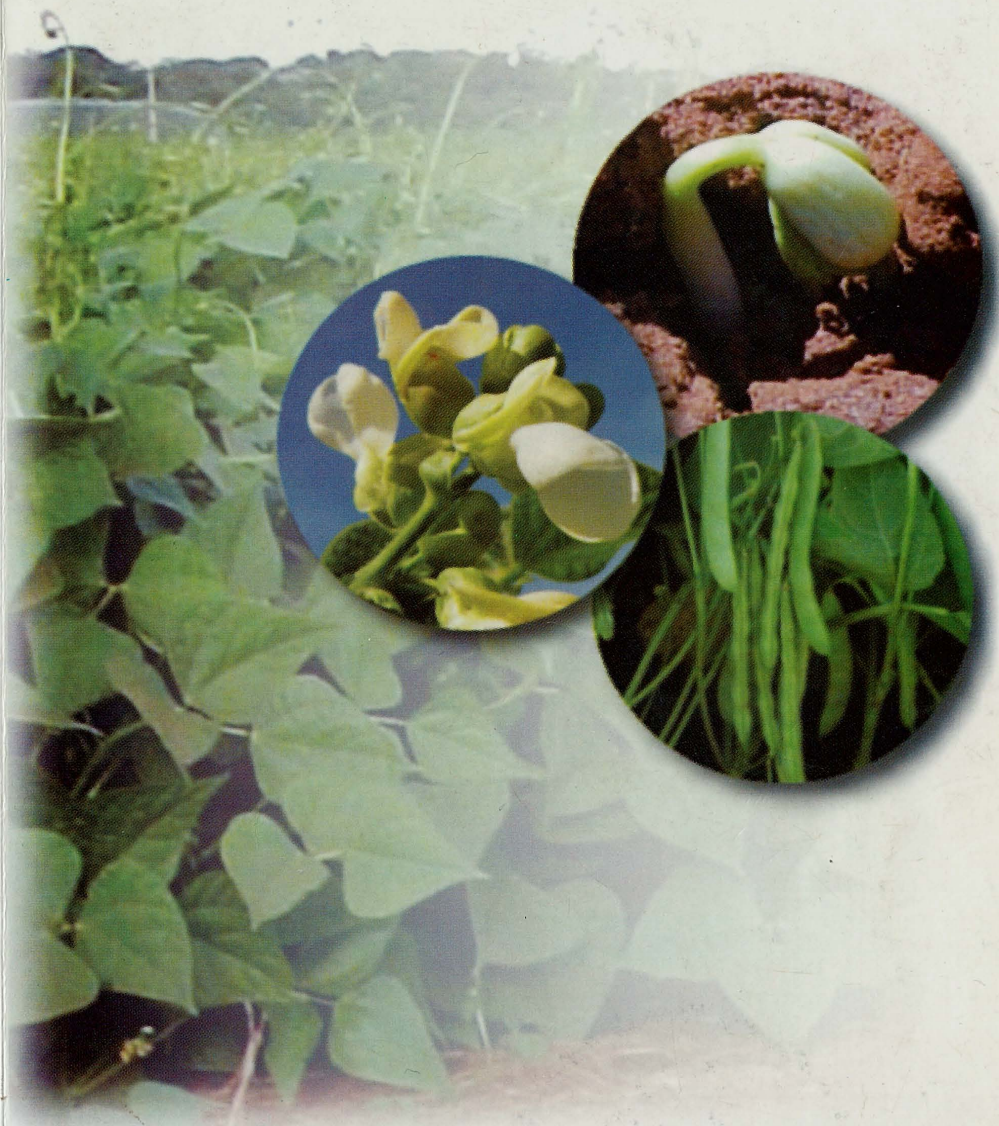




FEIJÃO IRRIGADO

Tecnologia & Produtividade

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL



FEIJÃO IRRIGADO

Tecnologia & Produtividade

DOI: 10.11606/9786587391724

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

PIRACICABA – SP
2003

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

Feijão irrigado: tecnologia e produtividade [recurso eletrônico] / editores Antônio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto.- - Piracicaba : ESALQ/Departamento de Produção Vegetal, 2003.
165 p. : il.

ISBN: 978-65-87391-72-4

DOI: 10.11606/9786587391724

1. Feijão - Produtividade 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 : Produtividade : Tecnologia 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

	Pág.
INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO DE PLANTAS NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS E PRAGAS <i>ANTONIO LUIZ FANCELLI</i>	1
SISTEMA SANTA FÉ: INTEGRAÇÃO AGRICULTURA PECUÁRIA <i>TARCÍSIO COBUCCI</i>	30
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS COM PULVERIZADORES TERRESTRES <i>LUÍS CÉSAR PIO</i>	41
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS E FERTILIZANTES VIA IRRIGAÇÃO <i>WULF SCHMIDT / DURVAL DOURADO NETO</i>	49
ESTADO E TENDÊNCIAS DA AVIAÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA <i>MARCOS VILELA DE M. MONTEIRO</i>	63
AÇÃO DE BIOESTIMULANTE NA CULTURA DO FEIJOEIRO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) <i>ELVIS LIMA VIEIRA / PAULO R. C. CASTRO</i>	73
MANEJO QUÍMICO DO SOLO E NUTRIÇÃO DO FEIJOEIRO <i>GODOFREDO CESAR VITTI / FELIPE DE CAMPOS VIEIRA / WELLINGTON HAMAGUCHI</i>	101
MANEJO DE FUNGOS DE SOLO NA CULTURA DO FEIJÃO IRRIGADO <i>WAGNER NUNES</i>	127
MANEJO DAS PRINCIPAIS DOENÇAS FOLIARES DO FEIJOEIRO <i>SILVÂNIA HELENA FURLAN DE OLIVEIRA</i>	152
EVOLUÇÃO DA COLHEITA MECANIZADA DE FEIJÃO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) <i>NILSON RAMOS RIGHI FILHO / MARCOS ARBEX</i>	157

INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO DE PLANTAS NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS E PRAGAS

Antonio Luiz Fancelli

Engenheiro Agrônomo. MSc. Dr. e Docente do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP - Caixa Postal: 09 - Piracicaba/SP
Cep:13418-900 - fone: (19) 3429-4115- ramal 25
e-mail: fancelli@esalq.usp.br

I. INTRODUÇÃO

Inúmeros são os fatores interferentes na produtividade das plantas cultivadas; todavia merecem especial destaque à presença de doenças e pragas, que são responsáveis pela destruição de grandes quantidades de alimentos e bens de sobrevivência, bem como amplificam os custos financeiros e energéticos da atividade agrícola.

Alguns estudiosos apontam como uma das principais causas para a ocorrência e predisposição das plantas a patógenos e insetos-praga, o desequilíbrio nutricional (carência ou excesso), aliado ao estágio fenológico do hospedeiro e das condições climáticas reinantes, além do componente genético envolvido no processo.

Ainda, Marschner (1986), relata que a resistência das plantas pode também ser ampliada mediante modificações em sua anatomia (epiderme revestidas de cera e apresentando células espessas, lignificadas e silificadas) e pela síntese e liberação controlada de substâncias tóxicas, inibidoras ou repelentes (fitoalexinas).

O estado de equilíbrio nutricional das plantas, segundo Choboussou (1999), pode ser considerado como um dos principais fatores responsável pelo desencadeamento dos mecanismos de defesa anteriormente mencionados.

As diferentes espécies de plantas possuem os mesmos elementos em sua composição, porém em diferentes concentrações. Assim, o que varia na célula é o conteúdo e a concentração de

determinadas substâncias absorvidas do meio externo e transformadas no mesófilo foliar. Quando as condições não são favoráveis, estas substâncias são acumuladas na células (principalmente nos vacúolos) na forma de compostos solúveis. Este acúmulo ou dificuldade de utilização pode ocorrer em função da manifestação de um desequilíbrio nutricional ou de estresse de natureza diversa. Esse fato é decisivo para o favorecimento à incidência de organismos em geral. Assim, o estado de proteólise, predominante nos tecidos, conduz a uma acentuada sensibilidade em relação aos parasitas.

Ainda, salienta-se que, praticamente todos os insetos, ácaros, fungos, bactérias e protozoários, dependem de substâncias solúveis, tais como glicídeos, açúcares redutores e aminoácidos livres para a sua sobrevivência e proliferação, pois não são muito adaptados para a realização do desdobramento de compostos complexos.

Assim, os nutrientes, direta ou indiretamente, estão envolvidos nas estratégias de defesa vegetal, como componentes integrais, ativadores, inibidores, reguladores de síntese ou de metabolismo e, portanto, o seu pleno diagnóstico (deficiência ou excesso) e a garantia de sua disponibilidade efetiva, tornam-se estritamente necessários para o estabelecimento de programas de manejo objetivando o equilíbrio nutricional da planta.

Ainda, cumpre salientar que a deficiência ou excesso de um nutriente é decisivamente influenciado pela forma química e disponibilidade de outros, bem como a presença de um determinado elemento no solo, não implica, necessariamente, na sua plena disponibilidade para a utilização no metabolismo vegetal.

II. RAZÕES PARA A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS E PRAGAS

Os ecossistemas apresentam-se, naturalmente, em estado de equilíbrio dinâmico, sobretudo sob o ponto de vista biológico, o que lhe confere acentuada complexidade e, conseqüentemente, elevado grau de estabilidade (significativa capacidade homeostática).

Assim, os organismos que se desenvolvem nesse ambiente natural possuem satisfatória estrutura de resistência às mudanças, pois somente aqueles bem adaptados e competitivos são capazes de encontrar um nicho ecológico para se estabelecer. Ainda, para manter a posse de seu território necessitam integrar suas populações, suas necessidades alimentares, hábitos e atividades

diversas aos demais componentes do ecossistema, resultando em intrincadas relações de interação.

O processo produtivo (agricultura) provoca o rompimento desse estado de equilíbrio, devido ao fato de beneficiar (ou privilegiar) apenas determinadas populações (espécies cultivadas), em detrimento da diversidade, provocando conseqüente perda da estabilidade biológica do ecossistema. Por esse motivo, aquela complexa comunidade anteriormente mencionada é abruptamente substituída por um número reduzido de espécies, objetivando a produção de alimentos, energia e bens de sobrevivência de forma abundante e localizada. Esse sistema modificado pelo homem para o desenvolvimento da agricultura, fundamentado na simplificação e especialização, é denominado de agroecossistema (Fancelli, 1986).

Assim, a artificialidade e a simplificação biológica da exploração agrícola, inerente aos agroecossistemas ocasionam acentuado desequilíbrio, que culmina no desencadeamento de pragas e doenças, exatamente pela pressão de seleção exercida sobre determinados organismos, que evoluem para o parasitismo de espécies cultivadas (predominantes) como forma de sobrevivência.

Face ao exposto, conclui-se que a atividade agrícola promove, inexoravelmente, o impacto ambiental e a proliferação de organismos pouco especializados e com elevada capacidade destrutiva (estrategistas "r"), os quais são necessários para a nova realidade instaurada, pois contribuirão para o início do processo de diversificação e de maturidade do sistema (sucessão ecológica) (Fancelli, 1986).

Portanto, neste contexto, conclui-se que a prática da agricultura deverá ser fundamentada no enfoque sistêmico e sempre objetivar a busca de ambientes mais estáveis e do estado de equilíbrio de plantas e animais.

III. O PAPEL DOS NUTRIENTES NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS E PRAGAS

A influência dos nutrientes na ocorrência de pragas e doenças é destacada por inúmeros pesquisadores, conforme observado na tabela 1. Contudo, a extrapolação direta de resultados, exige muito critério e cuidados, apesar de ser possível a identificação dos princípios que norteiam os processos de resistência e predisposição.

Tabela 1. Influência de nutrientes minerais na ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* (adaptado de Huber, 1990a, Zambolim & Ventura, 1996 e Corrêa, Fancelli & Fonseca, 2000).

Fitopatógenos	Hospedeiro	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	Na	Mn	Fe	Zn	B	Cu
<i>Fusarium moniliforme</i>	Milho	a	d	-	d	-	-	-	-	-	-	a	d	-
<i>Fusarium solani</i>	Feijão	a	d	-	d	d	-	-	-	-	-	-	d	-
<i>Fusarium oxysporum</i>	Melão	d	a	a	a	d	-	-	-	-	-	-	d	-
<i>Fusarium roseum</i>	Gramíneas	a	d	-	-	d	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Giberella zeae</i>	Milho	d	a	-	d	-	-	-	-	-	-	a	d	-
<i>Fusarium oxysporum</i> <i>f.sp. vasinfectum</i>	Algodão	a	d	-	-	-	d	-	a	d	a	-	d	d
<i>Fusarium oxysporum</i> <i>f.sp. lycopersici</i>	Tomate	a	d	-	-	-	d	-	-	d	-	a	d	-
<i>Fusarium culmorum</i>	Cereais	-	-	-	-	d	-	-	-	d	d	d	d	d

a= aumenta a severidade; d= diminui a severidade

III. 1. Nitrogênio (N)

Existem inúmeras evidências experimentais e de campo, que o nitrogênio, em doses inadequadas (deficiência ou, principalmente, em excesso) provoca inúmeras doenças, além de influenciar no aumento de muitas pragas em diversas culturas.

O nitrogênio é o elemento responsável pelo crescimento vegetal, retarda a maturação e é essencial para a produção de aminoácidos, proteínas, hormônios de crescimento, fitoalexinas e fenóis (Huber, 1980). Em níveis elevados pode resultar na produção de tecidos jovens e suculentos, bem como prolongar o estágio vegetativo e/ou retardar a maturação da planta, favorecendo com isso o ataque de patógenos e pragas. Em contrapartida, a planta cultivada em condições de deficiência de nitrogênio pode tornar-se debilitada, apresentar crescimento lento e se tornar suscetível a patógenos e pragas (Zambolim & Ventura, 1996).

Ainda, é sobejamente conhecido que a elevada concentração de nitrogênio na planta reduz a síntese de compostos fenólicos (substâncias fungicidas e bactericidas) e de lignina nas folhas, diminuindo a resistência aos patógenos e insetos-praga.

Na cultura de milho, Fantin et al (1999), avaliaram a influência de doses de nitrogênio na ocorrência e severidade da pinta branca (*Phaeosphaeria maydis*) inoculada no início do florescimento mediante pulverização de uma suspensão com 2×10^6 conídios/mL. Concluíram, os autores, que quantidades crescentes de nitrogênio, a partir de 100 kg/ha, aumentaram significativamente a incidência da mencionada doença. Ainda, outras observações realizadas por Fancelli (2000), evidenciaram que a *Phaeosphaeria maydis*, também pode aumentar sua severidade com aplicação de nitrogênio após a 12ª folha. Esse fato foi corroborado por Pereira da Costa (2001), que determinou que a severidade da pinta branca no milho é dependente da época de semeadura, dose e época da adubação nitrogenada e do genótipo empregado. Assim, com a combinação entre genótipo suscetível e clima favorável, a área foliar lesionada variou entre 38 e 73%, respectivamente para o uso de 0 e 240 kg/ha de Nitrogênio.

A localização e a forma de nitrogênio (amoniacoal ou nítrica) disponível para o patógeno ou hospedeiro afeta a severidade ou resistência mais que a quantidade do elemento em si (Agrios, 1980). A redução de doenças pelo efeito do nitrogênio resulta, geralmente, da influência de formas específicas desse elemento em rotas metabólicas distintas, alterando o crescimento de constituintes da planta ou dos exudatos, em geral (Huber & Watson, 1974).

Tabela 2. Efeitos de formas inorgânicas de nitrogênio sobre doenças de plantas (adaptado de Carley, 1969; Huber, 1990a; Huber, 1994 e Zambolin & Ventura, 1996).

