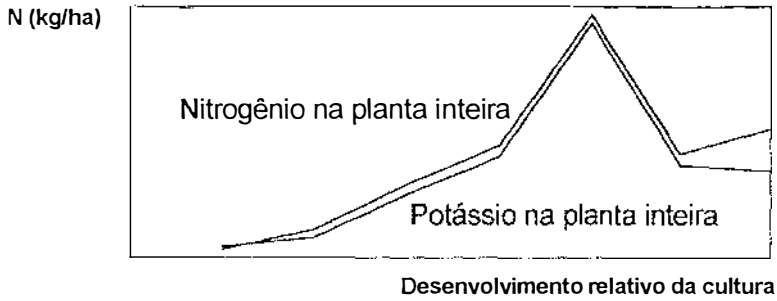


Figura 2. Acúmulo de nitrogênio e potássio em função do desenvolvimento relativo da cultura de feijão (adaptado de COBRA NETTO et al., 1971).

2.4 Cálculo de vazão de injeção (pivô central)

2.4.1 PASSO 1. Decidir quanto aplicar

As ações de manejo devem aferir as ações de planejamento. Portanto, pequenos experimentos locais devem ser elaborados no intuito de ajustar a dose do elemento a ser aplicada por talhão uniforme (a uniformidade deve ser caracterizada utilizando como parâmetro o mapa de rendimento da propriedade rural).

Em função da determinação experimental ao nível de propriedade (caso particular), define-se a quantidade total de nitrogênio a aplicar (80 kg/ha, neste exemplo) no intuito de obter o rendimento almejado (3000 kg/ha), para uma extração total de 180 kg/ha de nitrogênio.

Tabela 15. Experimento, ao nível de propriedade, para definir a quantidade de nitrogênio a ser fornecida à cultura via fertilizante.

Fonte de N (kg/ha)		Total
Solo[1]	Fertilizante	(kg/ha)
60	120	180
80	100	180
90	90	180
100	**80**	**180**
120	60	180

1 Quantidade fornecida pelo solo considerando o efeito sinergístico

Supondo que a cultura apresenta-se no estádio fenológico V_4 (época da primeira aplicação de cobertura), e que o produtor optou pelo seguinte procedimento: i. semeadura: 24 kg/ha (30% da dose total recomendada), ii. V_4: 48 kg/ha (60% da dose total recomendada) em duas parcelas (**primeira parcela: 30 kg/ha**, segunda parcela: 18 kg/ha), e iii. R_7: 8 kg/ha (10% da dose total recomendada).

2.4.2 PASSO 2. Decidir que tipo de fertilizante a aplicar

Levando-se em consideração as características desejáveis dos fertilizantes, optou-se pela uréia (concentração: 45% de nitrogênio, solubilidade: 700 g/l).

2.4.3 PASSO 3. Calcular volume aplicado por hectare

Para o cálculo do volume de calda fertilizante (Cf, l/ha), utiliza-se a seguinte expressão:

$$Cf = \frac{D}{C.S} \tag{7}$$

onde D refere-se à dose de nitrogênio a ser aplicada via fertilizante (80 kg/ha de nitrogênio, neste exemplo), C à concentração de nitrogênio no fertilizante (0,45 kg N/kg de uréia), e S à solubilidade (0,7 kg uréia/l).

Sendo assim, tem-se que:

$$Cf = \frac{30kh/ha}{0,45kg/kg.0,7kg/l} = 95,2l/ha$$

2.4.4 PASSO 4. Determinar área efetivamente irrigada

Em função da avaliação do sistema de irrigação do tipo pivô central, determinou-se o raio efetivamente irrigado (r = 550 m, neste exemplo). Para o cálculo da área efetivamente irrigada (A, ha), tem-se que:

$$A = \frac{\pi r^2}{10000} \tag{8}$$

Sendo assim, tem-se que:

$$A = \frac{\pi 550m^2}{10000m^2/ha} = 95ha$$

2.4.5 PASSO 5. Calcular volume por reversão do pivô

Para o cálculo do volume de calda a ser injetada numa reversão do pivô (Vr, l/volta), tem-se que:

$$Vr = A.Cf \tag{9}$$

Sendo assim, tem-se que:

$$Vr = (95ha/volta).(95,2l/ha) = 9044l/volta$$

2.4.6 PASSO 6. Determinar tempo de uma volta do pivô

Em função do teste de avaliação do sistema de irrigação, determinou-se que a velocidade linear de caminhamento da última torre (Vut = 199 m/h). Para o cálculo do tempo de uma rotação do pivô (Tr, h), tem-se que:

$$Tr = \frac{2\pi r}{Vut} \tag{10}$$

Sendo assim, tem-se que:

$$Tr = \frac{2\pi 550m}{199m/h} = 17{,}4h = 17h24min$$

2.4.7 PASSO 7. Calcular vazão de injeção

Para o cálculo da vazão de injeção (Qinj, l/h), utiliza-se a seguinte expressão:

$$Qinj = \frac{Vr}{Tr} \qquad (11)$$

Sendo assim, tem-se que:

$$Qinj = \frac{9044l}{17{,}4h} = 520l/h$$

2.4.8 PASSO 8. Regulagem da bomba injetora

Conhecendo-se a pressão no ponto de injeção (6 kgf/cm^2), faz-se a regulagem da bomba injetora (escala: 25 mm), em função catálogo fornecido pelo fabricante, para obtenção da vazão requerida (520 l/h).

Tabela 16. Catálogo fornecido pelo fabricante (exemplo hipotético).

Pressão		Escala (mm)					
(kgf/cm^2)		15	20	**25**	30	35	40
5	Q	295	420	545	670	795	920
6	(l/h)	270	395	**520**	645	770	895
10		255	380	505	630	755	880
15		215	340	465	590	715	840

Cabe salientar que o catálogo fornecido pelo fabricante deve ser aferido nas condições reais de trabalho. A limpeza do filtro de sucção deve ser feita periodicamente para não afetar vazão de injeção. Para tal, na prática costuma-se utilizar manômetro de mercúrio para facilitar a conferência periódica.

Em função do exposto, verifica-se facilmente que a vazão de injeção (Qinj, l/h) pode assim ser calculada:

$$Qinj = \frac{D.Vut.r}{20000.C.S} \qquad (12)$$

2.4.9 PASSO 9. Verificação da concentração de nitrogênio na água de irrigação

A concentração de nitrogênio na água de irrigação precisa ser checada para evitar o problema de "queima". De maneira geral, por segurança, esse valor não deve exceder 2,0 a 3,0% no caso de folha, e 1,5 a 2,0% no caso de flor.

A concentração de nitrogênio na água de irrigação (Cni, %) pode ser calculada pelo produto da concentração de nitrogênio na calda fertilizante (Cnc, %) pela razão de diluição (Rd, adimensional), através da seguinte expressão:

$$Cnc = \frac{100.C.S}{100.(0{,}45kg/kg).(0{,}7kg/kg)} = 31{,}5\% \qquad (13)$$

$$Rd = \frac{Qinj}{Qsist} \quad (14)$$

$$Cni = Cnc.Rd \quad (15)$$

onde Qsist refere-se à vazão do sistema de irrigação (l/h).

$$Qsist = \frac{10000.I.A}{Tr} \quad (16)$$

Supondo uma lâmina de irrigação I = 4,2 mm, correspondente à regulagem do temporizador de 100%, tem-se que:

$$Qsist = \frac{10000.(4,2).(95)}{17,4} = 22931 l/h$$

$$Rd = \frac{520}{22931} = 0,00227$$

$$Cni = (31,5).(0,00227) = 0,07\%$$

Na prática, em sistemas de irrigação do tipo pivô central, a concentração de nitrogênio na água de irrigação não é fator limitante.

2.5 Equipamentos para injeção de solução fertilizante

Os equipamentos para injeção de solução fertilizante podem ser subdivididos em três grandes grupos i. sucção da bomba, ii. bombas injetoras (tipo pistão e centrífuga), e iii. pressão diferencial.

Não se recomenda a injeção de produtos químicos na sucção da bomba do sistema de irrigação devido aos riscos de poluição ambiental e de diminuição da vida útil da bomba e da rede adutora, devido aos problemas de corrosão.

O sistema de injeção utilizando o princípio do *venturi* (pressão diferencial) é aplicável em sistemas de baixa vazão. No caso do sistema de irrigação do tipo pivô central (alta vazão), recomenda-se a injeção na tubulação adutora (centro da área onde o pivô está localizado) utilizando bombas injetoras.

2.6 Tempo de lavagem

A lavagem do sistema de irrigação deve ser feita logo após a aplicação do produto químico, no intuito de minimizar problemas de corrosão.

$$T_L = \frac{15\pi d^2 L}{Qsist} \quad (17)$$

onde T_L se refere ao tempo (min) de lavagem, d ao diâmetro (m) da tubulação, L à distância (m) entre o ponto de injeção ao final da tubulação, e Qsist à vazão (m^3/h) do sistema de irrigação.

3. FUNGIGAÇÃO, INSETIGAÇÃO E HERBIGAÇÃO

3.1 Comparação entre as diferentes técnicas de quimigação

A comparação entre as diferentes técnicas, a rigor, são apenas algumas inferências físicas de caráter prático, as quais necessitam de pesquisa experimental para confirmá-las.

O princípio fundamental que norteia essas inferências é a de que a eficiência do controle é diretamente proporcional à quantidade do princípio ativo que atinge o alvo (folha, por exemplo, no caso de mancha angular).

Sendo assim, no caso específico do alvo folha, assumiu-se num modelo geral teórico que existe uma faixa de calda, entre os valores críticos mínimo C^{I}_{CRIT} (l/ha) e máximo C^{S}_{CRIT} (l/ha), respectivamente, que resulta na aplicação de uma quantidade adequada do princípio ativo que atinge o alvo.

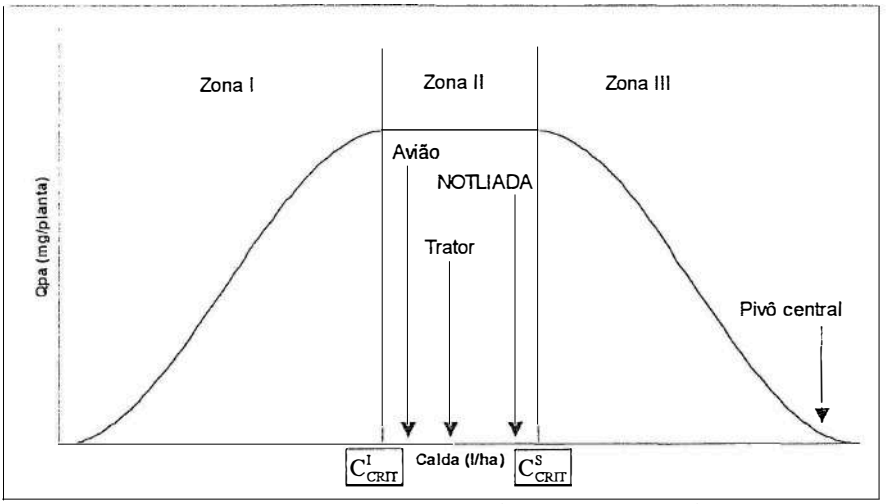


Figura 3. Modelo geral referente à relação funcional entre a quantidade do princípio ativo que atinge o alvo folha (Qpa, mg/planta) e a calda utilizada (l/ha).

Tabela 17. Comparação entre as diferentes técnicas de quimigação.

Técnica	Alvo	Viável?	Cuidado
Fertirrigação	Solo	Sim	Lavagem do sistema, época de aplicação
	Planta	Não[1]	
Fungigação	Solo	Sim	Lavagem do sistema
	Planta (parte aérea)	Não	
	Planta (raiz)	Sim	Lavagem do sistema
Herbigação	Solo[2]	Sim	Lavagem do sistema, umidade do solo
	Planta[3]	Não	
Insetigação	Solo	Sim	Lavagem do sistema
	Planta	Não[4]	

1 fertirrigação não é sinônimo de adubação foliar
2 pré-emergente ou pré-plantio incorporado
3 pós-emergente
4 Exceção: controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho

3.2 Cuidado especial na herbigação

Para aplicação de herbicida pré-plantio incorporado ou pré-emergente, via água de irrigação, deve-se levar em consideração a profundidade (pré-emergente: cerca de 2 cm; pré-plantio incorporado: cerca de 5 a 8 cm) em que o herbicida (soluto) vai atingir no solo (Zh, cm), a qual é função da profundidade (Za, cm) em que a água (veículo solvente) atinge.

$$Zh = Cr.Za \tag{18}$$

onde Cr refere-se ao coeficiente de retardamento específico do soluto.

A profundidade que a água atinge pode assim ser estimada:

$$Za = \frac{I}{10(\theta - \theta a)} \tag{19}$$

onde I refere-se à lâmina líquida de irrigação (mm), θa e θ aos conteúdos de água (cm^3/cm^3) no solo imediatamente antes e depois, respectivamente, da irrigação.

3.3 Avaliação do sistema de irrigação e sua implicação prática na aplicação de produtos químicos

Além de possibilitar verificar problemas no regulador de pressão ou de entupimento, e de permitir a correta alocação de tensiômetro (para o caso de controle de irrigação utilizando esse equipamento, deve-se instalá-lo onde é aplicada a lâmina média), a avaliação do sistema de irrigação é imprescindível para avaliar a viabilidade da aplicação de produtos químicos via sistema de irrigação, especialmente pivô central.

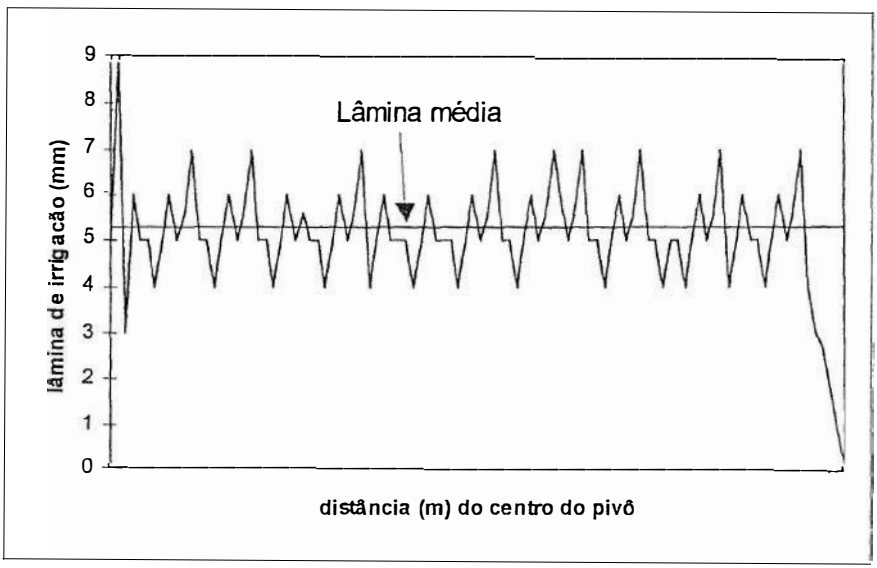


Figura 4. Resultado da avaliação do sistema de irrigação do tipo pivô central.

O cálculo da quantidade de produto químico é usualmente feita com base na lâmina média aplicada. Porém, a rigor, isso significa que em 50% da área aplica-se uma quantidade inferior ou igual a quantidade desejada, e nos 50% restante aplica-se uma quantidade superior a quantidade desejada. Quanto menor o coeficiente de variação da lâmina líquida de irrigação, melhor será a distribuição da quantidade aplicada na área, visto que o regime de escoamento é turbulento, desde que não haja variação temporal da concentração do soluto de interesse na calda a ser injetada.

Para evitar problemas de sub ou superdosagem excessiva, recomenda-se verificar a quantidade aplicada referente aos valores extremos de lâmina líquida de irrigação.

A utilização de elementos pouco móveis no solo requer uma uniformidade do sistema mais elevada. Pois, nesses casos a aplicação gera artificialmente uma variabilidade espacial na área.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP. Piracicaba, **28**:257-274, 1971.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações. POTAFOS. Piracicaba, 1989. 201p.

NEW, L. L.; KNUTSON, A.; BEAN, B. W.; MORRISON, B. W.; PATRICK, C. D.; HICKEY, M. G.; KAUFMAN, H. W.; LEE, T.; AMOSSON, S. H.; McWILLIAMS, D.; FIPPS, G. & SWEETEN, J. Chemigation. Texas Agricultural Extension Service, 1990.

ROSOLÉM, C.A. & MARUBAYASHI, O.M. Seja o Doutor do seu feijoeiro. Info. Agronômicas (Piracicaba) número 68, dez. Encarte. Piracicaba, 1994. 16p.

van RAIJ, B. & CANTARELLA, H. Boletim 100, Instituto Agronômico de Campinas, 1995.

A PRÁTICA DA ADUBAÇÃO: FATORES QUE AFETAM O USO EFICIENTE

T. Yamada[1]

1. INTRODUÇÃO

No atual cenário da globalização da economia e do Plano Real, a sobrevivência do agricultor depende da produtividade máxima econômica, pois ele está ameaçado pela competitividade externa, pelo aumento do custo da mão-de-obra e já não dispõe mais de possíveis ganhos de aplicação de capital disponível no mercado financeiro.

O produtor de feijão empresarial precisa, pois, buscar altas produtividades, acima de 3 t/ha, o que é possível, pois o potencial das variedades existentes chega a mais de 5 t/ha.

Para evitar o empobrecimento do solo é preciso pelo menos restituir a exportação pelas culturas corrigidas pelo fator de eficiência. De acordo com Rosolém e Marabayashi (1994) as quantidades médias de nutrientes exportados por 1.000 kg de grãos citadas em várias pesquisas são: 35,5 kg de N, 4,0 kg de P (9,2 kg de P_2O_5), 15,3 kg de K (18,3 kg de K_2O), 3,1 kg de Ca, 2,6 kg de Mg e 5,4 kg de S.

A prática correta da adubação é, sem dúvida, dentro do manejo integrado da cultura, uma ferramenta importante na concretização deste objetivo.

2. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM

As recomendações oficiais de calagem e adubação para os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Rio Grande do Sul/Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro e Bahia são apresentadas a seguir para um confronto com o que é praticado pelos agricultores colhendo 3.000 kg/ha ou mais.

Ambrosano et al. (1996) recomendam a aplicação de calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 5 $mmol_c/dm^3$ (= 0,5 meq/100 ml). As doses recomendadas para o feijão de verão (águas e seca) e de inverno irrigado encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Para o Estado de Minas Gerais a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais-CFSEMG (1989) faz a seguinte recomendação de adubação (Tabela 3) para uma produtividade esperada de 1.500 a 2.200 kg/ha (feijão das águas ou irrigado) com espaçamento de 0,50 m entre linhas, com 12 plantas/m linear de sulco (240.000 plantas/ha) e para calagem pelo critério de saturação por bases para elevá-la para 70% ou ainda pelo critério do Al^{3+} e do $Ca^{2+} + Mg^{2+}$.

---

[1] Engenheiro Agrônomo. Doutor em Agronomia. Diretor da Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Rua Alfredo Guedes, 1949. Ed. Rácz Center, sala 701. 13416-900. Piracicaba, SP.

Tabela 1. Adubação mineral de plantio (Ambrosano et al., 1996).

Produtividade esperada		P-resina, mg/dm³				K^+ trocável, mmol$_c$/dm³			
t/ha		0-6	7-15	16-40	> 40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	> 3,0
	N	P_2O_5				K_2O			
	kg/ha								
	Feijão de verão (águas e seca) - Plantio em julho-outubro e dezembro-abril								
1,0-1,5	0	60	40	20	0	40	30	20	0
1,5-2,5	10	70	50	30	10	50	30	20	10
2,5-3,0	10	90	60	30	20	60	40	30	20
	Feijão de inverno irrigado - Plantio em março-julho								
1,0-1,5	0	60	40	20	0	40	30	0	0
1,5-2,5	10	70	50	30	10	50	30	20	0
2,5-3,5	10	90	60	40	20	80	50	30	20
3,5-4,5	20	[1]	80	40	20	100	60	40	20

[1] É pouco provável a obtenção de alta produção em solos deficientes em P.

Notas dos autores (Ambrosano et al., 1996):

(1). Aplicar 20 kg/ha de S para a produção até 2 t/ha de grãos e 30 kg/ha de S para lavouras com maiores metas de produtividade.

(2). Aplicar 3 kg/ha de Zn quando o teor de Zn-DTPA no solo for menor que 0,6 mg/dm³ e 1 kg/ha de B quando o teor de B (água quente) for inferior a 0,21 mg/dm³.

(3). Não empregar mais que 50 kg/ha de K_2O no sulco de plantio, principalmente em lavouras de sequeiro. A quantidade recomendada que exceder esse valor deve ser aplicada em cobertura, junto com o N, não mais que 25 dias após a emergência das plantas.

(4). Submeter as sementes do feijão ao inoculante específico.

Tabela 2. Adubação mineral de cobertura (Ambrosano et al., 1996).

Produtividade esperada	Classe de resposta a N	
	Alta	Média e baixa
t/ha	N kg/ha	
1,0-1,5	40	20
1,5-2,5	50	30
2,5-3,5	70	40
3,5-4,5	90	50

Notas dos autores (Ambrosano et al., 1996):

(1) Classes de resposta:

Alta: culturas irrigadas; solos arenosos; cultivo após gramíneas; solo compactado.

Média e baixa: cultivo após leguminosas; cultivo após adubo verde (neste caso, se a quantidade de massa incorporada ao solo for grande, pode-se reduzir à metade a dose de N recomendada); solos em pousio por dois ou mais anos; solos que recebem adubações orgânicas elevadas e freqüentes.

(2). Aplicar o N de cobertura 15 a 30 dias após a emergência das plantas. Em solos arenosos, no período das águas ou em lavouras irrigadas, doses de N iguais ou maiores que 60 kg/ha podem ser parceladas em duas vezes, aplicando-se a última até, no máximo, 40 dias após a emergência. O N pode também ser aplicado através da água de irrigação, parcelado em três vezes, no intervalo entre 15 e 45 dias após a emergência.

Tabela 3. Adubação mineral (CFSEMG, 1989).

N (aplicado junto ao P e K no plantio)	P_2O_5			K_2O			N (em cobertura)
	Teor de P no solo			Teor de K no solo			
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	
	kg/ha						
20	90	70	50	60	45	30	30 a 40

Observações:
(1). Após a correção, os solos devem ter uma saturação por alumínio menor que 20%.
(2). A adubação nitrogenada em cobertura deve ser feita 20 a 25 dias após a emergência das plântulas, próxima a estas, mas sem atingí-las, e aplicada em um filete contínuo.
(3). Em solos deficientes em Mg e/ou S, aplicar 20 kg/ha destes nutrientes.
(4). Constatando-se a deficiência de boro e/ou zinco, aplicar, respectivamente, 1 kg de B e/ou 2 a 4 kg de Zn/ha.
(5). No plantio da "seca", devido ao risco de um período de estiagem prolongada ou déficit hídrico, recomenda-se aplicar 60% das doses indicadas para o plantio "das águas" ou para o plantio irrigado.

Para o Estado de Goiás, a CFSG (1988) recomenda ainda a calagem apenas pelos teores de Al^{3+} e $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, calculando-se a necessidade de calagem em t/ha à incorporar na camada de 0-20 cm através da fórmula:

$$QC = \{(2 \times Al^{3+}) + [3 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]\} \times 100/PRNT$$

As recomendações para nitrogênio, fósforo e potássio e micronutrientes feitas pela CFSG (1988) encontram-se nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4. Recomendação de adubação nitrogenada para o feijoeiro (CFSG, 1988).

Sistema de cultivo	Recomendação	
	Plantio	Cobertura
	kg de N/ha	
Da seca	10	20
Irrigado	10	30

NOTA: Para o feijão irrigado, aplicar, em cobertura, 15 kg de N/ha, aos 15 e 35 dias após a germinação. Na impossibilidade de se efetuar este parcelamento, aplicar 30 kg de N/ha entre 20 e 25 dias após a germinação.

Tabela 5. Recomendação de adubação fosfatada e potássica para o feijoeiro (CFSG, 1988).

P e K no solo	Da seca	Irrigado	Da seca	Irrigado
	kg de P_2O_5/ha		kg de K_2O/ha	
Muito baixa	60-80	90-120	-	-
Baixa	50-60	70-90	40	60
Média	40-50	60-70	30	40
Alta	30-40	50-60	20	30

Tabela 6. Recomendação de adubação com micronutrientes para o feijoeiro (CFSG, 1988).

Sistema de cultivo	Recomendação						
	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Co
	kg/ha						
Da seca	2,5	1,0	0,6	1,0	1,2	0,1	0,05
Irrigado	5,0	2,0	1,2	2,0	2,4	0,2	0,1

NOTA: A adubação com micronutrientes deve ser feita no sulco de plantio, a cada três anos.

As recomendações de adubação da Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC (CFSRS/SC) (1995) para os Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina têm como características próprias a recomendação da adubação nitrogenada baseada no teor de matéria orgânica e a recomendação da adubação fosfatada e potássica de reposição, para os teores adequados destes nutrientes no solo (Tabelas 7, 8 e 9). Ainda como característica regional para RS e SC, a calagem é feita segundo o índice SMP regulado para o pH 6,0.

Tabela 7. Recomendação da adubação nitrogenada para o feijoeiro no RS e SC (CFSRS/SC, 1995).

Teor de matéria orgânica no solo (%)	Adubação nitrogenada (kg N/ha)
≤ 2,5	100
2,6-3,5	85
3,6-4,5	60
4,6-5,5	35
> 5,5	≤ 20

Observações: aplicar 10 a 20 kg N/ha na semeadura e o restante em cobertura, dependendo do teor de matéria orgânica do solo, duas a três semanas após a emergência. Em áreas de fertilidade natural elevada tem-se observado que o feijoeiro pode apresentar boa nodulação e boa produtividade. Nestas condições, levando-se em conta os resultados da análise do solo (pH, matéria orgânica, teores de Ca e Mg, etc.) e as condições climáticas ocorridas, pode-se efetuar um ajustamento, reduzindo as doses de N a aplicar. Por outro lado, em solos intemperizados, mesmo com acidez e fertilidade do solo corrigidas, a eficiência da nodulação tem sido muito baixa. Observa-se ainda que a nodulação no feijão é inibida por condições climáticas diversas (frio, chuva, seca), especialmente no início da germinação. Quando realizada a inoculação das sementes com inoculante específico, suprimir a adubação nitrogenada na semeadura, aplicando o total recomendado somente em cobertura, na época indicada acima, pois existem situações em que a aplicação de N na semeadura pode prejudicar a eficiência da nodulação.

Tabela 8. Recomendação de adubação fosfatada para o feijoeiro no RS e SC (CFSRS/SC, 1995).

Teor de P no solo	Argila (%)														
	> 55			41-55			26-40			11-25			< 10		
	Cultivo														
	1°.	2°.	3°.	1°.	2°.	3°.	1°.	2°.	3°.	1°.	2°.	3°.	1°.	2°.	3°.
	kg P_2O_5/ha														
Limitante	140	75	50	130	60	40	120	50	40	120	50	40	130	60	40
Muito baixo	105	60	40	95	40	30	85	30	R	85	30	R	95	40	30
Baixo	75	50	30	65	30	R	55	R	R	55	R	R	65	30	R
Médio	50	R	R	40	R	R	30	R	R	30	R	R	40	R	R
Suficiente	30	R	R	20	R	R	20	R	R	20	R	R	20	R	R
Alto	≤20	≤R	R	≤20	≤R	R	≤10	≤R	R	≤10	≤R	R	≤20	≤R	R

Valor R (reposição) = 20 kg P_2O_5/ha.

Tabela 9 Recomendação de adubação potássica para o feijoeiro no RS e SC (CFSRS/SC, 1995).

Teor de K no solo		Adubação potássica/cultivo		
		1ª.	2ª.	3ª.
Faixas	K (mg/l)	kg K_2O/ha		
Limitante	≤ 20	120	70	50
Muito baixo	21-40	90	60	R
Baixo	41-60	70	50	R
Médio	61-80	60	R	R
Suficiente	81-120	50	R	R
Alto	> 120	≤ 40	≤ R	R

Valor R (reposição) = 40 kg K_2O/ha.

A recomendação para a adubação do feijoeiro no Estado do Paraná segue na Tabela 10, feita por Muzilli (1978).

Tabela 10. Adubação para feijão (Muzilli, 1978).

Teor no solo		Nutrientes a aplicar (kg/ha)			
Fósforo	Potássio	No plantio			Em cobertura
		N	P_2O_5	K_2O	N
	Baixo	0-20	60-80	30-45	20-40
Baixo	Médio	0-20	60-80	15-30	20-40
	Alto	0-20	60-80	15	20-40
	Baixo	0-20	30-60	30-45	20-40
Médio	Médio	0-20	30-60	15-30	20-40
	Alto	0-20	30-60	15	20-40
	Baixo	0-20	10-30	30-45	20-40
Alto	Médio	0-20	10-30	15-30	20-40
	Alto	0-20	10-30	15	20-40

Observações: A adubação nitrogenada em cobertura deve ser feita de 15 a 20 dias após a emergência das plantas, espalhando o adubo ao lado das fileiras das plantas. Se a fonte de nitrogênio utilizada for uréia (45% N) é necessário que se faça a incorporação da mesma para que não ocorram perdas por volatilização. Em solos com pouco uso, pode-se omitir a adubação nitrogenada em cobertura.
- É preferível que se faça a cobertura com o solo úmido.

Num trabalho mais recente, Parra (1989), na recomendação da calagem e adubação do feijoeiro, menciona que os parâmetros químicos, comumente obtidos através da análise de solo, geralmente não têm sido eficazes como critério de recomendação de adubação nitrogenada e que, por conseguinte, o histórico de uso da área, bem como o conhecimento do manejo de outros fatores de produção, são comumente adotados como guia na estimativa da dose de N a ser aplicada. Cita que as doses geralmente utilizadas no Estado do Paraná variam entre 20 e 60 kg de N/ha, com as maiores doses nas lavouras com altos potenciais de produção de grãos. O parcelamento dar-se-ia com a aplicação de 1/4 a 1/3 da dose na semeadura e o restante aos 15-25 dias após a emergência. Como complemento da adubação básica no solo o autor recomenda ainda a aplicação foliar de uréia, em concentrações de 2 a 6%, sendo as concentrações mais altas indicadas para pulverizações com baixos volumes de solução. Cita ainda que soluções de uréia a 4% aplicada num volume de 300 litros de solução por hectare não têm causado efeitos danosos às plantas. Acautela, no entanto, o autor, que mesmo em concentrações menores a utilização de alto volume de solução pode causar

injúrias às plantas, com necrose nas margens das folhas. Para minimizar danos o autor sugere evitar as horas mais quentes do dia, para se fazer a pulverização foliar. Para o fósforo, Parra (1989) baseia a recomendação supondo uma relação 3:1 para preço de P_2O_5: preço de feijão, na qual seriam sugeridas 70 e 40 kg de P_2O_5/ha, respectivamente para solos de classes baixa (< 2 ppm P-Mehlich-1) e média (2-5 ppm P-Mehlich-1). Para o potássio, as doses seriam de 15, 30 e 45 kg de K_2O/ha, para teores de K^+ trocável no solo < 0,10, entre 0,10 a 0,30 e entre 0,31 a 0,60 meq/100 ml de TFSA, respectivamente.

Para o Estado do Rio de Janeiro, Pessanha et al. (1988) recomendam calagem para eliminar o Al e/ou para elevar o nível de Ca + Mg para 2 meq/100 cm^3. A recomendação de adubação mineral de acordo com a análise do solo é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11. Recomendação de adubação mineral para o feijoeiro (Pessanha et al., 1988).

P-solo (ppm)	P_2O_5 (kg/ha)	K-solo (ppm)	K_2O (kg/ha)
0-10	90	0-45	40
11-20	60	46-90	20
21-30	30	> 90	0
> 30	0		

Observações: (1). Recomenda-se a inoculação das sementes com *Rhizobium phaseoli*, específico para o feijoeiro; (2). para níveis de produtividade acima de 1.300 kg/ha, além da inoculação das sementes, recomenda-se a aplicação de nitrogênio de 25 a 30 dias após a emergência das plantas em quantidade a ser determinada pelo desenvolvimento da cultura, pela expectativa de produção e economicidade, podendo variar de 20 a 60 kg de N/ha; (3). Em vários solos do Estado do Rio de Janeiro têm sido observada resposta do feijoeiro à adubação de molibdênio, com a inoculação e a adubação NPK. A deficiência de Mo pode ser corrigida com a dose de 20 g de Mo em revestimento de semente "pellet".

Para o Estado da Bahia, Pereira e Faria (1989) recomendam para o feijão em condição irrigada o cálculo da necessidade de calcário (NC) em toneladas por hectare através da fórmula:

$$NC\ (t/ha) = [3 - (meq\ Ca^{2+} + Mg^{2+}/100\ cm^3) + 2 \times meq\ Al^{3+}/100\ cm^3] \times 100/PRNT$$

Analisando as recomendações oficiais apresentadas, nota-se que apenas as dos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul/Santa Catarina estão em sintonia com as necessidades de macronutrientes para produtividades buscadas de 3 t/ha ou mais. Para micronutrientes, apenas a recomendação do Estado de Goiás foi abrangente e com doses adequadas à correção das deficiências mais encontradas em micronutrientes nos solos de cerrado.

Um dos grandes conhecedores da teoria e da prática da cultura do feijoeiro para altas produtividades, Prof. A.L. Fancelli, da ESALQ-USP, em comunicação pessoal, sugere a adubação da Tabela 12, com a qual agricultores que seguem sua orientação técnica estão obtendo ótimos resultados.

Tabela 12. Recomendação de adubação para feijoeiro de alta produtividade (Fancelli, 1997 - comunicação pessoal).