Hospedeiro (cultura)	Gênero do patógeno (agente causal)	Severidade	
		N - Nitrato	N-Amoniacal
Feijão	<i>Rhizoctonia</i>	Decréscimo	Incremento
	<i>Fusarium</i>	Decréscimo	Incremento
	<i>Uromyces</i>	Incremento	Decréscimo
	<i>Phaeosphaeria</i>	Incremento	Decréscimo
	<i>Botrytis</i>	Decréscimo	Incremento
Milho	<i>Pythium</i>	Incremento	Decréscimo
	<i>Fusarium</i>	Decréscimo	Incremento
	<i>Diplodia</i>	Incremento	Decréscimo
	<i>Phaeosphaeria</i>	Incremento	Decréscimo
	<i>Puccinia</i>	Incremento	Decréscimo
	<i>Erwinia</i>	Incremento	Decréscimo
Trigo	<i>Fusarium</i>	Decréscimo	Incremento
	<i>Rhizoctonia</i>	Decréscimo	Incremento
	<i>Cercospora</i>	Decréscimo	Incremento
	<i>Gaeumannomyces</i>	Incremento	Decréscimo
	<i>Puccinia</i>	Incremento	Decréscimo
Tomate	<i>Verticillium</i>	Incremento	Decréscimo
	<i>Pseudomonas</i>	Incremento	Decréscimo
	<i>Sclerotium</i>	Decréscimo	Incremento
	<i>Aphanomyces</i>	Decréscimo	Incremento

Ainda, salienta-se que as formas de nitrogênio também apresentam efeitos diretos sobre a germinação, sobrevivência, reprodução, esporulação, crescimento e virulência dos patógenos. O efeito de cada forma de nitrogênio sobre as doenças está associado ao *pH*. O aumento na severidade das doenças, na presença de amônio é, geralmente devido ao *pH* ácido, enquanto o aumento devido ao nitrato é geralmente associado a condições de *pH* neutro ou alcalino. (Jones et al. 1990).

De maneira geral, doenças causadas por patógenos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Aphanomyces* podem ser reduzidas por nitrato e aumentadas por nitrogênio amoniacal. Por outro lado, *Gaeumannomyces*, *Diplodia* e *Phyium* e *Streptomyces* respondem de maneira inversa (Zambolim & Ventura, 1996). Maiores detalhes poderão ser encontrados na tabela 1.

A adequada disponibilidade de nitrogênio para a cultura de trigo poderá contribuir significativamente para a redução da ocorrência do mal-do-pé (*Helminthosporium sativum*). Quantidades satisfatórias de P e K, não compensam a deficiência de nitrogênio, favorecendo a incidência da doença mencionada. Todavia, a fonte de nitrogênio empregada interfere significativamente na quantidade de tecido infectado, pois, de acordo com Huber, (1990a), o sulfato de amônio reduz a incidência da doença e o nitrato de amônio pode aumentá-la.

Em soja, a deficiência ou o excesso de nitrogênio, principalmente no início do desenvolvimento, está associado a maior propensão da referida espécie ao ataque de *Rhizoctonia solani*. (Zambolin, 2000), o mesmo fato poderá ser extrapolado para a cultura de feijão.

Para Ranney (1962), a utilização de nitrogênio em grande quantidade, na forma de nitrato de amônio, pode aumentar a severidade de *Verticillium albo-atrum*, em lavouras de algodão. Por outro lado, o emprego de sulfato de amônio, pode promover a proliferação de *Colletotrichum gossypii*, na mesma cultura.

Ainda, a utilização indiscriminada de nitrogênio na forma de uréia (N-amídico → N-nítrico), via solo e, principalmente, via foliar, pode contribuir para o aumento da predisposição das plantas a pragas e patógenos. Esse aumento não depende somente do nível do elemento ministrado, mas também da interação com a quantidade de inóculo presente no local, condições ambientais reinantes e estágio fenológico da planta.

Na cultura de feijão a aplicação de uréia aliada ao acúmulo de nitrato nas folhas, poderá favorecer a ocorrência de mosca branca, tripses, ácaros, pulgões, cigarrinha verde e larva minadora, bem como ferrugem, mancha angular e crestamento bacteriano comum, sobretudo quando a aplicação do referido produto é realizada com elevada frequência.

Na cultura de arroz, a aplicação de nitrogênio concentrado, na forma de uréia, pode predispor as plantas a um ataque severo de bruzone, causado por *Pyricularia oryzae*, mesmo quando a população do patógeno é baixa e as condições climáticas não são muito favoráveis, conforme relatado por Zambolim & Ventura (1996). Fato semelhante foi constatado por Last (1953) quanto ao aumento da incidência de Oídio (*Erysiphe graminis f. sp. tritici*) provocado pelo uso de nitrogênio na forma de uréia.

Em trabalho desenvolvido por Bartz et al (1979), em tomateiros, concluiu-se que o uso de doses exageradas de nitrogênio, apesar de favorecer o crescimento vegetativo e o visual

das plantas, proporcionaram a obtenção de frutos com pouca consistência, muito suscetíveis ao esmagamento e à rápida deterioração em pós-colheita. Ainda, o mesmo autor verificou que tomates submetidos a doses crescentes de nitrogênio tornavam-se mais suscetíveis a podridão provocada por *Erwinia caratovora* pv. *caratovora*.

A quantidade e a forma de nitrogênio aplicada também interfere na ocorrência e atividades de nematóides. Assim, estudos realizados com *Heterodera glycine*, conforme relatados por Zambolim & Ventura (1996), revelaram que a aplicação de nitrato de amônio, no solo, reduziu o ataque e a penetração do referido helminto, bem como o desenvolvimento de seus cistos. Da mesma forma, em outros trabalhos envolvendo nematóide de galha (*Meloidogyne incognita*), foi evidenciado que a utilização de nitrogênio nítrico promoveu o incremento significativo do número de fêmeas “maduras” e da massa de ovos produzidas por grama de raiz. Efeito inverso foi obtido com o uso de nitrogênio amoniacal, em doses adequadas.

Quanto à ocorrência de pragas motivadas pelo uso excessivo de nitrogênio, merecem especial destaque o aumento da fecundidade da cigarrinha da cana-de-açúcar (*Saccharosyne saccharivora*) e da cigarrinha verde do feijoeiro (*Empoasca kraemer*), aumento da população de mosca branca (*Bemisia tabacci*) e tripses (*Caliotrips* spp.), além de outros.

Na cultura de feijão, a adubação nitrogenada fundamentada no uso de Sulfato de Amônio, concorre para o aumento das concentrações de glutamina e asparagina na planta, tornando-as mais suscetíveis a *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* (Zambolim & Ventura, 1996). Esse fato é mais evidente quando o referido fertilizante é aplicado por ocasião da semeadura.

Ainda, na cultura de feijão, Furlan, Fancelli & Menten (1985), observaram que a utilização de níveis crescentes de adubação, representados principalmente pelo nitrogênio, contribuíram para a maior ocorrência de *Alternaria* (*Alternaria* sp.), em experimento realizado na região de Piracicaba, SP.

Para Chouboussou (1999), o nitrogênio amoniacal (sulfato de amônio e o nitrato de amônio) acarreta um nível mais baixo de proteossíntese (mantendo elevado, por mais tempo, o conteúdo dos aminoácidos nas folhas) em relação ao nitrogênio nítrico, aumentando, com isso, a predisposição das plantas a determinados tipos de patógenos e insetos. Todavia, a manutenção de nitrogênio, no solo, na forma amoniacal, em concentrações acentuadas, somente será possível, quando o processo de nitrificação estiver

arrefecido, ou seja, em solo ácido ($\text{pH} < 4,5$) e/ou com baixa temperatura ($< 18^{\circ}\text{C}$), conforme relatado por Fancelli (2000).

Assim, o equilíbrio entre as formas amoniacal e nítrica, aliado ao uso de quantidades adequadas desse elemento, em função da espécie cultivada, do histórico da área e do sistema de produção adotado, bem como das condições edafo-climáticas reinantes, mostra-se mais adequado.

III. 2. Fósforo (P)

O fósforo, dentre outras funções, é responsável pelas relações energéticas na planta, pelo enchimento de grãos e pela maturação dos tecidos, o que pode contribuir para o escape a infecções provocadas por patógenos que têm preferência por tecidos jovens. De modo geral, o fósforo tem sido importante no decréscimo do ataque dos fungos em diferentes espécies de plantas, principalmente quando aliado a doses satisfatórias de potássio. Entretanto, o aumento do nível de P, em determinadas condições, pode aumentar a severidade de ataque da doença, como constatado com a ferrugem da cana-de-açúcar.

Em raízes com baixo nível de fósforo foi observado um decréscimo de fosfolípidos com correspondente aumento na permeabilidade da membrana celular e da exsudação radicular, o que pode exercer acentuada influência na atividade de patógenos e na severidade das doenças.

O fósforo, quando em concentrações adequadas nos tecidos vegetais, correlaciona-se negativamente com a exudação de aminoácidos pelas raízes, reduzindo a proliferação de determinadas espécies de nematóides, insetos e fungos.

Ainda, conforme relatado por Zambolim & Ventura (1996) o fornecimento de adequado suprimento de fósforo pode aumentar a síntese de proteínas e a atividade celular dos tecidos vegetais, proporcionando maior resistência da planta hospedeira aos nematóides e a *Rhizoctonia solani*. Além disso, pode promover mudanças bioquímicas representadas pelo incremento de vitamina C, óleos vegetais, polifenóis, peroxidase e amônia, criando-se um ambiente pouco favorável aos nematóides, resultando na redução de sua fecundidade e população.

Plantas de trigo apresentando adequada concentração de fósforo, segundo trabalho desenvolvido por Graham & Menge (1982), apresentaram baixa incidência e severidade do mal-do-pé.

Por outro lado, estudos desenvolvidos por Woltz & Jones (1973), com a cultura de tomate, verificaram o aumento significativo da severidade da fusariose com a elevação dos níveis de fósforo.

Ainda, foi também constatado que a combinação de calagem e baixo fósforo no solo, reduziu a severidade da doença. Aplicações de superfosfato acima do requerido para o crescimento do tomateiro, aumentaram a ocorrência da murcha em pH 6,0.

A manutenção de conteúdo satisfatório de fósforo nos estágios finais da vida vegetal (enchimento de grãos e início de senescência), devido ao seu marcante efeito na estimulação da atividade celular, poderá contribuir para a maior tolerância da planta a diferentes espécies de patógenos.

III. 3. Potássio (K)

O potássio, presente na seiva e no protoplasma, está estritamente ligado à migração dos aminoácidos da sede de síntese até os sítios de utilização, além de exercer relevante papel na economia de água da planta.

Ao contrário do que ocorre com os fertilizantes nitrogenados, a maioria das evidências científicas relacionadas ao uso do potássio converge para a sua influência na tolerância a inúmeras pragas e doenças (parasitas obrigatórios ou facultativos). E, desta forma, os casos em que o excesso de potássio foi assinalado como nocivo são relativamente raros.

O efeito do potássio, freqüentemente, está restrito à faixa de deficiência do elemento, visto que plantas deficientes em potássio são mais suscetíveis a pragas e doenças do que aquelas apresentando concentrações suficientes desse elemento (Huber & Army, 1985). Como norma geral, a suscetibilidade diminui (ou a resistência aumenta) na mesma proporção em que o crescimento da planta responde ao aumento do suprimento de potássio (Zambolim & Ventura, 1996).

Esse fato tem sido verificado em muitas espécies, sobretudo na incidência de murcha de *Verticillium* em algodão e tomate. (Marschner, 1986 e Pennypacker, 1990). A elevada suscetibilidade das plantas deficientes em potássio a determinados patógenos está relacionada com as funções metabólicas desse elemento na vida vegetal.

A síntese de compostos de elevado peso molecular (proteínas, amido e celulose) é francamente restringida, em plantas deficientes em potássio (K). Assim, seu inadequado suprimento promove o acúmulo de compostos orgânicos de baixo peso molecular (açúcares e aminoácidos), resultando em plantas com crescimento anormal e alta suscetibilidade a doenças e pragas, de forma geral.

Na cultura da bananeira tem sido observado que em solos onde o nível de potássio é excessivamente alto, em relação ao cálcio e magnésio, as plantas apresentam sintomas do mal-do-panamá. Os valores da relação K/Mg nesses solos são sempre superiores àqueles verificados em solos com plantas saudáveis, ratificando a importância da manutenção das relações de equilíbrio entre o cálcio, magnésio e potássio (Cordeiro, 1987).

Ainda, concentrações adequadas de potássio no tecido vegetal, poderão contribuir para a minimização dos malefícios impostos pelos excessos de nitrogênio no sistema. (Tabela 3). Assim, a sarna da macieira (Lefter & Pascu, 1970), o oídio dos cereais (Schaffnit & Volka, 1930, citado por Choboussou, 1987) e a *Phaeosphaeria maydis* do milho (Pereira da Costa, 2001), podem ser minimizadas pela utilização de relação favorável entre N:K (1:1 a 0,7:1).

Tabela 3. Efeito do nível de nitrogênio e potássio na severidade de doenças (Marschner, 1986).

Patógenos	Nível de N		Nível de K	
	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Parasitas Obrigatórios				
<i>Puccinia</i> spp. (<i>ferrugens</i>)	+	+++	++++	+
<i>Erysiphe graminis</i> (oídio)	+	+++	++++	+
Parasitas Facultativos				
<i>Alternaria</i> spp. (<i>mancha foliar</i>)	+++	+	++++	+
<i>Fusarium oxysporum</i> (<i>murchas e podridões</i>)	+++	+	++++	+
<i>Xanthomonas</i> spp. (<i>manchas e murchas</i>)	+++	+	++++	+

+ (severidade baixa); +++ (severidade alta); ++++ (severidade muito alta)

III. 4. Cálcio (Ca)

O Cálcio apresenta função primordial na divisão e no desenvolvimento celular, bem como na estrutura da parede celular e na formação da lamela média (Huber, 1980). Ainda, cumpre ressaltar que o cálcio complementa o papel do potássio na manutenção da organização celular, economia de água e permeabilidade de membranas. Muitos fungos patogênicos atingem o tecido da planta pela produção de enzimas pectolíticas extracelulares, como a galacturonase, que dissolvem a lamela média e, segundo Marschner (1986), a atividade desta enzima é praticamente inibida pela presença do cálcio.

O conteúdo de cálcio nos tecidos das plantas, de acordo com Mcguire & Kelman, (1986), pode restringir a incidência de doenças parasíticas mediante dois mecanismos básicos: (1) Redução da taxa de efluxo de compostos de baixo peso molecular (açúcares) do citoplasma para o apoplasto, assegurada pelo adequado suprimento de cálcio na célula; (2), Manutenção de elevada concentração de poligalacturonatos de cálcio requeridos pela lamela média, visando a estabilidade da parede celular.

Em alguns casos, o efeito da aplicação de calcário no solo se faz sentir sobre fitopatógenos apenas pela modificação do *pH* da solução do solo. Alterações no *pH* podem influenciar os patógenos de maneira direta ou indireta.

Indiretamente, a elevação criteriosa do *pH* do solo, aliado à presença de material orgânico de alta relação C/N, aumenta a população dos microorganismos antagonistas, estabelecendo os mecanismos de auto-regulação (Jones et al., 1990). Todavia, o aumento exagerado do *pH* do solo, proporcionado por calagens excessivas e desnecessárias, favorecem a proliferação de estrategistas "r" (organismos patogênicos) que estão afeitos às mudanças bruscas de condições físico-químicas (ambientes instáveis) e contribuem para a diminuição considerável de antagonistas.

Assim, o uso de fontes de cálcio, aplicados ao solo, poderá reduzir o ataque de *Colletotrichum truncatum*, agente causal da antracnose da soja e de *Sclerotium rolfsii*, agente causal da podridão cinzenta da soja e do feijão.

A aplicação localizada de fontes solúveis de cálcio (cal hidratada) em quantidades superiores a 45 kg/ha, em lavouras de feijão em pré-emergência, poderá contribuir para a elevação brusca da disponibilidade de cálcio às plântulas, favorecendo a estratégia de escape à *Rhizoctonia solani*.

Tabela 4. Severidade da murcha de *Fusarium* em tomateiros que receberam diferentes concentrações de cálcio, após a inoculação (Corden, 1965).