Macronutrientes	kg/ha	Micronutrientes	g/ha
N-plantio	20	B[6]	250
N-1ª. cobertura	40[1]	Mn[7]	100
N-2ª. cobertura	20[2]	Mo[7]	100
Uréia foliar	[3]	Zn[7]	250
P_2O_5	100	Co[7]	20
K_2O plantio	60		
K_2O cobertura	20-40[4]		
S como gesso	500-1.500[5]		

NOTAS: (1). 1ª. cobertura com 4 folhas; (2). 2ª. cobertura feita 10 dias antes do florescimento; (3). caso haja pouco enfolhamento aplicar solução de uréia a 2% durante o período de enchimento das vagem com 125-200 l de calda/ha; (4).para a dose total de 100 kg de K_2O/ha, aplicar 60 kg K_2O/ha no plantio e 40 kg/ha em pré-plantio; para dose total de 80 kg K_2O/ha, aplicar 60 kg K_2O/ha no plantio e 20 kg K_2O/ha junto com a 1ª. cobertura nitrogenada; (5). a dose mais freqüentemente utilizada de gesso é a de 1 t/ha a cada 2 anos; (6). aplicar com inseticida, fungicida ou herbicida ou ainda via água de irrigação como ácido bórico; (7). Mn, Mo, Zn e Co aplicados junto com o inoculante em suspensão para 85 kg de semente de feijão/ha.

3. ALGUNS FATORES QUE AFETAM O USO EFICIENTE

Pessoalmente, acredito que a maioria dos produtores mais tecnificados está utilizando os macronutrientes mais ou menos na dose correta, apenas com dúvida sobre quanto e quando aplicar o N. Outros, talvez, estejam com problemas de insuficiente S na adubação, além de problemas de dose e de distribuição do calcário, assim como de desbalanço Ca/Mg. Já quanto a micronutrientes, creio que a maioria dos produtores está com adubação deficiente nestes importantes elementos, essenciais não só à produção, como também à qualidade do produto colhido e à sanidade da cultura. Quanto à distribuição do fertilizante no solo, devido à extrema sensibilidade do feijoeiro à salinidade e ao íon cloreto, acredito que existam problemas relacionados com a proximidade ou mesmo com o contato do adubo com a semente e muitos ajustes fáceis poderiam ser feitos para reduzí-los.

3.1 Adubação nitrogenada e a fixação biológica de N

Ao trabalhar com a adubação de leguminosas a pergunta crítica é: precisa aplicar N? Se a resposta for positiva, as perguntas que se seguem de imediato são: quanto? e quando?

Oliveira et al. (1996) argumentam que a colheita de 250.000 plantas de feijoeiro de um hectare representa a extração de 102 kg de N pela palhada e pelos grãos. Considerando-se a recomendação média de adubação nitrogenada de 60 kg de N/ha e uma eficiência de utilização de adubo, pela cultura, em torno de 50%, verifica-se que, dos 102 kg de N retirados, apenas cerca de 30 kg foram fornecidos pelo fertilizante aplicado. E indagam: de onde provêm os 72 kg de N restantes? E concluem que como os solos brasileiros são, em geral, relativamente pobres em nitrogênio, não se pode esperar uma disponibilidade do nutriente muito acima de 20 kg de N/ha, o que deixa um resto de cerca de 50 kg de N/ha (ou 50% do total) que só podem provir de fixação biológica.

Franco (1995) cita Rennie (1984) que afirma ser o potencial de fixação de nitrogênio em condições de campo de até 110 kg de N/ha por cultivo. Já para as condições brasileiras, Franco (1995) escreve que as cultivares com boa capacidade de

nodulação e com 80 a 90 dias de ciclo têm mostrado fixação acima de 30 kg de N/ha por cultivo, com produtividade ao redor de 1 t de grãos/ha. Conclui o autor que, de uma maneira geral, pode-se recomendar a inoculação como uma única fonte de nitrogênio para cultivares que apresentam boa nodulação (por exemplo: Carioca, Ouro Negro, Negro Argel, etc.) e para níveis de produtividade de até 1.500 kg/ha, desde que os demais fatores limitantes à cultura tenham sido eliminados.

No entanto, o que se busca na cultura do feijoeiro empresarial é produtividade superior a 3 t/ha, onde certamente terá que se aplicar N.

Fica então o problema a resolver: como fornecer N ao feijoeiro sem prejudicar a fixação biológica de N ?

Confrontando dados da literatura onde:

(1) a absorção do nitrogênio ocorre praticamente durante todo o ciclo da cultura, mas a época de maior exigência, quando a velocidade de absorção é máxima, ocorre dos 35 aos 50 dias da emergência da planta, coincidindo com a época do florescimento quando são absorvidos de 2,0 a 2,5 kg N/ha.dia (Rosolem e Marubayashi, 1994);

(2) Ruschel & Ruschel (1975) e Hungria et al. (1985) citados por Rosolem (1987) mostram que o período de maior fixação de nitrogênio ocorreu entre 50 e 70 dias da emergência e que ela é relativamente baixa entre os 40 e 50 dias;

(3) Attewell & Bliss (1985) reportam uma significante acumulação de N em plantas de feijoeiro durante o enchimento das vagens e sugerem que as raízes laterais noduladas, geralmente não amostradas nos experimentos de campo, possam desempenhar um importante papel na fixação durante a fase de desenvolvimento reprodutivo;

(4) Diniz et al. (1995) observaram resposta linear a doses de nitrogênio no plantio (0, 20 e 40 kg de N/ha) não tendo sido atingida a produtividade potencial máxima, indicando, pois, possíveis respostas para doses mais elevadas. Observaram ainda resposta para a adubação nitrogenada de 30 kg de N/ha, em cobertura, aos 20 dias após a emergência das plantas, assim como para a aplicação de Mo, via foliar, na dose de 40 g/ha aplicada aos 26 dias após a emergência, com aumentos na produção de grãos de 40% e 30%, ou seja, resultados semelhantes;

(5) Muller & Pereira (1995), estudando o efeito de dois parcelamentos de doses de N (25 mg N/kg solo na semeadura + 5 mg N/kg solo no estádio vegetativo V6 e 5 mg N/kg solo na semeadura + 25 mg N/kg solo no estádio vegetativo V6) na fixação biológica de N em dois cultivares de feijoeiro Puebla e Negro Argel concluíram que a aplicação de 25 mg N/kg solo na semeadura foi menos danosa à simbiose que a aplicação da mesma dose em cobertura durante o período vegetativo devido ao acoplamento tardio da simbiose entre feijoeiro e o *Rhizobium* como conseqüência da dose maior na semeadura; e

(6). Franco (1995) recomenda que para produtividades superiores a 1.500 kg/ha seja feita a inoculação e uma adubação complementar com nitrogênio, no início da floração; e, em casos de falhas na nodulação, pode-se fazer uma adubação em cobertura de até 40 kg de N/ha, aos 20-25 dias após a emergência. Justifica esta recomendação pelos resultados obtidos por Franco et al. (1979), citados por Franco (1995), onde observaram que o pico da atividade da enzima responsável pela redução de N_2 a NH^{4+} (nitrogenase) ocorre logo após o início da floração, enquanto o pico da atividade da enzima assimiladora do nitrogênio mineral do solo (redutase do nitrato) ocorre mais tarde, durante o enchimento dos grãos. No entanto, os dados de Attewell & Bliss (1985), Muller & Pereira (1995) e Diniz et al. (1995) mostram outras possibilidade de aplicação de N, além da sugerida por Franco (1995).

Acredito assim que outras alternativas possam ser testadas, tais como: (1). aplicar todo o N em pré-plantio a lanço, e (2). em áreas de renovação de pastagens e em culturas irrigadas aplicar 1/4 do N em plantio e o restante em pré-plantio a lanço e incorporado com grade leve, ou ainda em cobertura no máximo até os 20 dias após a emergência das plantas.

Esta adubação, além de permitir os benefícios da adubação nitrogenada, fornecendo este nutriente na época de maior exigência entre os 35-50 dias, reduziria os possíveis efeitos mais danosos da adubação nitrogenada em cobertura tardia na fixação biológica de N que, conforme já citado, ocorreria principalmente entre os 50 e 70 dias da emergência. Como verá mais adiante, seria também uma maneira de evitar-se os efeitos danosos da elevada concentração salina perto das sementes e plântulas em desenvolvimento, causada principalmente pelo N e o K.

3.2 Salinidade

As faixas de salinidade e os níveis de tolerância das plantas encontram-se na Tabela 13. O feijoeiro é a mais sensível entre as plantas cultivadas à salinidade (Tabela 14) e à tolerância ao íon cloreto (Tabela 15). Dentre os fertilizantes utilizados na cultura do feijoeiro, os fertilizantes nitrogenados e o cloreto de potássio têm maiores índices salinos que os fosfatados (Tabela 16).

Tabela 13. Faixas de salinidade do solo e níveis de tolerância das plantas (U. S. Soil Salinity Laboratory, 1954).

Condutividade elétrica mmho/cm a 25°C	Níveis de tolerância
0-2	Efeitos salinos quase negligíveis
2-4	Plantas muito sensíveis podem ter produções afetadas
4-8	Produções de muitas plantas afetadas
8-16	Apenas plantas tolerantes produzem satisfatoriamente
> 16	Apenas poucas plantas muito tolerantes produzem satisfatoriamente

Tabela 14. Tolerância relativa de algumas culturas e sais (U. S. Salinity Laboratory, 1954).

Alta	Média	Baixa
C.E. x 10^3 = 16(*)	C.E. x 10^3 = 10	C.E. x 10^3 = 4
Cevada	Centeio	Feijões
Beterraba	Trigo	
Colza	Aveia	
Algodão	Arroz	
	Sorgo	
	Algodão	
	Linho	
	Girassol	
	Mamona	
C.E. x 10^3 = 10	C.E. x 10^3 = 6	

(*) Os números seguindo C.E. x 10^3 são valores da condutividade elétrica do extrato de saturação em milimho por centímetro à 25°C, associados com 50% de diminuição na produção.

Tabela 15. Tolerância de algumas culturas à concentração de íon cloreto no solo, à capacidade de campo (Winter, 1976).

Concentração de cloreto (g Cl⁻/l)	Culturas que sofre 10% de redução na produção				Taxa de sensibilidade
0,35	Morango Maçã Ameixa	Tulipa Narciso Azaléia	Feijão Ervilha Cebola	Trevo Milho	Muito sensível
0,75	Uva	Rosa Crisântemo	Cenoura Alface	Crista-de-galo Prado Rabo de raposa Trigo	Sensível
1,45		Cravo Clematite	Repolho Batata Beterraba-vermelha	Aveia Alfafa Centeio Beterraba-branca	Moderadamente tolerante
2,50	Manga		Aspargo Espinafre	Couve-galega Cevada	Tolerante

Tabela 16. Índice salino de alguns fertilizantes.

Fertilizantes	Concentração (%) $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$	Índice salino	IS/10 kg de $N + P_2O_5 + K_2O$[1]
Nitrato de amônio	34-0-0	101,7	3,226
Sulfato de amônio	21-0-0	69,0	3,614
Uréia	45-0-0	72,7	1,733
Nitrato de sódio	16-0-0	100,0	6,733
SFS	0-20-0	7,8	0,433
SFT	0-45-0	10,1	0,248
MAP	11-55-0	26,9	0,452
DAP	18-46-0	29,0	0,504
KCl	0-0-60	116,3	2,151
K_2SO_4	0-0-54	46,1	0,947
KNO_3	14-0-46	73,6	1,354

[1] Recalculado do original para 10 kg de nutrientes.
Fonte: Rader, Jr et al. (1943). Soil Science, v. 5, p. 201.

O efeito danoso do contato direto do fertilizante com a sementes já era alertado por Vieira & Gomes (1961) há mais de 3 décadas. Colocando propositadamente o adubo no fundo das covas para entrar em contato direto com as sementes, observaram redução no estande de até 74%, conforme dados na Tabela 17.

Tabela 17. Redução no stand pela salinidade do fertilizante (Vieira & Gomes, 1961).

Superfosfato simples	Cloreto de potássio		
	0	70	140
---------- kg/ha ----------			
0	100	65	42
300	56	43	35
600	41	33	26

Assim, todo cuidado é pouco, ao se fazer a operação da semeadura/adubação. No plantio convencional a adubadora/semeadora, tanto com facão como com discos duplos, permite uma boa separação entre o fertilizante e a semente. No entanto, nas

áreas com o sistema de plantio direto temos observado melhor separação entre o adubo e a semente com o uso do facão, onde, já que não é possível manter uma separação lateral, procura-se colocar o adubo em maior profundidade.

A regulagem do equipamento de acordo com a umidade de solo é um problema sério, pois em solo úmido, caso o sulco aberto pelo facão não fechar de pronto, há o perigo da semente cair em profundidade, aí então teremos duplo problema - contato com o adubo em profundidade e uma grande camada de terra dificultando a emergência da semente. Uma maneira de reduzir o problema da salinidade junto ao sulco de semeadura é a redução da dose do fertilizante no plantio, principalmente do N e do K, o que resolveria também possível problema de excesso do íon cloreto. Assim, aplicar-se-ia todo o N e todo o K em pré-plantio em área total, a lanço, e no plantio aplicar-se-ia apenas o P. Nos solos com teores adequados de P poderia aplicar 50% do P junto com 100% do N e do K em pré-plantio a lanço, e o restante do P por ocasião da semeadura.

3.3 Adubação desbalanceada e/ou insuficiente

O suprimento adequado de nutrientes é importante para o desenvolvimento da planta e/ou da maior eficiência da simbiose.

O'hara et al. (1988), fazendo a revisão sobre os efeitos das deficiências minerais na fixação biológica de nitrogênio, citam que: (1). a multiplicação do rizóbio na rizosfera das leguminosas é limitada pela baixa disponibilidade de cálcio; (2). a iniciação dos nódulos é afetada por uma severa deficiência de Co, pelos efeitos que causa nos rizóbios; (3). o desenvolvimento dos nódulos é limitado por uma severa deficiência de B, pelos efeitos que este causa no desenvolvimento das células do hospedeiro; (4). a deficiência de Fe limita o desenvolvimento dos nódulos devido a efeitos sobre o rizóbio, efeito este variável entre as linhagens; (5). o funcionamento do nódulo exige mais Mo que a planta e (6). em algumas simbioses a fixação de N pode ser especialmente limitada pelas baixas disponibilidades de Ca, Co, Cu e Fe.

Tsai et al. (1993) observaram que em alta fertilidade do solo (200, 256 e 40 mg/kg de solo de P, K e S, respectivamente) e com a maior dose de N (120 mg/kg de solo) o efeito estimulatório do N na fixação de N_2 ainda era observado, aumentando a quantidade de N_2 fixado de 88 (120 mg N/kg de solo + baixa fertilidade) para 375 mg N/planta.

Oliveira et al. (1996) afirmam que, nos solos de baixa fertilidade, a cultura não adubada raramente atinge 10% do seu potencial produtivo. E as adubações tradicionais, sem calagem, têm permitido à cultura do feijoeiro expressar apenas 50% do seu potencial produtivo. Já com a calagem esta adubação pode elevar a produção a quase 80%. E a adição de micronutriente ao NPK + calagem tem permitido a elevação da capacidade produtiva da cultura.

As fórmulas mais utilizadas na prática do agricultor são do tipo 04-14-08, 04-24-12, 04-30-16 e 05-25-20. As fórmulas com micronutrientes em geral são elaboradas para fornecerem ao redor de 30 kg/ha da tradicional FTE BR-12, que contém 9,0% Zn, 1,8% B, 0,8% Cu, 3,0% Fe, 2,0% Mn e 0,1% Mo. Em geral, estas adubações são complementadas com adubação nitrogenada, na forma de uréia, via pivô.

Dos macronutrientes, o nutriente que pode estar em deficiência na adubação é o S. Isto porque nem sempre as fórmulas contém este elemento na quantidade necessária ao feijoeiro. Para altas produtividades esperadas é preciso lembrar que as recomendações de adubação pedem ao redor de 30 kg de S/ha. Este fornecimento pode ser feito através do uso do gesso agrícola (26% CaO e 15% S, produto sem secar), ou ainda fertilizantes

contendo pelo menos 6% S, no caso de se utilizar 500 kg da fórmula/ha. A necessidade de S pode ser ainda complementada com o uso do sulfato de amônio na adubação nitrogenada.

Solos cultivados há mais de 10 anos em geral já receberam mais de 800 kg de P_2O_5/ha ao longo deste período. É de se supor, nestas condições, que os sítios de adsorção de fósforo já estejam quase saturados e que as fórmulas altamente concentradas em P não sejam mais tão necessárias, considerando uma exportação inferior a 10 kg de P_2O_5 por tonelada de feijão. É assunto que merece ser repensado.

Porém, é entre os micronutrientes que se observam os maiores desbalanceamentos, como pode se observar através da Tabela 18, principalmente no feijoeiro irrigado nas regiões dos cerrados. A recomendação de micronutrientes para o Estado de Goiás subentende que ela é corretiva, para um período de três anos. Já as doses dos micronutrientes contidos nos 30 kg de FRE BR-12/ha são insuficientes para necessidades de praticamente todos estes elementos, mesmo para uma correção durante 3 anos, excetuando o Zn e o Fe. Este último encontra-se nos solos de cerrado em teores adequados (Lopes, 1984) e também como impurezas nos fertilizantes fosfatados. Dos micronutrientes, o boro tem sido um dos mais negligenciados e merece uma atenção especial na adubação, pela importância que tem na nodulação e no desenvolvimento dos tecidos meristemáticos da parte aérea e principalmente das raízes.

Tabela 18. Recomendação de micronutrientes para o feijoeiro irrigado (Goiás) e quantidades dos mesmos nas fórmulas de adubação.

Micronutriente	Recomendação Goiás [1]	Fórmulas mais comuns
	kg/ha	
Zn	5,0	2,70
B	2,0	0,54
Cu	1,2	0,24
Fe	2,0	0,90
Mn	2,4	0,60
Mo	0,2	0,03
Co	0,1	-

[1] A ser feita no sulco a cada três anos.

Para **soja** no plantio 1996/97 tenho observado, no Estado de Mato Grosso, lavouras com excelente desenvolvimento vegetativo, bom engalhamento e pegamento de vagens com o uso, por hectare, de 2.700 g de Zn, 360 g de B, 540 g de Cu, 900 g de Fe, 1.800 g de Mn e 72 g de Mo, através de fórmula de micronutrientes preparada especialmente para a Agropecuária Maggi Ltda., de Rondonópolis-MT. Observações de campo e citações de literatura sugerem as seguintes alterações que serão feitas no plantio 97/98:

Zn	= 2.700 g/ha	Mn	= 2.700 g/ha
B	= 800 g/ha	Mo	= 80 g/ha
Cu	= 800 g/ha	Co	= 10 g/ha
Fe	= 1.000 g/ha	Ni	= 5 g/ha

Esta minha sugestão é apenas um "chute"? A resposta é sim, mas baseada principalmente nas recomendações corretivas para o Estado de Goiás. Precisamos mais pesquisas até obtermos dados mais conclusivos. Sabendo, porém, como é difícil obter

respostas conclusivas trabalhando com múltiplos fatores, que no caso acima são 8 micronutrientes, com as respectivas interações, creio que é lícito apresentar um "chute", a partir do qual o agricultor poderá buscar um refinamento, do que ficar passivamente esperando por uma resposta mais concreta que possivelmente não virá tão breve. Creio que com alguns ajustes às condições locais, a recomendação de micronutrientes que fiz para soja poderá ter também bons resultados em feijão. Convém sempre testar antes numa área pequena, antes de levar a prática para uma área maior.

3.4 Calagem e a relação Ca/Mg

É de consenso que sem calagem é impossível produzir-se nos cerrados brasileiros, onde se localiza grande parte da cultura de feijoeiro.

Em geral as recomendações buscam uma saturação por bases de 70% ou correção para pH = 6,0. Outras buscam eliminar o Al^{3+} e/ou elevar o teor de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ a 2 ou 3 meq/100 cm^3. No entanto, pouco se recomenda quanto à relação Ca/Mg.

Oliveira et al. (1996) citam que as repostas ao magnésio têm sido modestas (Figura 1), e com teores de Mg^{2+} um pouco acima de 0,8 meq/100 cm^3 começa-se a observar um efeito negativo. Citam ainda que a relação cálcio/magnésio considerada ideal para a cultura é de 4:1. Quando a cultura é realizada em solos de fertilidade média a alta, esta relação pode sofrer alguma modificação; contudo, quando os solos são de baixa fertilidade, esta relação tem sido mantida.

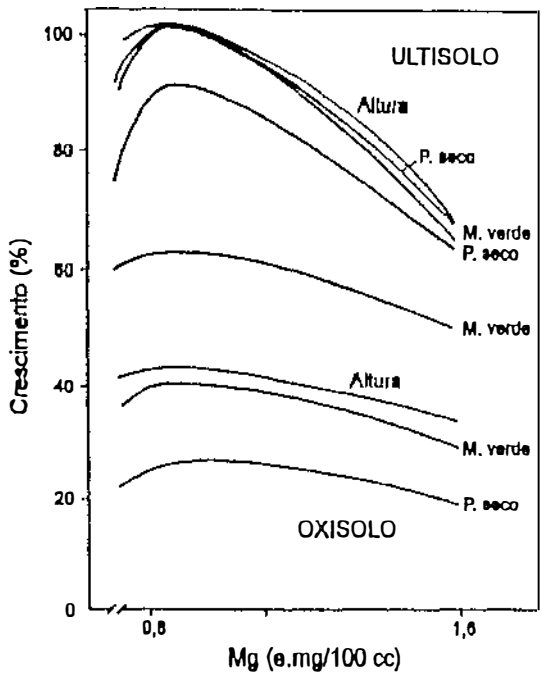


Figura 1. Crescimento relativo do feijoeiro em resposta a níveis de magnésio no solo (Oxisolo) (Oliveira et al., 1996).

Percorrendo lavouras de soja é comum verificar sintomas de deficiência de manganês em áreas que em geral receberam excesso de calcário. Costuma-se associar, como é de se esperar, a deficiência de Mn como causada pelo aumento do pH indisponibilizando o Mn. No entanto, como a rizosfera da soja é ácida, seria de se esperar que o Mn do solo fosse solubilizado e absorvido pela planta. Isto não ocorrendo, uma hipótese a se considerar seria a de uma deficiência de Mn induzida por um excesso de Mg e/ou de Ca, mas não um efeito direto do alto pH insolubilizando o Mn. Esta hipótese é apoiada em trabalhos de Lohnis (1960), que observou redução na absorção de Mn quando plantas de feijoeiro, com calagem e sem calagem, receberam uma aplicação de 170 kg de $MgSO_4$/ha e em Maas et al. (1969) que, estudando a influência do cálcio e do magnésio na absorção do manganês em raízes destacadas de cevada, observaram que o Ca teve efeito positivo na absorção do Mn, enquanto o Mg teve um efeito altamente depressivo. Já o efeito combinado de ambos, Ca e Mg, teve efeito inibitório, muito mais acentuado na absorção do Mn que o Mg sozinho.

Na falta de mais dados experimentais entre nós, creio que é prudente seguir a relação Ca/Mg de 4:1 sugerida por Oliveira et al. (1996) e ainda trabalhar no máximo até o limite do **alto**, indicado nas interpretações da análise do solo do seu Estado (Tabela 19).

Tabela 19. Interpretação do resultado para o magnésio no solo.

Teores	GO[1]	SP=PR	RS/SC=MG=BA
	meq Mg/100 cm^3		
Baixo	< 0,4	< 0,4	< 0,5
Médio	0,4-1,2	0,4-0,8	0,6-1,0
Alto	> 1,2	> 0,8	> 1,0

[1] Para solos com argila (%) > 40.

4. NOVAS TENDÊNCIAS

A esta altura do meu texto devo confessar que o convite à minha participação no IV Simpósio sobre a Cultura do Feijão Irrigado deve-se muito mais à gentileza do Prof. Fancelli, que tem acompanhado meu trabalho prático de assessoria aos produtores de soja, milho e algodão, filiados à Fundação MT, de Rondonópolis-MT, com quem a POTAFOS tem um convênio de cooperação técnico-científica, que ao meu conhecimento específico no feijoeiro.

Não tendo também uma bola de cristal, nem sendo futurologista, é difícil escrever sobre as tendências futuras na adubação. No entanto, duas tendências se mostram previsíveis, a curto prazo: (1). A prática da adubação do sistema de produção sob plantio direto e (2). A melhoria da qualidade do fertilizante; a médio prazo (3). O emprego da fixação biológica de nitrogênio em gramíneas.

4.1 Adubação do sistema de produção

(1). Cenário: sistema de plantio direto onde a cultura de cobertura do solo terá papel fundamental na conceituação de adubação do sistema de produção e não mais de uma cultura específica.

(2). Justificativa: observações de campo têm mostrado que após alguns anos de plantio direto a gramínea de cobertura passa a ter menor desenvolvimento. Possível

hipótese para o fato: baixa disponibilidade de N às plantas devido à matéria orgânica de elevada relação C/N. Caso comprovada a hipótese, a conseqüência prática será a recomendação da adubação nitrogenada para a cultura da gramínea de cobertura. E quem aplica N, pode também aplicar o P e o K.

(3). Exemplificação prática: sistema de produção de milho e feijão em rotação com a cultura de milheto no verão:

	kg/ha N-P_2O_5-K_2O	
■ **Milho (Julho-Dezembro)**	40-80-40	plantio
	80-00-40	cobertura
■ **Milheto (Janeiro-Fevereiro)**	40-60-60	plantio
	40-00-00	na dessecação
■ **Feijão (Março-Junho)**	00-30-00	plantio
■ **Milho (Julho-Dezembro)**	40-80-40	plantio
	80-00-40	cobertura

(4). Conseqüências práticas: a) a adubação da cultura de cobertura poderá proporcionar o aumento do teor de matéria orgânica do solo num espaço de tempo menor do seria obtido sem esta adubação; b) esta tem custo zero, pois os nutrientes foram apenas emprestados da cultura posterior e devolvidos ao sistema possivelmente em quantidade maior do que a aplicada; c) a aplicação antecipada de parte da dose da adubação permitirá a redução da dose do fertilizante aplicado no sulco de semeadura e consequentemente do efeito salino; d) o aumento da porosidade do solo no plantio direto evita o acúmulo de água reduzindo a incidência de mofo branco; (e) a não elevação da temperatura do solo sob plantio direto pode favorecer a nodulação e o acúmulo de N (Hungria & Franco, 1993); (f) estará fazendo matéria orgânica para o solo no verão quando a área com irrigação tem o mesmo valor relativo que a área sem irrigação.

4.2 Melhoria da qualidade do fertilizante

Como conseqüência da busca da alta produtividade pelo agricultor, virá também a busca de insumos de melhor qualidade, entre eles os fertilizantes. Estes terão que apresentar composição adequada às necessidades das plantas em macro e micronutrientes, boa granulometria, sem segregação e fluidez no momento da distribuição.

4.3 Fixação biológica de nitrogênio em pastagens e cereais

Trabalhos realizados pela EMBRAPA-Programa Nacional de Pesquisa em Biologia do Solo mostram a possibilidade potencial da utilização de fixação biológica de nitrogênio associada às pastagens, cereais e à cana-de-açúcar (Boddey & Dobereiner, 1988; Boddey et al., 1991). Segundo estes autores, para a cana-de-açúcar a fixação biológica poderia fornecer de 60 a 80% das necessidades da cultura. Já para os cereais, as informações disponíveis não permitem ainda uma resposta muito concreta.

No caso do plantio direto, as bactérias fixadoras de nitrogênio seriam de grande importância principalmente no caso da cultura de cobertura do solo, o milheto apresentado no item 4.1., que poderia então dispensar a adubação nitrogenada.

5. SUGESTÕES PRÁTICAS

5.1 Adubação para o feijão de inverno, irrigado, plantio em março-julho

Pré-plantio: 60% N + 60% K_2O
Plantio: 20% N + 100% P_2O_5 + 20% K_2O + 100% Micronutrientes
Cobertura: 20% N + 20% K_2O, até no máximo 20 dias após germinação.

O objetivo da adubação acima sugerida é de reduzir efeitos salino e do íon cloreto junto ao sulco de adubação, reduzir ao mínimo o efeito negativo do N na atividade do rizóbio e dar ainda uma garantia do efeito prolongado do nitrogênio, com uma cobertura de uma dose pequena, no máximo até 20 dias da germinação.

5.2 Feijão de verão: águas e seca, plantio em julho-outubro e dezembro-abril, sem irrigação

(1). Solo arenoso
Plantio: 100% P_2O_5 + 100% Micronutrientes
Cobertura: 100% N + 100% K_2O, até no máximo 20 dias após a emergência.

(2). Solo argiloso
Pré-plantio: 80% N + 80% K_2O
Plantio: 20% N + 100% P_2O_5 + 20% K_2O + 100% Micronutrientes.

O objetivo de se aplicar NK em pré ou pós-plantio, no caso de solo argiloso e arenoso, respectivamente, prende-se principalmente à lixiviação do K. E tendo maior CTC o solo argiloso tem melhor condição de suportar uma certa dose de N e K que o solo arenoso. Além disso, não sendo cultura irrigada, a eliminação ou redução até em 80% do N e do K_2O no sulco de semeadura elimina ou reduz problemas com salinidade e sensibilidade ao íon cloreto.

5.3 Nitrogênio via foliar

Caso apareça deficiência de nitrogênio, esta poderá ser corrigida com pulverizações foliares com solução de uréia a 2-4%. Nesta poderá ser acrescentada Mo (molibdato de sódio 0,05-0,1%), melaço a 2% e ésteres de ácido graxo com glicerol (por exemplo, Natur'l Óleo, da Arbore) a 0,2%, que darão melhor eficiência na absorção e no metabolismo do N aplicado.

5.4 Calagem

Manter o equilíbrio Ca/Mg ao redor de 4 e evitar níveis de Mg no solo acima dos oficialmente recomendados no seu Estado.

5.5 Fórmulas

Comprar fórmulas que contenham enxofre suficiente para suprir ao redor de 30 kg de S/ha.

5.6 Micronutrientes

Apesar das pequenas quantidades exigidas, os micronutrientes são importantes para a busca de altas produtividades do feijoeiro, principalmento Mo e B.

6. LITERATURA CITADA

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ª. ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. P. 194-5. (Boletim Técnico, 100)

ATTEWELL, J. & BLISS, F.A. Host plant characteristics of common bean lines selected using indirect measures of N_2 fixation. In: EVANS, H.J.; BOTTOMLEY, P.J.; NEWTON, W.E. (eds.). **Nitrogen fixation Research Progress**. Boston: Martinus Nijhoff Publishers, 1985. P. 3-9.

BODDEY, R.M. & DOBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: recent results and perspectives for future research. **Plant and Soil**, The Hague, v. 108, p. 53-65, 1988.

BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; DOBEREINER, J. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane. **Plant and Soil**, v. 137, p. 111-7, 1991.

CFSEMG-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. p. 120.

CFSG-Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás**. 5ª. aproximação. Goiânia: UFG/EMGOPA, 1988. p. 64-5.

CFSRS/SC-Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3ª. ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. p. 88-89.

DINIZ, A.R.; ANDRADE, M.J.B.; BUENO, L.C.S.; CARVALHO, J.G. Resposta da cultura do feijão à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v. 3. p. 1225-7.

FRANCO, A.A. Nutrição nitrogenada na cultura do feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 70, p. 4-5, dez. 1995.

HUNGRIA, M. & FRANCO, A.A. Effects of high temperature on nodulation and nitrogen fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, The Hague, v. 149, p. 95-102, 1993.

LOHNIS, M.P. Effect of magnesium and calcium supply on the uptake of manganese by various crop plants. **Plant and Soil**, The Hague, v. 12, p. 339-76, 1960.

LOPES, A.S. **Solos sob "cerrado": características, propriedade e manejo**. 2ª. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. p. 33.

MAAS, E.V.; MOORE, D.P.; MASON, B.J. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. **Plant Physiology**, v. 44, p. 796-800, 1969.

MALAVOLTA, E. & LIMA FILHO, O.F. Nutrição e adubação do feijoeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO FEIJÃO IRRIGADO, 4., Piracicaba, 1996. **Anais**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1996. (no prelo)

MULLER, S.H. & PEREIRA, P.A.A.A. Nitrogen fixation of common *bean (Phaseolus vulgaris* L.) as affected by mineral nitrogen suplly at different growth stages. **Plant and Soil**, v. 177, p. 55-61, 1995.

MUZILLI, O. **Análise de solos: interpretação e recomendação de calagem e adubação para o Estado do Paraná**. Londrina: Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1978. 49 p. (IAPAR. Circular, 9)

O'HARA, G.W.; BOONKERD, N.; DILWORTH, M.J. Mineral constraints to nitrogen fixation. **Plant and Soil**, v. 108, p. 93-110, 1988.

OLIVEIRA, I.P. de; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (coord.). **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. P. 169-221.

PARRA, M.S. Nutrição e adubação. In: **O feijão no Paraná**. Londrina: Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1989. P. 79-100. (IAPAR. Circular, 63)

PESSANHA, G.G.; SOUZA FILHO, B.F. de; FRANCO, A.A. Feijão. In: ALMEIDA, D.L. de et al. (eds.). **Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: Ed. Universidade Rural, 1988. p.102-3. (Coleção Universidade Rural. Ciências Agrárias, 2)

PEREIRA, J.R. & FARIA, M.B. de. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em condição irrigada. In: COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. 2ª. ed. Salvador: CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABA/NITROFÉRTIL, 1989. p. 121.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (coord.). **Cultura do Feijoeiro**

Comum no Brasil. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. P. 353-90.

ROSOLEM, C.A. & MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. In: POTAFOS (ed.). **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 7, p. 1-16, 1994. (Encarte Técnico)

TSAI, S.M.; BONETTI, R.; AGBALA, S.M.; ROSSETO, R. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, v. 152, p. 131-8, 1993.

U.S. SALINITY LABORATORY. **Diagnosis and imporvement of saline and alkali soils**. U.S.D.A. Handbook, 60. 1954.

VIEIRA, C. & GOMES, F.R. Ensaios de adubação química do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 11, p. 253-64, 1961.

WINTER, E.J. **A água, o solo e a planta**. São Paulo: E.P.U.-EDUSP, 1976. P. 38.