Cálcio ($\mu\text{g/ml}$)	Concentração de Ca (seiva da planta)	Incidência da doença (%)
0	73	100
50	219	92
200	380	80
1000	1.081	9

Acentuada disponibilidade de cálcio no solo, também está envolvida na resistência do tomateiro a *Erwinia spp.*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora spp.* e *Sclerotium rolfsii*, e do feijoeiro a *Rhizoctonia spp.*, *Sclerotium rolfsii* e *Colletotrichum lindemutianum*.

Em experimento realizado por Bianchini e Bedendo (1998), visando avaliar o efeito da interação Ca e B na redução da incidência da podridão apical em frutos de tomate, ratificou a importância do Boro para o metabolismo do cálcio e de seu conseqüente aproveitamento pela planta conferindo maior qualidade de frutos. Os autores concluíram que a aplicação de 1 g/cova de boro, aliado à frequência quinzenal de aplicação de CaCl_2 (0,6%), mostrou-se plenamente satisfatório no incremento da produtividade e redução significativa da incidência de podridão apical em frutos de tomate. Todavia, conforme evidenciado na tabela 7, a ausência de boro implica na frequência semanal da aplicação de CaCl_2 (0,6%), objetivando a obtenção de resultados semelhantes.

Tabela 5. Porcentagem de frutos com podridão apical em função da frequência de aplicação de CaCl_2 (0,6%) e boro. (Bianchini & Bedendo, 1998).

Doses de Boro (g./cova)	CaCl_2 - 0,6% (frequência de aplicação)	Frutos com podridão apical (%)
0	Sem aplicação	20,5 a
	Semanal	4,8 bc
	Quinzenal	9,8 ab
1	Sem aplicação	7,2 bc
	Semanal	10,1 ab
	Quinzenal	3,6 c
2	Sem aplicação	6,8 bc
	Semanal	8,8 bc
	Quinzenal	5,1 bc

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

Ainda, o fornecimento de cálcio, via solo, pode reduzir a severidade de várias doenças causadas por patógenos de raiz e/ou caule, dentre os quais destacam-se o *Sclerotium*, *Phyium*, *Botrytis* e *Fusarium*, bem como do nematóide *Ditylenchus dipsaci* e *Pratylenchus brachiuirus* (Huber, 1980; Wheeler & Hanchey, 1968 e Lordello et al 1985).

O cálcio também atua como regulador de eventuais efeitos tóxicos causados por excesso de Cu, Fe, Mn e Zn.

Finalmente, cumpre ressaltar que, em decorrência da baixíssima mobilidade do cálcio no floema, os efeitos atribuídos a esse elemento, na maior parte das vezes, somente poderão ser manifestados quando o mesmo for aplicado diretamente no solo, principalmente na forma de sulfato de cálcio.

III. 5. Magnésio (Mg)

O magnésio como relevante constituinte da clorofila, mostra-se fundamental para o processo efetivo da fotossíntese e, conseqüentemente, da atividade celular. Também se encontra associado à velocidade de crescimento vegetal, ao processo de divisão celular, síntese de proteínas, fosforilação oxidativa e metabolismo efetivo de carboidratos.

Assim, pelas funções acima referidas, níveis adequados de magnésio na planta poderão contribuir para o desencadeamento de maior tolerância a viroses, em geral.

Da mesma forma, Seaker et al. (1982) verificaram que plantas de berinjela, altamente deficientes em Mg, apresentaram maior incidência do vírus TMV em comparação àquelas que receberam adequado suprimento de Magnésio. Fato semelhante tem sido observado na cultura de feijão com relação à incidência de mosaico dourado.

Todavia, quantidades ou concentrações excessivas de magnésio podem afetar a disponibilidade de cálcio, potássio e manganês e contribuir para a predisposição das plantas ao ataque e proliferação de fungos do gênero *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Cercospora* e *Diplodia*.

Alguns pesquisadores têm atribuído ao desbalanço nutricional envolvendo cálcio, magnésio, enxofre e manganês, a causa primordial da predisposição das plantas cultivadas a fungos, bactérias e insetos.

III. 6. Enxofre (S)

O enxofre participa na composição de aminoácidos e proteínas, auxilia na síntese de enzimas, vitaminas, óleos aromáticos e ferredoxinas, bem como atua no processo de frutificação, crescimento de raízes e nodulação. Em solos normais (arejados) o S mineral aparece quase que exclusivamente na forma de sulfato. A falta desse elemento vem se intensificando, em decorrência do aproveitamento de novas áreas para a agricultura, sobretudo em solos sob vegetação de cerrado, aliado ao emprego de fertilizantes altamente concentrados em N,P e K e, conseqüentemente, pobres em enxofre.

Aplicações de enxofre elementar no solo podem controlar a sarna da batata causada por *Streptomyces scabies* (KEINATH & LORIA, 1990), pois o referido elemento poderá promover a redução localizada de *pH* do solo. Contudo, em áreas extensas a referida técnica torna-se inviável devido à dificuldade da obtenção do *pH* desejado, em função das quantidades exigidas e do poder tampão de alguns tipos de solo.

Ainda, a manutenção de níveis adequados de enxofre, no solo, favorece a diversificação de organismos e o incremento de populações elevadas de antagonistas.

Esse fato pode ser exemplificado em trabalho desenvolvido com abacateiros, onde a aplicação de enxofre ao solo favoreceu o desenvolvimento de *Trichoderma viride*, que atua como microparasita de *Phytophthora cinnamomi* (COOK & BAKER, 1983).

Também a incidência de *Helminthosporium oryzae*, em arroz, e *Rhizoctonia solani*, em beterraba, conforme citado por Zambolim & Ventura (1996) foi reduzida quando se aplicou uréia encapsulada com enxofre; apesar de alguns pesquisadores não aceitarem a ação direta do enxofre sobre o patógeno. Neste contexto, Pachol (1996) e Choboussou (1999), afirmam que quando aplicados em conjunto, o enxofre poderá amenizar os efeitos nocivos provocados por elevadas concentrações de nitrogênio na rizosfera.

Ainda, a utilização de enxofre em solos semeados com colza, além de proporcionar o crescimento satisfatório da cultura, protegeu-a eficazmente de um ataque de *Phorbia platura*. A incidência do ataque da praga citada foi muito mais severa nas parcelas que não haviam recebido sulfato de amônio.

III. 7. Cobre (Cu)

Baixas quantidades de cobre nas folhas e na porção terminal (brotações) estimulam a atividade da peroxidases, enquanto que alta concentração reduz a atividade da enzima. A redução na atividade da peroxidase pode resultar no acúmulo de peróxidos, devido ao aumento na respiração em tecidos infectados. Outra enzima que pode degradar peróxidos é a catalase. O aumento na concentração de cobre pode reduzir também a atividade da catalase. A inibição da peroxidase e da catalase pode resultar no acúmulo de peróxidos, que são altamente bactericidas. Com o decréscimo da atividade da peroxidase pode também resultar no acúmulo de compostos fenólicos que apresentam ação fungicida. Alta concentração de cobre induz a atividade da polifenoloxidase, que é responsável pela conversão dos compostos em substâncias bactericidas, denominadas de quinonas. Em síntese, o íon cobre pode induzir

resistência pelo aumento da síntese de peróxidos, compostos fenólicos e quinonas, que apresentam propriedades fungicidas e bactericidas, por excelência.

A resistência da batateira à requeima causada por *Phytophthora infestans*, conforme relatado por Zambolim & Ventura (1996), pode ser atribuída ao aumento na atividade da peroxidase induzida pela aplicação de cobre nas folhas da planta.

Finalmente, cumpre salientar que o excesso de zinco na folha poderá afetar o metabolismo do cobre, culminando em sua deficiência. Da mesma forma, em áreas antigas de plantio direto, com elevado teor de matéria orgânica e/ou de zinco no solo, o cuidado com a falta de cobre deverá ser redobrada.

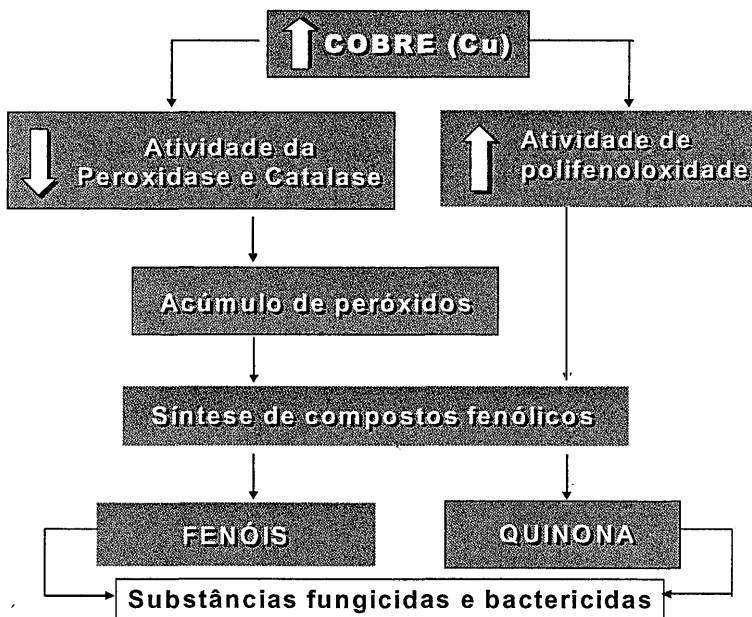


Figura 1. Esquema básico da síntese de fenóis e quinonas na planta

III. 8. Zinco (Zn)

A participação do zinco no metabolismo das plantas favorecendo a ativação de enzimas, a síntese de aminoácidos e de fitormônios, bem como garantindo o processo de crescimento vegetal são amplamente conhecidos e estudados. Todavia, a interação desse micronutriente com pragas e doenças é ainda,

consideravelmente obscura e controversa, exigindo estudos integrados e mais detalhados.

Assim, conforme citado por Zambolin & Ventura (1996), plantas de arroz cultivadas em solo deficiente em zinco podem favorecer o aumento da incidência de *Xanthomonas campestris* pv. *Oryzae*. O sulfato de zinco a 2,5% tem sido relatado como altamente eficiente no controle da bacteriose do arroz, em condições naturais. O óxido de zinco (2%), no entanto, apresentou eficiência inferior à fonte anteriormente citada.

Por outro lado, o zinco é essencial ao crescimento, esporulação e virulência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. A aplicação de fertilizantes contendo zinco, via solo, pode aumentar a produção de toxinas por parte do referido patógeno. Ao zinco também têm sido atribuído a responsabilidade pela produção de ácido fusárico por *Fusarium oxysporum* f. sp. *udum*.

Ainda, trabalho recente realizado por Corrêa, Fancelli & Fonseca (2002), quantidades acentuadas de zinco contribuíram para a maior concentração de micotoxinas (fumonisina e zearalenona) em grãos de milho, cultivados em algumas regiões do estado de São Paulo.

Muitos estudos sugerem que o Zn pode favorecer ou restringir a incidência de doenças e de pragas, em função da espécie considerada, das condições edafo-climáticas reinantes no período, além de sua forma química.

Com relação a pragas, Choboussou (1999), relata que o zinco, aplicado na forma de sais, pode favorecer a ocorrência e a multiplicação de pulgões em diversas espécies cultivadas.

Tabela 6. Severidade da mancha angular sobre a cultura do feijão em função da aplicação de calda viçosa e algumas de suas variações (Ferreira, 1998).

Tratamentos estudados	Mancha Angular (severidade)	Produtividade (g/vaso)
Calda Viçosa (CV)	2,0 <i>b</i>	14,88 <i>c</i>
Calda Viçosa + Mo	3,0 <i>b</i>	15,82 <i>b</i>
Calda Viçosa – Mg	3,0 <i>b</i>	15,18 <i>bc</i>
Calda Viçosa – Zn	2,0 <i>b</i>	15,14 <i>bc</i>
Calda Viçosa – B	2,4 <i>b</i>	17,16 <i>a</i>
Molibdênio (Mo)	5,8 <i>a</i>	12,42 <i>d</i>
Tiofanato Metílico + Chlorotalonil	2,0 <i>b</i>	12,60 <i>d</i>
Testemunha (T)	7,0 <i>a</i>	8,00 <i>e</i>

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

Escala proposta por Pastor-Corrales,(1985): 1=ausência de infecção; 3= infecção leve; 5= infecção moderada; 7= infecção severa e 9= infecção muito severa.

III. 9. Manganês (Mn)

O manganês, além de apresentar relevante papel na fotossíntese (fotólise da água), atua no sistema enzimático, acelera a germinação de sementes e favorece a maturação das plantas. Sua presença no solo é extremamente complexa e envolve interações químicas e microbiológicas. A transformação de suas formas insolúveis (Mn^{+3} e Mn^{+4}) em solúveis (Mn^{+2}) é dependente de inúmeros fatores do ambiente dentre os quais destacam-se o *pH* do solo, disponibilidade de água, presença de outros nutrientes, inibidores de nitrificação, matéria orgânica e atividade microbiana.

O manganês, em solos ácidos ($pH < 5,5-6,0$), como o Al e o B, pode ser tóxico, em decorrência do aumento da sua solubilidade. Alta concentração de Mn, mediante competição, inibe a absorção e a translocação do ferro, dificultando a ativação de enzimas envolvidas na redução de $N-NO^{-3}$, bem como o metabolismo dos carboidratos e o processo respiratório.

A aplicação direta de Mn através de pulverizações foliares, tratamento de sementes ou adição ao solo, pode resultar num controle adequado de doenças. No entanto, modificações no ambiente, objetivando a manutenção da disponibilidade de Mn podem se fazer necessárias. As práticas culturais utilizadas para o controle de diversas doenças, tais como baixo *pH* do solo, irrigação nos períodos críticos de crescimento das plantas cultivadas, inibição do processo de nitrificação e uso do nitrogênio na forma amoniacal (NH^{+4}), aumentam a solubilidade do Mn. Em situação onde o Mn é reconhecido como o elemento primário envolvido no controle de doenças, essas práticas culturais podem ser combinadas com os métodos tradicionais para controle de doenças (Zambolim & Ventura, 1996).

Dentre os mecanismos propostos para o papel do manganês na resistência a doenças, merecem especial destaque:

a) Lignificação

O manganês apresenta acentuada contribuição na síntese da lignina, por parte da planta, mediante a formação de estruturas denominadas lignotubos, apesar de alguns pesquisadores não aceitarem integralmente o papel desse composto como barreira física eficiente.

b) Síntese de Fenóis solúveis

O manganês participa da via biossintética de fenóis (substâncias relacionadas a resistência a doenças e pragas).

c) Inibição da Aminopeptidase

O manganês inibe a indução da aminopeptidase por parte do agente invasor. Ressalta-se que a mencionada enzima é ativada por alguns patógenos objetivando a obtenção de suprimento de aminoácidos essenciais necessários para o crescimento fúngico.

d) Inibição da Pectina-Methylesterase

O manganês inibe a indução da Pectina-Methylesterase relacionada ao agente invasor.

Ressalta-se que a referida exoenzima é normalmente utilizada por alguns patógenos para a degradação de paredes celulares.

e) Fotossíntese

O processo fotossintético é drasticamente afetado pela deficiência de Mn, dificultando a mobilização de energia em pontos vulneráveis, bem como diminuição de materiais orgânicos em exudatos de raízes, resultando em rizosfera mais favorável a pragas e patógenos diversos.

f) Ação direta

Aumento da concentração de manganês em exudatos radiculares, por parte de plantas nutricionalmente equilibradas, promovendo a inibição direta do potencial patogênico do suposto invasor.

Como o manganês é requerido em maiores concentrações pelas plantas superiores do que por fungos e bactérias (aproximadamente 100 vezes mais), há oportunidade do patógeno explorar essa significativa diferença.

Ressalta-se que o teor de Mn apresenta-se, normalmente, baixo nos tecidos considerados suscetíveis, em comparação àqueles resistentes; porém, pode-se concentrar em regiões adjacentes aos focos de infecção.

Ainda, o efeito do Mn mais comumente observado na redução de doenças é representado pela presença de exudatos tóxicos, apesar de ser comumente constatado o aumento de viroses mesmo sob alta concentração de manganês, conforme citado por Huber, (1980).

III. 10. Ferro (Fe)

O íon ferro, além de sua participação no processo respiratório, é essencial para a síntese de fitoalexinas (substâncias naturais de defesa vegetal) e para a indução de resistência a doenças.

Conforme relatado por Zambolim & Ventura (1996) quando o EDTA ou o DHBA (2,3 ácido dihydrobenzóico) exerce efeito quelante sobre o ferro, torna-o pouco disponível, propiciando severas lesões em folhas de *Vicia fava*, causadas pelo fungo *Botrytis cinerea*. Assim, quando os conídios do patógeno foram tratados com EDTA, três horas antes da inoculação, a severidade da doença também aumentou. Esses resultados sugerem que o íon ferro, sob a forma de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2$, diminui a virulência do mencionado patógeno.

A falta de arejamento do solo e a deficiência severa de potássio podem aumentar a concentração de ferro na planta, enquanto que o excesso de P, Zn, Cu e Mo, provocam situações de deficiência desse íon metálico. Concentrações acentuadas de Mn no substrato, provocam significativa redução na taxa de absorção de ferro. Todavia, toxidez de manganês não pode ser confundida com deficiência de ferro, pois a sintomatologia e as conseqüências do processo são muito diferentes.

Aplicações elevadas de ferro ou elevada disponibilidade desse elemento no solo podem induzir à produção de maior quantidade de toxinas por parte de algumas espécies de fungo, dentre eles o *Fusarium oxysporium* f. sp. *Lycopersici*, resultando em maior severidade da doença em tomateiro (Simeoni et al., 1987).

III. 11. Boro (B)

A importância do boro na produtividade das espécies cultivadas, vem sendo amplamente discutida, porém sua atuação na redução de pragas e doenças, ainda é pouco conhecida. Contudo, já se constatou que o boro desempenha papel fundamental na síntese de lignina e fenóis.

Para Marschner (1986), o boro não consegue diminuir a infecção inicial do hospedeiro, sugerindo que sua atuação inicia-se na fase de infecção cortical, mediante a liberação e acúmulo de fenóis, aceleração do processo de síntese de lignina e retardamento do movimento da hifa do fungo no córtex.

O boro também pode repelir o ataque de pulgões (vetores de viroses), ácaros e tripses. Por outro lado, sua carência acentuada favorece a ocorrência das pragas anteriormente mencionadas, além de outros fungos, pois provoca a queda da taxa de proteossíntese,

resultando no acúmulo de substâncias solúveis e altamente nutritivas, nos tecidos vegetais.

Da mesma forma, a carência de Boro, afeta a permeabilidade da membrana citoplasmática, provocando a exudação de açúcares e aminoácidos, contribuindo para o aumento da suscetibilidade da planta a pragas e patógenos. (tabela 7).

Tabela 7. Influência do Boro na integridade da membrana citoplasmática de células de folhas de girassol (Cakmak et al, 1995)

Boro (μM)	Lixiviação $\mu\text{g.g}^{-1}$ PF.2h ⁻¹		
	Potássio (K^+)	Sacarose	Aminoácido
0,01	630	900	163
0,20	390	440	122
1,00	52	70	33
20,00	18	20	23

Para Choboussou (1999), os patógenos praticamente não necessitam de boro para o seu desenvolvimento e, portanto, a baixa disponibilidade desse micronutriente para as plantas proporciona perigosa desvantagem.

III. 12. Molibdênio (Mo)

Com relação ao papel do molibdênio na supressão de ocorrência de pragas e doenças, existem muito poucos estudos a respeito. Alguns deles evidenciam, sem a devida explicação, a redução dos sintomas de *Verticillium* em tomate e de nematóides em feijão e soja.

Assim, o mecanismo envolvido no processo de resistência imposta pela adição de molibdênio, ainda não é conhecido, mas salienta-se que a sua atuação na nitrogenase e na redutase do nitrato pode contribuir, indiretamente, para o aumento ou diminuição de parasitas.

Assim, o uso excessivo de nitrogênio, em programas de adubação, sem o devido aporte de molibdênio, poderá suscitar o aumento de pragas e doenças, em decorrência do acúmulo de nitratos livres na folha e da redução da síntese de fenóis por parte da planta.

III. 13. Silício

O silício induz alterações no balanço cátion-ânion da planta e aumenta a concentração de ácidos orgânicos nos tecidos. Essas

alterações constituem no principal mecanismo responsável para o efeito de redução da concentração de alumínio tóxico nas raízes (apoplasto e superfície do plasmalema) e de defesa da planta contra fungos de solo.

As monocotiledôneas absorvem e acumulam muito mais silício que as dicotiledôneas. Dentre elas, o arroz e a cana-de-açúcar se destacam, entre as monocotiledôneas, e o feijão entre as dicotiledôneas.

O papel do silício na resistência de plantas às doenças foi enfatizado por Marschner (1986) na cultura do arroz, onde a *Pyricularia oryzae*, agente etiológico da brusone do arroz, em meio à presença de compostos orgânicos contendo silício e impregnados na parede celular, apresentou potencial de infecção muito baixo. Assim, foi comprovada a existência de relação direta entre o conteúdo de silício e a resistência ao patógeno em arroz. Entretanto, nem todas as espécies de plantas mostram acúmulo significativo de silício quando infectados por patógenos.

Trabalhos semelhantes foram realizados com cana-de-açúcar e algumas espécies de forrageiras, obtendo resultados satisfatórios quanto à diminuição do potencial destrutivo de muitas doenças.

O silício, além de contribuir para a defesa da planta, também pode favorecer seu desenvolvimento. Assim, Corrales et al (1997) determinaram que plantas de milho tratadas com silício apresentaram crescimento de 4,8 cm/dia, enquanto plantas sem silício, na solução, evidenciaram crescimento de 3,8 cm/dia.

Ainda, plantas tratadas com fontes de silício apresentam aumento significativo na concentração do fósforo nas raízes em comparação com outras submetidas à ausência de silício.

O efeito do silício no crescimento de raízes é mais evidente quando as plantas encontram-se bem supridas de cálcio.

Estudos vêm mostrando que o conteúdo de silício da parede das células da epiderme e no córtex da raiz pode ser muito importante na resistência de plantas a doenças e que a supressão dos depósitos de silício pode induzir suscetibilidade.

As principais funções desempenhadas pelo silício na planta, de acordo com as evidências científicas relacionadas por alguns pesquisadores podem ser encontradas na tabela 8, apresentada a seguir.

Tabela 8. Algumas evidências científicas atribuídas ao silício na vida vegetal (compilado de vários autores).

Papel do silício	Autor(es)
Melhora a interceptação de luz	<i>Epstein (1994)</i>
Auxilia na desintoxicação de altas concentrações de Fe e Mn	<i>Horst & Marschner, (1978)</i>
Induz o aumento da disponibilidade de Zn em plantas submetidas a altas concentrações de fósforo e baixas concentrações de zinco	<i>Marschner et al. (1991).</i>
Aumenta o crescimento de raízes de plantas crescendo em meio a baixas concentrações de Ca	<i>Corrales et al.(1997)</i>
Reduz a incidência de doenças de folhas e de raízes	<i>Marschner, 1986)</i>
<i>Melhora o uso da água pelo feijoeiro e reduz a incidência de Fusarium</i>	<i>Fancelli et al.(2001)</i>

III. 14. Outros Elementos (Cl, Ni, Li e Cd)

O Cloro, quando adicionado em quantidade suficiente e devidamente localizado, mediante fertilizantes clorados, pode contribuir para a supressão de algumas doenças em trigo, milho, soja e feijão, através da redução da taxa de nitrificação, que promove a redução do pH da rizosfera.

Ainda, recentes estudos têm indicado que o níquel (Ni), na sua forma de sais, pode ser considerado como eficiente fungicida contra ferrugens, em geral, pois pode estar relacionado à síntese de fitoalexinas (Chaney, 2001), Todavia, por se tratar de um metal pesado, sua utilização rotineira na agricultura exige ainda muitos estudos.

Outros elementos que ocorrem em quantidades ínfimas nos tecidos de plantas e que apresentam efeito supressor comprovado em mildios é o Lítio (Li) e o Cádmio (Cd).

Ainda, o cádmio (Cd), também atua nos mecanismos de defesa vegetal, pois pode estimular a síntese de lignina.

IV. ESTRATÉGIAS BÁSICAS DE MANEJO OBJETIVANDO A REDUÇÃO DE PRAGAS E DOENÇAS FUNDAMENTADAS NO EQUILÍBRIO NUTRICIONAL

Em função das razões ecológicas e da nutrição na ocorrência de pragas e doenças em sistemas agrícolas de produção,

recomenda-se que o manejo de plantas seja sempre fundamentado na garantia do equilíbrio nutricional e na visão sistêmica do processo. Para tanto, sugere-se a elaboração de um diagnóstico detalhado da disponibilidade de nutrientes no sistema (incluindo suas interações), das condições climáticas reinantes no período e do potencial genético de resistência inerente ao genótipo utilizado.

Ainda, o manejo também deverá considerar a minimização de estresses de natureza diversas, principalmente àquele relacionado à deficiência hídrica.

O estresse hídrico prolongado provoca a hidrólise das proteínas insolúveis e das substâncias de reserva (ex: amido) nas células das folhas, objetivando o aumento da taxa de retenção de água por parte da planta (redução do potencial água). Contudo, essa estratégia derradeira da planta no sentido de prolongar a sua sobrevivência, em condições de falta de água, propicia o enriquecimento da folha em aminoácidos livres, nitratos e açúcares, tornando a planta um meio altamente favorável ao ataque e proliferação de insetos sugadores (afídios, homópteros e hemípteros, principalmente) e fungos, em geral.

Além do fato acima mencionado, estresse hídrico acentuado reduz a capacidade de síntese de fitoalexinas, por parte da planta, tornando-a ainda mais vulnerável à incidência de organismos oportunistas.

Assim, quando for possível a previsão da ocorrência de períodos de falta d'água, recomenda-se o fornecimento de cobre, manganês e silício, via foliar, objetivando a melhoria da defesa da planta, mediante o estabelecimento de barreiras físicas, melhor aproveitamento da água e favorecimento da síntese de fitoalexinas. Ainda, imediatamente após ou durante o período de estiagem mostra-se premente a utilização de inseticidas e/ou fungicidas protetores de plantas.

Quanto ao Nitrogênio, como regra geral, recomenda-se evitar a ausência desse elemento nos estádios iniciais de desenvolvimento vegetal (adubação de pré-semeadura ou de semeadura), bem como realizar precocemente a adubação de cobertura e, quando possível, acompanhado de potássio, enxofre e molibdênio.

Além disso, como o nitrogênio aumenta a concentração de aminoácidos e amidas no apoplasto e na superfície foliar que, aparentemente, têm maior influência que os açúcares na germinação e no desenvolvimento dos esporos e insetos sugadores, deve-se evitar a aplicação tardia de fertilizantes nitrogenados, sobretudo em doses excessivas, distribuída em aplicação única.

Com relação ao fósforo, em decorrência de suas funções na planta, aliado à sua influência na rizosfera, mediante a liberação de exudatos, recomenda-se o emprego de doses não muito elevadas, porém bem distribuídas no tempo e no espaço. Assim, objetivando a preservação da planta contra organismos de final de ciclo e a garantia de frutificação, sugere-se a utilização de, pelo menos, parte do suprimento de fósforo apresentando solubilidade gradual (solo) ou a aplicação foliar imediatamente após o final do florescimento.

Ainda, visando evitar o enraizamento superficial e o enovelamento de raízes, o que poderia facilitar a interceptação do sistema radicular por patógenos, insetos e nematóides, pode-se sugerir a não utilização de doses elevadas de fósforo, com acentuada solubilidade e aplicadas de forma pontual (geração de pontos de concentração desse nutriente). O funcionamento das raízes e da membrana citoplasmática, de forma a não favorecer a proliferação de organismos nocivos na rizosfera, depende da presença constante de fósforo, cálcio e boro (com o auxílio do silício) e de baixas concentrações de alumínio, porém sem a exigência de sua ausência.

Assim, a intensificação de estudos de fontes de solubilidade gradual de fósforo, interação entre o fósforo e diferentes tipos de resíduos vegetais, posicionamento desse elemento no perfil do solo, nutrientes acompanhantes, adubação com enfoque sistêmico e distribuição à lanço, mostra-se premente.

O potássio, objetivando contribuir com o uso eficiente da água por parte das plantas (minimização de estresse), bem como reduzir a incidência de doenças e pragas, deverá sempre estar presente nos programas de adubação e, preferencialmente, ser aplicado à lanço. No entanto, a definição da dose e época de fornecimento desse elemento exigirá criteriosa análise, fundamentada na disponibilidade, do balanço entre Nitrogênio, Cálcio e Magnésio, presentes no sistema.

Concentração inadequada de Potássio, na planta, promove o acúmulo de compostos orgânicos de baixo peso molecular (açúcares e aminoácidos), resultando em plantas com crescimento anormal e alta suscetibilidade a doenças e pragas, de forma geral.

Com relação ao Cálcio, Magnésio e Enxofre, em decorrência de seus benefícios na prevenção de pragas e doenças, deverão ser aplicados diretamente no solo. O Cálcio, na forma de carbonatos (cálcio trocável) é pouco móvel e, portanto, o efeito mais evidente desse elemento, em insetos-praga e patógenos, refere-se ao cálcio ministrado na forma de sulfatos. Ainda, ressalta-se que, a utilização indiscriminada de fontes de cálcio (predominantemente carbonatos e

óxidos), pode promover o aumento exagerado do *pH* do solo, favorecendo a proliferação de estrategistas “r” (organismos patogênicos), que estão afeitos às mudanças bruscas de condições físico-químicas (ambientes instáveis) e contribuem para a diminuição considerável da população de antagonistas.

Para o Magnésio, quantidades ou concentrações excessivas podem afetar a disponibilidade de cálcio e potássio, bem como contribuir para a predisposição das plantas ao ataque e proliferação de muitas espécies de fungos patogênicos. Ainda, como o magnésio pode interferir decisivamente na absorção de manganês (elemento fundamental para a defesa vegetal), a sua disponibilidade e participação no equilíbrio de bases deverá ser continuamente monitorada.

Quanto aos Micronutrientes, recomenda-se, dentro do possível, sua aplicação conjunta, pois o fornecimento isolado de um determinado microelemento implica na avaliação rigorosa de sua demanda e necessidade.

Dentre os micronutrientes mais importantes para a prevenção de pragas e doenças e que, normalmente, são negligenciados em sistema de produção, destacam-se o Cobre, Boro e Manganês. Todavia, sua utilização indiscriminada poderá acarretar situações de estresse.

Assim, em função de sua dinâmica no solo e na planta, o Boro deverá ser fornecido via solo, em pré-semeadura (ou na semeadura), mediante o uso de fontes de solubilidade média; ao passo que o Cobre e o Manganês, deverão ser aplicados, via foliar, no início da fase vegetativa e no início da etapa de frutificação.

Finalmente, cumpre ressaltar que, o zinco, apesar de ser o micronutriente mais comumente considerado em programas de adubação, seu fornecimento em doses elevadas e sem critério técnico definido, poderá interferir no aproveitamento e metabolização de outros nutrientes, bem como favorecer o crescimento e a produção de metabólitos (micotoxinas) de fungos, bem como aumentar a população de afídeos, principalmente.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo racional de pragas e doenças implica na compreensão efetiva da necessidade da presença desses organismos no sistema (função) e no reconhecimento de que sua proliferação se acentua em função do grau de desequilíbrio reinante (causa).

Portanto, o reconhecimento da fragilidade dos agroecossistemas, o emprego de técnicas e tecnologias apropriadas a cada situação e ecológica e energeticamente aceitáveis, bem como o desenvolvimento de atividades agrícolas fundamentadas em princípios científicos e no holismo (visão do todo), tornam-se imperiosos para a consolidação de uma agricultura racional, lucrativa e sustentável (Fancelli, 1986).