ECOFISIOLOGIA E FENOLOGIA DO FEIJOEIRO

Antônio Luiz Fancelli[1]
Durval Dourado-Neto[1]

1. INTRODUÇÃO

O feijão, apesar de no Brasil se constituir no alimento básico para a maioria da população, a oferta do produto, nos últimos 5 anos, tem sido muito variável, o que tem acarretado significativa perturbação e inconstância em seu cenário comercial. Tais fatos são reflexos de inúmeros problemas relacionados ao descaso da agricultura por parte dos órgãos competentes, falta de planejamento, incitação `a especulação, precariedade na orientação técnica da cultura, bem como ao emprego de técnicas padronizadas e de caráter reducionista e simplista.

Neste contexto, o estabelecimento de política agrícola condizente com o momento econômico atual, o desenvolvimento de estratégias de manejo com o enfoque sistêmico (visão do todo) e fundamentado em princípios científicos, bem como o emprego de sistemas de produção que visem o máximo rendimento econômico, e não apenas elevada produção, tornam-se imperiosos para os destinos de uma agricultura racional, principalmente na cultura do feijão irrigado.

2. FENOLOGIA

Fenologia é o estudo dos eventos periódicos da vida da planta em função da sua reação às condições de ambiente. Assim, percebe-se que o conceito de fenologia envolve o conhecimento de todas as etapas de crescimento e desenvolvimento da vida vegetal, como a germinação, emergência, elaboração do aparato fotossintético, florescimento, aparecimento de estruturas reprodutivas e maturação dos frutos e sementes. A reunião desses conhecimentos, de forma ordenada e concisa, possibilita a determinacão das relações e do grau de influência dos fatores envolvidos no processo produtivo, favorecendo sobremaneira o estabelecimento de estratégias de manejo e de tomada de decisão.

2.1 Importância do uso de escala fenológica

Infelizmente, apesar do conhecimento acumulado e das informações disponíveis concernentes ao crescimento e desenvolvimento da espécie *Phaseolus vulgaris*, ainda o agricultor tem utilizado e recebido recomendações técnicas de manejo relacionadas a simples escala de tempo, representada pelo número de dias transcorridos após a semeadura, emergência e florescimento das plantas de feijão. Tal procedimento tem contribuído para a redução da eficiência no uso de fertilizantes, defensivos e água, bem como tem ocasionado equívocos na preservação de etapas importantes de definição de produção e rendimento por parte da planta.

Assim, o uso de uma escala baseada nas mudanças morfológicas da planta e nos eventos fisiológicos que se sucedem no ciclo de vida do feijoeiro oferece maior

[1] Professor Doutor. Departamento de Agricultura. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. C.P. 9. Piracicaba, SP. 13418-900.

segurança e precisão nas ações de manejo. A referida escala é denominada de escala fenológica, cujas etapas de desenvolvimento da planta são correlacionadas com suas características morfológicas, objetivando sua identificação, as quais, por sua vez, estão vinculadas aos eventos fisiológicos e bioquímicos inerentes a cada etapa.

Para a cultura do feijão, a escala fenológica mais utilizada é aquela proposta por GEPTS & FERNÁNDEZ (1982), conforme apresentado na Figura 1.

Nesta escala o ciclo biológico do feijoeiro é constituído de 10 etapas de desenvolvimento, sendo que a designação de cada etapa é baseado em um código que consta de uma letra e um número. A letra significa a fase dentro do ciclo, ou seja, a letra V refere-se `a fase vegetativa e a letra R, a fase reprodutiva . Os números indicam a posição da etapa de desenvolvimento da planta dentro da escala.

2.2 Discrição das etapas de desenvolvimento do feijoeiro

O desenvolvimento do feijoeiro compreende duas grandes fases distintas, denominadas de Fase Vegetativa e Reprodutiva, diferenciadas entre si pela manifestação de diferentes eventos. A fase vegetativa tem seu início caracterizado pelo desdobramento das folhas primárias prosseguindo até o aparecimento dos primeiros botões florais. A referida fase é favorecida pela ocorrência de temperaturas moderadamente elevadas (superior a 21,0 °C e inferior a 29,5 °C), adequada disponibilidade hídrica e abundante luminosidade. A fase reprodutiva se transcorre desde a emissão dos botões florais até o pleno enchimento de vagens e a maturação das sementes. Nessa fase evidencia-se notória sensibilidade à deficiência hídrica e excesso de água.

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. Esse fato deve ser considerado por ocasião da elaboração de recomendações técnicas e de manejo .

A descrição e a caracterização dos estádios fenológicos podem ser evidenciadas na Figura 1. Ainda, cumpre salientar que o pleno conhecimento e a facilidade na identificação dos estádios fenológicos mencionados, favorecem o estabelecimento de estratégias efetivas de manejo, objetivando a obtenção de rendimentos satisfatórios e lucrativos.

2.3 Duração das etapas de desenvolvimento

A duração das etapas de desenvolvimento do feijoeiro pode ser afetada por alguns fatores, dentre os quais merecem especial destaque o genótipo, o qual determina o hábito de crescimento e a precocidade das plantas, o clima e as condições de fertilidade do solo.

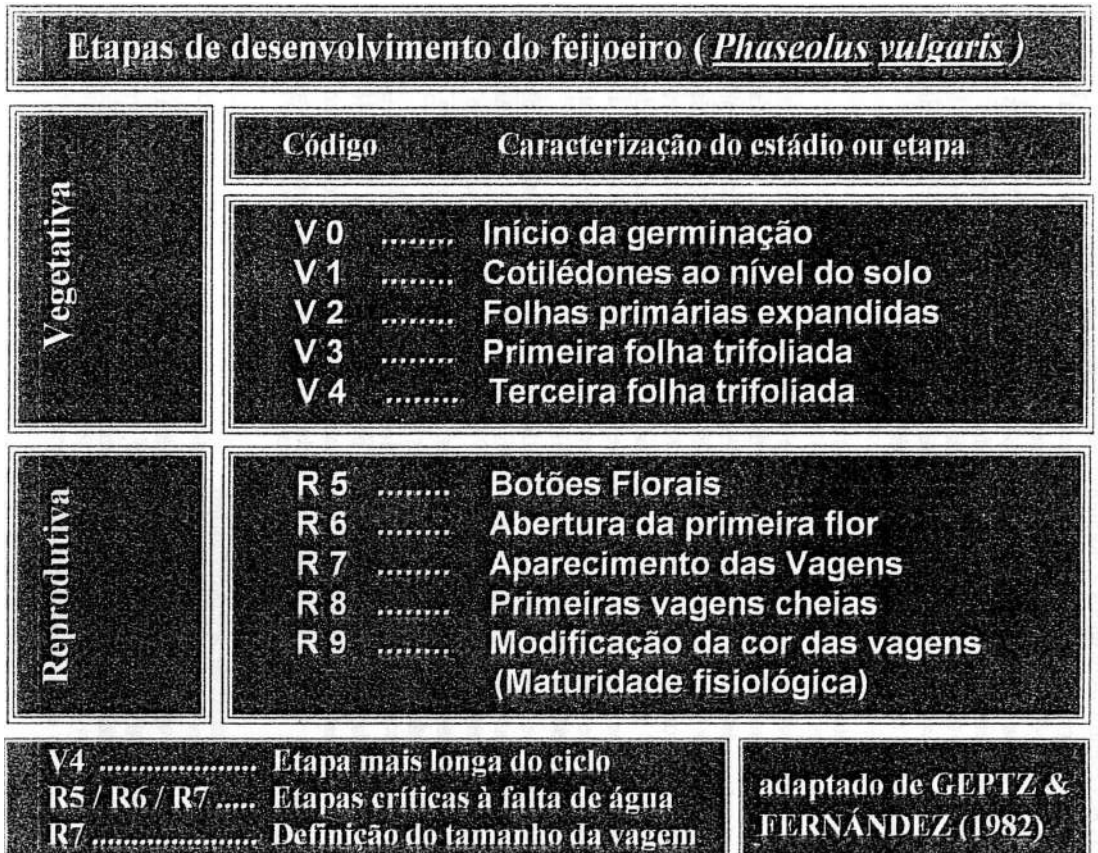


Figura 1. Descrição dos estádio fenológicos do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (adaptado de GEPTZ & FERNÁNDEZ, 1982).

2.4 Hábito de crescimento

De forma geral, as plantas cultivadas apresentam fase determinada de crescimento, isto é, a emissão e a elongação de folhas e ramos cessam por ocasião do advento das flores . No caso do feijoeiro, além desse tipo, também são constadas plantas apresentando o processo de crescimento após o início da floração, as quais são classificadas como plantas de crescimento indeterminado. Ressalta-se que as principais variedades comerciais de potencialidade produtiva satisfatória pertencem ao grupo de hábito de crescimento indeterminado.

Em função das diferentes gradações relativas ao porte, distribuição de flores e vagens, grau e tipo de ramificação, necessidade de tutoramento e desempenho, 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) e **Tipo IV** (plantas de crescimento indeterminado trepador), conforme observado na Figura 2.

As plantas relacionadas ao **TIPO I** apresentam a haste principal e os ramos laterais terminando em inflorescências (flores). O talo principal é bastante resistente, muito pouco ramificado, onde se evidencia reduzido número de entrenós (5 a 10), comumente curtos. Devido a isso, tais plantas possuem pequeno porte, com altura variável entre 25 e 50 cm, além de apresentarem, geralmente, ciclo precoce. O período de florescimento é reduzido em comparação a outros tipos. 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 população de plantas 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, haste principal com tendência de crescimento francamente vertical, ramos laterais não numerosos e, geralmente, curtos, o que confere à planta o aspecto arbustivo, apesar de possuir hábito de crescimento indeterminado. Ainda, pode-se constatar a presença de guias curtas ou longas, não se configurando, 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, quando da redução de estande (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 sob irrigação e aqueles de média a alta tecnologia. Ainda, o referido hábito de crescimento propicia adequada distribuição das flores, conseqüentemente, das vagens na planta. Tal fato, assegura melhor qualidade do produto, mesmo quando da ocorrência de período úmido no final do ciclo da cultura por não possibilitar o contato com o solo, da maioria das vagens produzidas.

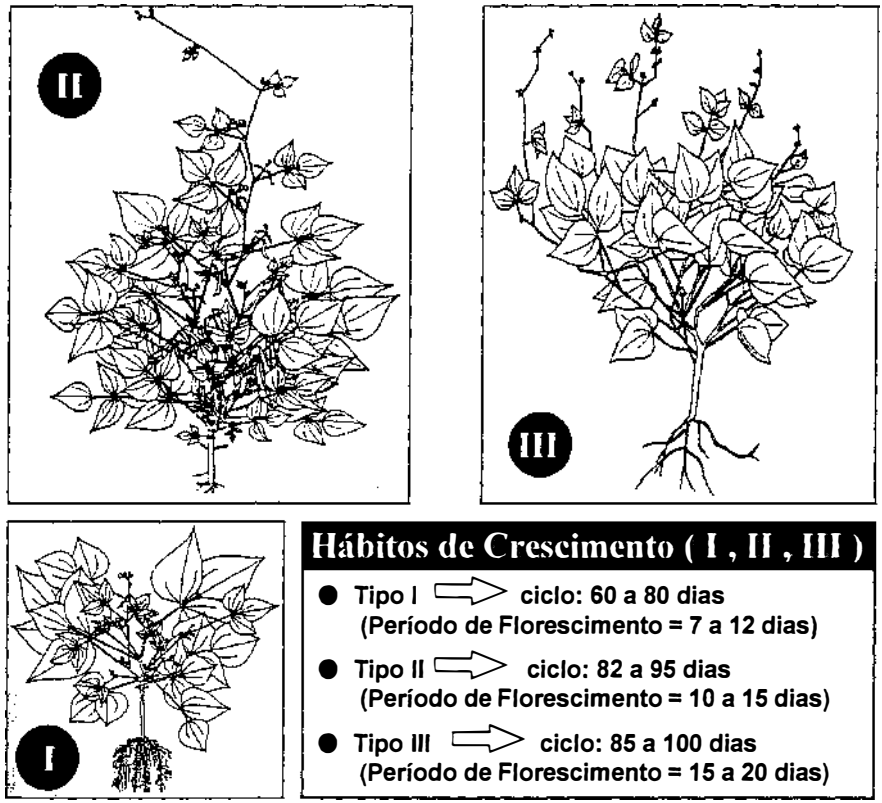


Figura 2. Hábitos de crescimento referente aos tipos I, II e III do feijoeiro.

As plantas relacionadas ao **TIPO III** apresentam hábito de crescimento indeterminado prostrado ou semiprostrado 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 para a espécie (15 a 20 dias) quando comparado ao tipo I (5 a 7 dias) e ao tipo 11 (10 a 15 dias), o que proporciona a redução 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 estande) presentes na área e satisfatória rusticidade. Todavia, verifica-se também grande desuniformidade de maturação das vagens; grande quantidade de vagens localizadas na parte baixa da planta, o que possibilita seu contato com o solo, além da freqüente 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 apical. A floração se prolonga por semanas e na parte basal do talo ou haste principal pode-se observar vagens secas, apesar do ápice da planta continuar emitindo flores. Assim, sua cultura exige colheita parcelada, além da presença de tutores adequados para a expressão de seu elevado potencial de produção.

Cada tipo de hábito de crescimento apresenta diferentes intervalos de tempo para as mesmas etapas de desenvolvimento. Tal constatação pode ser averiguada em estudos do CIAT, resumidos na Figura 4.

Da mesma forma, em função das características amplamente discutidas, as recomendações técnicas para espaçamento e população devem ser peculiares a cada tipo de planta, conforme apresentado na Figura 5.

2.5 Precocidade

A precocidade, determinada pelo genótipo, pode afetar sobremaneira a duração das etapas de desenvolvimento do feijoeiro, principalmente aquelas antecedentes ao florescimento. A Figura 3 corrobora tal evidência, visto que diferentes variedades pertencentes ao mesmo tipo de hábito de crescimento podem apresentar distintos intervalos de tempo entre a emergência e o início da abertura das flores.

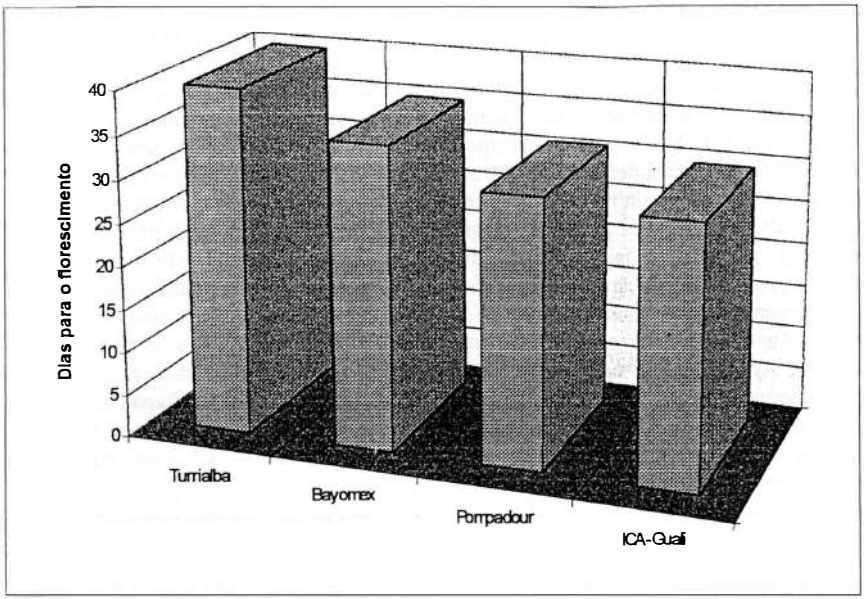


Figura 3. Número de dias para o início do florescimento em quatro variedades de feijão de hábito de crescimento determinado - tipo I - em condições de Palmira, Colômbia. (adaptado de FERNÁNDEZ et al., 1985).

2.5.1 Clima

O clima constitui-se em fator preponderante no desenvolvimento das plantas, visto que determina condições para a manutenção da dinâmica da vida. No caso do feijoeiro os fatores que mais interferem na duração das etapas de desenvolvimento são a temperatura (Tabela 1) e a água. A temperatura média ideal para a cultura do feijão corresponde a 21 °C, sendo consideradas regiões aptas para o seu cultivo aquelas que apresentem valores médios de temperaturas entre 15 e 29 °C.

Tabela 1. Média do Intervalo de dias entre a germinação (V_0) e o início da floração (R_6) de 20 variedades de feijão cultivadas em diferentes condições de temperatura (FERNÁNDEZ et al., 1985).

Local	Temperatura média anual	Dias para o florescimento
Palmira - CIAT	24 °C	49
Popayán - CIAT	19 °C	55
La selva - ICA	17 °C	66
Obonuco - ICA	13 °C	99

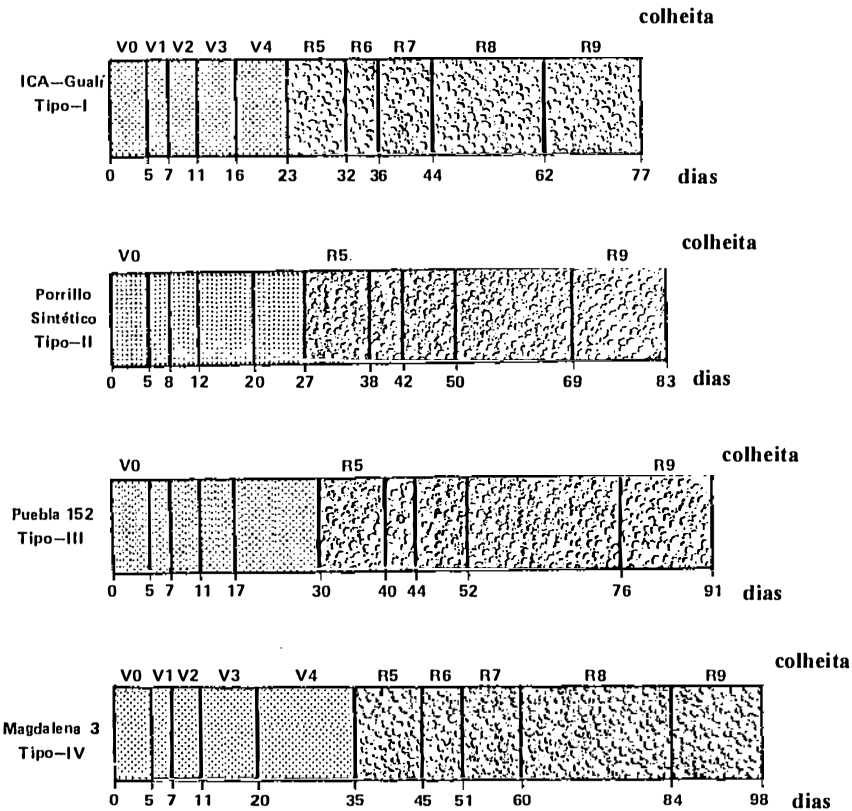


Figura 4. Duração (dias) das etapas de desenvolvimento do feijoeiro referente a quatro variedades distintas cultivadas nas condições de Palmira (24 °C) (CIAT, 1985).

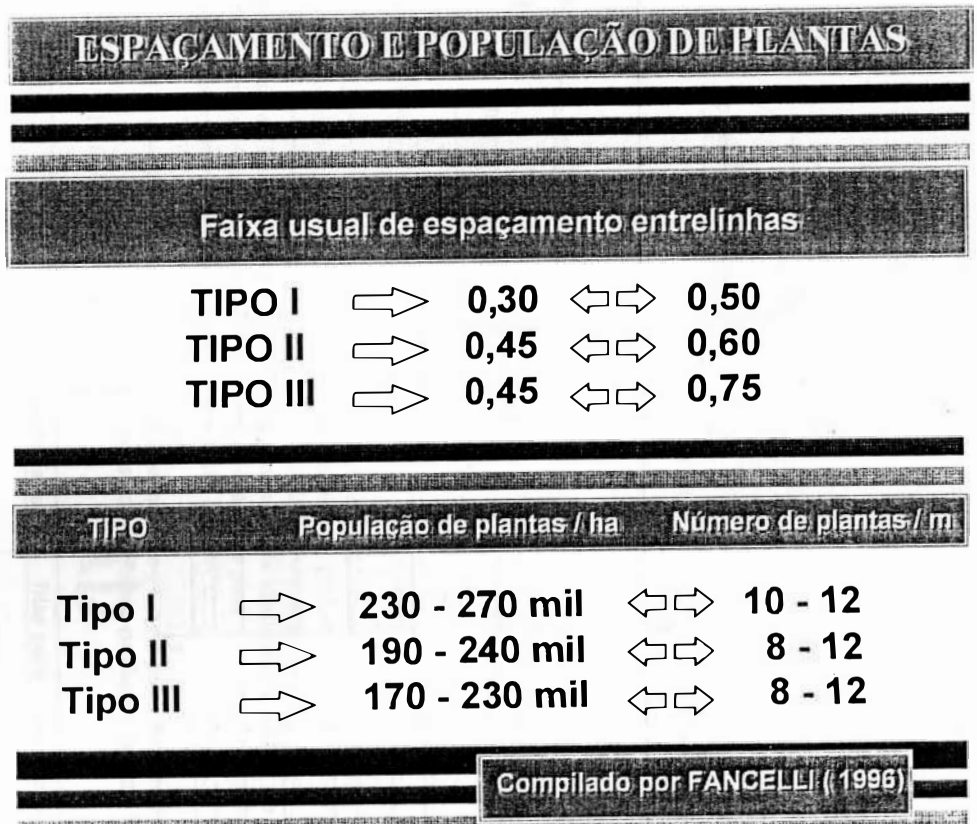


Figura 5. Espaçamento e população de plantas recomendados em função do hábito de crescimento.

Com relação à água, o feijoeiro é considerado como sendo uma espécie pouco tolerante a deficiências hídricas, o que pode afetar a duração de algumas etapas de seu desenvolvimento, culminado, freqüentemente na redução do ciclo biológico da planta.

A cultura do feijão exige um mínimo de 300 mm de precipitação para que produza à 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 a implantação da mencionada espécie, embora tal limitação encontre-se mais diretamente condicionada à distribuição, do que à quantidade total de chuvas ocorrida no período.

2.5.2 Fertilidade do solo

O feijoeiro quando cultivado em condições de alta fertilidade de solo, manifesta a tendência de alongamento de seu ciclo de vida. Em meio a elevado teor de matéria orgânica ou acentuada disponibilidade de nitrogênio, a mencionada espécie alonga sua fase vegetativa, e consequentemente a duração dos estádios de desenvolvimento relativos à essa fase, bem como promove maior taxa de retenção foliar, notadamente quando submetida a regime hídrico favorável.

3. DESCRIÇÃO DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E ECOFISIOLOGIA

3.1 ESTÁDIO V_0 (Germinação)

Após a absorção de água 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 e a elongação de células (MAGALHÃES & CARELLI, 1972). Ainda, o feijoeiro não apresenta satisfatória tolerância à semeadura profunda. Tal procedimento poderá contribuir para a amplificação dos efeitos negativos oriundos da presença de camadas adensadas (crostas) na superfície do solo, em decorrência de sua natureza epígea de sua germinação. Depois da emissão da radícula, o hipocótilo também se alonga e os cotilédones aparecem na superfície do solo. Temperaturas inferiores a 12 °C reduzem significativamente a taxa e a velocidade de germinação das sementes. Por outro lado, valores de temperatura próximos a 25 °C, favorecem consideravelmente o processo referido.

3.2 ESTÁDIO V_1 (Emergência)

A emergência é caracteriza 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.

3.3 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 2° nó da haste principal.

A rapidez do desdobramento, a conformação e o 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. Salienta-se também que o tamanho e a conformação das folhas primárias podem ser reduzido e afetado pela maior profundidade de semeadura, pela incidência de pragas e fungos de solo, pela escassez de água, além de ser influenciada pela integridade e vigor das sementes.

3.4 **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 somente no estádio V_4 (após a emissão do 5° trifólio). No presente estádio, os cotilédones foram exauridos e, freqüentemente, já sofreram o processo de abscisão (queda). Desta feita, a planta passa a depender diretamente dos nutrientes presentes no solo. 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 moderados.

3.5 **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.

Deficiências hídricas 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. Em estudo elaborado por BRANDES et al. (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 semeadura empregadas.

Face ao exposto, conclui-se que espaçamentos mais estreitos ou populações elevadas ocasionam a diminuição do número de ramos laterais, contribuindo para a redução da área foliar de cada planta, sobretudo nas variedades de hábito trepador.

Muitas tentativas têm sido envidadas no sentido de minimizar os efeitos da perda excessiva de água por parte do feijoeiro, dentre elas podem ser destacadas a aplicação de antitranspirantes, 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 segundo SOUZA & GONZALES (1975) promovem eficientemente a redução da transpiração

Todavia, apesar dos esforços despendidos em inúmeros trabalhos de pesquisa relacionados à economia de água pelas plantas, ainda 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 incidência de vento constante em lavouras de feijão pode também aumentar a demanda por água por parte da planta, tornando-a mais suscetível a períodos curtos de

estiagem, afetando o desempenho da cultura. Assim, experimentos conduzidos no CIAT, Colômbia, mostraram que o emprego de quebra-ventos, devidamente localizados na gleba assolada por brisa contínua, pode contribuir para o incremento de produção, próximo a valores correspondentes a 15%, além de reduzir a incidência de doenças provocadas por bactérias.

Da mesma forma, o feijoeiro, também apresenta elevada sensibilidade ao excesso de água, representado por chuvas intensas e freqüentes ou irrigações excessivas que prejudicam seu metabolismo e restringe seu potencial de produção. O excesso de umidade ocasiona a deficiência de oxigênio ao nível radicular 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.

Nesse estádio, temperaturas baixas e/ou baixa luminosidade no feijoeiro ocasionam a diminuição da formação de ramos laterais ou axilares, contribuindo para a redução da área foliar (CROOKSTON et al., 1975), bem como acentuam falhas na formação e fisiologia das estruturas reprodutivas (FARLOW et al., 1979).

A obtenção de elevado índice de área foliar para o feijoeiro pode não se traduzir em maior potencial de produção pois, conforme relata DAVIS (1945), a correlação entre a área foliar e o rendimento pode ser negativa ou positiva, em função dos fatores de produção disponíveis na etapa de florescimento e formação de vagens.

Assim, a produção excessiva de folhas, estimulada pelo clima e condições edáficas, bem como via irrigação ou insumos, poderá comprometer o desempenho da planta em função do aumento da taxa respiratória e transpiratória, bem como da redução da eficiência fotossintética. O índice de área foliar deverá ser condizente com o sistema de produção adotado e com o estoque de recursos disponíveis.

Ainda, plantas de feijão expostas a temperaturas noturnas entre 5 a 10 °C, podem evidenciar no dia seguinte severa redução na taxa fotossintética, alteração no ponto de compensação, acompanhado de menor potencial hídrico, menor absorção de CO_2 e menor taxa transpiratória (CROOKSTON et al., 1974).

Com relação a 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, em função da latitude das áreas de produção, as variedades comerciais apresentam comportamento fotoneutro, sendo os efeitos da temperatura mais importantes para a redução ou ampliação do ciclo biológico dessa espécie.

Apesar da satisfatória adaptabilidade do feijoeiro à luz difusa, o que permite seu emprego em sistemas consorciados de produção, quando submetido à baixa luminosidade, principalmente nesse estádio, produz menor número de folhas e de estômatos por área foliar, além de se constatar, nessa situação, folíolos mais delgados (CROOKSTON et al., 1975).

Por outro lado, em regiões ou épocas de acentuada intensidade luminosa, as folhas, haste ramos e vagens podem apresentar escaldaduras (descoloração ou queimaduras), especialmente após período de elevada umidade e nebulosidade. (CIAT, 1980). Ainda, por se tratar de planta de fisiologia C3, quando submetidos a intensidades crescentes de luz, o feijoeiro comum apresenta saturação lumínica a partir de 40 a 60 klux.

3.6 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 fotoperiodo constituem-se nos principais elementos determinantes do momento do aparecimento dos botões florais.

Para diversos autores (DUBETZ & MAHALLE, 1969; MAGALHÃES et al., 1979 e HOSTALÁCIO & VÁLIO, 1984), a mencionada etapa de desenvolvimento pode ser considerada como uma das mais críticas quanto à falta de água (Figura 6).

Inúmeros trabalhos de pesquisa relatam que o estresse hídrico nesse estádio, além de retrair bruscamente a emissão de novas folhas por parte de plantas de hábito de crescimento indeterminado provocam perda de produção entre 15 a 30 %.

Ao término da pré-floração, os pedúnculos se alongam, a corola se sobressai por entre as bractéolas, as pétalas adquirem a pigmentação característica do cultivar e as flores principiam o processo de expansão.

3.7 ESTÁDIO R_6 (Florescimento)

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 segue o sentido ascendente.

Referências práticas evidenciam que o feijoeiro de hábito de crescimento indeterminado deverá atingir esse estádio com aproximadamente 20 a 22 trifólios devidamente expandidos e fotossinteticamente ativos, de modo a não comprometer os eventos fisiológicos concernentes a esse estádio (FANCELLI, 1996).

As flores do feijoeiro são extremamente sensíveis a danificações mecânicas e a produtos químicos de natureza diversa (fertilizantes e defensivos, de maneira geral).

O feijoeiro comum é uma planta de auto-fecundação, o que é favorecido pela sua morfologia floral, visto que seus 10 estames estão localizados ao nível do estigma. Quando se processa a deiscência das anteras, o pólen atinge diretamente o estigma, principiando a etapa de fecundação que pode durar de 8 a 10 horas. Todavia, taxas de cruzamentos naturais oscilando entre 0,2 a 10 % podem ser observados, culminando em sérios transtornos à produção de sementes. Taxas elevadas de cruzamentos têm sido, freqüentemente, atribuída à presença de tripes e outros insetos associados à cultura do feijão.

Ainda, a referida planta produz grande número de flores, muito acima daquele possível de ser sustentado, em função da acentuada queda natural de flores, característica dessa espécie, a qual oscila entre 40 e 75 %, em consonância com as condições climáticas reinantes no período.

As primeiras flores apresentam normalmente maior probabilidade e capacidade de originarem vagens, em função da ordem de prioridade de formação das vagens. Aquelas correspondentes ao meio e final do florescimento estão sujeitas a maior índice de abortamento ou maior taxa de chochamento.

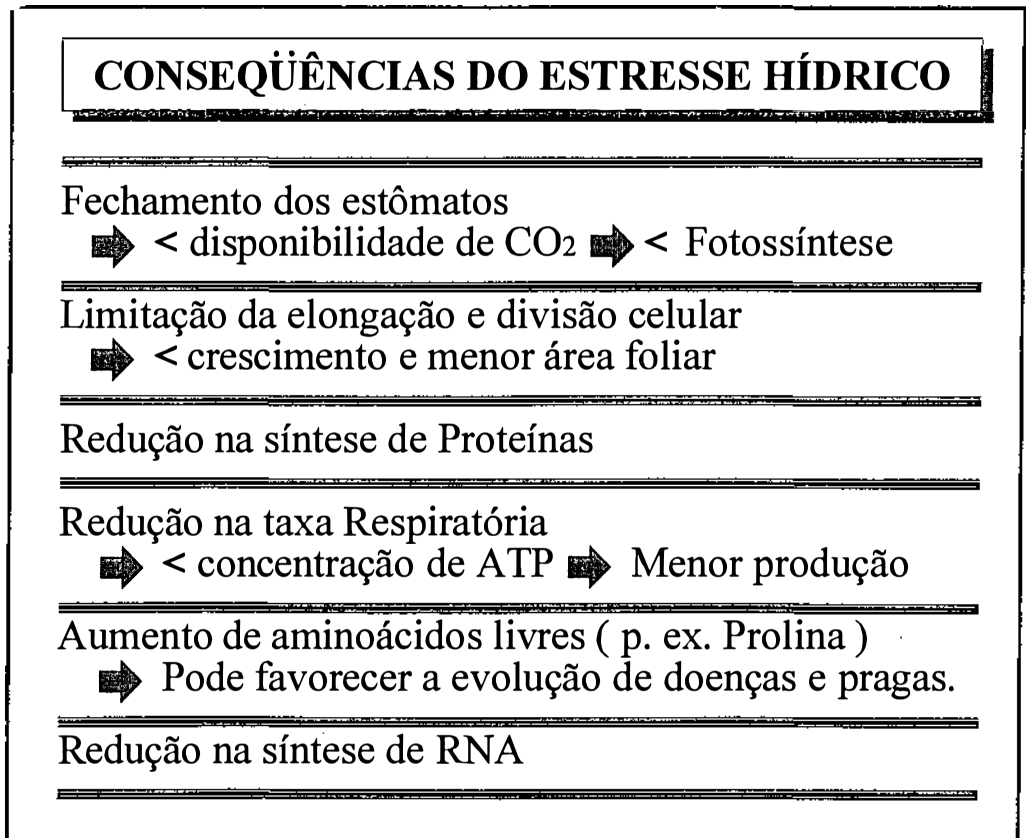


Figura 6. Conseqüências básicas do estresse hídrico na vida vegetal.

Nesse estádio a predominância de temperaturas baixas pode afetar o processo de fecundação das flores . Por conseguinte a germinação do pólen do feijoeiro é reduzida por 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 fertilização (FARLOW et al., 1979). Temperaturas baixas também acarretam a redução do número de vagens por planta e de sementes por vagens. Todavia, estudo desenvolvido por FARLOW et al. (1981), mostra que temperaturas crescentes acima de 12,8 °C até 21°C, não interferiram no número de vagens, porém propiciaram o aumento linear no número de sementes por vagem. Ainda, nesse mesmo trabalho, nenhuma vagem e semente conseguiu se desenvolver, de forma normal, quando a planta foi submetida à temperatura de 10°C.

Quanto à necessidade de água, períodos de défices hídricos de uma semana por ocasião da floração podem acarretar queda de rendimento ao redor de 48% (GARRIDO et al., 1979).

O consumo de água por parte do feijoeiro, raramente excede 3,0 mm/dia, enquanto a planta estiver nos estádios iniciais de desenvolvimento (VI, V2 e V3). Contudo, durante o pleno crescimento (V4), florescimento (R5/R6) e enchimento de vagens (R7 e R8), seu consumo pode se elevar para 4,0 a 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).

Com relação ao excesso de água, 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.

3.8 **ESTÁDIO R_7** (Início da formação das vagens)

O presente estádio é caracterizado pelo aparecimento das primeiras vagens, após a murcha da corola, apesar da planta continuar emitindo novas flores, por tempo relacionado aos tipos de plantas correspondentes. Essa etapa é também extremamente influenciada pelas condições climáticas reinantes, além de ser também considerada como uma das etapas críticas. quanto à falta de água. Deficiências hídricas nesse estádio proporcionam a diminuição da produção pela redução da fotossíntese e do metabolismo da planta, pela queda de vagens jovens (abortamento) e pela retração do tamanho das vagens em fase de crescimento. GARRIDO et al. (1979) observaram perda correspondente a 58% quando a limitação hídrica ocorreu no período efetivo de formação de vagens.

Quanto à influência da temperatura nesse estádio, FISCHER & WEAVER (1974), relatam que temperatura noturna elevada (superior a 24 °C) pode ser favorável ao florescimento, dentro de certos limites, devido ao incremento na atividade metabólica da planta, porém é extremamente danosa para a formação e retenção de vagens. Durante o dia, de acordo com STOBBE et al. (1966), temperaturas superiores a 35 °C, durante esse estádio, contribuirá para a máxima taxa de abortamento de vagens jovens. 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, o incremento na taxa de abortamento de vagens jovens (e de flores) é amplificado pela elevação da demanda evapotranspiratória proporcionada pela presença de vento e de baixa umidade relativa do ar (DAVIS, 1945; FISCHER & WEAVER, 1974).

Referências da literatura evidenciam a resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio, fósforo e Potássio, nesse estádio, porém via foliar, visto que a atividade radicular (absorção ativa) encontra-se reduzida em função da relação fonte-dreno, que nessa fase favorece a formação das vagens. Assim, o nitrogênio poderá contribuir para o incremento do tamanho das vagens e o fósforo, bem como o potássio, poderão propiciar o aumento da densidade (peso) das sementes. Cumpre ressaltar que o emprego desses nutrientes, após o florescimento, somente é recomendado quando a fase vegetativa encontra-se em equilíbrio com a fase reprodutiva, ou seja, quando não se dispõe de número excessivo de folhas, configurando-se sobreposição abusiva de plantas (FANCELLI,1992).

Salienta-se que, nesse estádio, a planta pode estar produzindo flores, vagens e mesmo folhas, o que implica no eficiente mecanismo de translocação de carboidratos, regido pela relação fonte-dreno. Assim, a escala hierárquica de utilização de fotossintetatos é definida pela seqüência decrescente constituída de semente, vagem, flores e folhas. Porém, a folha, que é considerada como fonte, pode se transformar em dreno, quando jovem, visto que sua capacidade de translocação de carboidratos é baixa. Apenas quando a folha atingir 60 % do seu tamanho normal e estiver plenamente desdobrada (folha adulta) é que a mesma poderá funcionar como fonte. a capacidade de translocação das folhas do feijoeiro aumenta com a idade e com a atividade metabólica.

Nesse contexto, o manejo da lavoura de feijão deverá antes de mais nada, preservar o equilíbrio entre as grandes fases de desenvolvimento da planta, objetivando o não favorecimento da produção exacerbada de folhas em detrimento das estruturas reprodutivas, a minimização das relações de competição entre as folhas novas e vagens jovens, bem como entre a parte aérea e as raízes.

Esquema básico alusivo às relações fonte-dreno e translocação de carboidratos pode ser visualizado na Figura 7.

3.9 ESTÁDIO R_8 (Enchimento das vagens)

A etapa R_8 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 redução da produção, em número e peso de grãos.

Nesse estádio a ocorrência de temperaturas elevadas (superior a 30 °C), além de resultar no aumento da taxa respiratória, provoca sensível redução no número de grãos por vagem (DICKSON & BOETTGER, 1984), bem como podem promover o incremento da concentração de etileno na planta, composto esse relacionado ao processo de abscisão ou queda de folhas, flores e vagens (ABELES & GAHAGAN, 1968).

No final da presente etapa, evidencia-se o começo do processo e pigmentação das sementes e em seguida das vagens. No estádio R_8 finaliza, normalmente, a emissão de novas folhas por parte dos cultivares com hábito de crescimento indeterminado, além de se observar o início do amarelecimento e queda das folhas inferiores da planta.

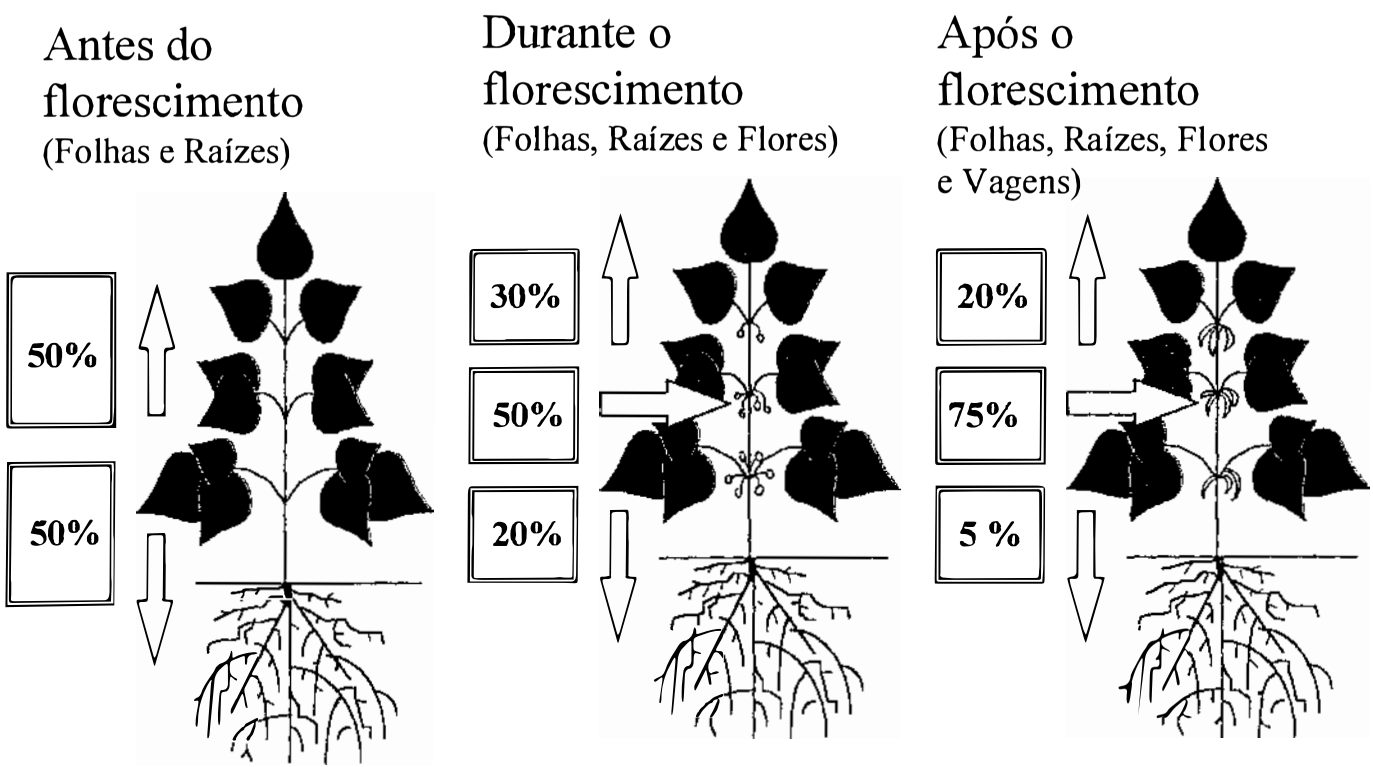


Figura 7. Esquema geral de translocação de carboidratos no feijoeiro de hábito de crescimento indeterminado (FANCELLI, 1996, adaptado de WILLENBRING, 1966; WIEN et al., 1976; CIAT, 1990).

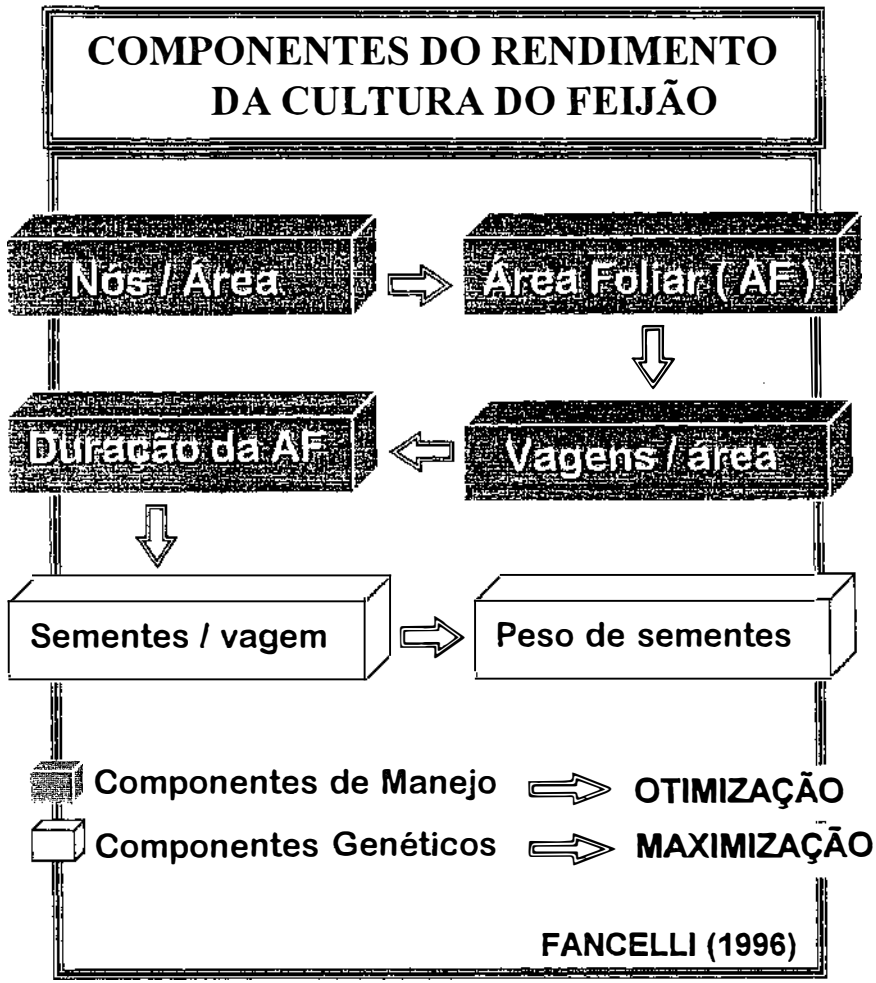


Figura 8. Componentes do rendimento da cultura de feijão.

A aplicação tardia de nitrogênio, (entre R_5 e R_7), via foliar, poderá contribuir para a redução da taxa de produção de vagens chochas, para o aumento da retenção e da duração da área foliar, com conseqüente favorecimento do enchimento de vagens, bem como para o prolongamento do ciclo da planta. Contudo, a utilização indiscriminada dessa estratégia poderá resultar na elevação da taxa respiratória, devido ao estímulo desnecessário de produção de mais folhas, além de tornar a planta mais suscetível a doenças e pragas.

3.10 **ESTÁDIO R_9** (Maturidade das vagens)

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 área.

4. 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(l):23-30.

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

CIAT. Morfologia de la planta de frijol comum (*Phaseolus vulgari* 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.

CROOKSTON, R.K.; O' TOOLE, J. ;OZBUN, J.L. Characterization of the bean pod as a photosynthetic organ. Crop Sci., 14: 708-12, 1974.

DAVIS, J.F. The effects of some environmental factors on the set of pods and yeld of white cowpea beans. J. Agric. Research. 70(7):237-49, 1945.

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. Americ. 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. 138 p.

FANCELLI, A.L. Feijão irrigado. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, 1992. 177 p.

FANCELLI, A.L. Fisiologia da produção do feijoeiro: apontamentos de aula. Departamento de Agricultura/ESALQ/USP, 1996.15p. (mimeografado).

FISCHER,V. J. & WEAVER, C. K. Flowering, pod set, and pod retentionof lima bean in response to hight temperature, humidity and soil moisture. J. Americ. Soc. Hort. Science. 99(5):448-50, 1974.

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. & FERNÁNDEZ, F. Etapas de desarrollo de la planta de frijol comum (*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.C.; 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, 11967.

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

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

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

WIEN, H.C.; ALTSCHULER, S. L.; OZBUN, J. L.; WALLACE, D. H. J. ^{14}C-assimilate distribution in *Phaseolus vulgaris* L. during the reproductive period. J. Americ. Soc. Hort. Science. 101(5):510-3, 1976.

WILLENBRING, J. Transporte ^{14}C-markierter assimilate in phloem von pelargonicius zonale und *Phaseolus vulgaris*. Planta, 71:171-83, 1966.

RECOMENDAÇÕES GERAIS NA OPERACIONALIZAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Durval Dourado-Neto[1]
Antônio Luiz Fancelli[1]

1. INTRODUÇÃO

Os componentes necessários ao fornecimento e aplicação de água nas 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 da 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).

2.1 Umidade média crítica

A umidade média crítica é o conteúdo 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. Cabe salientar que esse procedimento é sempre uma aproximação prática, visto que, a rigor, o potencial mátrico crítico varia constantemente em função da profundidade efetiva do sistema radicular (está relacionado com a área útil à absorção), demanda evapotranspiratória e idade e estado nutricional e fitossanitário da cultura.

[1] Professor Doutor. Departamento de Agricultura. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. C.P. 9. Piracicaba, SP. 13418-900.

A medida que o solo seca, devido a evapotranspiração principalmente, passando da umidade de manejo a uma umidade menor, aumenta, em módulo, o potencial mátrico e o potencial osmótico; conseqüentemente, aumenta a energia despendida pela planta para absorção. Associado a isso, com a diminuição do conteúdo de água, diminui a condutividade hidráulica do solo diminuindo a capacidade de suprimento da demanda evapotranspiratória, 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 constante manutenção do conteúdo de água correspondente à umidade de manejo (inviável na prática) aumenta custo de produção. Portanto, 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 varia durante o ciclo da cultura em função do solo e dos atributos do clima determinantes da demanda evapotranspiratória (umidade relativa e temperatura, principalmente).

A visão global (resumo geral) do sistema agrícola pode ser visualizada na Figura 1.

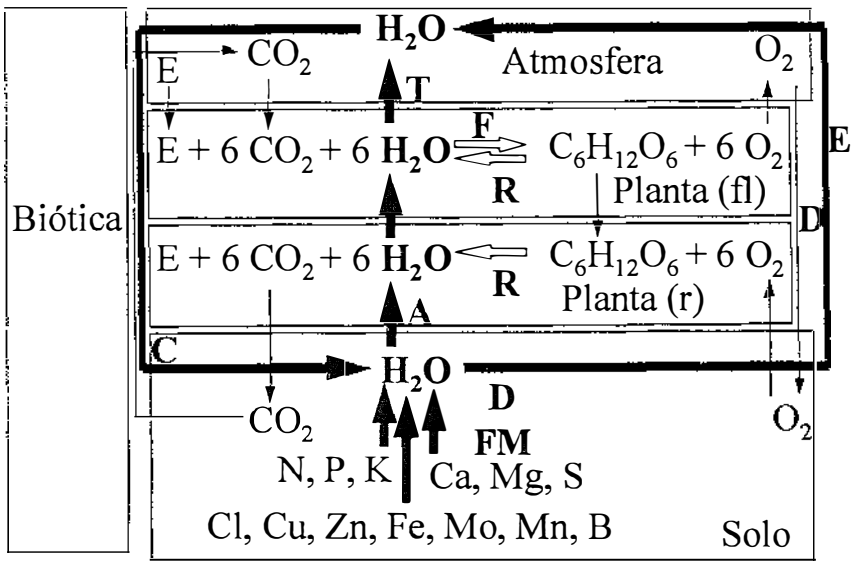


Figura 1. Visão global do sistema agrícola (fases solo, planta, atmosfera e biótica) ilustrando a relação entre os principais processos que ocorrem na natureza: i. E: evaporação, T: transpiração, C: chuva, D: difusão de gases ("aeração"), oxigênio e dióxido de carbono principalmente, devido ao gradiente de pressão parcial gerado, A: absorção (água e os nutrientes minerais essenciais, principalmente - N: nitrogênio, P: fósforo, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, S: enxofre, Cl: cloro, Cu: cobre, Zn: zinco, Fe: ferro, Mo: molibdênio, Mn: manganês e B: boro), R: respiração, e F: fotossíntese.

2.2 Umidade de manejo

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

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

Essa definição é dependentes das principais fases do sistema agrícola: solo, planta e atmosfera (Figura 1). 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, a qual 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 visualize 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 dos sistemas de irrigação por superfície e 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, por inundação e em faixas de inundação.

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 dos drenos de alívio.

3.1.2 Rede de distribuição de água

Deve-se fazer a limpeza do canal principal pelo menos uma vez por ano no período chuvoso, quando não necessitar 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 enterrados, 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 de mágua, rede de acéquias, aquedutos e comportas. A manutenção deve fazer o reparo logo que qualquer anomalia seja observada.

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

3.2 Rede de drenagem

A manutenção da rede de drenagem é de suma importância para garantir a exploração agrícola de forma mais prolongada 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 evapotranspiratória, 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 manutenção da rede de drenagem, a aplicação da lâmina de lixiviação, o preparo do solo e a aplicação de lâmina de irrigação em áreas adjacentes.

3.3 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.

3.4 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 (Figura 2), além de possibilitar o planejamento agrícola anual, principalmente no que diz respeito à determinação do momento de utilização 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.

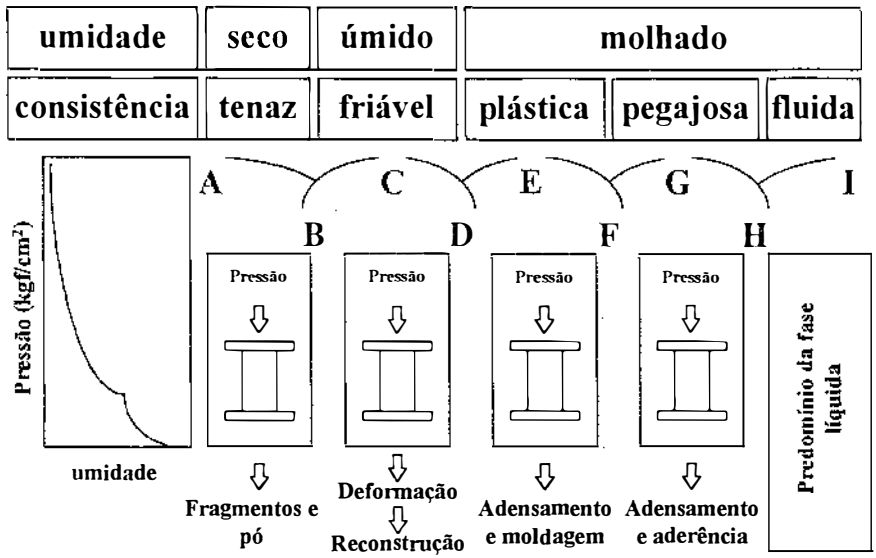


Figura 2. Relação entre consistência e conteúdo de água no solo.

3.5 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 e "linear system"), 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.

3.6 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 a presença de materiais em suspensão.

A bomba deve ser instalada em nível, onde a altura de sucção não deve exceder a altura máxima recomendada pelo fabricante (NPSH). Se o sistema de bombeamento não for flutuante, deve-se considerar a altura de sucção correspondente à distância entre o

nível mínimo de água na época seca e o ponto de entrada de água na bomba. Caso contrário, há sério 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 é necessário irrigar.

3.7 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 (principalmente retenção de água e razão de infiltração do solo) e para o estádio de uma determinada cultura de máxima demanda evapotranspiratória.

Devido às limitações metodológicas nos estudos básicos para elaboração de projetos de irrigação, todo projeto deve ser ajustado às condições específicas da propriedade rural, nas condições reais de operação, 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 de irrigação e dos aspersores utilizados.

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 máxima utilizável 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. Quando possível, deve-se evitar o período mais quente do dia e o com predominância de ventos fortes, e os períodos de elevado custo.

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

3.8 Sistema de irrigação localizada

Esse 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) e 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 as reduzidas dimensões dos orificios 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 hidrossolúveis é a pratica mais comum.

Para garantir o bom funcionamento de todo 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 a formação de precipitados, tomando o devido cuidado de não provocar fitoxidez à cultura explorada.

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, a 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.

MANEJO DE PRAGAS NA CULTURA DE FEIJÃO

Massaru Yokoyama[1]

1. INTRODUÇÃO

O controle de pragas na cultura de feijão, passou a ser uma atividade econômica de importância, no cultivo de inverno ou 3ª safra, devido a tecnificação na busca de altos rendimentos.

De maneira geral as pragas em condições naturais, num sistema de equilíbrio adequado, tem a sua população sob controle, em função de vários fatores ambientais, contrário ao seu desenvolvimento populacional, regulados principalmente pela disponibilidade de alimentos e também pela ação dos inimigos naturais. O rompimento desse equilíbrio seja pela instalação de uma monocultura, pela utilização de defensivos de largo espectro de ação e cultivos sucessivos, tem facilitado o desenvolvimento rápido da praga em níveis elevados, necessitando de medidas de controle para manter essa população num patamar inferior ao nível de dano econômico.

O feijão irrigado no Brasil sob pivô central foi implementado no início da década de 1980. Segundo dados do IBGE, na safra de 1984/85 a área plantada foi de 95,8 mil hectares com uma produção de 85,6 mil toneladas. Onze anos mais tarde, na safra de 1994/95, a área plantada foi de 177,8 mil hectares e a produção alcançada foi de 248,9 mil toneladas. Devido a expansão da área cultivada e também pelo cultivo sucessivo do feijoeiro, algumas pragas tornaram-se importante, sendo necessário a utilização de defensivos com mais freqüência no controle destas pragas.

O manejo de pragas, é um meio pelo qual se utiliza de técnicas disponíveis para reduzir as populações de pragas, sem a preocupação de eliminar totalmente, preservando os inimigos naturais.

2. PRINCIPAIS PRAGAS

Diversas espécies de insetos e outros invertebrados são citados como pragas do feijoeiro, mas somente alguns são economicamente importantes, com perdas estimadas entre 33 a 86% (ARRUDA, 1960; CIAT, 1975).

As principais pragas que atacam o feijoeiro cultivado sob irrigação no inverno são: vaquinhas (*Diabrotica speciosa* e *Cerotoma arcuata*); mosca branca (*Bemisia tabaci*); percevejos (*Piezodorus guildinii, Nezara viridula* e *Megalotomus sp*) ácaro branco (*Polyphagotarsonemus lotus*), mosca minadora (*Liriomyza sp*) e cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*).

[1] Engº. Agrº. Dr. Pesquisador da Embrapa - Arroz e Feijão, C.P. 179, 74001-970 Goiânia,GO.

2.1 VAQUINHAS

Diabrotica speciosa

Cerotoma arcuata

Diversas espécies de coleópteros são encontrados na cultura do feijão, atacando principalmente as folhas. O adulto da *D. speciosa* é um pequeno besouro com cerca de 6 mm de comprimento, coloração verde, com seis manchas amarelas nos élitros. As larvas desenvolvem-se no solo e são branco-leitosas, com a cabeça e o último segmento abdominal castanho-escuros.

O adulto de *C. arcuata* é também um pequeno besouro de coloração preta com manchas amarelas nos élitros.

As vaquinhas são mais conhecidas como praga na fase adulta, causando intenso desfolhamento. CARVALHO & HOHMANN (1982), estimaram o consumo médio/adulto de *D. speciosa* em 10,32 cm^2, sendo que a perda de 25% da área foliar, durante a fase de florescimento e enchimento de vagens, resultou em perdas na ordem de 20 a 30% na produção.

As larvas podem atacar as sementes em germinação, plantas recém germinadas e as raízes de plantas em desenvolvimento, TEIXEIRA & FRANCO (1993) estudaram o efeito do ataque de *C. arcuata* em nódulos do feijoeiro, e constataram que a ação predadora das larvas limitou o crescimento das plantas e a produção de grãos, mais do que o desfolhamento da parte aérea causada pelos adultos.

O ciclo evolutivo das vaquinhas pode ser resumido em: incubação, 6 a 10 dias; larva, 10 a 50; pupa. 5 a 10 e adulto, 60 dias.

2.2 CIGARRINHA VERDE

Empoasca kraemeri

A cigarrinha verde é considerada uma praga importante em algumas áreas de produção de feijão, notadamente pelos prejuízos que pode causar a cultura.

O adulto mede cerca de 3 mm de comprimento e possui coloração esverdeada. As ninfas são de coloração amarelo-esverdeado, sendo desprovidos de asas. Tanto as ninfas como os adultos são ágeis, locomovem-se com rapidez, e não raro deslocam-se em movimentos laterais.

A sua maior ocorrência tem sido verificado no período da seca (GALLO et al., 1988; SANTA CECILIA & ABREU, 1984). Na planta localizam-se preferencialmente na região mediana. As formas jovens (ninfas) como os adultos são encontrados na face inferior das folhas e nos pecíolos, causando danos pela sucção da seiva e, possivelmente pela inoculação de toxinas durante a alimentação. Quando o ataque ocorre na fase inicial do desenvolvimento da planta, observa-se uma paralisação no crescimento. A fase mais crítica da cultura quanto ao ataque da cigarrinha verde é da emergência ao período de florescimento (CIAT, 1975; PEDROSA, 1977).

2.3 MOSCA BRANCA

Bemisia tabaci

A ocorrência da mosca branca é pouco significativa na safra das águas, mas tornou-se um fator limitante à produção de feijão em diversas regiões, produtoras nas safras da seca e de inverno. Entre as causas da alta incidência da mosca branca está na expansão da área de plantio da soja, um dos hospedeiros preferenciais deste inseto; ampliação da época de semeadura e também pelos cultivos sucessivos do feijoeiro nesta época de plantio.

Os adultos são insetos pequenos, medindo cerca de 1,0 mm de comprimento, com quatro asas membranosas, cobertas por partículas cerosas. Os insetos localizam-se preferencialmente na face inferior das folhas, onde efetuam a postura. Os ovos são colocados isoladamente e as ninfas recém nascidas fixam-se no tecido foliar onde permanecem praticamente imóveis, sugando a seiva, até a emergência dos adultos.

A mosca branca é um inseto polífago com pelo menos 506 espécies de plantas hospedeiras em 74 famílias, entre monocotiledôneas e dicotiledôneas, de países com climas tropicais, subtropicais e mesmo temperados (MUNIYAPPA, 1980; BUTLER & HENNEBERRY, 1989).

A duração do ciclo de vida da mosca branca varia de acordo com a temperatura e a planta hospedeira e pode ser resumido em: incubação, 3 a 6 dias; ninfas, 12 dias e adultos, 18 dias. Em condições de clima tropical, o número de gerações desta praga pode variar de 11 a 15 por ano.

Os danos diretos da mosca branca a cultura do feijão são praticamente insignificantes. Os maiores danos estão associados a transmissão do vírus do mosaico dourado. Tratando-se de uma espécie vetora, os níveis de danos econômicos não dependem somente dos prejuízos provenientes da sua alimentação, mas principalmente da doença que transmite. Assim, em populações relativamente pequena, podem causar danos significativos.

2.4 ÁCARO BRANCO

Polyphagotarsonemus latus

É o menor ácaro entre os mais importantes que ocorrem na cultura do feijoeiro. Seu desenvolvimento é muito rápido, podendo completar o ciclo (ovo a adulto) em apenas 5 dias. O ciclo evolutivo da praga pode ser resumido em: incubação, 1 a 3 dias; larva, 2 e pupa, 1 a 2 dias. Assim no ciclo da cultura pode ocorrer de 9 a 10 gerações.

A infestação inicial se dá em reboleiras e é evidenciada pelo enrolamento das bordas das folhas para cima, principalmente dos ponteiros. Posteriormente a página inferior das folhas tornam-se bronzeadas e a superior amarelo-escuro e, quando a infestação é mais intensa, tornam-se coriáceas e quebradiços.

2.3 MOSCA BRANCA

Bemisia tabaci

A ocorrência da mosca branca é pouco significativa na safra das águas, mas tornou-se um fator limitante à produção de feijão em diversas regiões, produtoras nas safras da seca e de inverno. Entre as causas da alta incidência da mosca branca está na expansão da área de plantio da soja, um dos hospedeiros preferenciais deste inseto; ampliação da época de semeadura e também pelos cultivos sucessivos do feijoeiro nesta época de plantio.

Os adultos são insetos pequenos, medindo cerca de 1,0 mm de comprimento, com quatro asas membranosas, cobertas por partículas cerosas. Os insetos localizam-se preferencialmente na face inferior das folhas, onde efetuam a postura. Os ovos são colocados isoladamente e as ninfas recém nascidas fixam-se no tecido foliar onde permanecem praticamente imóveis, sugando a seiva, até a emergência dos adultos.

A mosca branca é um inseto polífago com pelo menos 506 espécies de plantas hospedeiras em 74 famílias, entre monocotiledôneas e dicotiledôneas, de países com climas tropicais, subtropicais e mesmo temperados (MUNIYAPPA, 1980; BUTLER & HENNEBERRY, 1989).

A duração do ciclo de vida da mosca branca varia de acordo com a temperatura e a planta hospedeira e pode ser resumido em: incubação, 3 a 6 dias; ninfas, 12 dias e adultos, 18 dias. Em condições de clima tropical, o número de gerações desta praga pode variar de 11 a 15 por ano.

Os danos diretos da mosca branca a cultura do feijão são praticamente insignificantes. Os maiores danos estão associados a transmissão do vírus do mosaico dourado. Tratando-se de uma espécie vetora, os níveis de danos econômicos não dependem somente dos prejuízos provenientes da sua alimentação, mas principalmente da doença que transmite. Assim, em populações relativamente pequena, podem causar danos significativos.

2.4 ÁCARO BRANCO

Polyphagotarsonemus latus

É o menor ácaro entre os mais importantes que ocorrem na cultura do feijoeiro. Seu desenvolvimento é muito rápido, podendo completar o ciclo (ovo a adulto) em apenas 5 dias. O ciclo evolutivo da praga pode ser resumido em: incubação, 1 a 3 dias; larva, 2 e pupa, 1 a 2 dias. Assim no ciclo da cultura pode ocorrer de 9 a 10 gerações.

A infestação inicial se dá em reboleiras e é evidenciada pelo enrolamento das bordas das folhas para cima, principalmente dos ponteiros. Posteriormente a página inferior das folhas tornam-se bronzeadas e a superior amarelo-escuro e, quando a infestação é mais intensa, tornam-se coriáceas e quebradiços.

2.5 MOSCA MINADORA

Liriomyza sp.

A ocorrência da mosca minadora no feijoeiro tem sido constatada no início do desenvolvimento da cultura.

Os adultos medem 1,0 mm de comprimento e são de coloração preta. As larvas são brancas antes da primeira troca de pele, de coloração amarelada a partir do segundo estádio. As pupas desenvolvem-se no interior do pupário, na face inferior da folha, no caule ou no solo. Durante o seu período de sobrevivência, cada fêmea da mosca minadora pode colocar entre 500 a 700 ovos.

Os danos causados pela mosca minadora às plantas são devido às galerias feitas pelas larvas, que aumentam em largura e comprimento à medida que estas crescem. A presença de quatro a cinco larvas da mosca minadora por folha, pode provocar intenso desfolhamento, comprometendo a produção.

Ciclo evolutivo da praga: incubação ,3 dias; larva, 7 a 15; pupa, 9; adulto, 30 dias.

2.6 PERCEVEJOS

Nezara viridula

Piezodorus guildinii

Megalotomus sp.

A ocorrência de percevejos tem sido constatado com maior freqüência no feijoeiro, após o florescimento, atacando as vagens e afetando diretamente os grãos.

Os adultos de *Nezara viridula* medem entre 13 a 17 mm de comprimento, são de coloração verde, com a face ventral verde-claro. As formas jovens são de coloração escura com manchas vermelhas e possuem o hábito de se manterem agregados sobre as plantas. Os ovos são depositados na face inferior das folhas, agrupados em placas, de coloração amarelada e, próximo a eclosão, rosada.

Os adultos de *Piezodorus guildinii*, são menores, medem cerca de 10 mm de comprimento e são de coloração verde-claro, com uma linha transversal grossa de cor escura com fundo avermelhado na base do pronoto. As ninfas são pretas e vermelhas nos primeiros instares, quando vivem agrupados. Do terceiro instar em diante adquirem gradativamente uma coloração verde e começam a se dispersar. A postura é feita em fileira dupla de ovos pretos, sobre as vagens ou, mais raramente, nas folhas, em número variado de 13 a 32 ovos.

Os adultos de *Megalotomus sp* são de coloração marrom a marrom escuro e o seu corpo apresenta-se com formato bem longo. A postura é feita de forma isolada nas duas faces das folhas e os ovos de coloração marrom, com brilho metálico. As ninfas também são de coloração marrom.

Os percevejos possuem alta capacidade de causar danos, tanto qualitativa como quantitativo, mesmo em baixas populações. A produção pode ser reduzida pelo grande número de grãos abortados ou mal formados nas vagens.

3. MEDIDAS DE CONTROLE

O controle de pragas visa conter o aumento populacional e mantê-la abaixo do nível de dano econômico. As variações nas populações de insetos, são determinadas por um conjunto de fatores como cultivares, época e sistema de plantio, rotação de cultura, adubação, etc., as quais na medida do possível, devem ser manipulados para evitar que as pragas atinjam níveis críticos.