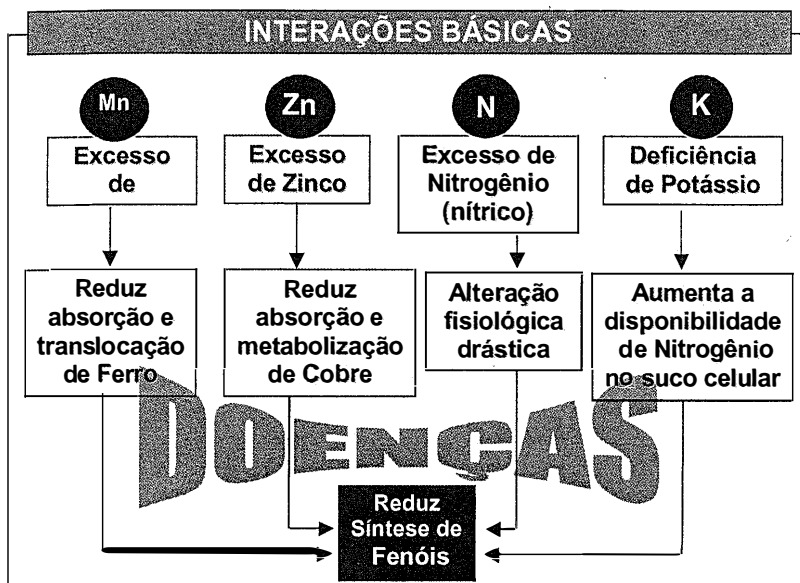


Figura 2. Interações básicas entre nutrientes e sua influência na incidência de doenças
Fancelli, 2000

VI. BIBLIOGRAFIA CITADA

- BARTZ, J.A.; GERALDSON, G.M.; CRILL, J.P. Nitrogen nutrition of tomato plants susceptibility of the fruit to bacterial soft rot. *Phytopathology*, v. 69, p. 163-166, 1979.
- CHOUBOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. 2ª ed, Porto Alegre, L&PM editora, 1999. 256p.
- CORDEIRO, Z.J.M. O mal-do-panamá e suas relações com características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 9, n. 2, p. 67-72, 1987.

- CORDEN, M.E. Influence of calcium nutrition on Fusarium wilt of tomato and polygalacturonase activity. **Phytopatology**, v. 55, p. 222, 1965.
- FANCELLI, A. L. Atualização em Plantio Direto. Fundação Cargill. Campinas, 1985. 343p.
- FANCELLI, A. L. **Plantas Alimentícias**: guia para aula, estudo e discussão. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP, 1986. 131p.
- FANCELLI, A.L. **Plantio Direto**. ESALQ/USP/Departamento de Agricultura. Piracicaba, 89p, 1987.
- FANCELLI, A. L. **Fisiologia de produção e manejo da água e nutrientes na cultura de milho de alta produtividade**. Piracicaba, POTAFOS (Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato), Departamento de Agricultura/ESALQ/USP, 1996. p.1-29.
- FERREIRA, G.S. **Efeito da calda Viçosa na nutrição do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e no controle da mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris)**. Tese mestrado. UFV, Viçosa-MG, Abril, 1998.
- GRAHAN, J. H. & MENGE, J.A. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal and soil phosphorous on take-all of wheat. **Phytopatology**, v. 72, p. 98-108, 1982.
- HUBER, D.M. Introduction. In: ENGELHARD, A.W. **Management of disease with macro and microelements**. St. Paul, APS Press, 1990a. p. 1-8.
- HUBER, D.M. The influence of mineral nutrition on the vegetable disease. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 2, p. 206-214, 1994.
- HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL & COWLING, E.B. **Plant Pathology; an advanced treatise**. New York, Academic Press, v. 5, p. 381-406, 1980.
- HUBER, D.M. & ARNY, D.C. Interaction of potassium with plant disease. In: **Potassium in Agriculture**, 1985. p. 467-488.
- HUBER, D.M. & WATSON, R.D. Nitrogen form and plant disease. **Annual Review of Phytopatology**, v. 12, p. 139-165, 1974.
- JONES, J.P.; ENGELHARD, A.W.; WOLTZ, S.S. Management of *Fusarium* wilt of vegetables and ornamentals by macro and microelements nutrition. In: ENGELHARD, A.W. **Management of diseases with macro and microelements**. St. Paul: APS Press, 1990. p. 18-32.
- KEINATH, A.P. & LORIA, R. Management of common scab of potato with nutrients. In: ENGELHARD, A.W. **Management of disease with macro and microelements**. St. Paul, APS Press, p. 152-165, 1990.

- LEFTER, G. & PASCU, I. **Influenta factorilor climatici si tehnici ampra sensibilisati la rapan a soiului golden deliciuo. "Protectia cultur, hortiviticole"**, n. 6, p. 95-100, 1970.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York, Academic Press, 1986. 674 p.
- McGUIRE, R.G. & KELMAN, A. Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *Atroseptica*. **Phytopatology**, v. 76, p.401-406, 1986.
- PENNYPACKER, B.W. The role mineral nutrition in the control of *Verticillium* wilt. In: ENGELHARD, A, W. **Management of diseases with macro and microelements**. St. Paul, APS Press, 1990. p. 33-51.
- RANNEY, C.D. Effects of nitrogen source and rate on the development of *Verticillium* wilt of cotton. **Phytopatology**, v. 52, p. 38-41, 1962.
- SEAKER, E.M.; GERGMAN, E.L.; ROMAINE, C.P. Effects of magnesium on tobacco mosaic virus-infected eggplant. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 107, p. 162-166, 1982.
- SIMEONI, L.A.; LYNOSAY, W.L.; BAKER, R. Critical iron level associated with biological control of *Fusarium* wilt. **Phytopathology**, v. 77, p. 1057-1061, 1987.
- WOLTZ, S.S. & JONES, J.P. Interactions in source of nitrogen fertilizer and liming procedure in the control of *Fusarium* wilt of tomato. **Horticultural Science**, v. 8, p. 137-138, 1973.
- WHEELER, H. & HANCHEY, P. Permeability phenomena in plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 6, p. 331-350, 1968.
- ZAMBOLIM, L & VENTURA, J.A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. **Informações Agrônomicas**, Potafos, Piracicaba, n. 75, 1996 (Encarte Técnico).

SISTEMA SANTA FÉ: INTEGRAÇÃO AGRICULTURA PECUÁRIA

Tarcísio Cobucci

Pesquisador Dr. Embrapa Arroz e Feijão – Santo Antônio de Goiás - GO

O setor agropecuário brasileiro está passando por um processo de transição sócio-conômico e agroambiental e apesar de lento e silencioso, observam-se a expansão do plantio direto, a consorciação de lavouras e forrageiras, a preocupação de utilização racional da água e de agroquímicos e a necessidade de maior competitividade e sustentabilidade, dentre outras. Estas alternativas visam à redução nos custos de produção, uma vez que, tanto a recuperação da produtividade de áreas de agricultura como sob pastagem, pelos métodos tradicionais, tem acarretado grandes dispêndios com insumos químicos.

A competitividade e a sustentabilidade são requisitos essenciais em tempos de globalização da economia. No Brasil, entretanto, os produtores e técnicos enfrentam grandes desafios, as vezes desleais, como as barreiras comerciais aos produtos, o oligopólio dos fornecedores de insumos, os subsídios dos produtos nos países concorrentes e a grandiosa extensão geográfica, aliado ainda a falta de alternativas de transporte que faz com que nosso frete seja um dos mais caros do mundo. Isto tudo obriga ao aprimoramento de processos de produção, com maior produtividade e menor custo. E o cerrado já deu inúmeros exemplos de recordes de produtividade.

Na área de fitossanidade, os defensivos agrícolas têm promovido importante papel, entretanto, observa-se um exagero no seu uso. Um alto custo energético está sendo gasto e muitas vezes sem necessidade, talvez por falta de informações ou pela idéia de eliminar os riscos inexistentes e garantir a produção agrícola. Isto tem promovido um aumento dos custos de produção, principalmente na cultura do feijoeiro, que, em alguns casos, pode chegar a mais de R\$ 1.200,00/ha. Manejo integrado de pragas, doenças e plantas

daninhas tornam-se importantes para reduzir estes gastos, além de preservar o ambiente.

No manejo de plantas daninhas, o controle total das invasoras parece ser uma unanimidade entre a maioria dos produtores e técnicos. Entretanto, existe realmente a necessidade de se eliminar todas as invasoras? A resposta de um humilde, porém experiente agricultor de café no Sul de Minas: "Não, não há necessidade de controlar todo o mato, devemos tirar proveito da presença do mato sem que ele prejudique a roça". Esta idéia é simples, numa primeira impressão, mas extremamente complexa, pois depende do domínio de conhecimentos da competição interespecífica, em diferentes estádios fisiológicos das culturas e densidades de invasoras, das interações de doenças e pragas com as plantas daninhas, das estratégias de colheita e outras. Entretanto, a respostado experiente agricultor já está saindo da teoria para a prática. Alguns técnicos já utilizam sistemas em que a presença de plantas daninhas (gramíneas), por exemplo, na cultura do milho promove benefícios no controle de fungos de solo para a cultura subsequente do feijoeiro em plantio direto. Porquê, então, não manter plantas daninhas com baixo poder competitivo inicial com as culturas, que não sejam hospedeiras de doenças e pragas, e que ainda nos traga benefícios como a reciclagem de nutrientes, proteção e melhoria das propriedades físicas do solo, inibição do crescimento de fungos patogênicos no solo, e que ainda poderiam servir como alimento para o gado após a colheita da cultura? Isto já é possível. O Sistema Santa Fé desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão contempla todos estes aspectos com grande praticabilidade econômica para pequenos, médios e grandes produtores, e redefine o conceito de planta daninha, ou seja deixa de ser daninha para ser "companheira".

O Sistema Santa Fé, implantado anualmente, consiste no cultivo consorciado de culturas anuais, graníferas ou forrageiras-milho, sorgo, milheto, arroz de terras altas e soja, com espécies forrageiras, principalmente as braquiárias, em áreas agrícolas, em solos parciais ou devidamente corrigidos. As práticas que compõem o sistema minimizam a competição precoce da forrageira, evitando redução do rendimento das culturas anuais e permitindo, após a colheita destas, uma produção forrageira abundante e de alta qualidade que poderá abrigar parte representativa do rebanho bovino no período seco, inclusive para a produção de novilho precoce a pasto. Com esta técnica consegue-se uma produção de forragem na entressafra em áreas hoje ociosas no período da seca. No cerrado são cultivadas, no verão, mais de 10 milhões de hectares

com as principais culturas anuais (soja, arroz, feijão, sorgo e milho) e na seca somente cerca de um milhão de hectares são utilizados para cultivo (safrinha ou áreas irrigadas).

I. O SISTEMA SANTA FÉ PRODUZ GRÃOS EM QUANTIDADES EQUIVALENTES AO SISTEMA SOLTEIRO

No Sistema Santa Fé, no verão, produz-se grãos em quantidades equivalentes ao sistema solteiro, já que a técnica preconiza minimizar a competição da braquiária com a cultura anual, seja com uso de subdoses de herbicidas, seja através de prática cultural com o plantio da forrageira em pós emergência da cultura. Outros fatores como culturas mais competitivas (Ex: Milho), número correto de braquiárias/m² (4 a 6 plantas/m² - suficiente para formação de pasto em solos férteis) e desenvolvimento inicial vigoroso das culturas, ajudam a igualar as produtividades atingidas pelo sistema solteiro.

A planta do milho é uma grande competidora com as braquiárias (Figura 1). Em consórcio com a *Brachiaria brizantha*, vinte e cinco dias após emergência (DAE), a taxa de acúmulo de matéria seca do milho é bem superior ao da braquiária, principalmente devido ao fato que neste sistema toda adubação nitrogenada de cobertura é feita 20 DAE. A braquiária, em sistema solteiro, apresenta um aumento da taxa de acúmulo de matéria seca ("arranque da planta") a partir dos 45 DAE. Entretanto, no sistema consorciado com o milho o "arranque" da planta não acontece devido ao sombreamento exercido pela cultura do milho. A aplicação de subdoses de herbicidas ou o plantio da braquiária em pós-emergência da cultura aumentam a diferença do acúmulo de matéria seca entre as espécies, diminuindo ainda mais a competição da braquiária.

O consórcio milho e braquiária já vêm sendo estudado há 3 anos pela Embrapa e é altamente viável como mostram os resultados apresentados na Tabela 1. Em algumas localidades, a presença da braquiária não afetou a produtividade do milho (comparação com o sistema solteiro). Em outras localidades foi necessário o uso de nicosulfuron, na dose de 8 g i.a./ha, (30% da dose cheia), para reduzir o crescimento da braquiária e consequentemente não afetar o rendimento do milho.

O consórcio entre soja e braquiária ainda está em estudo, e apresenta alguns desafios devido ao menor poder competitivo da cultura com a braquiária (Figura 2) e dificuldades na colheita. Entretanto manejos de aplicação de herbicidas ou plantio de

braquiária em pós-emergência da soja, uso de variedades de porte médio a alto e precoce e com maior altura de inserção da primeira vagem deverão viabilizar o sistema. Para a cultura do arroz, os estudos estão no início, porém com muita chance de sucesso.

Tabela 1. Rendimentos de milho (Kg/ha) nos Sistemas Santa Fé e Solteiro.

Locais	Milho Solteiro (nicosulfuron 20g i.a./ha + atrazina 1000 g i.a./ha)	Milho + B. brizantha (atrazina 1000 g i.a./ha)	Milho + B. brizantha (nicosulfuron 8 g i.a./ha + atrazina 1000 g i.a./ha)	Milho + B. brizantha (nicosulfuron 12 g i.a./ha)+ atrazina 1000 g i.a./ha)	CV %
Santa Helena – GO 98/99	7735	8236	-	-	-
Santa Helena – GO 99/00	7686	7600	7365	6854	9,6
Mimoso – BA 99/00	7823	8507	-	-	4,9
Luziânia – GO 99/00	5023	4859	5438	5298	13, 7
Campos Novos Parecis – MT 99/00	5857	4840	-	-	8,6
Santo Antônio de Goiás – GO 00/01	5945	5252	6099	5844	8,2
Santo Antônio de Goiás – GO 01/02	8226	7899	7651	-	9,5

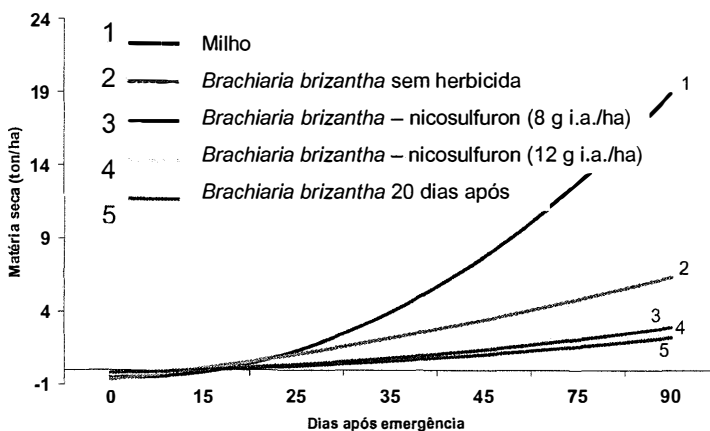


Figura 1. Milho ($y = 0,5864x^2 - 1,4651x + 0,4331 - R^2 = 0,9201$); *Brachiaria brizantha* sem herbicida ($y = 0,0746x^2 + 0,5771x - 1,3148 - R^2 = 0,7014$); *Brachiaria brizantha* – nicosulfuron (8 g i.a./ha) ($y = 0,059x^2 + 0,0483x - 0,3039 - R^2 = 0,7639$); *Brachiaria brizantha* – nicosulfuron (12 g i.a./ha) ($y = 0,0215x^2 + 0,2951x - 0,6449 - R^2 = 0,4671$); *Brachiaria brizantha* 20 dias após emergência ($y = 0,0433x^2 + 0,0569x - 0,287 - R^2 = 0,7229$).