Em algumas regiões onde se produz o feijão sob irrigação, a época de plantio tornou-se muito amplo, com seu início em fevereiro/março e se estendendo até o mês de agosto. A antecipação da época de plantio está em função dos preços praticados no mercado e na expectativa da manutenção desta remuneração. A antecipação da época de plantio do feijão para fevereiro/março, coincidindo com o período de maturação fisiológica da soja, tem causado problemas ao produtor, devido a migração da mosca branca e vaquinhas para as áreas do feijoeiro no início do desenvolvimento vegetativo. Neste caso a inoculação do vírus do mosaico dourado, no estágio mais precoce da planta, tem como resultado maiores perdas. Desta forma torna-se mais seguro, iniciar o plantio de feijão após a colheita da soja, período em que a população de adultos de mosca branca tende diminuir, pela eliminação de plantas hospedeiras.

Em muitos casos a manutenção de altas populações de mosca branca, em regiões de produção de feijão irrigado, pode estar intimamente ligado à prática de incorporação de restos culturais da soja. As sementes de soja que são perdidas na colheita mecânica, são incorporadas e germinam aproveitando a umidade do solo, formando um novo ciclo da planta hospedeira. Nestas plantas a mosca branca pode multiplicar-se rapidamente, tornando-se uma fonte constante do inseto vetor. Para minimizar os riscos desta situação, sugere-se a incorporação dos restos culturais da soja, seja executado, quando o solo tiver pouca umidade, evitando-se a germinação da soja.

Com relação ao sistema de plantio, o direto vem sendo adotado de forma gradativa pelos produtores de feijão irrigado. Esse sistema, reduz o custo de implantação da lavoura em relação ao convencional e tem trazido inúmeros benefícios.

De maneira geral, o plantio direto tem influenciado na ocorrência de pragas. A infestação de lagarta elasmo é menor no sistema de plantio direto, quando comparado com o plantio convencional. Segundo ALL & GALLAHER (1977), tal fato, se deve a maior retenção de umidade no solo, proporcionado pelo sistema de plantio direto, prejudicando o desenvolvimento larval da praga.

Por outro lado, nesse sistema tem sido constatado o surgimento de outras pragas como a lesma, causando prejuízos à lavoura de feijão, destruindo folhas e vagens. As condições de alta umidade e presença de matéria vegetal são ideais para o desenvolvimento da lesma. Também tem-se acentuado a ocorrência de ataque de larvas de vaquinhas, causando danos ao sistema radicular do feijoeiro. Como a ocorrência destas pragas, não tem sido de forma generalizada, em áreas de plantio direto, pesquisas deverão ser realizadas, para conhecer este ambiente e desenvolver estratégias de controle.

A utilização de cultivares resistentes as pragas ou doenças é a mais econômica e de fácil adoção. A Embrapa - Arroz e Feijão e outras instituições de pesquisa tem desenvolvido programas de pesquisa, com o objetivo de obter cultivares resistentes ao mosaico dourado, principal problema do feijão irrigado. Atualmente estão disponíveis para os produtores 4 cultivares: IAPAR 57 e IAPAR 72 (grãos do tipo carioca) e IAPAR 65 e ONIX (grão preto), que possuem bom nível de tolerância ao mosaico dourado.

O controle químico é o principal método utilizado no controle de pragas de feijoeiro, nem sempre em época correta e de forma adequada. Em algumas situações, a aplicação de inseticidas de forma preventiva é desnecessário, pois a população da praga está abaixo do nível de controle. A decisão de realizar o tratamento químico da lavoura, não deve ser baseada somente na expectativa de perdas nos rendimentos, mas principalmente, nos custos de aplicação e também nas conseqüências posteriores em relação ao desenvolvimento das pragas.

4. BIBLIOGRAFIA CITADA

ALL, J.N. & GALLAHER,R.N. Detrimental impact of notillage corn cropping systems involuing inseticides, hyerids and irrigation on lesser cornstalk borer infestations. **Journal Economic Entomology**, 70:361, 1977.

ARRUDA, H.V. de. Efeitos de inseticidas e acaricidas em cultura do feijão. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.15, p.221-7, 1960.

BUTLER,G.D. & HENNEBERRY,T. ***Bemisia tabaci* (Genn.), a pest of cotton in the Southwestern United States.** Washington, USDA, 1985. 19p. (USDA. Technical Bulletin, 1707).

CARVALHO,S.M. & HONMANN,C.L. Biologia e consumo foliar de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1524) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., 1753), em condições de laboratório. In: **Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, I**. Goiânia, Goiás, p.244, 1982.

CIAT - CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Informe Anual, 1975.** Cali:Colômbia, 1975. 1v.

GALLO,D.; NAKANO,O.; SILVEIRA NETO,S.;CARVALHO,R.P.L.; BATISTA,G.C. de; BERTI FILHO,E.; PARRA,J.R.P.; ZUCHI,R.ª; ALVES,S.B.; VENDRAMIN,J.D. **Manual de Entomologia Agrícola**. 2 ed. São Paulo: Agrônomica Ceres, 1988, 649 p.

MUNIYAPPA,V. WHITEFLIES. In: HARRIS,K.F. & MARAMOROSCH,K. (Eds). **Vectors of plant pathogens**. New York: Academic Press, 1980. P.39-85.

PEDROSA,F.N.M. Estudos de *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, 1957 (Homoptera: Cicadellidae) em cultura de feijão. Piracicaba, 1977. 90p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.

SANTA CECILIA, L.V.C. & ABREU, A.F.B. Flutuação populacional da cigarrinha verde em cultura do feijoeiro em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.19, n.8. p.921-3, 1984.

TEIXEIRA, M.L.F. & FRANCO, A.A. Efeito de *Cerotoma arcuata* Olivier (Coleoptera: chrysomelidae) na fixação biológica do nitrogênio e no rendimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: **Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. IV**, Londrina, PR, p.44. 1993.

SITUAÇÃO ATUAL DA CULTURA DO FEIJÃO NO BRASIL

Maria José Del Peloso[1]
Lidia Pacheco Yokoyama[2]
Pedro Antonio Arraes Pereira[3]

1. HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE FEIJÃO

No início o feijão raramente era considerado como o componente principal dos sistemas de cultivo, sempre plantado como cultura secundária de um cultivo principal, nos consórcios ou em plantio em substituição, predominantemente após o milho. Naquela época, as regiões de maior produção de feijão, concentravam-se no Sul e Sudeste, em terras de alta fertilidade. Como a agricultura era itinerante o agricultor semeava um ou dois anos em área recém-desbravada e transferia para outro local, o oposto do que vem sendo feito atualmente, quando o cultivo de feijão vem sendo realizado por vários anos em um mesmo local favorecendo a ocorrência de inúmeros problemas como incidência de doenças e redução da fertilidade do solo. Associado à política de incentivo às culturas de exportação e à abertura do Cerrado, o feijoeiro foi deslocado para cultivo em áreas de baixa fertilidade, com baixo potencial produtivo. Desta forma, o incremento de áreas de plantio com soja e algodão prejudicou a produtividade do feijão devido serem hospedeiras da mosca branca (*Bemisia tabaci*), vetor do vírus do mosaico dourado, que praticamente inviabilizou o cultivo do feijão da "seca" ou de safrinha em regiões tradicionalmente produtoras como o norte do Paraná, São Paulo, Triângulo Mineiro, Sul e Sudeste de Goiás.

Até o início da década de 1980, o feijão era tradicionalmente plantado no Brasil em duas safras: a das "águas" e a da "seca", numa área de 4.643.400 ha, com uma produção de 1.968.200 toneladas e rendimento de 424 kg/ha. No período 1980/81, o concentrado declínio dos estoques de passagem e conseqüente preocupação com o desabastecimento, motivou o governo a criar o Pró-feijão, com instalação, via crédito, de importante infra-estrutura de irrigação. Essa ação culminou já em 1982, em elevados níveis de produção de feijão (3 milhões de toneladas) numa máxima área plantada de aproximadamente 6 milhões de hectares.

Em fevereiro de 1986, o Governo Federal instituiu o Programa Nacional de Irrigação (PRONI) com o objetivo de aumentar a produção de grãos, onde o feijão passou a ocupar lugar de destaque, por ser uma cultura de ciclo curto e por apresentar maior retorno econômico. Enquanto em 1980 a área com feijão irrigado era sequer reportada pelo IBGE, em 1985/86 já estavam registrados 103.900 hectares de feijão sob irrigação, com produção de 93.600 toneladas e rendimento de 901 kg/ha. Assim se estabeleceu e se consolidou a terceira época de plantio de feijão no Brasil ou a safra de "inverno".

Analisando o período de 1970 a 1994, tanto a área cultivada como a produção e a produtividade de feijão no Brasil vem crescendo. Apesar das estatísticas oficiais não

---

[1] Engª Agrª, D.Sc., pesquisadora da Embrapa - Arroz e Feijão, C.P.179, 74001-970 - Goiânia,GO.
[2] Economista, M.Sc. pesquisadora da Embrapa - Arroz e Feijão.
[3] Engº Agrº, Ph.D, pesquisador da Embrapa - Arroz e Feijão.

separarem os gêneros *Phaseolus* (feijoeiro comum) e *Vigna* (feijão de corda) na computação dos dados, as estimativas baseadas na Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e na Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB-BSB) permitem reportar que nos dados da safra de 1994, 77% da produção brasileira de feijão foram provenientes do gênero *Phaseolus* e 23% do gênero *Vigna*.

Essas estimativas indicam que, no período de 1990 a 1994, a área plantada cresceu 3%, passando de 3,4 para 3,5 milhões de hectares, com ganho de 35% na produção (passou de 1,9 para 2,6 milhões de toneladas). Na produtividade houve um acréscimo de 31% passando de 559 kg/ha em 1990 para 732 kg/ha em 1994, o que pode em parte ser explicado pelo maior uso de tecnologias, como detectado num levantamento feito em 74 e 66 municípios nas principais regiões produtoras de feijão de sequeiro e irrigado, respectivamente. A taxa anual de crescimento neste período foi de 0,6% ao ano para área, 6,0% ao ano para produção e 5,5% ao ano para produtividade. Interessante observar que, ao analisar o período de 1982 a 1995, existe uma tendência de diminuição do preço do feijão, fato este que aumenta ainda mais a responsabilidade da pesquisa para manter a sustentabilidade econômica do produtor.

Regionalmente, a produção nacional de feijão do gênero *Phaseolus* na safra de 1994, apresentou o seguintes índices: Sul 40%, Sudeste 29%, Nordeste 19%, Centro-Oeste 7% e Norte 5%.

No período de 1986 a 1995, trabalhando os dados por época de plantio, a área plantada com feijão no Brasil decresceu tanto para a safra das "águas" (8,5%), da "seca" (12,7%), enquanto a safra de "inverno" apresentou um incremento de 71%. Em relação a produção houve acréscimos de 37,6%, 17,2% e 166% para as safras das "águas", da "seca" e de "inverno", respectivamente. O mesmo ocorreu quanto a produtividade, com acréscimos de 50%, 34% e 55,4% para a safra das "águas", da "seca" e de "inverno", respectivamente.

2. CONSUMO E IMPORTAÇÃO

No período de 1970 a 1995, o Brasil apresentou grandes oscilações no consumo "*per capita*" de feijão, cuja média nestes 25 anos foi de 17,5 kg/hab/ano. Em 1970, 1983, 1990 e 1994 o consumo foi de 20,4; 12,5; 14,5 e 18,6 kg/hab/ano. Acredita-se que esta variação pode estar relacionada com a renda da população evidenciada nos dois planos econômicos governamentais: quando o poder aquisitivo das classes de baixa renda aumentou o consumo também cresceu significativamente. Acredita-se também que grande parte desta variação deve-se à substituição do feijão pela carne de frango e macarrão ou novas alternativas mais rápidas e ricas em proteínas que substituíram o feijão. O maior consumidor de feijão continua sendo a Região Nordeste (20,8 kg/hab/ano) e o menor a Região Sul (12,9 kg/hab/ano). Teoricamente, a produção nacional de feijão na safra 94/95 (2.946.300 toneladas) teria sido suficiente para o abastecimento interno (2.864.400 toneladas) de 154 milhões de habitantes consumindo 18,6 kg/ano. Contudo houve uma estimativa de importação de 130 mil toneladas. As perdas pós-colheita e insuficiência de produção justificam a importação para garantir a necessidade do consumo, e os estoques de passagem. A suplementação do feijão preto consumido no país (a Região Sul produz cerca de 80% do que é consumido) é feita de importação, principalmente da Argentina e do Chile e, eventualmente do México e dos Estados Unidos. Frente ao MERCOSUL, o Brasil é o maior

produtor e consumidor. Em 1994 o Brasil produziu 91% do total. A Argentina, com produção competitiva e voltada para o mercado externo, ocupou o segundo lugar, com pouco mais de 150 mil toneladas (4,6% do total) enquanto as produções do Uruguai e Paraguai foram insignificantes.

3. FEIJÃO IRRIGADO

Com o aumento considerável da área de plantio de feijão irrigado, cultivado no período de inverno, principalmente no Planalto Central do Brasil, a partir da década de 1980, incentivado pelos programas governamentais, na safra 1993/94, a terceira época de plantio foi responsável por 8,8% da produção brasileira de feijão numa área que representa apenas 4% da área total colhida.

A cultura do feijão irrigado se estabeleceu e se expandiu nas Regiões Sudeste (norte e noroeste de Minas Gerais, norte de São Paulo e norte do Espírito Santo) e Centro-Oeste (sul e sudeste de Goiás, Distrito Federal, e mais recentemente Mato Grosso) além do oeste da Bahia, devido a essas possuírem condições climáticas favoráveis (temperatura, insolação e radiação solar), potencialidade para irrigação, solos de topografia plana e relativa abundância de recursos hídricos.

Nos últimos dez anos, de 1986 a 1995, a evolução da cultura do feijão irrigado no Brasil foi de 71% em área, 166% em produção e 55% em produtividade. A área cresceu de 103,9 mil para 177,8 mil hectares, a produção de 93,6 mil para 248,9 mil toneladas e o rendimento de 901 para 1400 kg/ha. Como a pesquisa já havia gerado tecnologias que poderiam ser adaptadas e utilizadas neste sistema de cultivo, foram obtidas altas produtividades, o que proporcionou a oferta de feijão na entressafra, ocasionando estabilidade no mercado durante todo o ano. O produtor de feijão irrigado é ávido por tecnologias que aumentem a produtividade, já que os custos de produção são significativamente superiores aos dos sistemas tradicionais.

Nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, onde houve a expansão do feijão irrigado, no período de 1985 a 1995, houve um acentuado decréscimo de área na safra da "seca" chegando a safra da "seca" da Região Sudeste em 1995 já ser inferior à safra das "águas". O mesmo decréscimo ocorreu também na das "águas", embora não tão acentuado. Em 1992, na Região Centro-Oeste a área irrigada já ultrapassava a área da safra das "águas". A produção seguiu o mesmo decréscimo, à exceção da safra das "águas" na Região Centro-Oeste que praticamente não sofreu variação. Se persistir a tendência de queda de produção na safra da "seca" e crescimento de produção da safra "irrigada", em pouco tempo estas duas safras estarão com mesma produção com áreas bem distintas. Na Região Sudeste este mesmo cenário tende a ocorrer porém em um espaço maior de tempo. Em termos de rendimento a Região Centro-Oeste apresentou superioridade em relação a Região Sudeste na safra irrigada, enquanto a Região Sudeste apresentou maior rendimento na safra da "seca".

Entre os seis principais estados brasileiros produtores de feijão irrigado, na safra 1993/94, houve destaque para São Paulo em termos de área, enquanto Minas Gerais apresentou a maior produção e o Distrito Federal o mais alto rendimento. A Região Sudeste espelhou perfeitamente o cenário da produção de feijão irrigado no Brasil na safra 1993/94, explicando aproximadamente 70% do cenário brasileiro de feijão irrigado.

Existe uma tendência de expansão da safra irrigada de feijão no Brasil, com evolução de área, produção e produtividade. Entretanto há limitantes a serem ponderados nesta projeção, como o alto custo do equipamento levando a um alto investimento inicial, disponibilidade de recursos hídricos e requerimento de energia. Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso são estados que possuem área potencial para expansão da cultura do feijão irrigado, a despeito das novas áreas no sul do Maranhão e Piauí onde a cultura do feijão já passa a ocupar lugar dentro do sistema agrícola da Região.

4. PROGRESSOS E DESAFIOS

O esforço colaborativo do melhoramento genético desde 1981 com a criação das Comissões Regionais de Avaliação e Recomendação de Cultivares de Feijão (CRC-Feijão) e das Comissões Técnicas Regionais de Feijão (CT-Feijão) objetivando subsidiar as CRCs na tarefa de avaliação de linhagens de feijão criadas por instituições nacionais e internacionais, permitiu o lançamento/recomendação de 34 cultivares de feijão. Foram recomendadas pela sua alta produtividade e estabilidade, normalmente aliada à resistência a doenças, ou por possuírem outras características especiais como resistência a seca, resistência a altas temperaturas, capacidade de fixação de N_2, resistência ao mosaico dourado etc.

Este esforço do melhoramento genético não foi acompanhado de forma sistemática pelas demais áreas disciplinares. Apesar dos progressos obtidos com relação a sistemas agrícolas que maximizam o potencial genético das cultivares recomendadas, este esforço está muito aquém daquele demandado pelos produtores. Tem-se constatado em nível de grandes produtores, rendimentos superiores a 2.000 kg/ha para cultivos em sequeiro e a 3.000 kg/ha em cultivos irrigados, enquanto os pequenos produtores não conseguem sequer alcançar 1.000 kg/ha. A grande diferença é que os grandes produtores procuram incessantemente a pesquisa demandando tecnologias enquanto o pequeno, pela sua própria condição socio-econômica, não tem, condições de acesso as tecnologias, nem tão pouco podem contar com um forte serviço de assistência técnica e extensão rural para ajudá-los a incorporar as novas tecnologias aos sistemas de produção. A pesquisa agropecuária não parou de produzir conhecimentos e tecnologias para melhorar os rendimentos e atender as demandas tanto em sequeiro como irrigado. O desafio é portanto estabelecer uma estratégia agressiva de intensificação de validação destes conhecimentos e transferência destas tecnologias para os agrônomos de campo e produtores. Outro grande desafio é criar uma interação dinâmica do processo de geração de cultivares com as áreas de manejo da cultura do feijão, com ênfase em associar a cultivar com práticas que minimizem os efeitos ambientais e maximizem a sustentabilidade. O sistema de plantio direto, já em uso em várias Regiões, é um excelente exemplo deste desafio.

5. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

FARIA, M.E.de; TEIXEIRA, S.M.; DEL PELOSO, M.J.; SILVA,I.M. da. *Feijão Irrigado: fortalecimento da agricultura empresarial.* Goiânia: EMGOPA, 1992. 56 p. (EMGOPA. Documentos, 21).

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro: IBGE, 1985-1995.

YOKOYAMA,L.P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI,J. *Aspectos Socioeconômicos da cultura do feijão.* In: Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: POTAFOS. 1-20. 1996.

PEREIRA, P.A.A., et al. *Sistema Nacional de Pesquisa com feijão no Brasil: Resultados, Entraves e Perspectivas Futuras* (Palestra apresenta no Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, 1996, no prelo).

TEIXEIRA, S.M.; JANSSEN,W.; SILVA,O.F.da.. *Sócio-Economia, Produção e Tecnologia de Feijão no Brasil.* In: Sócio-Economia e tecnologias de produção. O caso das cultivares melhoradas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) EMBRAPA-SPSB-Brasilia. 11-27. 1994.

MANEJO DE DOENÇAS NA CULTURA DE FEIJÃO

J. R. de Menezes[1]
J. O. M. Menten[2]

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país basicamente de agricultura tropical, com um período seco definido e um período chuvoso, com veranicos de durações e épocas variáveis. Na maior parte do país, a seca impede o cultivo de abril a setembro e os veranicos, freqüentes de outubro a março, diminuem a produção e aumentam os riscos das lavouras de sequeiro. Nessas regiões, a irrigação aumenta a produção, diminui os riscos e possibilita o uso intensivo do solo o ano todo. O cronograma de ocupação do solo permite a realização de quatro safras de feijão por ano; todavia, a tecnologia disponível não mantém o equilíbrio biológico do agroecossistema, e as doenças inviabilizam o cultivo intensivo do feijoeiro irrigado. Manejar o controle de doenças nesses agroecossistemas é um desafio para os fitopatologistas.

O êxodo rural, a abertura de novas fronteiras agrícolas e a irrigação estão mudando o perfil produtivo do feijoeiro no Brasil, tornando-a uma hortaliça irrigada, com alta utilização de insumos modernos, adaptada às exigências do mercado consumidor, de produtividade média superior a 3.000 quilos por hectare e administrada com fins lucrativos (MENEZES, 1995$_a$). Um negócio anual de três milhões de toneladas de grãos no valor aproximado de dois bilhões de dólares americanos.

Assim como as hortaliças, o feijão é adquirido "in natura" pelo consumidor; portanto, o valor comercial do produto está diretamente relacionado com a qualidade visual dos grãos. A maior parte do feijão consumido no Brasil é do tipo carioca (semente bege com rajas marrom). Após o armazenamento, os grãos das cultivares do tipo carioca escurecem, mudam de sabor, aumentam o tempo de cozimento, diminuem a qualidade nutricional e, como conseqüência, perdem o valor comercial. Compatibilizar a produção e o consumo mensal deve ser mais interessante que a formação de estoque regulador.

A irrigação reduz os riscos e viabiliza a produção de março a outubro. Desta forma, pode-se eliminar o período de entressafra e regularizar a oferta mensal de feijão novo durante o ano todo. Esta possibilidade, mais a preferência do consumidor pelo feijão novo, indicam a tendência de aumento do cultivo de feijoeiro irrigado, nas safras da seca e de inverno.

Grande parte das lavouras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigadas por pivô central, estão localizadas em Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Goiás. O cultivo ocorre de março a outubro, sob condições climáticas de temperaturas amenas, intensa formação de orvalho e molhamento intermitente das plantas pela irrigação por aspersão. Essas condições de clima, e o cultivo intensivo com a cultivar Carioca, favorecem o desenvolvimento conjunto de várias doenças. Entre elas destacam-se o mosaico dourado, o crestamento bacteriano comum, a mancha angular, a ferrugem, a antracnose, a mancha de alternaria, a mancha de ascochyta, o oídio, o mofo branco, a mela, o tombamento, a

[1] Eng.° Agr°.; MS; Dr. e Responsável Técnico da Samambaia Empreendimentos Agrícolas Ltda. Goiânia-GO. Tel. (062) 296-3333.
[2] Engº. Agrº.; MS; Dr. e Prof. do Departamento de Fitopatologia - ESALQ/USP. Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba-SP.

murcha de fusarium, a podridão radicular seca, a podridão cinzenta do caule e a galhas das raízes.

O uso intensivo do solo com culturas de alta rentabilidade é uma necessidade da agricultura tropical irrigada por pivô central. Para serem viáveis, as culturas utilizadas nos sistemas agrícolas irrigados por pivô central devem ter ciclo curto e receita superior a US$1000.00 por hectare. Provavelmente por ter estas características, o feijoeiro tornou-se a principal cultura irrigada por pivô central no Brasil (MENEZES, 1995_b).

O cultivo seqüencial de duas lavouras de feijão por ano aumenta a receita do produtor, mas aumenta também o inóculo inicial de várias doenças. Neste sistema de cultivo, o uso isolado da resistência genética, de semente sadia, do manejo da irrigação, do manejo do solo, da adubação verde e do controle químico, não tem apresentado um controle satisfatório para o complexo de doenças que atacam o feijoeiro. Todavia, em muitas situações, o uso integrado dessas medidas tem reduzido a severidade das doenças e aumentado significativamente a produção de feijão.

2. IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE

2.1 Mosaico dourado

Vírus do mosaico dourado do feijoeiro (VMDF). É a principal doença do feijoeiro em várias regiões do Paraná, Mato Grosso, São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Os sintomas característicos da doença são manchas amarelas observadas inicialmente nas folhas novas. Pode também causar deformações redução do número de vagens e grãos. Quando a infecção ocorre durante a fase vegetativa e/ou início de formação de vagens (R_7) a produção é muito baixa ou nula.

Temperaturas elevadas, períodos de seca e ventos, favorecem a multiplicação e disseminação da mosca branca (*Bemisia tabaci*), vetor do vírus. O controle da doença deve ser preventivo, evitando o contato do inseto com as plantas de feijoeiro. Os melhores resultados de controle, são obtidos com o uso integrado das seguintes medidas de controle. a) *Época de plantio.* Evitar o plantio continuo, estabelecendo épocas definidas de semeadura para cada região. O cultivo continuo aumenta o inóculo da doença e inviabiliza o cultivo do feijoeiro. Isto tem sido observado com freqüência nos estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e Bahia. b) *Resistência genética.* As principais cultivares recomendadas são susceptíveis ao vírus. A cultivar IAPAR 57, possui nível razoável de tolerância a doença. c) *Controle químico.* Tem como objetivo evitar que o inseto vetor entre em contato com as plantas de feijoeiro.

2.2 Crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas campestres* pv *phaseoli*)

Ocorre com maior intensidade sob condições de chuvas intermitentes, ventos e grande quantidade de orvalho. A bactéria ataca toda a parte aérea do feijoeiro. Nas folhas causa inicialmente pequenas manchas encharcadas, que se evoluem a lesões necróticas, com centro marrom e halo amarelo. Pode também destruir parcialmente o caule na região do primeiro nó acima das folhas cotiledonares e causar a quebra da planta. Nas vagens as lesões são encharcadas, circulares a irregulares podendo ou não apresentar exudado bacteriano amarelo. A semente é a principal fonte primária de inóculo da bactéria, rapidamente disseminada através de respingos de chuva ou irrigação, insetos, animais e implementos agrícolas.

As principais medidas de controle são o uso de semente sadia, a rotação de cultura e o uso de cultivar resistente (IAPAR -14). As cultivares Carioca, Aporé e Campeão 1, Campeão 2 e Campeão 3, também apresentam boa resistência de campo ao crestamento bacteriano comum. Regiões com altitude inferior a 300 metros, apresentam baixa incidência da doença, sendo indicadas para a produção de semente sadia. Sob condições de alta severidade da doença, o controle químico com antibióticos, não tem sido eficiente no controle da doença.

2.3 **Antracnose** (*Colletotricum lindemuthianum*)

Os maiores danos são causados sob condições de alta umidade relativa, chuvas prolongadas e temperaturas médias próximas de 20 °C. Nestas condições os danos são elevados e podem ser superior a 60%. Os sintomas típicos da doença são lesões necróticas escuras nas nervuras da parte inferior da folha e lesões circulares, pardo escura, deprimidas com bordos salientes, pardo avermelhado e centro rosado devido a esporulação do fungo nas vagens e sementes. Principais medidas de controle da doença. a)*Rotação de cultura.* O período de sobrevivência do fungo no solo e restos de cultura é de aproximadamente 4 meses, o que demonstra a importância da rotação de cultura no controle da doença. b)*Resistência genética.* Quando possível o uso de cultivar resistente é a medida de controle mais eficiente e econômica. As cultivares Rio negro, Tarumã, IAPAR 44 (Preto), Aporé (carioca halo amarelo) e Campeão 1, 2 e 3 (carioca halo branco) são resistentes a maior parte das raças fisiológicas do patógeno. c) *Semente sadia.* A semente infectada é a principal fonte de inóculo primário do patógeno. Portanto, o uso de semente livre do fungo deve ser prioridade. d) *Controle químico.* O tratamento de semente com os fungicidas (benzimidazóis) é eficiente no controle da contaminação e infecção superficial das sementes, e reduz parcialmente a infecção interna. As pulverizações com fungicidas devem ser realizadas na fase inicial da doença (1 a 2 focos por ha.). Todos estes cuidados devem ser tomados se as condições climáticas forem favoráveis a incidência da doença. Os fungicidas acetato de trifenil estanho, benomyl, clhorothalonil, hidróxido de trifenil estanho e tiofanato metílico, são eficientes no controle da doença.

2.4 **Mancha angular** (*Phaeoisariopsis griseola*)

A maior parte do feijoeiro irrigado por pivô central, é cultivado de março a setembro, sob condições climáticas de ventos secos e moderados, temperaturas amenas, intensa formação de orvalho e molhamento intermitente das plantas pela irrigação por aspersão. Essas condições de clima, mais a ocorrência generalizada do patógeno e o cultivo intensivo com a cultivar Carioca (susceptível), favorecem o desenvolvimento da mancha angular tornando-a, uma das principais doenças fúngicas do feijoeiro irrigado por pivô central no Brasil.

O fungo, ataca toda a parte aérea do feijoeiro causando lesões no caule, ramos, folhas e vagens, e como conseqüência, o amarelecimento e a queda prematura das folhas. Nas folhas primárias, caule ramos e vagens causa lesões circulares escuras no centro devido as estruturas de frutificação do fungo. Nas folhas verdadeiras, as lesões são pardo acinzentadas e angulares delimitadas pelas nervuras. O patógeno é transmitido pela semente, todavia, deve existir outras fontes de inóculo, porque a infecção na semente é muito baixa. Principais medidas de controle. a) *Resistência genética.* As cultivares Aporé, Campeão 1 Campeão 2, Campeão 3, Pérola, Jalo e Nobre, apresentam nível

razoável de resistência ao patógeno. b) *Rotação de cultura*. A rotação de cultura por período superior a 6 meses reduz o inóculo inicial do fungo. c) *Sistema de cultivo*. Deve se evitar o plantio direto e seqüencial de feijão em uma mesma área. d) *Época de plantio*. A doença é mais severa na safra da seca (Fevereiro a Junho). e) *Controle químico*. O tratamento químico da semente com os fungicidas benomyl, tiofanato metílico e thiabendazol, reduz a severidade da mancha angular na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Os fungicidas benomyl, captan, chlorothalonil, hexaconazole, hidróxido de trifenil estanho, mancozeb, propiconazole, tiofanato metílico, tebuconazole, triforina, são eficientes no controle da doença. Lembre-se que o fungo é disseminado pelo vento e possui um período de incubação de 5 a 10 dias, como conseqüência, a taxa aparente de infecção é muito inferior a taxa real. Dessa forma, o controle curativo com base na taxa aparente de infecção pode causar grandes prejuízos, devido a aplicação tardia dos fungicidas.

2.5 **Mofo branco** (*Sclerotinea sclerotiorum*)

Ocorre com maior intensidade em regiões frias e úmidas. Tem causado grandes prejuízos em lavouras de inverno em várias regiões de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás. Possui grande número de hospedeiros, o que dificulta seu controle. Após colonizar, os tecidos senescentes o patógeno penetra no hospedeiro, causando inicialmente, lesões aquosas as quais são rapidamente cobertas por grande quantidade de micélio do fungo de cor branca e aspecto cotonoso. Com o desenvolvimento da doença as partes atacadas murcham, tornam-se claras e poucos dias após a infeção surgem os esclerócios escuros com forma e tamanho irregular. O fungo é transmitido pela semente, e pode sobreviver no solo através dos esclerócios.

O manejo da doença exige o uso de várias medidas de controle. a) *Época e local de cultivo*. Evitar o cultivo nos períodos com temperaturas mínimas inferiores a 14°C e alta umidade com chuvas e irrigação continua. b) *Sistema de cultivo*. A adubação verde com diferentes espécies de *Brachiaria*, aumenta a capacidade supressiva do solo e reduz o inóculo inicial da doença. As práticas culturais que diminuem a umidade das plantas, reduzem a severidade da doença a nível de lavoura. Entre elas destacam-se a adubação, o espaçamento, a população de plantas e o porte das cultivares. c) *Irrigação*. Os danos causados pela doença, está diretamente ligado ao aumento da umidade, portanto, o manejo da irrigação é importante no controle da doença. Não esqueça que o déficit hídrico, é a principal doença abiótica do feijoeiro irrigado. c) *Resistência genética*. Todas as cultivares de feijão são susceptíveis ao patógeno. d) *Controle químico*. É uma medida complementar de controle e os melhores resultados têm sido obtidos com o uso preventivo de benzimidazóis desde a pré-floração (R5) até o enchimento de vagens (R8). Sob condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da patógeno, os fungicidas recomendados, não apresentam controle satisfatório da doença. Lavouras de feijoeiro, conduzidas em áreas tratadas com o herbicida EPTC na dosagem de 5,0 litros de Eptam 720 CE por ha., apresentou menor incidência de mofo branco.

2.6 **Ferrugem** (*Uromyces appendiculatus*)

Está distribuída em todas as regiões produtoras, com os maiores prejuízos sendo causados sob condições de temperaturas mínimas próximas de 13 °C e chuvas intermitentes (Irrigação por aspersão). As lesões foliares surgem como pequenos pontos cloróticos que evoluem à pústulas brancas as quais com o desenvolvimento da infecção

rompem a epiderme da folha expondo massa marrom avermelhada formada pelos uredosporos do fungo.

Principais medidas de controle da doença. a) *Resistência genética.* As cultivares IAPAR 14 e Aporé (Carioca de halo amarelo), Pérola, Campeão 1, Campeão 2 e Campeão 3 (carioca de halo branco), apresentam boa resistência ao fungo. b) *Controle químico.* Os fungicidas hexaconazole, oxycarboxin, propiconazole, tebuconazole e triflorina são eficientes no controle do fungo. Sob condições de baixa severidade da doença, os fungicidas mancozeb, hidróxido de trifenil estanho, oxicloreto de cobre, captan, também apresentam controle satisfatório.

2.7 **Tombamento** (Rhizoctonia solani)

Todas as lavouras de feijoeiro, são afetadas pela morte de plantas e a podridão radicular causada pelo patógeno. O fungo é transmitido pela semente, sobrevive no solo. Para reduzir os danos ocasionados pela doença, deve-se adotar medidas para diminuir o inóculo presente no solo e evitar o contato do patógeno com a semente e/ou plântula antes da emergência. Algumas medidas para reduzir a incidência do patógeno. a) Rotação de culturas, evitando o cultivo sucessivo de culturas suscetíveis, tais como o feijão, o tomate, o amendoim, a soja e o algodão. b) Adubação verde com gramíneas, principalmente *Brachiaria* spp. c) Plantio direto com cobertura morta de gramineas e logo após a aplicação dos herbicidas de manejo. d) No plantio convencional, realizar a semeadura após a degradação dos restos de cultura, que em condições normais de temperatura e umidade, ocorre até o vigésimo dia após sua incorporação. e) Efetuar a semeadura sob condições favoráveis à germinação e emergência das plântulas (2 cm de profundidade, temperaturas mínimas superiores a 12 °C e umidade do solo próxima da capacidade de campo). f) Utilizar sementes de boa sanidade e vigor. g) Realizar o tratamento de semente com fungicida. Esta medida de controle além de diminuir a ocorrência de várias doenças fúngicas transmitidas por sementes, tem com objetivo principal proteger as plântulas do inóculo de *R. solani* e outros patógenos presentes no solo. h) As cultivares Campeão 1 e Campeão 2 apresentam níveis satisfatório de tolerância ao patógeno.

2.8 **Mela** (*Thanathephorus solani*)

É a principal doença fúngica do feijoeiro nas regiões tropicais. Sob condições favoráveis (solo com alto potencial de inóculo, temperatura mínima superior a 20°C e alta umidade causada pela chuva ou orvalho), o feijoeiro pode ser totalmente destruído pelo patógeno. Os maiores danos são causados durante o florescimento e a formação de vagem. O patógeno, ataca toda a parte aérea do feijoeiro e pode ser identificado a nível de lavoura, através dos sintomas caracterizados pela podridão foliar, com crescimento de micélio castanho-claro nas duas faces da folha. Sob condições favoráveis, o micélio atinge as folhas adjacentes causando a morte dos tecidos e provocando o secamento das folhas, que permanecem aderidas ao caule da planta. Grande quantidade de esclerócios marrom, semelhantes a grão de areia, são formados na superfície de toda a parte aérea da planta. Devido à capacidade saprofítica do fungo no solo, ao grande número de hospedeiros, ao rápido crescimento do micélio do fungo e à falta de cultivar resistente, a mela é de difícil controle sob condições tropicais com temperatura mínima superior a 20 °C. Para diminuir os danos causados pela doença, o agricultor pode utilizar várias práticas culturais que diminuam a população do patógeno no solo e evitem que o

patógeno entre em contato com as folhas. Principais medidas para o controle da doença. a) *Época de plantio.* Evitar o cultivo do feijoeiro sob condições de alta umidade e temperatura mínima superior a 20°C. b) *Sistema de cultivo.* O plantio direto com cobertura morta de gramíneas (*Brachiaria* spp.), evita que o micélio do fungo presente no solo entre em contato com as folhas do feijoeiro, reduzindo a infecção inicial. Aumenta também a população de microrganismos antagônicos, reduzindo a população do fungo na superfície do solo. Esta prática tem sido utilizada com êxito pela Samambaia Empreendimentos Agrícolas no vale do Rio Araguaia em Goiás. c) *Controle químico.* É uma das poucas alternativas para o controle da mela após a semeadura. O controle químico tem sido eficiente apenas se aplicado no início da epidemia, sob condições intermediárias de favorecimento de incidência da doença. Os fungicidas benomyl, tiofanato metílico e hidróxido de trifenil estanho apresentam um controle parcial da doença. d) *Resistência genética.* Todas as cultivares recomendadas são suscetíveis ao patógeno.

2.9 **Murcha de fusarium** (*Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli)

Possui ocorrência generalizada em todas as regiões produtoras. O cultivo anual de pelo menos uma lavoura de feijoeiro na mesma área, aumenta a população do patógeno no solo e como conseqüência os danos causados pela doença. Os danos são mais severos nas áreas irrigadas por pivô central onde o cultivo é mais freqüente e intensivo. Nestas condições, o uso da cultivar carioca torna-se inviável. A rotação de cultura por período superior a 3 anos reduz a população do patógeno no solo, mas não elimina o problema, uma vez que o fungo pode sobreviver no solo em restos de cultura ou através de estruturas de resistência na forma de clamidosporos. O uso de fungicidas através do tratamento de solo, tratamento de semente e/ou pulverizações foliares não tem se mostrado eficiente no controle da doença. Os melhores resultados, têm sido obtidos através da calagem, a adubação verde com gramíneas e o uso das cultivares Aporé(carioca halo amarelo); Campeão 1, Campeão 2, Campeão 3 e Pérola (carioca halo branco); Rio Tibagi, Nobre, FT Tarumã e IAPAR 44 (preto); e Jalo (jalo).

2.10 **Podridão radicular seca** (*Fusarium solani*)

É um habitante do solo, com ocorrência generalizada em todas as regiões produtoras. Os danos ao feijoeiro são mais severos sob condições de temperaturas baixas durante a germinação e início de desenvolvimento vegetativo das plantas. Nas regiões com altitudes superiores a 700 metros a doença inviabiliza a semeadura do feijoeiro nos meses de abril, maio, junho e julho, após a terceira lavoura na mesma área. Todas as cultivares recomendadas são suscetíveis, o controle químico através do tratamento de semente, tratamento de solo, e pulverizações foliares não é eficiente. Nestas regiões, a doença pode ser controlada através da semeadura do feijoeiro nos meses de setembro, a fevereiro.

2.11 **Galhas das raízes** (*Meloidogyne* spp.)

As espécies ocorrem em todas as regiões produtoras, todavia, é mais freqüente em solos degradados e com manejo inadequado. Pode ser facilmente detectado devido a formação de galhas nas raízes. Os danos são causados principalmente devido a destruição do sistema radicular. Ocorre em reboleiras causando, amarelecimento das

plantas, requeima dos bordos das folhas, queda das flores, folhas e vagens, murcha das plantas, redução do ciclo e como conseqüência a redução da produtividade. O controle da doença envolve diferentes medidas com o objetivo de diminuir a população do nematóide. a) *Resistência genética.* Todas as cultivares são susceptíveis, todavia, as cultivares Carioca, Aporé, Campeão 1 e Campeão 2 apresentam menor nível de doença que as cultivares Rio Tibagi, Rio Negro e Jalo. b) *Época de semeadura.* Sob condições de temperatura baixa, ocorre um aumento do ciclo do patógeno, com conseqüência, diminui-se os danos causados pela doença. c) *Sistema de cultivo.* A adubação verde com e *Brachiaria plantaginea B. decumbens e B. brizantha* reduz a população do nematóide. d) *Controle químico.* Os nematicidas aldicarb, carbofuran e counter reduzem a severidade da doença.

3. CONTROLE INTEGRADO DAS DOENÇAS

As principais medidas de controle das doenças do feijoeiro são a resistência genética, o sistema de cultivo, o uso de semente sadia, a rotação de culturas, a eliminação dos restos de cultura, a época de cultivo e o controle químico.

3.1 Resistência genética

É a forma mais econômica e eficiente de controle das doenças de plantas. Infelizmente, os programas de melhoramento do feijoeiro, têm dedicado poucos esforços no intuito de se obterem genótipos resistentes, especialmente para os patógenos de solo. Nenhuma cultivar é resistente a todas as doenças, portanto, o uso de outras medidas de controle se fazem necessário na maior parte das lavouras. As cultivares IAPAR 44 e Nobre (grupo preto), Aporé (grupo carioca halo amarelo), Campeão 1, Campeão 2, Campeão 3, e Pérola (grupo carioca halo amarelo), destacam-se pelo valor comercial, potencial produtivo e resistência a um maior número de doenças.

3.2 Sistema de cultivo

HALL & NASSER (1996) constataram trinta e um grupos de práticas culturais, que contribuem para o controle das doenças do feijoeiro. Entre elas as mais recomendadas foram a rotação de cultura, semente sadia, controle de plantas daninhas e o preparo do solo. O número de práticas culturais recomendadas por doença variou de 1 a 15. Concluíram também, que as práticas culturais contribuem para o controle de todas as doenças do feijoeiro e o seu uso é essencial para 80% das doenças.

Existem várias formas de cultivo intensivo do feijoeiro irrigado por pivô central. Entre elas, destaca-se o sistema adotado pela Samambaia Empreendimentos Agrícolas Ltda., em Santa Fé de Goiás - GO, No sistema Samambaia, ocupa-se o solo 6 meses com feijão (duas lavouras) e 6 meses com milho e mato (*B. Plantaginea*). A ocupação anual do solo no **"Sistema Samambaia",** envolve as seguintes culturas e sistemas de plantio. **a)** *A primeira lavoura* é realizada de abril a julho, com feijão no sistema de **plantio direto**. O feijoeiro é semeado, sob os restos de cultura do milho e da adubação verde de *Brachiaria plantaginea* (mato), morta pelos herbicidas de manejo. **b)** *A segunda lavoura*, é realizada de julho a outubro com o feijão no sistema de **plantio convencional**. O preparo do solo é realizado através de uma aração com arado de aiveca e uma gradagem com grade niveladora. A aração profunda, tem como objetivos,

diminuir o uso de herbicidas, descompactar o solo, e a incorporação profunda dos restos de cultura, para reduzir o inóculo inicial das doenças presentes nos restos de cultura. **c)** *A terceira lavoura*, é realizada de outubro a fevereiro, com o milho no sistema de **cultivo mínimo**. Efetua-se o preparo do solo com apenas uma gradagem utilizando-se de grade niveladora. Tem como objetivo, a rotação de cultura, o controle de erosão, a redução de custo e a ocupação do solo durante a estação chuvosa. **d)** *A quarta lavoura* **(mato)**, é realizada de dezembro a março com a *B. plantaginea*, oriunda de sementes presentes no solo e produzidas no ano anterior. A redução de doses dos graminicidas na cultura do milho possibilita o desenvolvimento do capim marmelada (*P. plantaginea*). A quarta lavoura tem como objetivos, a rotação de cultura, a formação de cobertura morta, o aumento da atividade biológica do solo, o controle da erosão e a reciclagem de nutrientes. Em 1994, o sistema de plantio Samambaia, reduziu os problemas sanitários, dobrou a produtividade, quadruplicou a produção e viabilizou o cultivo intensivo de 9.000 ha de feijoeiro irrigados por pivô central em 18 propriedades localizadas nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia.

Em estudos sobre o manejo de plantas daninhas para melhoria da produtividade do feijão no ecossistema do cerrado, THUNG & CABRERA (1996) obtiveram as seguintes conclusões: **a)** qualquer adição de matéria orgânica melhora o rendimento do feijoeiro, **b)** as quantidades de K e N oriundas da matéria orgânica que retornaram aos solos foram maiores que as quantidades das adubações químicas recomendadas normalmente para o cultivo do feijoeiro, **c)** o efeito dos manejos de matéria orgânica foi maior na área com baixo fósforo, sugerindo que o manejo das plantas daninhas deve ser mais cuidadoso em solos com baixa fertilidade.

Do ponto de vista agronômico, o plantio no mato apresenta as seguintes vantagens sobre o plantio convencional. **a)** Reduz a degradação química, física e biológica do solo. **b)** Aumenta a população dos inimigos naturais e diminui a incidência de pragas e doenças do feijoeiro. **c)** Facilita o plantio na época das chuvas. **d)** Reduz a perda de água e como conseqüência, diminui o consumo de energia elétrica. **e)** Dispensa o uso de terraço, maximiza a ocupação da área e facilita as operações de manejo da cultura. **f)** Evita o contato das vagens com o solo e diminui a podridão de sementes. **g)** Reduz o uso de máquinas e a compactação do solo. h) Proporciona a reciclagem de nutrientes lixiviados no período chuvoso (MENEZES, 1995$_b$).

3.3 Época e local de plantio

As condições climáticas variam de acordo com a região, a época do ano e interferem no desenvolvimento das doenças. Para usufruir deste benefício, o responsável técnico deve conhecer o clima da região e as exigências de cada doença. A antracnose é mais severa sob condições de alta umidade relativa, chuvas prolongadas e temperatura média próxima de 20 °C. A mela exige condições de alta umidade, chuvas prolongadas, porém com temperatura mínima superior a 20 °C. O mofo branco exige alta umidade e temperatura mínima de 13 °C. A ferrugem se desenvolve melhor com chuvas intermitentes e temperatura mínima próxima de 13 °C. A mancha angular também é mais severa sob condições de chuvas intermitentes, porém com temperatura mínima próxima de 16 °C. O oídio ocorre com maior intensidade sob condições de seca e temperaturas mínimas próximas de 14 °C. A podridão cinzenta do caule exige baixa umidade e temperatura elevada. Estes são exemplos da importância das condições climáticas no controle das doenças.

3.4 Rotação de cultura

A rotação de cultura diminui a severidade da maior parte das doenças do feijoeiro devido a redução do inóculo inicial. O uso intensivo das áreas irrigadas com pelo menos uma safra anual de feijão tem aumentado a população de patógenos no solo e/ou restos de cultura. Entre eles destacam-se o tombamento, o mofo branco, a murcha de fusarium, a mancha de alternaria, a podridão radicular seca e a galhas das raízes. Em áreas problemas, bons resultados têm sido obtidos através da rotação de culturas com pastagens, milho, arroz, trigo, aveia, centeio e principalmente a adubação verde com diferentes espécies de *Brachiaria* (MENEZES et al. 1995).

3.5 Semente sadia

A maior parte das doenças do feijoeiro são transmitidas através das sementes (NEERGAARD, 1979). No Brasil, a maioria das lavouras de feijão, são oriundas de semente própria, geralmente de baixa qualidade sanitária e portadoras de doenças importantes (LASCA, 1978). Vários fatores contribuem para pequena produção, a baixa qualidade e a modesta utilização de sementes de feijão no Brasil. Entre eles, destaca-se o sistema de certificação limitado pela burocracia governamental, com normas e leis incompatíveis com as necessidades da pesquisa, da produção e do consumo de sementes de feijão.

Antes de adquirir a semente procure conhecer a origem da mesma e a capacidade do produtor de produzir semente sadia. Visite o campo de produção de semente no estádio de pré colheita. Exija o teste de sanidade de semente. Esta ainda é uma prática pouco utilizada, mas de grande importância para o controle das doenças. Confira os resultados fazendo a seleção visual e a analise sanitária das sementes manchadas e/ou defeituosas encontradas no lote.

3.6 Controle químico

A eficácia dos fungicidas dependem das características do patógeno, das condições climáticas da lavoura e da eficiência do fungicida (KIMATI et al., 1986).

O tratamento de semente com fungicida, reduz a transmissão de patógenos e protege as sementes e plantas de patógenos presentes no solo e/ou restos de cultura. No Brasil, uso de fungicidas no tratamento de sementes do feijoeiro, é uma prática amplamente recomendada (BIANCHINI et al., 1989; SARTORATO et al., 1996). Entre os vários fungicidas recomendados o benomyl, o captan, o thiram e a mistura de carboxin + thiram, são os mais utilizados. Existe uma tendência mundial para a recomendação da mistura de fungicidas sistêmicos e de contato no tratamento de sementes (AZEVEDO, 1996). A mistura de benomyl + thiram, apresentou bons resultados para o controle das doenças do feijoeiro através do tratamento de sementes (IAPAR, 1982). Outras misturas como carboxin + thiram, thiabendazol + captan e benomyl + captan, também são eficientes.

O controle químico através da pulverização de fungicidas, reduz a severidade da maior parte das doenças fúngicas do feijoeiro. Entre elas inclui-se a antracnose, a ferrugem, mancha angular, a mancha de alternaria e o mofo branco (ISSA et al., 1981; MOHAN et al., 1981; GIANASI, 1995; CASTRO & ITO, 1996).

A forma de aplicação dos fungicidas, pode alterar o custo e a eficácia do controle químico das doenças de plantas (JOHNSON et al., 1986). Nos estados Unidos

da América, país com a maior área irrigada por pivô central, o uso da fungigação tem sido amplamente estudado em várias culturas (BRENNEMAN, & SUMNER, 1990). No Brasil, OLIVEIRA et al. (1992_a) constataram que a fungigação foi mais eficiente que a aplicação convencional de fungicida no controle do Oídio e da mancha de Alternaria em feijoeiro. Em outro trabalho, OLIVEIRA et al. (1992_b) constataram que a fungigação e a aplicação convencional foram semelhantes quanto ao controle da ferrugem e do mofo branco; todavia, foi inferior a aplicação convencional para o controle da mancha angular. SARTORATO & RAVA (1994) constataram que, apesar da fungigação reduzir significativamente a severidade da mancha angular do feijoeiro, a aplicação convencional, mostrou-se mais eficiente no controle da doença. A fungigação superou a testemunha sem controle, mas foi inferior a aplicação aérea e convencional tratorizada, quanto ao controle da mancha angular e a produtividade do feijoeiro (MENEZES & MENTEN, 1996). O escorrimento, a menor concentração do produto nas folhas jovens e as características dos fungicidas utilizados, podem ser as causas que reduziram a eficiência da fungigação no controle da mancha angular.

A época de aplicação do fungicida, também é um fator importante no controle das doenças do feijoeiro. QUEIROZ et al. (1988) relataram que o controle preventivo da mancha angular no Estado de São Paulo era feito com pulverizações de mancozeb antes e após a florada. BARROS et al. (1992) encontraram diferenças entre o número e a época de aplicação dos fungicidas no controle da mancha angular do feijoeiro. Em agroecossistemas com o cultivo anual de duas lavouras de feijão irrigadas por pivô central, as melhores épocas de controle da mancha angular com três aplicações de fungicidas foram aos 35, 50 e 65 dias após a semeadura (DAS) para a primeira lavoura e aos 10, 20, e 35 DAS para a segunda lavoura (MENEZES & MENTEN, 1996).

Os melhores resultados para o controle das doenças do feijoeiro, têm sido obtidos com o uso integrado das medidas de controle acima citadas.

Com base nos resultados de campo dos últimos 10 anos, obtidos nos agroecossistemas Samambaia 1 (Santa Fé de Goiás, GO, Samambaia 2 (Itapaci, GO), Samambaia 3 (Pirapora, MG), Bem Bom (Bom Jesus da Lapa, BA), Campos Altos (Mozarlândia, GO), Uniflor (Buritizeiro, MG), São Simão (Taiobeiras, MG), Barroso (Montes Claros, MG), Beirada (Manga, MG), sugere-se as seguintes medidas para o manejo integrado das principais doenças em agroecossistemas com o cultivo anual de duas lavouras de feijoeiro irrigadas por pivô central. *Cultivar-»* Aporé, Campeão 1, 2 e 3, Pérola, IAPAR-57 e Nobre. *Sistema de cultivo-»* Samambaia. *Controle químico-»* Tratamento de semente com a mistura de produtos de contato e sistêmicos. Exemplo benomyl + captan, benomyl + thiram, oxycarboxin + thiram ou thiabendazol + captan. Considerando, o grande número e o potencial de danos das doenças, sugere-se o controle preventivo, com 4 pulverizações de fungicidas aos 20, 35, 50 e 60 dias (DAS), na primeira lavoura, e aos 10, 20, 35 e 50 DAS na segunda lavoura. Os fungicidas acetato de trifenil estanho, benomyl, captan, chlorothalonil, hexaconazole, hidróxido de trifenil estanho, mancozeb, oxicloreto de cobre, propiconazole, tebuconazole, tiofanato metílico e triflorina, são eficientes para a maior parte das doenças do feijoeiro. Sob condições de alta severidade de doenças como: a antracnose, o mofo branco, a mancha angular, e a ferrugem, sugere-se o controle curativo com fungicidas específicos para cada doença. Nestas situações o número e a época das pulverizações também podem ser alteradas.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, L.A.S. Tratamento de sementes com fungicidas visando o controle de patógenos da parte aérea. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 4. Gramado, 1996. **Trabalhos apresentados.** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 83-91.

BARROS, B.C.; CASTRO, J.L.; OLIVEIRA, S.H.F. & OLIVEIRA, D.A. Efeito do número de aplicações de mancozeb em diferentes épocas no controle de doenças e no rendimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.18, p.276-282, 1992.

BIANCHINI, A; MENEZES, J.R. de; MARINGONI, A.C. Doenças e seu controle. In: IAPAR. **O feijão no Paraná.** Londrina: IAPAR, 1989. Circular 63. p.189-216.

BRENNEMAN, T.B. & SUMNER, D.R. Effects of trator traffic on and chlorothalonil applied via ground spraysor center pivot irrigation systems on peanut diseases and pod yields. **Plant Disease**, St. Paul, v.74, p. 277-279, 1 990.

CASTRO, J.L. & ITO, M.F. Controle químico da mancha angular do feijoeiro. REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., Goiânia, 1996. **Anais.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. p. 192-194.

GIANASI, L & SOUZA, P.E. Efeito do Clhorothalonil sobre *Isariopsis griseola* em *Phaseolus vulgaris* L. **Fitopatologia Brasileira,** Brasília, v. 20, p. 313. 1995.

HALL, R.& NASSER, L.C.B. Practce and precept in cultural management of bean diseases. **Canadian Jurnal of Plant Pthology,** v.18, p. 176-185, 1996.

IAPAR (FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ). **Relatório Técnico Anual.** Londrina: IAPAR, 1982. 270 p.

ISSA, E.C.; SINIGAGLIA, C.; OLIVEIRA, D.A. Controle da antracnose, *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc & Magn) Scribner, e da mancha angular, *Isariopsis griseola* Sacc., do feijoeiro, *Phaseolus vulgaris* L. **Fitopatologia Brasileira**, Piracicaba, v.7, p.15. 1981.

JOHNSON, A.W.; YOUNG, J.R., THREADGILL, E.D., DOWLER, C.C. & SUMNER, D.R. Chemigation for crop prodution management. **Plant Disease,** St. Paul, v.70, p.998-1004, 1986.

KIMATI, H.; SOAVE, J.; ESKES, A.B.; KUROZAWA, C.; BRIGNANI NETO, V.F & FERNANDES, N.G. **Guia de Fungicidas agrícolas**. Piracicaba: Livroceres, 1986. 281p.

LASCA, C.C. Estudos sobre a flora fúngica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **O biológico,** São Paulo, v.46, p.125-134, 1978.

MENEZES, J.R de Controle integrado de doenças em culturas irrigadas por pivô central. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.20, p.270-271. 1995_a.

MENEZES, J.R. de. Plantio direto do feijoeiro irrigado por pivô central. **Diálogo Rural-Zeneca** Agrícola, São Paulo, v.4, p.5, 1995_b.

MENEZES, J.R. de & MENTEN, J.O.M Controle integrado de *phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr. em Phaseolus vulgaris L. irrigado por pivô central. Piracicaba, 1996. 125p. (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MENEZES, J.R. de; REBOUÇAS, V.S.; TEIXEIRA, J.F. & AMARAL, C.F. Efeito da calagem e do mato sobre a incidência de doenças do feijoeiro comum irrigado por pivô central. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.20, p.379. 1995.

MOHAN, S.K. MENEZES, J.R. & BIANCHINI, A. **Doenças e seu controle.** In: Cultura do feijão no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1980. p. 47-53. Circular 18.

NEERGAARD, P. **Seed Pathology.** London: MacMillan Press, 1979, 1190p.

OLIVEIRA, S.H.F.; RECCO, C.A.V. & OLIVEIRA, D.A. Eficiência comparativa da fungigação e aplicação convencional de fungicidas no controle de oídio e mancha de alternaria em feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.17, p.67-70, 1992_a.

OLIVEIRA, S.H.F.; RECCO, C.A.V.; OLIVEIRA, D.A. Efeito comparativo da aplicação de fungicidas por pivô central e método convencional para controle de doenças e produtividade do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira,** Brasília, v.17, p. 191, 1992_b.

QUEIROZ, A.; LUCA, C.A.; PALA, V.L. Problemas fitossanitários do feijoeiro no Estado de São Paulo - Cultura de inverno. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 3., **Trabalhos apresentados.** Piracicaba, 1988. p.91-102.

SARTORATO, A. RAVA, C.A. Eficiência de fungicidas aplicados pelo método de fungigação no controle da mancha angular (*Isariopsis* griseola) do feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica,** Jaguariúna, v.20, p.51, 1994.

SARTORATO, A.; RAVA, C.A. & RIOS, G.P. Doenças fúngicas e bacterianas da parte aérea. In: ARAÚJO, S. A.; RAVA, C. A.; STONE, L.F. & ZIMMERMANN, M. J. O. (Ed.) **A cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 669-722.

THUNG, M & CABRERA, J.L. Manejo de plantas daninhas para melhoria da produtividade do feijão no ecossistema do cerrado. REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. 5, Goiânia, 1996. **Anais.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. p. 489-491.

PLANTIO DIRETO: PRINCIPAIS PROBLEMAS

Ricardo de Castro Merola[1]

1. INTRODUÇÃO

A região de Santa Helena de Goiás está localizada no sudoeste do Estado de Goiás. O solo é um Latossolo Roxo com teor de argila em torno de 45%, apresentando uma boa fertilidade natural com exceção apenas do fósforo que era baixo. O clima é bem definido com cerca de 1600 mm precipitação anual nos meses de outubro a meados de maio. Os demais meses apresentam precipitação próxima de zero.

O início da irrigação na propriedade ocorreu no ano de 1979 com o equipamento auto-propelido.

Na época as culturas exploradas na fazenda eram o feijão de inverno, sorgo para semente, milho e soja.

A partir de 1982, com o uso intensivo do solo, iniciou-se o plantio direto no intuito de agilizar a implantação das culturas.

Devido ao uso intensivo de grade e arado, houve um sério problema de disseminação de tiririca. Com a adoção do plantio direto, esse problema foi eliminado, bem como a erosão, apesar da fazenda contar com um moderno sistema de conservação de solos baseado em terraços marcados em desnível desaguando em canais gramados.

Nas primeiras experiências em 1982, surgiram as dificuldades. A rotação de sorgo após soja era tranqüila, pois não exigia semeadora eficiente, nem herbicidas diferentes.

Porém, na semeadura de soja após sorgo de inverno (safrinha), as tigüeras de sorgo não tinham controle e, caso se optasse pelo milho o problema seria o mesmo.

Para a semeadura de feijão de inverno após o milho, o problema se deu devido à falta de máquinas semeadoras com peso suficiente e "rompão" para fazer a colocação adequada das sementes e do adubo.

Por fim, em 1988 a adoção do plantio direto foi implementada, pois já contávamos com máquinas adequadas e herbicidas de pós-emergência bem eficientes.

2. PRINCIPAIS PROBLEMAS

2.1 O fungo de solo é problema em ambos os casos, tanto no plantio convencional como no plantio direto?

2.1.1 *Fusarium* sp.

Para esse fungo, desde o início foi adotado um rigoroso controle na aquisição de sementes, procurando fazer sempre um teste de sanidade antes da semeadura.

Procurou-se também praticar a rotação de culturas para que não houvesse a sucessão de culturas (como por exemplo milho e feijão), bem como a semeadura em épocas mais adequadas (temperatura do solo mais elevada), e o tratamento de sementes (Benomil + Thiran).

[1] Av. Cipriano del Favero, 569. Centro. Uberlândia, MG. 38400-048.

2.1.2 *Sclerotinea* sp.

Foram usados os mesmos critérios utilizados para fusarium, acrescida da adoção de um controle no manejo da água de irrigação. A população de plantas também deve ser observada para cada cultivar em função do hábito de crescimento (reduz-se a população no caso de plantas de hábito de crescimento prostrado, e aumenta-se nas de hábito mais ereto).

Tabela 1. Opções de rotação.

Primeiro ano			
Mês	setembro	fevereiro	abril
Cultura	milho	crotalária	feijão
Segundo ano			
Mês	setembro	fevereiro	julho
Cultura	milho	sorgo forrageiro ou milheto	sorgo forrrageiro ou milheto
Terceiro ano			
Mês	setembro	fevereiro	
Cultura	soja	sorgo (semente)	
Quarto ano			
Mês	setembro/outubro	fevereiro	julho
Cultura	soja	milho (semente)	feijão

2.2 O uso da água pode ser um problema no plantio convencional?

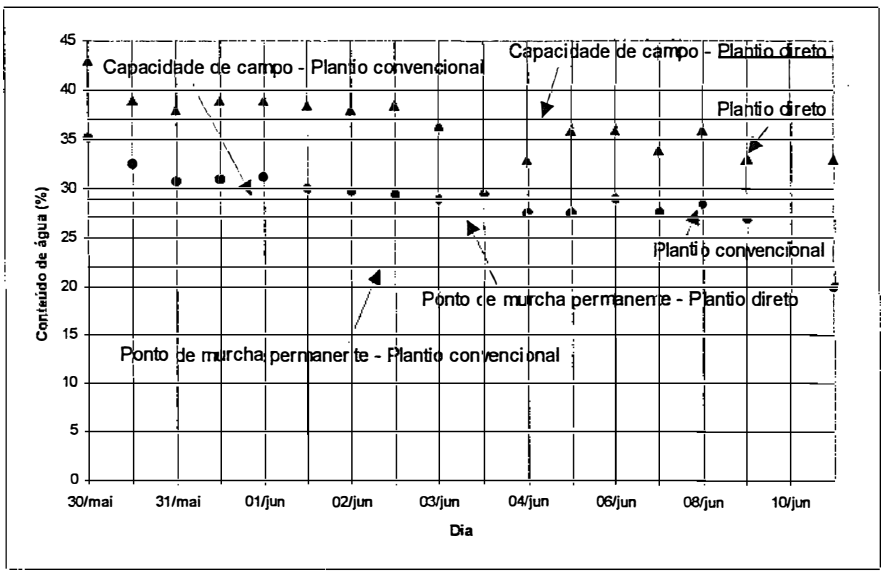


Figura 1. Variação temporal do conteúdo de água no solo, no período de 30 de maio a 10 de junho, nos dois sistemas: plantio direto e plantio convencional.

Para usar a irrigação com eficiência no plantio direto, deve-se observar que, nas fases iniciais da cultura, o consumo é bem inferior ao plantio convencional. Não se pode manejar da mesma forma, pois isso acarretaria um aumento de custo (energia e desgaste das máquinas), bem como o favorecimento do aparecimento de doenças e de lixiviação de nutrientes.

2.2.1 A qualidade das semeadoras no plantio direto pode ser problema?

Para a semeadura de feijão, faz-se necessário utilizar equipamento que tenha um "rompão" após o disco de corte para que a semente e o adubo sejam colocados na profundidade adequada. Caso o equipamento seja demasiadamente leve, o mesmo não cortará bem a palhada, acarretando problema de embuchamento.

2.2.2 Nível de fertilidade em profundidade e na superfície pode ser problema?

Para iniciar o sistema de plantio direto, o agricultor deve procurar corrigir o solo com calcário, gesso e fósforo usando equipamento tipo aiveca, o qual proporciona o preparo do solo numa boa profundidade, além de eliminar o "pé-de-grade".

Com o passar dos anos, observou-se um acréscimo de fertilidade em profundidade. Na camada superficial (0 a 5 cm) ocorreu um acréscimo bastante acentuado do teor de alguns elementos.

Tabela 2. Análise de solo (área 2-A).

Atributo	0-5 cm (GYM209)	5-10 cm (GYM210)	10-20 cm (GYM211)
Macronutrientes			
pH ($CaCl_2$)	5.8	5.4	5.3
Ca (meq/100 cm^3)	5.0	3.6	3.6
Mg (meq/100 cm^3)	1.7	1.0	0.8
Ca + Mg (meq/100 cm^3)	6.7	4.6	4.4
Al (meq/100 cm^3)	0.0	0.0	0.0
H + Al (meq/100 cm^3)	2.0	2.7	3.8
CTC (meq/100 cm^3)	9.49	7.69	8.55
P (Melisch)	52	52	58
K (meq/100 cm^3)	0.79	0.39	0.35
K (ppm)	310	152	136
Micronutrientes			
Na (ppm)	10	8	8
S (ppm)	10	5	30
B (ppm)	0.5	0.4	0.03
Cu (ppm)	4.8	4.4	4.4
Fe (ppm)	28	29	30
Mn (ppm)	160	117	108
Zn (ppm)	9.2	8.0	7.5
Dados complementares			
Matéria Orgânica (%)	4.3	3.9	3.9
Saturação por bases (%)	78.93	64.89	55.56
Ca/Mg	2.9	3.6	4.5
Ca/CTC (%)	52.69	46.81	42.11
Mg/CTC (%)	17.91	13.00	9.36
K/CTC (%)	8.32	5.07	4.09
(H + Al)/CTC (%)	21.07	35.11	44.44

Tabela 3. Análise comparativa química do solo.

Artibuto	1991	1994	Variação
pH ($CaCl_2$)	5,6	5,5	- 2,0 %
Ca (meq/100 cm^3)	5,1	5,8	+ 14,0 %
Mg (meq/100 cm^3)	1,4	1,7	+ 21,0 %
Ca + Mg (meq/100 cm^3)	6,5	7,4	+ 14,0 %
Al (meq/100 cm^3)	0,0	0,0	0,0 %
H + Al (meq/100 cm^3)	2,0	2,7	+ 35,0 %
CTC (meq/100 cm^3)	8,8	10,8	+ 23,0 %
P (Melisch) (ppm)	12,0	18,8	+ 56,0 %
K (meq/100 cm^3)	0,31	0,59	+ 90,0 %
K (ppm)	121,0	230,3	+ 90,0 %
Na (ppm)	5,8	9,3	+ 60,0 %
S (ppm)	1,7	6,8	+ 300,0 %
B (ppm)	0,6	0,26	- 130,0 %
Cu (ppm)	2,4	2,1	- 12,,5 %
Fe (ppm)	18,6	15,6	- 19,0 %
Mn (ppm)	75,0	105,3	+ 40,0 %
Zn (ppm)	3,2	6,3	+ 97,0 %
Matéria Orgânica (%)	3,1	4,3	+ 39,0 %
Saturação por bases (%)	76,6	73,8	- 4,0 %
Ca/Mg (%)	3,8	3,7	- 3,0 %
Ca/CTC (%)	57,8	53,3	- 8,0 %
Mg/CTC (%)	15,3	15,2	- 1,0 %
K/CTC (%)	3,6	5,4	+ 50,0 %
(H + Al)/CTC (%)	23,3	26,1	+ 12,0 %

1 +: incremento. -: decréscimo.