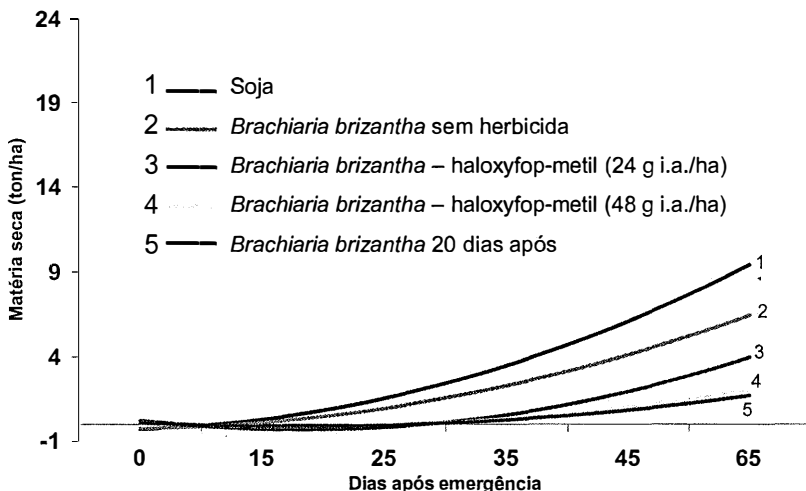


Figura 2. Soja ($y = 0,3413x^2 - 0,4561x - 0,1733$ - $R^2 = 0,9189$); *Brachiaria brizantha* sem herbicida ($y = 0,245x^2 - 0,3793x - 0,121$ - $R^2 = 0,954$); *Brachiaria brizantha* – haloxyfop-metil (24 g i.a./ha) ($y = 0,3181x^2 - 1,4827x + 1,3956$ - $R^2 = 0,9716$); *Brachiaria brizantha* – haloxyfop-metil (48 g i.a./ha) ($y = 0,1566x^2 - 0,7125x + 0,6625$ - $R^2 = 0,9747$); *Brachiaria brizantha* 20 dias após emergência ($y = 0,1327x^2 - 0,609x + 0,5653$ - $R^2 = 0,9743$).

II. O SISTEMA SANTA FÉ PRODUZ PALHADA DE ALTA QUALIDADE PARA O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

O plantio direto, devido a suas prerrogativas produtivas e conservacionistas, está sendo largamente adotado pelos produtores nas regiões de clima Temperado, subtropical e no cerrado. No cerrado já somam mais de quatro milhões de hectares com este sistema. No entanto, sua evolução qualitativa dependerá de fontes eficientes de cobertura morta, capazes de proteger plenamente a superfície do solo e ter longevidade adequada. A palhada de braquiária tem atendido a estes dois quesitos, produzindo mais de 15t/ha de matéria seca, quando corretamente manejada, e persistindo por mais de seis meses na superfície do solo. Além disto, sua palhada reduz a intensidade de ataque de algumas doenças causadas por fungos habitantes do solo na cultura do feijoeiro, a exemplo do mofo branco e podridões radiculares causadas por *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* f. sp. phaseoli. Melhores

rendimentos de grãos de feijão (Tabela 2) e soja (Figuras 3 e 4), em palhada de braquiária também já foram registrados.

No plantio do feijão, a maior quantidade de cobertura morta proveniente do Sistema Santa Fé (Figura 5) contribuiu para a menor emergência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro no inverno (Figuras 6 e 7). Ao que tudo indica quebra o ciclo das plantas daninhas, diminuindo a sua incidência.

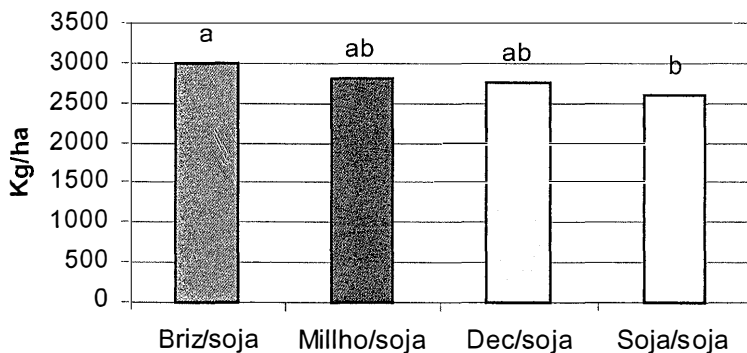


Figura 3. Produtividade de soja cv. FT-Líder em função de diferentes sistemas de sucessão. Maracaju MS, FUNDAÇÃO MS, 1997. (Briz/soja = soja sobre *B. brizantha*; Milho/soja = soja após milho; Dec/soja = soja sobre *B. decumbens*; Soja/soja = monocultivo de soja.

Fonte: Broch et. al (1997).

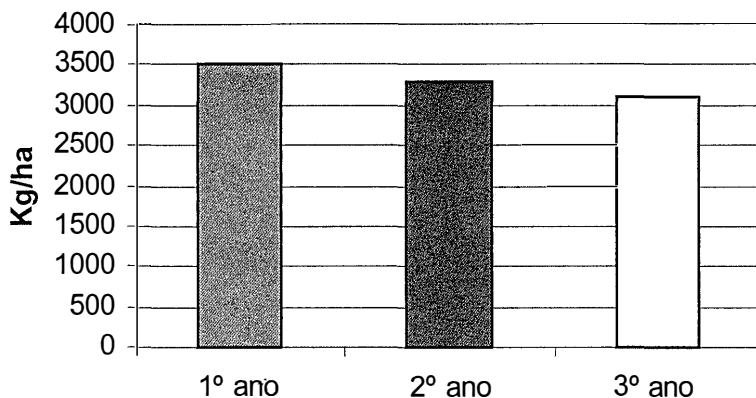


Figura 4. Produtividade de soja (kg/ha) em função do número de anos de plantio após a pastagem (integração agricultura – pecuária), média de três anos. Fazenda Cabeceira, Maracaju – MS, 1997.

Fonte: Broch et. al (1997).

Tabela 2. Efeito de diferentes fontes de resíduos para cobertura morta sobre o rendimento de grãos e incidência do mofo branco no feijoeiro no sistema de plantio direto.

Fonte de resíduo	Rendimento (kg/ha)	Incidência de mofo branco ¹
Soja	3606	5
Milho	3577	5
Arroz	3787	3
Milho+B. <i>brizantha</i>	3641	1
Milho+B. <i>ruziziensis</i>	3899	1

¹ Escore: 1=sem sintomas a 9=100% das plantas infestadas.

Fonte: Embrapa Arroz e Feijão. 2000.

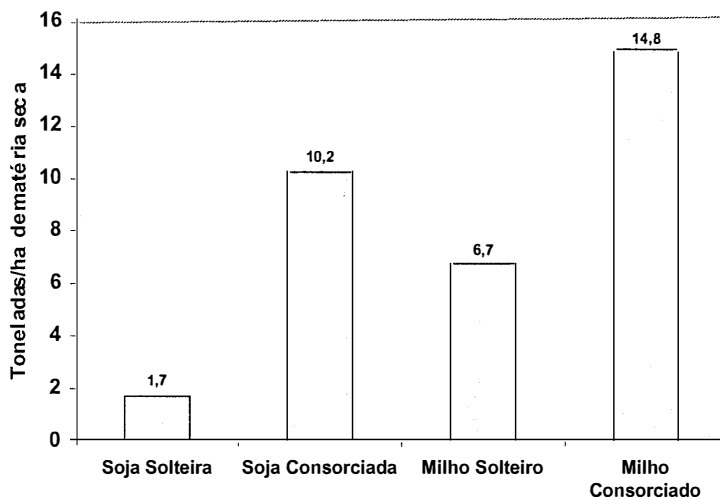


Figura 5. Biomassa de cobertura morta aos 15 dias após emergência do feijão, em áreas submetidas à sucessão do milho e soja solteiros ou consorciados com *Brachiaria brizantha*.
Fonte: Kluthcouski et al. (sd.)

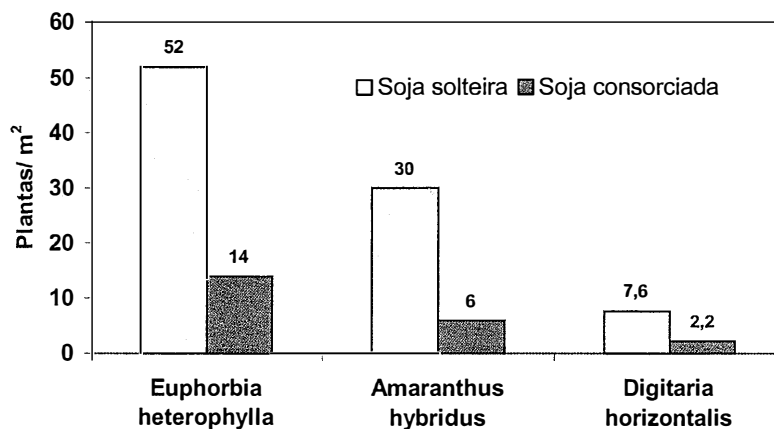


Figura 6. Número de plantas daninhas/m² 15 dias após a emergência do feijoeiro em áreas submetidas à sucessão de soja solteira ou consorciada com *Brachiaria brizantha*.
Fonte: Kluthcouski et al. (sd.)

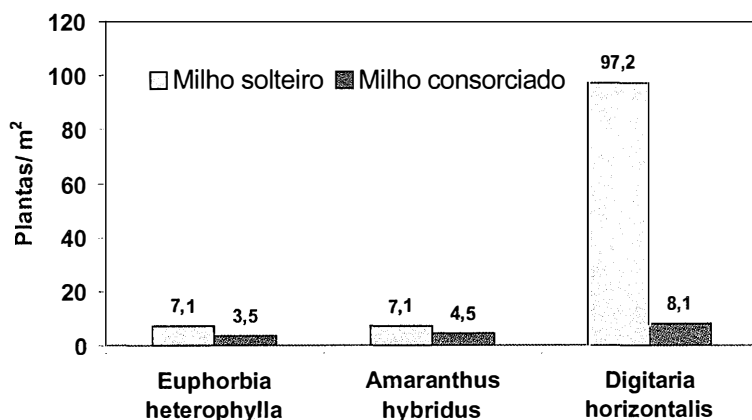


Figura 7. Número de plantas daninhas/m² 15 dias após emergência do feijoeiro em áreas submetidas à sucessão de milho solteiro ou consorciada com *Brachiaria brizantha*.
Fonte: Kluthcouski et al. (sd.)

III. ESTABELECIMENTO DO SISTEMA SANTA FÉ

O Sistema Santa pode ser estabelecido de forma simultânea ou após a emergência da cultura anual.

A dessecação da resteva ou o preparo do solo devem ser feitos seguindo-se as recomendações vigentes nos métodos convencionais. No sistema de plantio direto, a aplicação correta de herbicidas tanto de manejo (dessecante) como os pós-emergentes é de primordial importância. É importante, na semeadura simultânea, que, até a completa emergência das plântulas das espécies consorciadas, ainda não tenha emergido muitas plantas daninhas. Para isto, deve-se realizar a semeadura imediatamente após a dessecação caso a área não apresente grande quantidade de cobertura viva, em número de plantas e volume de massa. Caso contrário, deve-se proceder a dessecação com herbicida sistêmico, aguardar o secamento das plantas e a emergência de novas plantas daninhas, realizar a semeadura, e em seguida, antes da emergência das espécies consorciadas, dessecar as plantas daninhas com herbicida de contato.

Devem ser utilizados de 5 a 10 kg de semente de braquiária (*B. brizantha*, *B. decumbens* ou *B. ruziziensis*) por hectare com valor cultural (VC) igual a 30%. Caso o VC da semente seja diferente deste, ajustar a quantidade por hectare. Para os consórcios de milho e sorgo, utilizar 7 a 10 kg de semente e 5 kg para a soja. No caso do

consórcio com o milheto, pode-se utilizar até 10 kg de semente da braquiária por hectare. São necessárias de quatro a seis plantas de braquiária por metro quadrado para o seu pleno estabelecimento.

As sementes da forrageira devem ser misturadas ao adubo correspondente a um hectare. Não armazenar a mistura por mais de 48 e 24 horas, para adubos com médio teor de nitrogênio (N) e potássio (K), exemplo (5-30-15) e ricos em N e K (exemplo 8-20-20), respectivamente.

Na operação de semeadura, regular para que a mistura de adubo e semente da forrageira seja colocada mais profundamente, 4 a 6 cm, que as sementes da cultura anual. Nos solos com mais de 70% de argila ou areia, a adubação deve ser mais superficial, em torno de 2 a 3 cm abaixo das sementes da cultura anual.

Para as culturas que exigem espaçamento entre linhas entre 30 e 70 cm, utilizar a plantadora de forma convencional, semeando a forrageira (misturada ao adubo) em todas as linhas da cultura anual. Para espaçamentos maiores que 70 cm, fileiras adicionais podem ser semeadas utilizando-se os carrinhos de sementes do entremeio, sendo as sementes da forrageira misturadas ao adubo ou puras, dosadas pelo disco recomendado para o sorgo. A adubação nitrogenada em cobertura deve ser antecipada, em relação ao convencional. Nos solos com mais de 30% de argila aplicar todo o nitrogênio cerca de 10 dias após a emergência das plântulas. Nos solos com mais de 70% de areia, aplicar 50% aos 10 dias da emergência e o restante quando o milho, o sorgo ou o milheto apresentarem 6 a 7 folhas totalmente expandidas, e o arroz estiver no estágio de primórdio floral.

No manejo de herbicidas em pós-emergência, no caso de consórcio entre gramíneas (exemplo: milho x braquiária), pode-se lançar mão de herbicidas específicos para plantas daninhas de folha larga, seguindo-se as recomendações convencionais.

No caso do consórcio soja x forrageira, pode-se utilizar sub doses de herbicida específico para a cultura, devendo-se manter estreito relacionamento com os autores desta tecnologia.

Para os consórcios entre sorgo, arroz ou milho com forrageira, o procedimento de colheita é o convencional. Deve-se, contudo, evitar atrasos, já que a partir de senescência da cultura, as forrageiras tendem a crescer muito vigorosamente, podendo causar embuchamento ou reduzir a velocidade de operação da colhedora.

No caso do consórcio com soja, dependendo do desenvolvimento e população da forrageira, pode-se necessitar de uma aplicação de dessecante de contato antes da colheita.

A prática de semeadura em pós-emergência da cultura anual é particularmente recomendada para áreas muito infestadas por plantas daninhas, pois permite controlá-las em pós-emergência precoce e em seguida semear a espécie forrageira. Deve ser realizada entre 10 e 20 dias após a emergência da cultura anual.

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS COM PULVERIZADORES TERRESTRES

Luís César Pio

Eng. Agrônomo. Herbicat – Catanduva, SP – (17) 522-8436

I. INTRODUÇÃO

O plantio de culturas agrícolas em larga escala para obtenção de alimento, destinado a uma população mundial crescente, tem obrigado o sistema produtivo a desenvolver tecnologias que garantam essa produção, com respeito ao homem e ao meio ambiente; visando produtividades lucrativas, aos produtores, a toda a cadeia produtiva e de distribuição dos alimentos.

Para isso, todas as técnicas possíveis ligadas aos cultivos, somados transporte e armazenamento, devem ser empregadas como:

- Estudo de variedades mais resistentes a pragas e doenças,
- Sistema de manejo cultural (época de plantio, espaçamento, controle de água, etc) mais apropriado à cultura,
- Uso mais racional dos agroquímicos.
- Logística de distribuição, etc, entre outras técnicas e processos necessários.

Assim, a TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS se torna uma matéria muito importante do conhecimento técnico e científico, para garantia do objetivo de uma produção racional.