2.2.3 Pragas de solo em plantio direto pode ser problema?

Temos constatado o aparecimento de diversas pragas. Porém, observando as culturas, as mesmas apresentam bom desenvolvimento e rendimentos crescentes. Supõe-se que o controle químico seja eficiente para manter as populações em níveis aceitáveis.

2.2.4 Persistência de alguns herbicidas no solo, e provável resistência de algumas plantas daninhas, pode ser problema?

Com a utilização de plantio direto por longo tempo e com o alto índice de exploração da área, algumas plantas daninhas (leiteiro, desmodium e trapoeraba, principalmente) têm se tornado de difícil controle e de elevado custo.

A utilização de 2-4 D, por grande parte do tempo durante o ano, encontra-se impossibilitada devido ao problema de deriva associado à exploração da cultura de algodão pelos vizinhos.

2.2.5 A colheita de feijão após a cultura de milho pode ser problema?

No plantio direto, as espigas de milho, da cultura anterior que ficam remanescentes no solo quando da colheita de feijão, entrarão na colhedora sendo misturadas com as sementes feijão, as quais são de difícil separação no beneficiamento.

Por outro lado, o benefício é que nas regiões de Terra Roxa os grãos de feijão ficam bem limpos, aumentando o valor comercial do produto em até dez por cento.

2.2.6 O aumento da densidade do solo pode ser problema?

Com bastante tempo fazendo plantio direto, e com o acompanhamento da variação temporal da estrutura do solo, observou-se um aumento na sua densidade. Porém, observou-se, através de inspeções em trincheiras, um sistema radicular bem desenvolvido, indicando pouco risco de queda de rendimento.

Foram executados alguns testes utilizando penetrógrafo. Constatou-se uma densidade do solo uniforme no perfil estudado.

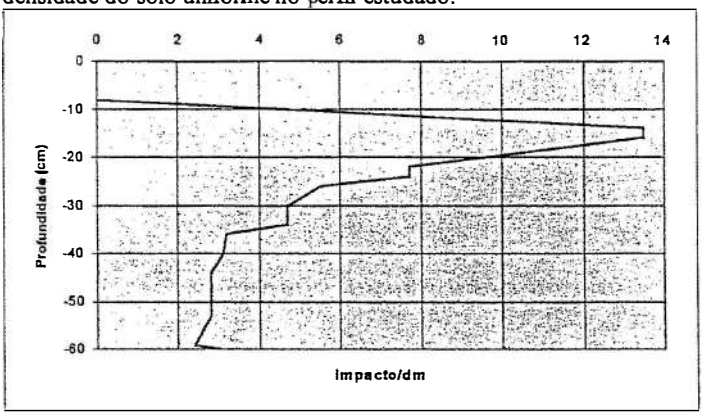


Figura 2. Resistência à penetração.

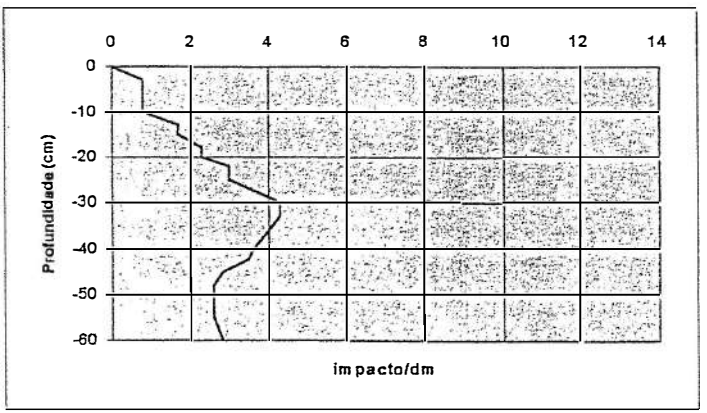


Figura 3. Resistência à penetração.

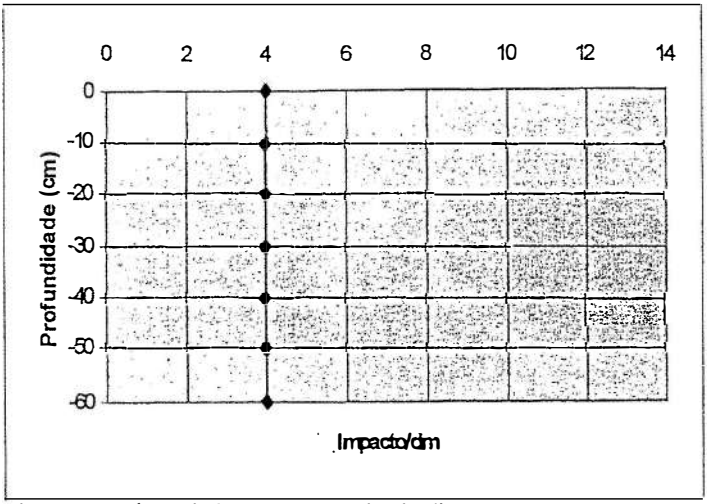


Figura 4. Resistência à penetração (plantio direto).

3. CONSIDERAÇÃO FINAL

A pesquisa tem muito a fazer na área de manejo, rotações e opções de cultura, manejo de herbicidas, uso de água, e técnica de aplicação de fertilizantes, calcário, gesso e outros insumos.

Enfim, a utilização da técnica de plantio direto no cerrado é uma realidade que cada vez mais nos gratifica pelos resultados alcançados.

DIMENSIONAMENTO DE UM BALÃO DE ESCORVA

Nilson A. Villa Nova[1]
Cláudio Tomazela[2]
Durval Dourado Neto[3]
Antônio Luiz Fancelli[3]

1. INTRODUÇÃO

Em problemas de recalque de água é indispensável o uso da tradicional válvula de pé, que apresenta sempre problemas de vazamento exigindo a freqüente limpeza, ou mesmo a utilização de injetores para escorva do campo de aspiração.

No presente trabalho, propõe-se para substituir a válvula de pé, a utilização de um balão de escorva, para que o funcionamento de uma bomba independa dessa válvula, atendendo também as situações de variação do nível estático de aspiração muito freqüentes em problemas de recalque de água. Sendo assim, o presente trabalho apresenta o dimensionamento do balão em função da vazão (Q, m^3/h), altura de aspiração (h_o, m), distância de aspiração (L, m), e perdas de carga na aspiração (a, m/m), assim como o dimensionamento do diâmetro (D, m), altura (H, m) e espessura de chapa do corpo (e, mm).

2. METODOLOGIA

Na partida, a água dentro do balão (A representação esquemática de um balão de escorva está ilustrado na Figura 1) encontra-se no nivel de partida (obtido por enchimento através da válvula F). Nessa situação o volume inicial de ar no sistema (V_o, m^3) e a pressão inicial (P_o, m) serão:

$$V_0 = \frac{\pi D^2}{4} h_2 + \frac{\pi d^2}{4}\left(L + h_0\right) \tag{1}$$

P_o = pressão atmosférica local (m)

Ao se dar a partida no conjunto motobomba a água aspirada aumentará o volume inicial V_0, sendo que, em função disto o volume interno aumentara para V^1 (volume interno de trabalho), valor que será expresso por:

$$V' = \frac{\Pi D^2}{4}(H - h1) \tag{2}$$

Considerando processo isotérmico, teremos que:

$$P' = Po\frac{Vo}{V'} \tag{3}$$

Substituindo (1) e (2) em (3) teremos:

$$P' = Po\frac{D^2 h_2 + (L + ho)d^2}{D^2(H - h_1)} \tag{4}$$

---

[1] Departamento de Física e Meteorologia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 13.418-900.
[2] Engenheiro Agrônomo. Doutor. CT – Assessoria Técnica em Agricultura. Campinas, SP. Telefax: 019-2530228.
[3] Departamento de Agricultura. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 13.418-900.

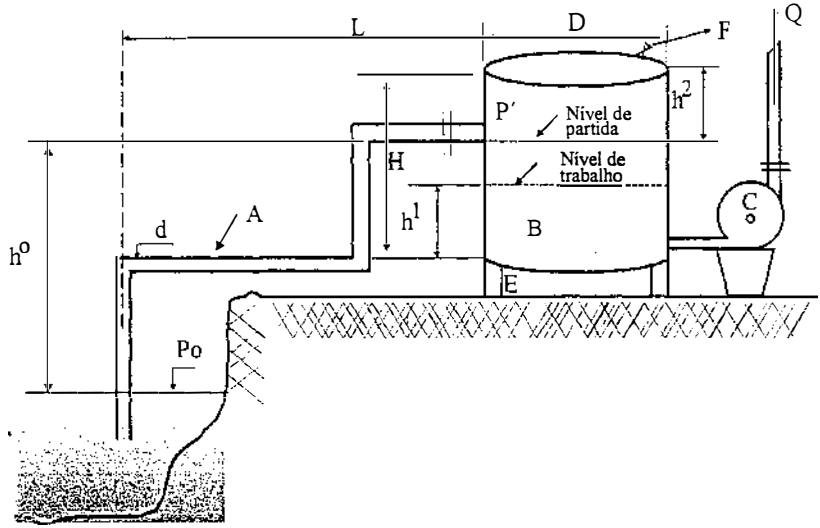


Figura 1. Representação esquemática de um balão de escorva. Legenda: A - cano de aspiração; B - corpo do balão; C - conjunto motobomba; E - suporte; F - válvula de entrada de água; H_O- distância vertical de aspiração; H_1 - nível de trabalho da água no balão; H_2 - altura da câmara vazia; H - altura do balão; P_o - pressão atmosférica local; P' - pressão de trabalho no interior do balão; L - distância horizontal de aspiração; Q - vazão de recalque.

Considerando-se que a pressão P' que fará com que a água entre dentro do balão, deverá ser:

$$P' = Po - Ho - (L + ho)a \tag{5}$$

sendo a, a perda de carga na operação em m/m

Substituindo (5) em (4) teremos:

$$Po - ho - (L + ho)a = Po\frac{D^2 h_2 + (L + ho)d^2}{D^2(H - h_1)}$$

$$D = d\sqrt{\frac{L + ho}{\frac{(H - h_1)[Po - ho - (L + ho)a]}{Po} - h_2}} \tag{6}$$

A equação (6) expressa o diâmetro necessário do balão em função dos parâmetros da aspiração.

3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

3.1. Cálculo de D e H

Supondo as seguintes condições da aspiração: P_o = 10 m, h_o = 5 m, L = 5 m, d= 0,3 m, a= 0,008 m/m, h_2 = 0,4 m , h_1 = 0,1 m, H = 2,0 m e Q = 300 m^3/h. Assim sendo, teremos:

$$D = 0,3\sqrt[3]{\frac{5+5}{\frac{(2-1)[10-5-(5+5)0,008]}{10}}} - 0,4 \qquad (7)$$

D= 3,127 m.

Como veremos no cálculo da espessura da chapa de ferro do balão, a mesma depende do diâmetro. Assim sendo, melhor será aumentar o valor de H para 2,5 m. Nessa condição, teremos (aplicando novamente a equação 7):

$$D = 0,3\sqrt[3]{\frac{5+5}{\frac{(2,5-1)[10-5-(5+5)0,008]}{10}}} - 0,4 = 1,63m$$

3.2. Cálculo da espessura da chapa

A espessura da chapa necessária é resolvida de acordo com o diagrama da Figura Anexa. Sendo:

$$L = 2,50m = \frac{2,50}{2,54} \sim 98"$$

Temperatura de trabalho <300° F (≃150°C).

De acordo com as instruções do diagrama, obteremos a espessura de 0,25" ou seja:

$$t = \frac{\frac{\pi D^2}{4}(H - h_2 - h_1)}{Q/3600}$$

e = 0,25 x 25,4 = 6,35 mm (chapa de ¼").

3.3. Cálculo do tempo de equilíbrio

O tempo de equilíbrio (tempo para atingir o nível dinâmico de trabalho dentro do balão) será dado pelo quociente do volume a ser aspirado pela bomba até o nível de equilíbrio, dividido pela vazão da bomba Q, ou seja:

$$t = \frac{\frac{\pi(1,63)^2}{4}(2,5-1,0-0,4)}{300/3600} = 27,5s$$

No presente caso, teremos:

4. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CHART FIND VESSEL THICNESS. Hidrocarbon processing 55, Nº 5, May 1976. p. 217.

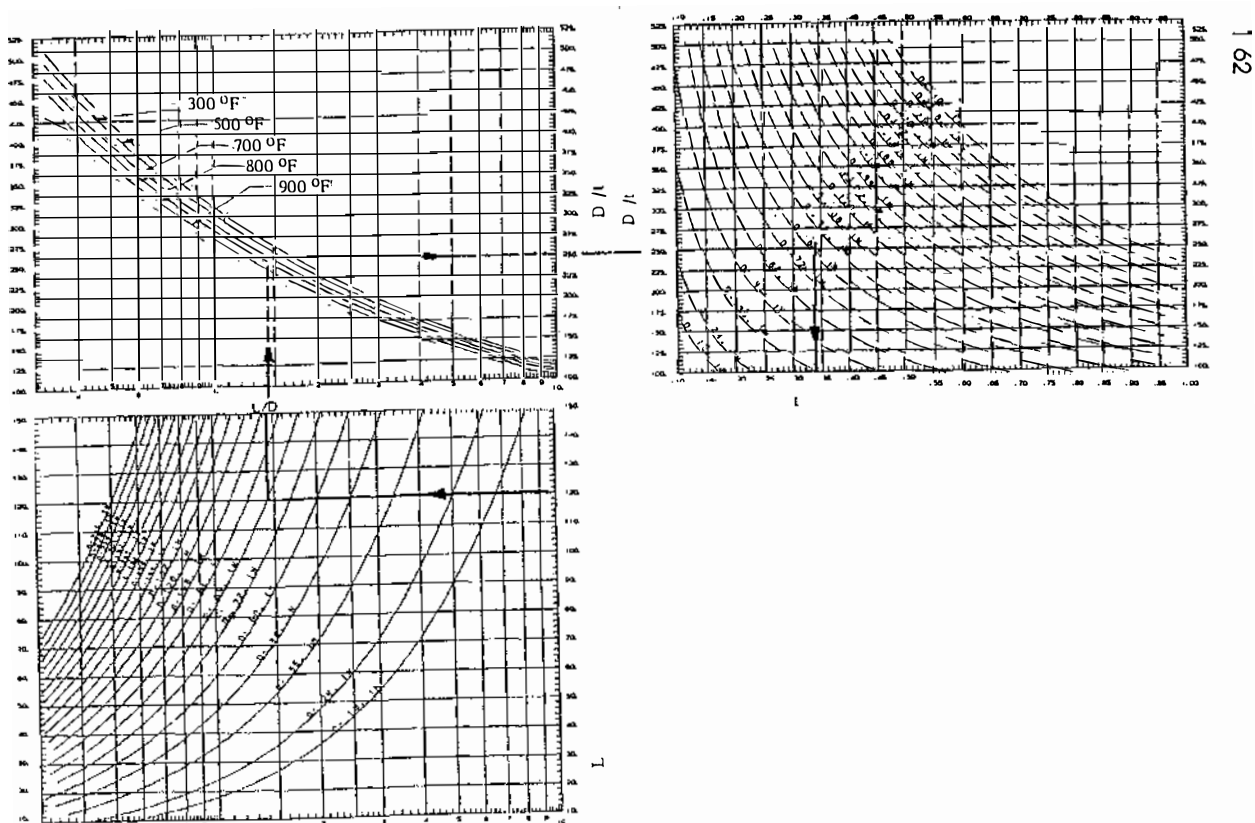


Figura 2. Diagrama para determinação da espessura da chapa de ferro (30.000 a 38.000 PSI) do balão de escorva. Legenda: t: espessura da chapa (polegadas), D: diâmetro externo do balão (polegadas), e L: distância de aspiração (polegadas).
Fonte:
LOGAN, P.J. "Based on New ASME Code Addenda... Chart Finds Vessel Thickness." Hidrocarbon Processing, 55. N. 5, May 1976. P.217.
LOGAN, P.J. "A Simplified Approach to... Pressure Vessel Head Design." Hidrocarbon Processing, 55. N. 11, November 1976. P.265.

ESTIMATIVA DA PERDA POR DERIVA EM PIVÔ CENTRAL

Nilson A. Villa Nova[1]
Durval Dourado Neto[2]
Cláudio Tomazela[3]
Antônio Luiz Fancelli[3]

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que em situações de clima seco, a baixa umidade relativa do ar aliada a velocidade do vento, que atravessa a cortina líquida gerada pelos emissores em um sistema de pivô central, pode ocasionar perdas consideráveis por deriva (arraste de água das gotículas na forma de vapor), diminuindo a quantidade que atinge o solo, e em conseqüência, a eficiência de irrigação do sistema.

No presente trabalho, desenvolve-se um equacionamento desta perda, com a finalidade de não só permitir sua avaliação como também proceder para reduzi-las ao mínimo possível.

2. METODOLOGIA

Considera-se a Figura 1, onde está representado esquematicamente um pivô central.

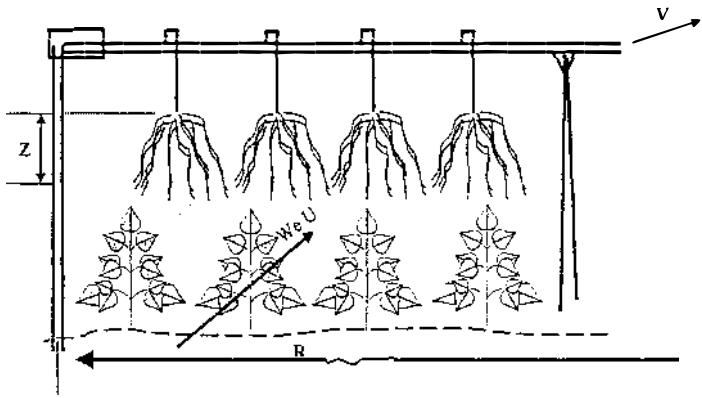


Figura 1. Representação esquemática de um pivô central. Legenda: Z = distância entre altura do bico do emissor à superfície da cultura (m); R = raio do pivô; V = velocidade linear do pivô (m/hora); U = velocidade média do vento incidente (m/s); h = lâmina aplicada (mm/volta, ou litros/m^2.volta do pivô); T = tempo para dar uma volta (horas/volta) (ΔW = variação da umidade absoluta do ar ao atravessar a cortina líquida ou seja W_e (entrada) menos W_s (saída) em g/m^3 de ar incidente.

[1] Departamento de Física e Meteorologia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 13.418-900.
[2] Departamento de Agricultura. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 13.418-900.
[3] Engenheiro Agrônomo. Doutor. CT – Assessoria Técnica em Agricultura. Campinas, SP. Telefax: 019-2530228.

Nessas condições, tem-se que a vazão de água aplicada (Q, m^3/volta) do pivô será:

$$Q = \pi.R^2.h.10^{-3} \quad (1)$$

Sendo também a velocidade linear do pivô (V, m/h) expressa por:

$$V = 2\ \pi\ R/t \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1), teremos:

$$Q = \frac{V.t}{2} R.h.10^{-3} \quad (3)$$

A equação (3) expressa o volume de água aplicado pelo pivô em m^3/volta.

A perda por deriva (arraste de vapor de água pelo ar) será expressa em m^3/volta por (D):

$$D = Z.R.U.\Delta W.t.360010^{-6} \quad (4)$$

Definindo P (%) como sendo a perda percentual por deriva em relação à lâmina aplicada, tem-se que:

$$P = \frac{D}{Q}100 \quad (5)$$

e substituindo-se (3) e (4) em (5), teremos:

$$P = 720.\frac{Z.U.\Delta W}{V.h} \quad (6)$$

A equação (6) demonstra que a perda referida será minimizada para um certo valor de U.ΔW (que depende das condições locais) quando: a) os pendurais estiverem ajustados para que o valor de Z seja mínimo (não irrigar feijão com pendural ajustado para milho); b) maximizarmos o produto V.h. Na prática, sendo a possibilidade de aumento de h bem maior do que a de V, o aumento de h (maiores lâminas por volta) será a situação ideal.

Definindo-se como n a relação entre a velocidade linear do pivô (m/h) e a lâmina aplicada por volta h (mm/volta), teremos que:

$$n = \frac{V}{h} \quad (7)$$

Substituindo-se (7) em (6), teremos:

$$P = 720.\frac{Z.U.\Delta W}{n.h^2} \quad (8)$$

3. DETERMINAÇÃO GRÁFICA DA PERDA P (%)

No gráfico (1) é demostrada a resolução gráfica da perda P% para diferentes valores da relação n e diferentes valores de Z para valores de Z(W igual a dois. Para quaisquer valores de Z(W diferente de dois, o valor de P será proporcional.

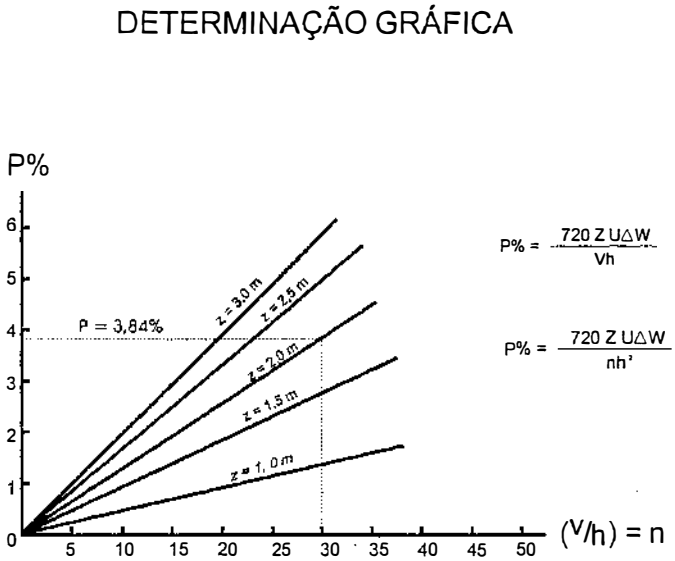


Figura 2. Determinação Gráfica da porcentagem de perda por deriva em pivô central (P,%) para UΔ W=2 e valores variavéis de n e z.

Exemplo de aplicação

Sendo:

V= 150 m/h
h= 5mm/volta
$n = \frac{150}{5} = 30$
Z=2,0 m
P=3,84%
Δ w= 1g/m^3
U=2m/s

Para: UΔW = 4; a perda seria:
P% = 2 x 3,84 = 7,68%
da água aplicada

EFEITO DE POPULAÇÃO DE PLANTAS E A COLHEITA MECÂNICA NA CULTURA DO FEIJÃO

Marco Antônio Lollato[1]

1. INTRODUÇÃO

As recomendações de espaçamento, densidade de plantio e população de plantas de feijão tem apresentado, de maneira geral, variações amplas e capazes de confundir os usuários da informação. Além disso, experiências isoladas de agricultores (e de técnicos) obtidas em um local , com uma variedade e em um ano agrícola, tem alimentado a discussão e estabelecido em certas regiões o uso de populações de plantas totalmente inadequadas para a situação. Quando a adoção dessas informações geradas sem embasamento científico não traz prejuízos ao agricultor, pelo menos impede que ele obtenha os lucros totais do seu potencial de produção.

A agricultura atual, moderna e competitiva, já não tem mais espaço para erros no espaçamento ou densidade de plantio, de maneira a comprometer a expressão dos efeitos benéficos dos demais fatores da produção.

2. A "PLASTICIDADE" DO FEIJOEIRO

O feijoeiro apresenta grande capacidade de ocupação dos espaços laterais disponíveis, podendo compensar parcialmente eventuais excessos de espaçamento ou reduções de densidade de plantio. Nas variedades comerciais, essa plasticidade é mais evidente naquelas com hábito de crescimento tipo III em relação às do tipo II e estas em relação àquelas do tipo I.

A maior emissão de ramos secundários e a maior abertura do ângulo de inserção destes ramos com a haste principal explicam essa característica. Em situação de alta fertilidade, o maior comprimento dos ramos e pecíolos contribui também para o melhor "fechamento" das entrelinhas.

Os desequilíbrios nutricionais, notadamente a falta de N e a deficiência hídrica diminuem a plasticidade do feijoeiro. Nos sistemas irrigados no Brasil central podem ser encontrados lavouras sendo conduzidas com adubação nitrogenada excessiva e, para evitar desenvolvimento vegetativo exagerado, provocam uma deficiência hídrica temporário. Esse procedimento é incorreto por aumentar o gasto com adubação, favorecendo a ocorrência de doenças, sem nenhuma contribuição positiva para o aumento da produtividade.

A plasticidade do feijoeiro deve ser manejada ajustando-se a população de plantas às condições nutricionais. O procedimento contrário não é recomendável.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Resultados de pesquisa obtidos com a cultura de feijão mostraram concordâncias e contradições. O primeiro levantamento feito em 1977, referente ao efeito de espaçamento e densidade na produtividade, revelou que: i) não houve efeito para mais da metade dos resultados; ii) 1/3 dos trabalhos apresentou efeito para densidade de semeadura e espaçamento. O espaçamento de 50 cm com 10 plantas por metro foi apontado como o mais produtivo no maior número de situações. Em 1997, os trabalhos de 1982 a 1996, em 25 países, mostraram ausência de efeitos de população de plantas em 21% deles; efeitos de

[1] Engenheiro Agrônomo. M.Sc. Pesquisador do IAPAR, Caixa Postal 481, 86001-970. Londrina, PR.

densidade em 25% e efeitos de espaçamento em 63%. Para ensaios com produtividade inferior a 2200 kg/ha, os espaçamentos entre 30 e 40 cm (fechamento das linhas na fase de botão floral) as densidades de 10 a 12,5 plantas por metro foram os mais produtivos. Para ensaios com produtividade superior a 2.200 kg/ha, o espaçamento de 40 cm (fechamento das linhas na fase de botão floral) e a densidade de 10 plantas por metro linear foram citados como os mais produtivos. Para densidade de semeadura, em nenhum espaçamento o uso de menos de 10 plantas por metro apresentou-se mais produtivo.

Ensaios conduzidos no IAPAR (PR) nos anos de 1977/78/79/80 em várias condições de solo, clima e cultivar não mostraram efeitos significativos para espaçamento e densidade. Em 1990/91/92 os ensaios com diferentes cultivares e condições de clima e solo mostraram efeitos para espaçamento e densidade tendo sido mais produtivos, de maneira geral, as parcelas plantadas entre 30 e 40 cm (fechamento das linhas na fase de botão floral) com densidade próxima a 10 plantas por metro.

Duas constatações podem ser destacados dentre os trabalhos conduzidos e aqueles consultados: 1 - A lavoura de feijão não deve ser instalada com menos de 10 nem com mais de 15 plantas por metro para obtençãc da maior produtividade, sendo melhor em solos férteis, 10 pl/m. 2 - O espaçamento ótimo é aquele em que o fechamento das entrelinhas ocorre no final da fase de botão floral (Este fato depende da condição de fertilidade do solo, dose de N, disponibilidade hídrica, clima, cultivar, etc.).

Tabela 1. Feijão: espaçamento e densidade. revisão bibliográfica: 1940 - 1977. 69 trabalhos consultados.

ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS				20 ——— 100 cm				
DENSIDADES ESTUDADAS				5 ——— 27 pl/m				
RESULTADOS OBTIDOS								
SEM EFEITOS				53%				
EFEITO PARA DENSIDADE				31%				
EFEITO PARA ESPAÇAMENTO				36%				
PRINCIPAIS RESPOSTAS								
ESPAÇAMENTO (cm)								
20	30	40	50	60	70	80	90	100
DENSIDADE (pl/m)								
5	10	12	15	20	25	27		

Tabela 2. Feijão: população (pl/ha): 200.000 - 250.000 pl/ha. revisão bibliográfica: 1982 – 1996, 231 trabalhos consultados, 147 trabalhos computados, 25 países.

ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS						7,5 ---------- 105 cm					
DENSIDADES ESTUDADAS						3 ---------- 40 pl/m					
RESULTADOS OBTIDOS											
SEM EFEITOS						21%					
EFEITO PARA DENSIDADE						25%					
EFEITO PARA ESPAÇAMENTO						63%					
EFEITO PARA POPULAÇÃO						14%					
PRINCIPAIS RESPOSTAS											
ENSAIOS COM PRODUTIVIDADES ABAIXO DE 2.200 kg/ha. MAIORES PRODUTIVIDADES											
ESPAÇAMENTO (cm)											
7,5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	105
100%											
82%											
68%											
DENSIDADE (pl/m)											
3	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40		
100%											
83%											
59%											
ENSAIOS COM PRODUTIVIDADE ACIMA DE 2.200 kg/ha. MAIORES PRODUTIVIDADES											
ESPAÇAMENTO (cm)											
7,5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	105
100%											
81%											
DENSIDADE (pl/m)											
3	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40		
100%											
85%											

Tabela 3. Concordâncias entre os resultados de pesquisa: sanidade.

- MAIORES POPULAÇÕES DE PLANTAS, MAIS DOENÇAS (EM GERAL) E MENOR SANIDADE DE SEMENTES
- MAIORES POPULAÇÕES DE PLANTAS, MAIS MOFO BRANCO (PRINCIPALMENTE DENSIDADE)
- QUANTO MAIS CEDO O "FECHAMENTO" DAS ENTRELINHAS, MAIS DOENÇAS.
- POPULAÇÕES MUITO BAIXAS, AUMENTA PODRIDÃO DE VAGENS

Tabela 4. Concordâncias entre os resultados de pesquisa: nutrição.

- MAIOR POPULAÇÃO DE PLANTAS RESPONDE MAIS À ADUBAÇÃO, MAS MAIOR ADUBAÇÃO NÃO NECESSITA MAIS PLANTAS/m^2
- MAIOR POPULAÇÃO , MAIOR PRODUTIVIDADE COM ALTA DOSE DE N.
- MENOR ESPAÇAMENTO, MENOR PERDA DE N PARA COBERTURAS A LANÇO OU FERTIRRIGAÇÃO.
- SOLOS POBRES/NÃO ADUBADOS, MAIOR PRODUTIVIDADE EM MENORES ESPAÇAMENTOS.

Tabela 5. Concordâncias entre os resultados de pesquisa: irrigação.

- SOB SECA, MAIOR ESPAÇAMENTO, MAIOR PRODUTIVIDADE
- MAIOR POPULAÇÃO DE PLANTAS, MAIOR EVAPO TRANSPIRAÇÃO.
- MAIOR POPULAÇÃO DE PLANTAS, MAIOR PRODUTIVIDADE SOB IRRIGAÇÃO.
- MAIOR POPULAÇÃO DE PLANTAS REQUER IRRIGAÇÃO MAIS FREQÜENTE.

Tabela 6. Concordâncias entre os resultados de pesquisa: colheita.

- MAIOR POPULAÇÃO DE PLANTAS, MAIOR RISCO DE ACAMAMENTO.
- POPULAÇÃO DE PLANTAS ADEQUADA, REDUZ PERDAS NA COLHEITA MECÂNICA (MAIS ALTA, MENOS PERDA)
- MAIOR POPULAÇÃO, MENOR RAMIFICAÇÃO, MENOR ÂNGULO DE INSERÇÃO DOS RAMOS E MAIS CARGA NA HASTE PRINCIPAL.
- MENOR ESPAÇAMENTO, MAIOR QUANTIDADE DE HD PARA COLHEITA MANUAL.

Tabela 7. Concordâncias entre os resultados de pesquisa: geral.

- PLANTIO DIRETO E PLANTIO CONVENCIONAL RESPONDEM ÀS MESMAS POPULAÇÕES, MAS PD TOLERA MENORES POPULAÇÕES.
- MAIOR POPULAÇÃO, MELHOR COMPETIÇÃO COM ERVAS DANINHAS (NÃO DIMINUI O NÚMERO MAS A QUANTIDADE de MS/m^2)
- POPULAÇÃO MUITO ALTA OU MUITO BAIXA, DIFICULTA IDENTIFICAÇÃO VARIETAL
- NOS TRABALHOS DE MELHORAMENTO GENÉTICO, AS SELEÇÕES DE PLANTAS SÃO FEITAS EM ESPAÇAMENTO DE 50 cm.

Tabela 8. Concordâncias entre os resultados de pesquisa: "fechamento".

- MAIOR UNIFORMIDADE NO "FECHAMENTO, MAIOR PRODUTIVIDADE.
- A PERDA É MAIOR SE O "FECHAMENTO" OCORRER APÓS A FASE DE BOTÃO FLORAL.
- O ESPAÇAMENTO ÓTIMO É AQUELE EM QUE O "FECHAMENTO" OCORRE NA FASE FINAL DE BOTÃO FLORAL.

4. COLHEITA DE FEIJÃO

4.1. INTRODUÇÃO

A operação de maior demanda de mão de obra na cultura do feijão é o arranquio manual das plantas para a colheita; onde em média são gastos 8,0 (de 6,3 a 18.,6)

homens/dia por hectare (IAPAR, levantamento 1976/1996 não publicado), dependendo do espaçamento de plantio, da variedade, do enraizamento, ponto de colheita, umidade e textura do solo, quantidade e tipo de ervas daninhas, etc.

Nos países mais desenvolvidos (EUA, Canadá, França, etc.) onde a mão de obra é cara e onde não se encontra com facilidade trabalhadores dispostos a arrancas manualmente o feijão, a colheita é feita mecanicamente em uma ou duas operações. Na Argentina também predomina a colheita mecanizada devido ao alto custo da mão de obra. Nos países africanos, na China, Índia e países latino americanos quase a totalidade do feijão é colhida manualmente.

No Brasil, nos quase 6.000.000 de ha plantados, predomina o arranquio manual com trilha mecânica sendo pequena parte trilhada com instrumentos manuais (varas, cambão, pisoteio de animais, Tc) e menor parte ainda colhida diretamente com automotrizes (não há um levantamento atualizado, mas pelo números disponíveis nos estados do sul e sudeste, estima-se uma área inferior a 20.000 ha).

A modernização da agricultura aliada à extrema necessidade de redução dos custos de produção, bem como a entrada dos países do MERCOSUL no mercado brasileiro de feijão, levará, inevitavelmente e a curto prazo, à mecanização da colheita. Para algumas regiões do país a redução da oferta de empregos poderá agravar a já delicada situação social, porém, do ponto de vista do esforço humano é fácil observar que esse tipo de trabalho é para máquinas e não para homens, mulheres ou crianças.