Nessa apresentação, não se pretende especificar uma aplicação, mas discutir alguns pontos básicos sobre o tema Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários.

II. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Todo princípio tecnológico nos leva a pensar em uma definição e dentre as definições apresentadas, na literatura atual, a que melhor expressa toda a abrangência do tema é a proposta pelo Prof. Dr. Tomomassa Matuo, como sendo:

“Tecnologia de aplicação de Produtos Fitossanitários é o uso correto de todo conhecimento tecnológico para colocação do produto biologicamente ativo, no alvo correto, em quantidade adequada, de forma econômica, sem contaminar o homem e o meio ambiente”.

Diversos pesquisadores já mostraram que dentre as operações agrícolas, a pulverização está entre as de maior desperdícios, tanto de produtos químicos quanto de horas operacionais dos equipamentos agrícolas, tornando-a uma operação de larga importância, no ponto de vista ambiental e econômico.

Para facilitar o entendimento do tema, estaremos dividindo o assunto em tópicos mais importantes a seguir.

II.1. O Alvo Biológico

Todo o processo de controle químico de pragas e doenças inicia-se pelo perfeito conhecimento do problema e seu agente causador. Torna-se necessário, conhecer o ciclo do patógeno, o nível de dano econômico (quando existir), bem como todos os métodos de controle; e se for recomendado o controle químico deve-se preparar, tecnicamente, para essa ação. Como alvo, é também importante conhecer a cultura a ser tratada e o ambiente onde esta instalada (proximidades de nascentes, culturas vizinhas, moradias, etc).

II.2. O Produto

Para dar seguimento ao processo tecnológico é necessário o conhecimento amplo do produto. Normalmente, os produtores e mesmo os técnicos dedicam-se em conhecer o nome comercial do produto, dosagem e o preço do mesmo, mas para um trabalho técnico de aplicação, é necessário conhecer mais profundamente outras variáveis como:

- Princípio ativo / Grupo químico
- Formulação
- Modo de absorção
- Modo de ação
- Características físico-químicas do produto
- Dados legais

- Segurança ao homem e ao meio ambiente
- Entre outras.

O conhecimento técnico do produto permite avaliar e recomendar produtos alternativos e evitar, na rotação de produtos, o uso de produtos com o mesmo princípio ativo, ou de mesmo local de ação, prevenindo o desenvolvimento de resistência. Deve-se evitar também, as famosas misturas de tanque, proibidas do ponto de vista legal (poucas estão registradas), mas que continuam ocorrendo no trabalho de campo e algumas vezes com misturas, tecnicamente, indevidas por falta de conhecimento e avaliação dos princípios ativos ou grupo de produtos.

A formulação, além de responder por grande parte da segurança do produto, também interfere na escolha e seleção de pontas e filtros. Como exemplo, não é possível trabalhar com uma formulação pó molhável com pontas muito pequenas (110.01) e filtros malha 100, pois essa formulação estaria sendo retida pelo filtro ou até mesmo poderá entupir essas pontas.

A formulação tem hoje uma grande importância, pelo descarte de embalagens; fator legal de alta responsabilidade diante do meio ambiente e de segurança ao homem no manuseio na hora do preparo da calda.

A formulação também é importante na forma do preparo da calda. As formulações pó molhável e as suspensões concentradas exigem uma pré mistura em baldes antes de serem adicionadas ao tanque enquanto as formulações de pó solúvel, soluções aquosas e os grânulos dispersíveis em água devem adicionados diretamente ao tanque.

O grupo de ação como sistêmico ou contanto, bem como o modo de absorção é outro fator que deve ser muito considerado, pois os produtos que têm absorção por via hidrofílica ou apenas ação por contato, necessitam de uma pulverização mais fina, para aumentar o poder de ação ou penetração do produto. Já os produtos sistêmicos e de absorção via lipofílica, podem ser pulverizados, via de regra, com menor cuidado a cobertura, pois esse método de absorção está ligado a processos metabólicos diferentes.

É importante considerar também o deslocamento dos produtos dentro da planta conhecendo se o produto absorvido pode ser translocado pelo apoplasto e ou pelo simplasto, definindo o potencial de translocação do produto ao ponto de ação.

As características físico-químicas também interferem fortemente na escolha do processo de pulverização. Dentre as características físico-químicas podemos citar a pressão de vapor, coeficiente de absorção e ao solo, solubilidade, etc. Por exemplo, um

produto com alta pressão de vapor (maior que 1.10^{-7}) não se pode pulverizar com gotas finas em ambiente quente e seco, pois facilita a volatilização do produto podendo causar efeitos negativos ao meio ambiente a grandes distâncias e diminuindo o resultado agrônômico esperado.

II.3. O Alvo Químico

O conhecimento da praga alvo, cultura e do produto nos permite definir o alvo químico da aplicação. Assim, é possível definir qual o local da planta ou do ambiente que o produto deverá ser depositado para o seu perfeito funcionamento.

O exemplo mais acadêmico e didático que se conhece estão nos produtos para controle da ferrugem no cafeeiro.

Se usarmos um produto de ação de contato, o alvo químico é a parte inferior da folha do cafeeiro; porém se usarmos produtos sistêmicos ou de ação translaminar, podemos depositar o produto na parte superior da folha, facilitando muito a pulverização. Ainda nesse exemplo, se decidirmos usar um fungicida de absorção radicular, o alvo passa a ser no solo, com foco na zona de maior concentração das raízes do cafeeiro.

II.4. Área de Depósito

Assim sendo, precisamos conhecer adequadamente as características da área de depósito do produto, que normalmente são as folhas ou o solo. Especificamente, quando se trata de folhas, várias características estarão envolvidas, como seguem:

- Nível da folha alvo na cultura
- Cerosidade da folha
- Inclinação do alvo na cultura
- Pilosidade
- Área de cobertura do alvo.
- Além de outros

Alguns alvos exigem a adoção de surfactantes, para melhorar a deposição do produto ou mesmo adequar o produto, para o seu perfeito funcionamento.

No caso do mofo branco em feijão, algumas moléculas têm grande potencial de controle sobre esse patógeno, mas pela dificuldade de colocação desses produtos nas folhas baixas e nas primeiras flores, o controle dessa doença tem sido ainda um desafio para a pulverização. Isso também ocorre na cultura do tomate e outras culturas de porte rasteiro, com alto índice de área foliar.

Alguns estudos foram realizados em parceria entre empresas de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários e órgãos de pesquisa. Especificando um caso sobre esse assunto, foi realizado um trabalho de pesquisa em parceria entre a Herbicat e a Embrapa Meio Ambiente de Jaguariúna. Neste ensaio foi estudada a deposição de pulverização, na cultura do feijão, em três níveis da planta (parte superior, média e inferior) e no solo, em três estágios da cultura. Foi analisada a deposição de produto nesses alvos usando dois tipos de pontas diferentes.

Tabela 1 - Eficiência relativa dos bicos na distribuição de agrotóxicos, nas culturas de feijão.

Estágios da cultura	Trat. ¹	Planta ²	Solo ²	Deriva ²
Feijão 1	T1	12,24	73,71	14,05
	T2	12,39	72,34	15,27
Feijão 2	T1	46,51	47,92	5,57
	T2	40,54	34,93	24,52
Feijão 3	T1	30,65	29,99	39,36
	T2	51,49	37,14	11,37

¹ T1 = bico leque TJ60.11006 e T2 = bico cone JA-4 ou APG 110-R (tratamento no feijão 2)

² Valores expressos em porcentagem de ingrediente ativo, em relação ao total aplicado.

Na tabela 1 pode-se observar os resultados publicados em um boletim técnico da Embrapa, onde a maior parte do produto aplicado nos estágios iniciais da cultura, foi depositada no solo (72 a 73%), enquanto a deriva apenas constituiu com perda de 14% e no alvo específico ficou depositado 13 a 14%. À medida que a cultura desenvolve, a planta passa a reter mais produto nas suas folhas e, conseqüentemente, uma menor quantidade de produto chega ao solo (endoderiva).

Nessas condições, o uso de sistemas que direcionam as aplicações, para as culturas, podem contribuir, substancialmente, na redução da perda por aplicação de produto no solo, melhorando a cobertura do alvo e garantindo melhores resultados de controle.

Tabela 2. Comparativo de dose aplicada em cada tratamento e resíduo encontrado nos diferentes locais de amostragem¹.

Locais de amostragem	Ensaio					
	Feijão 1		Feijão 2		Feijão 3	
	Tratamentos2					
	T1	T2	T1	T2*	T1	T2
Superior	86%	84%	121%	96%	90%	123%
Média	-----	-----	76%	62%	59%	88%
Inferior	54%	51%	28%	15%	49%	54%
Entre Linha	86%	85%	68%	55%	71%	94%
DT	100%	100%	100%	100%	100%	100%

A tabela 2 apresenta um resultado comparativo do que foi aplicado, por área (DT), e quanto foi coletado nos alvos, inseridos dentro da cultura, em três fases do feijoeiro, na altura do topo (superior), meio da planta, parte inferior e na entrelinha da cultura. Pode-se observar que houve regularmente uma diminuição entre a quantidade coletada na parte superior, comparada com a parte inferior da planta, com média da ordem de 60%.

As técnicas para melhorar a cobertura nas partes mais internas da cultura estão ligadas a tecnologias mais caras e de maior consumo energético. Dentre essas técnicas, temos as barras com sistema de ar assistido, que para alguns autores não apresenta grandes resultados enquanto que para outros; algumas melhorias podem ser obtidas com esse sistema.

Outro sistema é o de gotas com cargas elétricas (gotas ionizadas). Esse sistema também pode contribuir, para a melhor colocação das gotas no alvo de depósitos mais internos da cultura, mas ainda faltam muitos testes para serem realizados nas condições tropicais.

II.5. As Pontas de Pulverização

Todo o circuito hidráulico do pulverizador é de grande importância e caberia uma enorme discussão sobre suas partes e funções. Nesse trabalho, faremos apenas algumas considerações sobre as pontas de pulverização.

Nos sistemas de pulverização com energia hidráulica, as pontas de pulverização são as responsáveis por toda a qualidade da operação.

As pontas de pulverização definem quatro características básicas da pulverização, que são:

- Vazão (função da pressão e do orifício de saída),
- Distribuição da calda (função do projeto, da pressão),
- Tamanho das gotas (função do projeto da vazão / pressão)
- Velocidade inicial das gotas (função do projeto e da pressão)

Se considerarmos a água como padrão, essas características definidas para as pontas de pulverização, podem ser expressas, pelas funções colocadas dentro dos parênteses à frente das características citadas acima.

O conhecimento adequado dessas funções e os limites operacionais de cada modelo de ponta podem nos ajudar a selecionar pontas que produzam gotas adequadas ao alvo e produto, potencializando os resultados dos produtos e aumentando a segurança ao aplicador e ao meio ambiente.

Atualmente existem pontas com a capacidade de produzir diversos tipos de tamanho de gotas, em diversas vazões e para diversos volumes de aplicação, por área (L/há).

Para as aplicações foliares de fungicidas o ideal é trabalhar com gotas de finas a média, dependendo das características do produto a ser pulverizado (contato ou sistêmico).

II.6. Condições Climáticas

É importante lembrar que, como o veículo mais utilizado nas pulverizações agrícolas é a água, os fatores de evaporação e deriva estarão sempre presentes nos trabalhos de campo. Vários estudos consideram como fator limitante as condições de clima, dentro do seguinte padrão:

- Ventos entre 3 a 10 km/h,
- Umidade relativa do ar sempre maior que 50%
- Temperaturas inferiores a 30 graus centígrados
- E cuidado com momentos de inversão térmica.

Seguindo esses limites, as aplicações estarão dentro dos padrões atualmente recomendados. É muito importante lembrar que esses parâmetros devem ser melhor definidos, baseando-se nos conhecimentos do tamanho das gotas, no tipo de produto (pressão de vapor), na formulação, nas condições das áreas vizinhas, etc.

Vários modelos de pontas se encontram disponíveis no mercado e alguns fabricantes apresentam tabelas técnicas de vazão, tamanho de gota e condições para o melhor uso quanto a distribuição da aplicação. Os técnicos recomendantes devem estar preparados para estudar, cobrar dos fabricantes de pontas e recomendar as melhores condições para aplicações técnicas e seguras.

III. BIBLIOGRAFIA CITADA

MATUO, T. Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas.

Jaboticabal, Funep, 1990. 139 p.

CHAIM, A., et al. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna 1999. 29 p.

(Boletim de Pesquisa, 2)

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS E FERTILIZANTES VIA IRRIGAÇÃO

Wulf Schmidt

Eng. Agrônomo, Mestrando. Departamento de Engenharia Rural,
ESALQ/USP. Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP. Bolsista CNPq.
email: wschmidt@esalq.usp.br.

Durval Dourado Neto

Professor Associado. Departamento de Produção Vegetal,
ESALQ/USP. Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP. Bolsista CNPq.
email: dourado@esalq.usp.br.

I. INTRODUÇÃO

É um equívoco pensar que a tecnologia de aplicação de defensivos e fertilizantes via irrigação (quimigação) é uma técnica nova. No antigo Egito e na Mesopotâmia (cerca de 4.000 a.C.), já se tinha à prática de aplicar esterco ao canal de irrigação o que não deixa de ser um primórdio da fertirrigação. Vieira (1994) menciona que o primeiro registro da aplicação de agroquímicos via aspersão ocorreu em 1958. Bruns et al (1955) aplicaram solventes aromáticos no canal de irrigação para o controle de plantas aquáticas, sendo o primórdio do que chamamos hoje de herbigação. O grande impulso da quimigação ocorreu após a década de 70 nos Estados Unidos e 80 no Brasil, quando grandes investimentos em pesquisa foram feitos.

Quimigação, na sua definição clássica é a prática de se aplicar produtos agroquímicos via água de irrigação (Johnson et al, 1986). Essa definição não abrange os biológicos como *Bacillus* spp., Baculovirus, e sementes (sementigação). Do termo quimigação derivam outros em função do tipo de produto que se está aplicando, como pode ser visto na Tabela 1. Salienta-se a diferenciação de fertigação e fertirrigação apresentada por Dourado Neto & Fancelli

(2000) onde o primeiro é o uso do equipamento de irrigação apenas para a aplicação do fertilizante, e no segundo caso aplica-se além do fertilizante a lâmina de água requerida pela cultura naquele momento.

Tabela 1. Principais produtos aplicados em quimigação.

Técnica	Produto
Herbificação	Herbicidas
Insetigação	Inseticidas
Fungigação	Fungicidas
Nematigação	Nematicidas
Fertirrigação ou fertigação	Fertilizante
Carbonigação	Dióxido de carbono

O Brasil possuía em 2001 cerca de 3.150.000 ha irrigados (Christofidis, 2002) representando 5,9% dos 53,5 milhões de ha cultivados. Desse total, 1.650.000 ha são de irrigação por superfície, 615.000 ha por aspersão convencional, 652.000 ha por pivô central, e, 248.000 ha através de irrigação localizada. Segundo o autor, essa área tem crescido cerca de 5% ao ano.

Com o fim dos subsídios à agricultura irrigada proporcionada por programas governamentais como o PROFIR, o PROINE, e o PRONI, essa precisou buscar a sua viabilização econômica que passa necessariamente por alguns aspectos como: a maximização do uso da área irrigada e do equipamento, e a obtenção de altas produtividades com o menor custo de produção possível, uma vez que raramente é possível o controle sobre o preço do produto final. A maximização do uso da área implica em vários cultivos ao ano (para lavouras anuais), ou várias safras para culturas perenes, observando-se hoje uma média de duas a três safras por ha por ano. Essa agricultura intensiva implica em um maior nível de uso de insumos e maior tráfego de maquinaria, o que tem causado um desequilíbrio ao nível de agro ecossistema. Maximizar produtividade com menor custo tem feito os produtores procurarem novas tecnologias de manejo da área, entre elas a quimigação.