4.2. MÉTODOS TRADICIONAIS DE COLHEITA

O arranquio das planas com pré-secagem ao sol e trilha mecânica, embora seja um método oneroso, permite a obtenção de um produto com alta qualidade. a uniformização da umidade nas sementes (das vagens do ponteiro e da base das plantas; a perda de umidade da planta como um todo e o desprendimento dos grânulos de terra das raízes facilitam o processo de trilha.

De maneira geral, as variedade com hábito de crescimento tipo III são as maiores beneficiários da pré-secagem ao sol devido à sua maior desuniformnidade de maturação das sementes. Campos que sofreram estresse hídrico durante o florescimento ou redução do estande podem ter maior diferença de maturação das vagens exigindo a pré-secagem para uniformização. Até nos casos de germinação/emergência desuniforme das plantas, a pré-secagem durante a colheita pode contribuir para obtenção de um produto de melhor qualidade.

A operação de trilha experimentou significativa evolução nos últimos anos decorrente da criação de nervos implementos. Nos métodos anteriores, o uso de trilhadeiras estacionárias obriga a amontoa das plantas, alimentando manualmente as máquinas com mais gasto de mão de obra e deixando montes de palha nos campos após a trilha.

A partir do início da década de 80, foram lançadas no mercado nacional máquinas recolhedoras/batedoras (CEMAG, LAREDO, MIAC e PENHA - esta em 1995) e dispositivos recolhedores de plantas arrancadas acopláveis a automotrizes. Estes equipamentos dispensaram a amontoa e passaram a exigir apenas um enleiramento, menos demandante de mão de obra e mais eficiente para uniformizar a secagem. Recentemente as recolhedoras das marcas LAREDO e CEMAG saíram do mercado.

O processo de trilha das recolhedoras LAREDO, MIAC e PENHA, com sistema axial, é o mais adequado para a colheita de feijão. Apresentam a menor perda de sementes mesmo

operando com grande amplitude de teor de umidade (aproximadamente de 10 a 30% U), bem como, os valores de sementes quebradas são desprezíveis.

A possibilidade de executar a trilha de plantas com diferentes umidades nas sementes sem perdas nem danos, torna a colheita muito eficaz. Às vezes, no sul do país é comum a ocorrência de chuvas durante a colheita do feijão, tornando necessária a execução da trilha de sementes com umidade acima de 25%. Por outro lado, no Brasil Central, muitas vezes a colheita ou parte dela é realizada quando o teor de umidade das sementes se encontra abaixo de 15%. Para que a trilha se processe normalmente em plantas com umidade próxima aos extremos, a máquina tem que ser apropriada para a operação.

4.3. COLHEITA MECÂNICA

A colheita mecanizada, diretamente com automotrizes, vem sendo estudada no Brasil nos últimos anos sem ter apresentado resultados conclusivos. a falta de máquinas desenvolvidas para o feijão e a falta de variedades adaptadas para a colheita direta têm levado a perdas de sementes acima do tolerável. Estudos conduzidos no IAPAR tem mostrado que para variedades tradicionais e automotrizes sem adaptação tais perdas situam-se entre 7 e 25%, podendo ser reduzidos para 2 a 3% com o uso de variedades de porte ereto e com barra de corte flexível na automotriz.

Na Argentina, as perdas constadas "in loco" para feijões pretos foram da ordem de 15 a 20% e no Canadá e EUA a literatura cita 8 a 10% como perdas normais para a colheita direta do feijão.

A análise custo/benefício da colheita direta de feijão no sul do Brasil aponta como aceitável uma perda média em torno de 6% (pouco mais de 2 sacas por ha). No entanto, em determinadas safras, os altos preços do produto podem indicar que tais cifras sejam antieconômicas.

Comparativamente, o arranquio manual e trilha com recolhedoras/batedoras quando bem executados apresentam perdas totais menores que 50 kg/ha. (Tabela 1)

Tabela 9. Comparação de métodos de recolhimento e trilha de sementes de feijão. Londrina, 1995.

TRATAMENTO	PERDAS TOTAIS (kg/ha)	SEMENTES TRINCADAS (kg/ha)
REC. BAT. LAREDO	39,0	9,0
MIAC	36,8	6,4
PENHA (RUBI)	45,4	3,3

Na colheita direta, as perdas ocorrem principalmente no corte/recolhimento e, para plantas muito úmidas, na palha mal trilhada.

As perdas na operação de corte são devidas à baixa inserção das vagens nas variedades atuais e à pouca eficiência das automotrizes em proceder o corte das plantas rente ao solo.

Os trabalhos de melhoramento genético do feijoeiro dos principais institutos de pesquisa do país tem buscado plantas com hábito de crescimento tipo II, com porte alto, ereto, alta inserção das vagens e resistentes ao acamamento. Teoricamente, esse é o tipo ideal para colheita direta. Vários materiais foram lançados com essas características, como por exemplo: IAPAR 8 - Rio Negro, IAPAR 20, IAPAR 44, FT-TARUMÃ, FT-120, IAC -

UNA, IAC - MARAVÍLHA, etc., todos do grupo preto. No grupo cores, Rio Vermelho, FT Paulistinha, Safira, Rudá, Tc, mas, por vários problemas, apenas IAPAR 44 e Rudá estão sendo cultivado em grandes áreas (e muito pouco tem sido colhido mecanicamente).

Para que um campo o feijão possa ser colhido mecanicamente sem perdas consideráveis é preciso instalação/condução alguns detalhes sejam atendidos, por exemplo:

A) A declividade do terreno não deve ser superior a 10 a 12% devido à dificuldade operacional com a automotriz; quanto mais plano o terreno menores são as perdas por não recolhimento de plantas.

B) Quando possível, optar por plantio direto. Em geral o microrelevo em sistema PD é mais suave que em PC reduzindo as oscilações da máquina, melhorando a performance do corte rente ao solo e reduzindo a entrada de terra na plataforma de corte. quando o PD ocorre em campos com restos de palha "em pé"(Ex.: trigo colhido) há um efeito de estiolamento nas plantas de feijão elevando a altura das primeiras vagens. além disso, parte dessa palha remanescente será, recolhida juntamente com as plantas de feijão, no momento da colheita, melhorando a proporção palha/sementes do conjunto e aumentando consideravelmente a eficiência da trilhagem.

C) A adubação de plantio deverá ser ajustadas às condições de fertilidade natural do solo de maneira a oferecer às plantas condições plenas de desenvolvimento. Qualquer deficiência nutricional poderá reduzir o desenvolvimento das plantas, de maneira a rebaixar a distribuição especial da carga, elevando muitas perdas na colheita direta. Os exageros nutricionais, especialmente com N, geralmente levam ao acamamento das plantas, elevando significativamente as perdas.

Para campos destinados à colheita mecânica, é importante também a antecipação da adubação em cobertura (fazer com 15 dias após a emergência), para aumentar o comprimento dos primeiros entrenós e facilitar a colheita.

Em campos irrigados, deve-se tomar o cuidado de evitar qualquer déficit hídrico durante o desenvolvimento vegetativo, para permitir o pleno desenvolvimento das plantas. em geral, plantas com maior crescimento apresentam menores perdas na colheita direta.

D) Em relação à população de plantas pode-se afirmar que, dentro de certos limites, as maiores populações levam às menores perdas na colheita. A maioria dos trabalhos revela que não é necessária densidade de plantio superior a 12 plantas por metro linear e que os espaçamentos devem ser dimensionados de maneira a permitir o fechamento das entrelinhas na fase final de botão floral. Maiores densidades de plantio e fechamentos precoces das entre linhas prejudicam menos os rendimentos e a eficiência de colheita direta do que baixas densidades e amplos espaçamentos.

O manejo da população de plantas deve e pode ser ajustado de maneira a forçar um crescimento vertical das plantas, com pequenos ângulos nas ramificações e evitando-se o aromamento. Essa performance reduz as perdas na colheita direta. Experiências conduzidas no IAPAR, no estado do Paraná, mostraram que em plantios com 12 a 14 plantas por metro, em espaçamentos de 45 a 55 cm entre linhas, para variedades de porte alto, as perdas na colheita direta situam-se abaixo de 3%.

E) A variedade. Entre as práticas possíveis de adoção, a escolha da variedade é a principal decisão para uma colheita direta sem perdas significativas.

Por melhores que sejam as práticas culturais adotadas, se a variedade escolhida tiver hábito de crescimento tipo III (carioca, aporé, pérola, Tc) as perdas na colheita, inevitavelmente, serão consideráveis. Experimentos conduzidos pelo IAPAR, nos últimos

20 anos, tem mostrado que para este grupo de variedades não é possível realizar a colheita direta sem perdas acima de 12% (perdas médias entre 5 e 37%.).

Já para variedades melhor adaptadas, com hábito de crescimento tipo II, (IAPAR 8 - Rio Negro, IAPAR 44 e outros) tem sido possível a colheita direta com perdas abaixo de 5%. Há também variedades tipo II (IAPAR 20, FT TARUMÃ, IAC UNA, IAC MARAVÍLHA, FT 120, Tc) que são de menor porte ou de inserção de vagens mais baixa que apresentam perdas de colheita entre 5 e 8%.

F) O ponto ideal de colheita de feijão com automotrizes pode ser definido como aquele em que as plantas apresentam desfolha superior a 90% (o ponto ótimo é 95%) e as sementes, teor de umidade entre 16 e 18%.

Para maiores teores de umidade ocorrem perdas na palha por má debulha e para menores unidades, aumenta a quantidade de sementes quebradas.

Automotrizes equipadas com cilindros côncavo dentados admitem operar com plantas um pouco mais úmidas. Há alguns modelos importados, com sistema axial de trilhagem (Ex.: International, Case, Tc) que operam em ampla faixa de umidade das sementes, sem perdas significativas.

Em geral a colheita é iniciada quando as sementes se encontram com teor de umidade pouco acima de 20%.

5. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS AUTOMOTRIZES

Os modelos de automotrizes disponíveis no mercado brasileiro, das várias marcas, apresentam desempenho semelhantes para a colheita de feijão. Verdadeiramente, seus sistemas operacionais não diferem muito e por isso resultam em colheitas parecidas.

A evolução da máquina para colheita de feijão seria o lançamento, no Brasil, de máquinas com sistema axial de trilhagem porque o preço dos importados é muito elevado.

Nas plataformas flexíveis e sistemas de barra de corte nenhuma máquina apresenta o desempenho do velho "flexivar"(ver tabela 2) hoje não mais disponível. Há a possibilidade de adaptação das barras de corte flexíveis através da remoção das sapatas de deslizamento sob a plataforma, mas isso aumenta o desgaste do equipamento. Nas máquinas modernas, é possível ajustar o ângulo da barra de corte em relação à horizontal em até 3° para baixo o que melhora o desempenho da altura do corte.

Quanto ao modo de ajustar a máquina, não há muita diferença de uma colheita de soja de porte baixo. O molinete deverá trabalhar o mais baixo e mais próximo possível da barra de corte, com velocidade ligeiramente maior que a da máquina (+ ou - 25%).

A velocidade da máquina deverá ser a maior possível sem prejudicar o corte rente ao solo, porque o feijão apresenta pouco volume de palha para abastecimento pleno do cilindro batedor. em terrenos planos e operadores experientes tem sido possível trabalhar em 2ª velocidade totalmente avançada com bons resultados.

A rotação do cilindro batedor deve ser a mínima possível sem provocar perdas. Em geral 200 a 300 rpm, com o côncavo na abertura frontal máxima e 2/3 dessa abertura na saída, ajustando-se a regulagem na alavanca própria da cabine de operações de acordo com a umidade das sementes. Para colher material com umidade abaixo de 16% convém retirar alternadamente os arames da malha do côncavo, dobrando a aberturas e facilitando a passagem das sementes, para reduzir as quebras.

Tabela 10. Avaliação de perdas na colheita direta de feijão, em diferentes sistemas teores de umidade e cultivares. Ponta Grossa, vários experimentos 1979 a 1990.

VARIEDADE	BARRA DE CORTE	CILINDRO	UMIDADE (%)	PERDAS (%)
Rio Tibagi	Fixa	Barras	22,4	51,9
IAPAR 44	Flexível	Dentado	30,4	15,8
IAPAR 44	Flexível	Barras	19,6	18,1
IAPAR 44	C/Flexibar	Barrs	42,0	23,1
IAPAR 44	C//Flexíbar	Barras	18,0	5,6
Rio Negro	Flexível	Barras	17,8	11,5
Rio Negro	C/Flexibar	Barras	17,5	2,8
Rio Negro	Flexível	Barras	16,8	6,0
Rio Negro	C/Flexibar	Barras	16,7	2,1

CONTROLE DE FUNGOS DE SOLO EM FEIJOEIRO IRRIGADO

Silvânia Helena Furlan de Oliveira[1]
José Otávio Machado Menten[2]

1- Principais Doenças do Feijoeiro Causadas Pelos Fungos de Solo e Suas Características

Os chamados fungos de solo podem ser conceituados como aqueles que têm qualquer parte do seu ciclo de vida residente no solo, por curto ou longo período, podendo ser afetados, direta ou indiretamente, pelas condições do solo. Podem, ainda, ser classificados como habitantes naturais ou invasores do solo.

A importância desses fungos se deve à interferência dos mesmos na qualidade das sementes, na germinação, emergência e estande, no rendimento da cultura e na dificuldade de diagnóstico precoce e de controle. As perdas decorrentes dependem muito da época de ocorrência e do estádio fenológico da cultura (em geral, quanto mais precoce, maior é a perda).

Há vários fatores do solo que interferem no desenvolvimento das doenças causadas por esses fungos: a aeração, a umidade, a temperatura, o pH, os exsudatos de raízes, o fenômeno da fungistase (inibição da germinação de esporos), os colóides orgânicos e inorgânicos, os fertilizantes, os herbicidas, etc...

O surto de doenças causadas pelos fungos de solo em área de plantios sucessivos de feijão deve-se, sobretudo, a fatores ligados ao manejo do solo e da água de irrigação. Destacam-se o desequilíbrio biológico e nutricional do solo, o baixo teor de matéria orgânica, a compactação, a menor aeração e drenagem, a excessiva umidade em áreas irrigadas e o alto potencial de inóculo dos patógenos. As podridões radiculares são mais severas quando o feijoeiro é cultivado continuamente numa mesma área, ou quando a rotação de cultura é inadequada. É comum observar mais de um patógeno na mesma planta ou na mesma área, motivo pelo qual serão abordados de uma forma geral, confrontando-os quanto ao seu diagnóstico, com o intuito de facilitar o seu reconhecimento. Em função da associação simultânea de dois ou mais dos patógenos, o resultado pode ser sinergístico, ou seja, as perdas ocasionadas serem mais elevadas do que a soma dos seus efeitos isolados, como é o caso de *R. solani* e *F. solani*, *P. ultimum* e *F. solani* ou ainda, *F. oxysporum* e o nematóide *Meloydogine incognita*. Nesse conjunto de doenças causadas por fungos de solo, pode-se incluir o mofo branco do feijoeiro (*Sclerotinia sclerotiorum*) que, embora seus danos ocorram diretamente na parte aérea das plantas, ela tem sido epidêmica em decorrência dos fatores do solo e da água de irrigação.

[1] Pesquisadora Científica - Instituto Biológico, Seção de Fungicidas, Av. Conselheiro Rodrigues Alves, 1252, 04.014-002, São Paulo-SP
[2] Professor Doutor do Depto. Fitopatologia- ESALQ/USP, C.P. 9, 13.418-900, Piracicaba-SP e Prof. Colaborador da Fac. Agron. Manoel Carlos Gonçalves", E.S.Pinhal-SP.

As doenças causadas pelos fungos de solo, de maior ou menor importância, que ocorrem no Brasil são:

a- Mofo Branco- *Sclerotinia sclerotiorum*
b- Murcha de Fusarium- *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*
c- Podridão Radicular Seca- *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*
d- Podridão Radicular ou Tombamento- *Rhizoctonia solani*
e- Murcha de Sclerotium- *Sclerotium rolfsii*
f- Podridão Cinzenta de Caule- *Macrophomina phaseolina*
g- Podridão Radicular por Pythium- *Pythium* spp.
h- Mela- *Tanathephorus cucumeris*

A sintomatologia dessas doenças é variável, podendo os patógenos ocorrer simultaneamente na mesma planta, o que dificulta o seu diagnóstico.

Os sintomas do mofo branco (*S. sclerotiorum*) ocorrem em toda parte aérea (flores, folhas, ramos, hastes e vagens) do feijoeiro. As lesões iniciais são pequenas, circulares e aquosas, porém rapidamente aumentam e, sob condições favoráveis forma-se um crescimento micelial branco e cotonoso, constituindo o sinal característico da doença, seguido da formação dos escleródios, muito semelhantes às fezes de rato. Os ramos e hastes atacados tornam-se esbranquiçados, secam e morrem. O Patógeno pode ser transportado pelas sementes na forma de caracterização concomitante (escleródios entre as sementes) ou de micélio dormente infectando a semente.

No caso da murcha de Fusarium, causada por *F. oxysporum*, o fungo coloniza o sistema vascular das plantas, obstruindo os vasos e tornando-os escurecidos. Ocorre um amarelecimento das folhas em um progresso de baixo para cima e, por fim, a planta murcha e seca. Em condições de alta temperatura e umidade pode-se observar, nas hastes severamente infectadas, o crescimento esbranquiçado do micélio do fungo. O patógeno pode ser transmitido pela semente e sobrevive no solo por vários anos através de estruturas de resistência, os clamidosporos.

Quanto às demais doenças desse grupo, com exceção da mela, os sintomas primários ocorrem diretamente nas raízes ou no colo da planta. No caso de *F. solani* f.sp. *phaseoli*, a podridão radicular é seca, colorindo os vasos de vermelho, enquanto a podridão é mole no caso de *Pythium*, ocorrendo o tombamento e morte da planta. Este último, entretanto, não tem apresentado importância em nossas condições pela baixa frequência. Lesões tipicamente deprimidas, bem delimitadas e de coloração marrom-avermelhada caracterizam os sintomas de *Rhizoctonia*, enquanto que lesões superficiais e escuras, tornando-se cinzentas com a presença de picnídios escuros, visíveis a olho nú, referem-se a *M. phaseolina*, agente causal da podridão cinzenta do caule. Esse fungo, ao contrário dos demais desse grupo, é favorecido por condições de baixa umidade do solo. É comum a ocorrência simultânea de *F. solani* e *R. solani* na planta, causando a podridão de raízes. O reconhecimento da murcha de *Sclerotium* no campo se faz através dos sintomas de amarelecimento, murcha e podridão do colo, com a presença de micélio claro e vigoroso sobre a superfície do tecido atacado, e dos escleródios, que possuem a forma redonda, inicialmente brancos e depois escurecidos.

Finalmente, a mela, causada por *T. cucumeris*, caracteriza-se por um encharcamento das folhas, a presença de um crescimento micelial e a formação de escleródios menores que 1 mm.

As folhas ficam unidas pelo micélio, parecendo teia de aranha. No Estado de São Paulo, esta doença não apresenta importância pelo ambiente desfavorável. As condições ideais para o seu desenvolvimento são umidade e temperatura elevadas.

Os sintomas reflexos desses patógenos são a redução no vigor, a murcha e o amarelecimento da planta, com queda de folhas quando o ataque é mais intenso.

Entre esses patógenos, *S. sclerotiorum*, *F. solani*, *F. oxysporum* e *R. solani* têm, atualmente, um papel mais importante em relação às perdas ocasionadas no estande e/ou rendimento da cultura, principalmente nas áreas irrigadas por pivô central, com cultivos sucessivos de feijão.

2- Manejo Das Doenças Causadas Por Fungos De Solo

O controle das doenças causadas pelos fungos de solo é difícil devido ao sistema dinâmico que é o solo, aos danos iniciais causados por eles não serem detectáveis, à natureza desses fungos (polífagos, saprofíticos, possuem estrutura de resistência permitindo uma maior longevidade) e pela possibilidade de ocorrência de sinergismo entre eles, ou com nematóides.

O controle desse grupo de doenças deve ser preventivo, uma vez que, após a doença ter se estabelecido, qualquer medida não proporcionará benefício. Todos os fungos citados são transmitidos por sementes. Assim, recomenda-se o uso de sementes sadias, o tratamento químico das sementes, a rotação de culturas preferencialmente com as plantas que promovam uma reposição rápida da matéria orgânica ao solo (mucuna, crotalária, aveia preta e outras gramíneas), um bom preparo do solo com incorporação dos resíduos vegetais, seguida de aração profunda, semeadura rasa e em época favorável à rápida emergência e crescimento das plântulas, e finalmente, evitar ferimentos às raízes.

O uso de material resistente a essas doenças é praticamente nula, pela ausência de fontes de resistência ou tolerância, com exceção ao patógeno da murcha de Fusarium, para o qual o método mais eficaz de controle é a resistência genética.

As estratégias no controle desses patógenos podem ser obtidas através do manejo silmutâneo do solo, da água e da cultura.

2.1- Manejo do solo

O solo apresenta inúmeras interações de natureza física, química e biológica que afetam o desenvolvimento dos fungos patogênicos e benéficos. Portanto, o manejo adequado do mesmo pode ser uma medida eficaz e preventiva para reduzir os problemas advindos das doenças radiculares e de colo.

Um dos principais fatores de interferência é a aeração. O bom preparo do solo, evitando-se a compactação, permite uma maior nodulação das raízes, facilita o desenvolvimento das mesmas, eleva o vigor das plantas e reduz os problemas com *F. solani* e *P. ultimum*. Além de se evitar máquinas pesadas na área, a introdução de adubo verde ou matéria orgânica contribuem significativamente para elevar a aeração do solo, favorecendo o rápido desenvolvimento das plântulas. Ainda, a fungistase pode ser maior em solos com maior atividade microbiana, onde o

teor de matéria orgânica é maior. São os fatores físicos e biológicos interagindo para tornar os solos mais supressivos.

Outros fatores do manejo do solo de grande importância são o pH, os fertilizantes e os herbicidas. Portanto, a calagem e a adubação equilibrada dos macro e micronutrientes, bem como o uso adequado de herbicidas podem minimizar os danos decorrentes dos fungos de solo. Há informações, por exemplo, de que o pH reduzido na rizosfera favorece o desenvolvimento de *F. solani*, *S. rolfsii* e *S. sclerotiorum*. O herbicida trifluralina pode favorecer infecções de *R. solani* e *F. solani*, enquanto que o herbicida EPTC pode inibir a germinação miceliogênica e carpogênica de escleródios de *S. sclerotiorum*. Ainda, metribuzin e diuron podem inibir o crescimento micelial do fungo e reduzir a produção de estipes; atrazina e simazina podem afetar o desenvolvimento de apotécios e a produção de ascosporos.

Além das práticas de preparo, adubação e irrigação do solo, o sistema de plantio também afeta o desenvolvimento das plantas e dos fungos de solo. O sistema de plantio direto pode ser mais interessante que o convencional, desde que acompanhado de um sistema adequado de rotação de cultura, pois da mesma maneira que esta prática beneficia os fungos benéficos, pode beneficiar também os patogênicos.

2.2- Manejo da água

A quantidade e a frequência das regas devem estar adequadas a cada tipo de solo, a fim de evitar o excesso ou o deficit de água no solo. Esta prática, assim como o bom preparo do solo e o manejo da cultura, é muito importante para garantir o crescimento rápido e vigoroso das plantas, por reduzir as condições e o tempo de predisposição destas aos patógenos. No sistema de irrigação por pivô central, o uso de tensiômetro adapta-se muito bem, indicando o momento certo da irrigação. O tensiômetro mede diretamente a tensão da água, ou seja, a força com que ela é retida e, indiretamente, a porcentagem de umidade no solo.

No caso particular do mofo branco causado por *S. sclerotiorum*, o excesso de água acelera sensivelmente o desenvolvimento e aumenta a severidade da doença, especialmente nas áreas irrigadas por pivô central, razão pela qual a doença tem causado hoje grandes prejuízos aos produtores de feijão nos Estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo. Quando ocorrerem muitas plantas com sintomas da doença, o intervalo entre as irrigações deve ser ampliado, sem, no entanto, causar estresse hídrico às plantas. Essa medida exige experiência do produtor para decidir o momento adequado de irrigar.

A irrigação por pivô central requer uma lâmina de água uniforme em todo o círculo de irrigação, a fim de evitar os "bolsões" de água, local onde as plantas tornam-se estressadas e as condições favoráveis ao desenvolvimento das doenças, principalmente aquelas causadas por fungos de solo.

2.3- Manejo da cultura

O uso de material com resistência genética, o uso de cultivares precoces e com determinado porte e arquitetura, a profundidade de semeadura rasa, o espaçamento e densidade adequados e a sucessão de cultura resumem as principais medidas culturais para reduzir os danos ocasionados por essas doenças. À exceção da resistência genética, quando existente, nenhuma

dessas medidas tomadas isoladamente asseguram a prevenção da doença, devendo as demais práticas atuar conjuntamente.

Somente para a murcha de Fusarium (*F. oxysporum*) existem cultivares considerados com alguma resistência genética conhecida, medida mais eficaz no controle desta doença: Aporé, Pérola e Campeão do grupo carioca, Jalo do grupo manteiga, IAPAR-44, Rio Tibagi, Nobre e FT Tarumã do grupo preto. Além desses, são resistentes a dois isolados do fungo testados no CNPAF/EMBRAPA os cultivares Serrano, Mineiro Precoce, Milionário 1732 e São José. Práticas culturais e rotação de cultura por longo período podem reduzir a densidade de inóculo e a severidade da doença.

Quanto ao espaçamento e densidade de semeadura, os trabalhos não têm revelado resultados satisfatórios quanto ao aumento da produtividade do feijoeiro obtida pelo plantio com maior espaçamento e menor densidade, a fim de reduzir a doença, particularmente no caso do mofo branco.

Ainda visando o controle de *S. sclerotiorum*, o uso de cultivares mais eretos e com dossel mais aberto evitam um microclima muito favorável ao desenvolvimento do patógeno, como o sombreamento e a umidade.

2.4- Uso de fungicidas

A recomendação de fungicidas para o controle dos fungos de solo é feita com base no tratamento químico das sementes, exceto para o mofo branco (*S. sclerotiorum*) e a mela (*T. cucumeris*), para as quais se recomenda também a aplicação de fungicidas na parte aérea das plantas.

A Tabela 1 traz os produtos registrados para o tratamento das sementes de feijão e os respectivos patógenos de solo. O tratamento químico da semente fornece proteção somente durante o estádio de plântula, além de reduzir ou eliminar o patógeno presente na semente.

No caso do mofo branco mostram-se como eficazes, para aplicação em parte aérea, os fungicidas do grupo dos benzimidazóis (benomyl, carbendazim e tiofanato metílico em doses mais elevadas que as de registro para a cultura) e dos carboximidas (vinclozolin, procimidone e iprodione), além do fungicida fluazinam, que pertence a um novo grupo químico. Dos carboximidas, somente o procimidone têm registro para a cultura, na dose de 0,5 kg do i.a./ha.

As Tabelas 2 e 3 mostram parte de resultados obtidos durante a safra de inverno de 1995, em Holambra-SP e Ribeirão Preto-SP, com fungicidas pulverizados nos estádios de pré-florescimento e florescimento para o controle do mofo branco. Em ambos os locais foram obtidos ganhos de produtividade quando empregados os produtos que apresentaram maior eficácia de controle. No caso de Holambra, os fungicidas foram aplicados curativamente, ou seja, quando a doença estava presente na área. Em Ribeirão Preto, a aplicação foi preventiva, ou seja, quando a doença ainda não estava presente na área.

Tabela 1. Produtos registrados para o tratamento químico de sementes de feijão e seus respectivos patógenos de solo.

Fungicidas	*Sclerot. sclerot.*	*Fusarium solani*	*Fusarium oxysporum*	*Rhizoct. solani*	*Sclerotium rolfsii*	*Macroph. phaseolina*
BENOMYL	*	*	*	*		*
CAPTAN			*	*		
CARBOXIN				*		
CARB.-THIRAM		*	*	*		*
PCNB				*	*	
THIRAM			*	*		*
DIFENOCONAZOLE		*		*		*

Tabela 2- Ação de fungicidas na severidade (%) do mofo branco (*S. sclerotiorum*) do feijoeiro. Ribeirão Preto-SP, 1995.*

Tratamentos (kg ou Lp.c./ha)	**1a. Avaliação 52 DAE****	**2a. Avaliação 62 DAE**
Testemunha	50.0 a***	68.7 a
Benomyl-1.0kg	23.7 b	35.0 bc
Benomyl + mancozeb- 1.0 + 2.5 kg	19.8 bc	30.6 bc
Vinclozolin- 1.0 kg	18.2 bc	26.2 bc
Procimidone- 1.0kg	19.2 bc	32.0 bc
Fluazinam- 1.0 L	11.2 c	21.2 c
Carbendazim-2.0 L	16.2 bc	35.0 bc
Carbend.+ Hid.trif. estanho- 1.5+3.5 L	30.0 ab	40.0 b
Iprodione- 1.5 L	28.7 b	40.0 b
Tiofanato metílico- 1.0 kg	26.2 bc	38.7 b

*além de mofo branco, houve a ocorrência de mancha angular, sendo que neste caso foram eficazes os tratamentos com os fungicidas benzimidazóis, e principalmente a mistura com estanho.

**dias após a emergência

***médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Fonte: Oliveira et al.,1996

Tabela 3- Ação de fungicidas na severidade (%) do mofo branco (*S. sclerotiorum*) do feijoeiro. Holambra-SP, 1995.

Tratamentos (kg ou L p.c./ha)	1a.Avaliação 55 DAE*	2a.Avaliação 61 DAE	3a.Avaliação 68 DAE
Testemunha	46.2 a**	62.6 a	76.5 a
Difenoconazole- 0.3 L	41.2 a	52.5 ab	72.7ab
Carbend.+Hidr.trif.estanho- 0.75 + 0.35L	24.8 bc	442.4 bc	55.1 bc
Carbendazim- 2.0 L	17.4 cde	24.7 cde	38.6 cd
Iprodione- 1.5 L	22.2 bcd	28.5 cd	37.4 cde
Benomyl- 1.0 kg	15.0 cde	23.5 de	24.9 def
Procimidone- 1.0 kg	14.5 cde	21.3 de	23.6 def
Vinclozolin 1.0 kg	10.7 de	14.2 de	21.1 ef
Fluazinam- 1.0 L	9.7 e	11.3 e	13.2 f

* dias após a emergência

** médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Fonte: Oliveira et al., 1995

3- Literatura Consultada

ABAWI, G.S. & GROGAN, R.G. Source of primary inoculum and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. Phytopathology 65:300-309, 1975.

ABAWI, G.S. & PASTOR CORRALES, M.A. Root rot of beans in Latin America and Africa: diagnosis, research methologies, and management strategies.Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 1990. 114p.

BAKER, K.F. & SNYDER, W.C. Ecology of soil-borne plant pathogens- prelude to biological control. Univ. California Press, 1970. 571p.

BLAD, B.L.; STEADMAN, J.R.; WEISS, A. Canopy structure and irrigation influence white mold disease and microclimate of dry edible beans. Phytopathology, 68:1431-1437, 1978.

BRUEHL, G.W. Soilborne plant pathogens. Macmillan Publ. Company, New York, 1987. 367p.

CASALE, W.L. & HART, L.P. Influence of four herbicides on carpogenic germination and apothecium development of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease* 67:784-786, 1983.

CARDOSO, J.E. Doenças do feijoeiro causadas por patógenos de solo. EMBRAPA/CNPAF, Goiânia-GO, 1990. 30p.

FANCELLI, A.L. & DOURADO-NETO (eds.) Tecnologia da produção do feijão irrigado. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 1997. 158p.

FERNANDES, N.T.; PAULA, T.J. Jr.; ZAMBOLIN, L.; SILVA, A.A.; CHAVES, G.M. Efeito de herbicidas e fungicidas sobre a germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 27, Itajaí-SC, 1994. n.375.

OLIVEIRA, S.H.F.; R.J. DOMINGUES; TOFOLI, J.G. Eficiência curativa de fungicidas no controle do mofo branco do feijoeiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 28, Ilhéus-BA, 1995. n.447.

OLIVEIRA, S.H.F.; TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J. Ação de fungicidas no controle do mofo branco e mancha angular do feijoeiro, safra de inverno/95. *In*: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 19, Campinas-SP, 1996. n.107.

SCHOONHOVEN, A. VAN & PASTOR-CORRALES, M.A. Sistema estándar para la evaluatión de germoplasma de frijol. Cali, Colombia, CIAT. 1987, 56p.

SCHWARTZ, H.F. ; CASCIANO, D.H.; ASENGA, J.A.; WOOD, D.R. Field measureament of white mold effects upon dry beans with genetic resistance or upright plant architecture. Crop Sci. 27:699-702, 1987.

VIEIRA, R.F. Mofo branco no feijoeiro. Informe Agropecuário- Feijão no Inverno.EPAMIG, v.17, n.178: 54-63, 1994.

Universidade de São Paulo



Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

O campus "Luiz de Queiroz" dista 160 km da capital do Estado e ocupa uma área superior a 1000 ha, possuindo 150.000 m² de edificações, sendo o restante destinado a campos experimentais e de produção. As atividades de Ensino, Pesquisa e Prestação de Serviços à comunidade são desenvolvidas em 17 Departamentos, congregando mais de 250 Professores. Dentre esses setores, o DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA atua nas áreas de Fitotecnia, Tecnologia de Sementes, Agricultura Irrigada e Sistemas de Produção, encontrando-se à disposição de Instituições, Empresas e Produtores para quaisquer esclarecimentos e auxilio.

ESALQ/USP - Av. Pádua Dias, 11 - Cx. Postal 09 - Piracicaba, SP
CEP 13418-900 - Fone: (019) 429-4100 / Fax: (019) 429-4375
Departamento de Agricultura - Fone: (019) 429-4115