A quimigação pode ser utilizada para qualquer sistema de irrigação desde que respeitadas as características de cada sistema. É óbvio que um sistema de aplicação ao solo (sulco ou gotejamento, por exemplo) não poderá ser utilizado para aplicações foliares. É por esse motivo que o sistema por aspersão, principalmente pivô central, tem se mostrado eficiente. Porém, a uniformidade de distribuição do produto está diretamente relacionada à distribuição de água.

II. VANTAGENS DA QUIMIGAÇÃO

Redução da necessidade de equipamentos: trator, pulverizador e, em alguns casos, equipamentos para incorporação.

Redução no risco de exposição do operador: ele não precisa ficar no campo junto à área que está sendo aplicada, ficando normalmente junto a ponto de injeção. A quimigação proporciona também um menor número de (re)cargas para cobrir a área (Tabela 2).

Tabela 2. Número de (re) cargas necessárias para tratar uma área de 70 ha.

Item	Trator	Quimigação	
Volume de	200 L.ha ⁻¹	220 L.h ⁻¹ *	1,8 L.h ⁻¹ **
Calda			
Tanque	2.000 L	2.000 L	20 L
(Re)cargas	7	2,5	2
Volume	14.000 L	5.000 L	42 L
Dose	***	***	600 mL.ha ⁻¹
Tempo	9 h	23 h	23 h

* Bomba dosadora de duplo pistão

** Bomba dosadora de diafragma que possibilita injeção de produto puro no sistema (sem pré-diluição)

*** Qualquer dose comercial

A Tabela 3 nos mostra o risco de intoxicação do operador em função do efeito da diluição do ingrediente ativo no volume da calda aplicado.

Tabela 3. Volume de calda necessário para atingir a DL₅₀ Oral aguda de uma pessoa de 68 kg.

Produto	DL ₅₀ oral aguda (mg.kg ⁻¹ i.a.)	Dose g.ha ⁻¹ i.a.	Avião 47 L.ha ⁻¹	Trator 234 L.ha ⁻¹	Pivô 25.000 L.ha ⁻¹
Paration Metil	4-13	600	21-69 mL	106-345 mL	11,3-36,8 L
Clorpirifos	136-163	288	724-868 mL	3,6-4,3 L	385,3-461,8 L

Redução do custo de aplicação: pela otimização do uso do equipamento, menor consumo de energia e gasto com mão de obra (1 homem pode supervisionar a aplicação de 2 a 4 pivôs

simultaneamente). A Tabela 4 nos mostra a comparação de custo de aplicação por ha relativo a um pivô de 101 ha em condições brasileiras. Quando se utiliza essa informação na utilização anual possível de um pivô (Tabela 5) podemos chegar a uma economia anual de US\$ 254,00 / ha no custo de aplicação, que é sem dúvida o grande atrativo para o incremento dessa técnica junto ao agricultor irrigante.

Tabela 4. Custos comparativos (US\$ / ha) da quimigação versus convencional por hectare para um pivô de 101ha com altura manométrica de recalque de 60m e eficiência de 65%.

			US\$/ha
Pivô	Energia	Motobomba	1,11
		Motorreductores	0,08
	Água*		0,19
	TOTAL		1,38
Custo Total Trator + Pulverizador			6,47

* Custo da água de R\$ 0,01 / m³.

Tabela 5. Possível economia em um ciclo anual de culturas no custo de aplicação com o uso da quimigação.

Cultura	Número de aplicações *	Ciclo da cultura (Dias)	Economia (US\$/ha)
Milho	8	120	40,73
Feijão	10	90	50,92
Batata	32**	120	162,93
TOTAL	50	330	254,58

* Inclui fertilizantes, herbicidas, fungicidas e inseticidas.

** Nazareno, N.R.X., et al 1995.

Menor risco de contaminação ambiental: Seguindo-se as recomendações dos fabricantes (produtos e equipamentos), e utilizando os equipamentos de segurança necessários, a quimigação é, sem dúvida, uma das formas de aplicação mais seguras existentes.

Redução no dano mecânico à cultura: Poucos agricultores têm noção da perda de receita bruta devido a entrada de uma máquina numa lavoura. Essa perda se dá pela proliferação de sementes de plantas daninhas, ovos e larvas de insetos e fungos,

bactérias e vírus no talhão, bem como pelo dano mecânico causado nas plantas da cultura (Tabela 6).

Aplicação uniforme: não há possibilidade de sobreposição de faixa, nem tampouco de não aplicação em determinada faixa ou terraço.

Ativação e incorporação: a própria água de irrigação já provê o meio de incorporação, bem como a umidade necessária para a ativação dos produtos que a necessitem, o que é fundamental no caso de herbicidas de solo como a Trifluralina, e as Acetanilidas (Laço, Dual, Fist, etc.) por exemplo. Pode ser o único meio de se utilizar herbicidas que necessitam de incorporação como a trifluralina e EPTC, ou mesmo para arrastarem herbicidas pré-emergentes até o solo em áreas de Plantio direto.

Tabela 6. Perdas de produtividade causada por entrada de máquina na lavoura.

Cultura	Perda relativa (%)
Soja	3
Milho	3-5
Feijão	5-8 (até 12 na florada)
Trigo	5-8
Tomate	10-15
Batata	10-15

Redução na compactação de solo: Este é sem dúvida um sério problema nos solos

Brasileiros, sobretudo em áreas irrigadas, onde a agricultura se faz de forma intensiva, com conseqüente aumento no tráfego de máquinas. A quimigação permite com eficiência, a redução no tráfego de maquinário, diminuindo seu efeito compactador, e dessa forma os custos com a descompactação dessas áreas

Aplicação como recomendado: Pelo fato de poder ser aplicada à noite, com chuva leve ou logo após uma chuva, com ventos de até 16 km/h para canhão na ponta e de até 19 km/h com balancim (Costa, E.F. et al., 1994), situações essas onde uma aplicação aérea ou tratorizada seria inviável, a quimigação permite que se faça a aplicação no momento exato, seja no estágio da cultura ou da planta daninha, seja no estágio de maior susceptibilidade do inseto. Enfim, a quimigação permite aplicar numa condição em que se obtém maior eficácia dos produtos testados que estão sendo aplicados em uma condição que você certamente obterá uma maior eficácia dos produtos que estão sendo aplicados.

Possível redução das doses aplicadas: Em função da maior eficácia da aplicação, a quimigação permite, em determinadas situações, uma redução nas doses usadas dos produtos ou um menor número de aplicações durante o ciclo.

Co-quimigação: refere-se a aplicação de vários produtos simultaneamente, podendo ser em mistura de tanque ou em injeção simultânea de produtos até sabidamente incompatíveis.

III. LIMITAÇÕES

Conhecimento: O responsável pela aplicação necessita ter uma qualificação mínima, caso contrário pode-se causar problemas, sobretudo ao ambiente pela contaminação de aquíferos e salinização.

Investimento adicional: sobretudo em equipamentos de segurança e na bomba dosadora injetora.

Produto: Não é qualquer produto que pode ser utilizado.

Tempo de aplicação: Maior por área se comparado com trator ou avião.

Irrigação desnecessária: se no momento da quimigação não houver necessidade de irrigação, fato comum no caso da aplicação de pré-emergentes p.ex.

Sistema de Irrigação: é limitante na medida que com um sistema voltado para o solo (localizada e.g.) não será possível se fazer aplicações foliares.

IV. PRODUTOS

Os produtos para serem quimigáveis precisam apresentar determinadas características e propriedades físico-químicas para que sejam efetivos quando aplicados, as quais são diferentes quando nos referimos a produtos fitossanitários ou fertilizantes. A não observância pode causar insucesso. Os produtos fitossanitários devem apresentar as seguintes propriedades desejáveis: (i) baixa solubilidade e alta estabilidade em água; (ii) alta solubilidade em solventes orgânicos; e, (iii) baixa corrosividade ao equipamento.

Essas condições precisam ser atendidas simultaneamente. Infelizmente, essas informações não estão facilmente disponíveis, devendo ser procuradas junto aos fabricantes dos produtos. Outro entrave é a necessidade de recomendação de uso neste modo de aplicação na bula dos produtos, que deve ser solicitada pelas empresas fabricantes junto aos órgãos responsáveis pelo registro de

produtos, que entretanto ainda não dispõe de uma regulamentação específica definida.

Os fertilizantes apresentam as seguintes características e propriedades desejáveis: (i) Altamente solúveis em água; (ii) alta concentração, com baixo nível de impurezas; (iii) não formar precipitados que possam vir a entupir os emissores; (iv) facilidade de manuseio; (v) compatíveis com outros produtos; (vi) baixa volatilidade; e, (vii) baixa corrosividade ao equipamento.

Do mesmo modo que para os fitossanitários, as informações sobre compatibilidade e corrosividade dos fertilizantes não estão disponíveis com facilidade. A indústria de fertilizantes não tem ainda feito grandes investimentos para atender a esse segmento crescente com formulações específicas, de custo mais acessível. Hoje, tem-se usado adubos sólidos e/ou adubos líquidos desenvolvidos para adubação foliar, que, no entanto tem um custo bastante elevado.

V. VOLUME DE ÁGUA NA APLICAÇÃO

Para produtos aplicados ao solo (herbicidas, inseticidas), ou produtos sistêmicos, é fácil visualizar-se as vantagens. Porém o volume de água deve ser controlado para que o produto não seja carregado abaixo da camada desejada. Quando o alvo é o dossel, um ponto que de imediato nos chama a atenção é a questão do volume de calda na aplicação e a lavagem do produto e a provável perda de efetividade associada. Dourado Neto e Fancelli (2000), Dowler (1995); Fancelli e Dourado Neto (2000), Vilela (2002) afirmam que em função da mínima lâmina de água possível de aplicação por um pivô central (2,5 mm ou 25.000 L / ha), os produtos seriam lavados por falta de capacidade de armazenamento pelo dossel da cultura em função do IAF (índice de área foliar). Esse raciocínio está correto no ponto de vista da água e para produtos hidrofílicos. No entanto, desde a década de 70 têm-se relatos da aplicação de produtos químicos via pivô (Dowler, 1995; Guy et al, 1985; Young, 1981), ficando então a questão sobre qual seria o fator de diferenciação entre aqueles produtos que mantinham eficácia comparável à aplicação convencional quando aplicados via pivô e aqueles produtos que não atingiam níveis aceitáveis de controle.

Young (1980) foi o primeiro a observar e comentar de que formulações a base de óleo, preferencialmente sem emulsificante na formulação, teriam um desempenho melhor e mais consistente. Chalfant e Young (1981) conduziram um ensaio testando diversos inseticidas dissolvidos ou formulados em óleo sobre diversas pragas e culturas (hortaliças), e usando um simulador de pivô para verificar

a variação de lâminas aplicadas de 2,5 a 19,0 mm. Concluíram que na maioria dos casos, a lâmina não influenciou a efetividade dos produtos. Esse trabalho demonstrou que não é a quantidade de água aplicada que lavaria o produto, e que os conceitos consagrados para aplicação convencional (tratorizada ou aérea) não se aplicariam de forma imediata para a quimigação. Abriu-se então toda uma linha de pesquisa sobre o uso de óleos não emulsionáveis em quimigação.

VI. FORMULAÇÕES E ÓLEOS

O primeiro trabalho comentando sobre a possibilidade das formulações a base de óleo, ou a adição de óleo às formulações, é de Young (1980). Em 1995, Young et al apresentam uma revisão sobre o papel das formulações de pesticidas para quimigação. Inicia comentando que as formulações devem prover a que o pesticida chegue e se fixe ao alvo desejado pelo método de aplicação desejado. Comenta a deficiência no desenvolvimento de formulações para aplicações em grandes volumes de água, uma vez que a lâmina mínima possível de ser aplicada pelo pivô é de 2,5 a 12 mm, e que a diluição resultante para os pesticidas solúveis em água, causa um decréscimo na sua efetividade (e.g. os inseticidas metomil e acefato, ou os herbicidas paraquat, glifosate). Waller et al (1995), comentam que as formulações solúveis em água são lavadas das folhas enquanto que as formulações em óleo são retidas. Esse raciocínio pode ser também fundamentado pelos trabalhos de Chandler et al (1992); Wauchope et al (1991); e Young (1981) que analisando o resíduo de moléculas nas folhas, encontraram valores superiores àqueles encontrados em aplicações convencionais demonstrando assim que há efetivamente uma maior retenção pelas folhas quando se trata de um produto com propriedade lipofílica.

Os pesticidas podem efetivamente ser quimigados quando, continua o mesmo autor: (i) injetando uma suspensão de uma formulação tipo concentrado emulsionável (CE) em água, (ii) suspendendo uma formulação CE em um pequeno volume de água que é então injetado ou sifonado no sistema, (iii) injetando o pesticida puro (na sua formulação original), e (iv) diluindo ou suspendendo o produto técnico ou a formulação CE pura em um óleo não emulsionável que então é injetado no sistema. A maioria dos métodos propostos não utiliza formulações especialmente desenvolvidas para este fim, e não foram feitos outros estudos que não os de eficácia agrônômica. Dowler (1984), Johnson et al (1986),

Young (1986), dentre outros já comentam a necessidade do desenvolvimento de formulações específicas.

Nesse raciocínio, como os produtos para serem quimigáveis precisam ter baixa solubilidade em água, ou seja, hidrofóbicos, e é essa a propriedade fundamental que determina a efetividade dos produtos quando quimigados, que ao serem injetados na tubulação, formam uma emulsão e não uma solução no interior da tubulação. Pelo movimento turbulento característico a fase óleo se quebra em pequenas gotas de diversos tamanhos e o diâmetro volumétrico médio desse espectro de gotas também é responsável pela efetividade do sistema.

O tamanho da gota formada irá depender de fatores como: velocidade da água no ponto de injeção (Sumner et al, 1992; Young et al, 1984; Young, 1986); e posição do ponto de injeção na tubulação (Groselle et al, 1986; Threadgill, 1985; Young et al, 1984; Young, 1986). O tamanho ideal da gota foi determinado por Groselle et al (1986) como sendo de 52µm no ponto de injeção e de 19µm ao passar pelo emissor, dados esses corroborados por Chandler & Sumner (1991). Alguns pesquisadores como Marouelli (1997) chegaram a desenvolver dispositivos de injeção que proporcionem um maior percentual de gotas de tamanho próximo ao ótimo sugerido. Quando a gota formada é muito grande, apesar do movimento turbulento na tubulação, ela tende a formar um sobrenadante nos primeiros metros da tubulação prejudicando a uniformidade de distribuição. Esse efeito foi equacionado por Reese, (1986). O movimento dos óleos na tubulação foi modelado por Waller et al 1995.

As gotas de diâmetro reduzido formadas têm uma relação área-volume bastante favorável permitindo uma boa cobertura do alvo. Como o alvo é coberto por substância lipofílica (cutícula das folhas ou quitina dos insetos), o produto é rapidamente absorvido. O microclima criado pela irrigação ocasiona redução na temperatura e elevação na umidade relativa do ar por um período relativamente prolongado, fazendo com que as estruturas de absorção foliar estejam mais ativas novamente explicando o porquê da quantidade do produto quimigado encontrado na folha ser maior que na aplicação convencional.

VII. BOMBAS DOSADORAS INJETORAS

Há várias maneiras de se injetar produtos na tubulação: (i) por pressão negativa junto ao conjunto motobomba, opção essa totalmente desaconselhável uma vez que representa um risco muito

grande de contaminação do manancial hídrico; (ii) Sistemas que se utilizam da criação de um diferencial de pressão, como os venturis; e, (iii) bombas volumétricas de pressão positiva, que podem ser de pistão ou de diafragma; o importante é a pressão de recalque seja superior à pressão no ponto de injeção do pivô.

Para as bombas volumétricas, cabe salientar que para se utilizar o conceito dos óleos não emulsionáveis, essas precisam ter uma baixa vazão com alta pressão, e uma boa precisão, para que se possa atender as dosagens recomendadas. Para defensivos as mais utilizadas nos Estados Unidos apresentam vazões de 0,2 a 7,5 L/hora. Bombas dosadoras de cloro ou flúor usadas em estações de tratamento de água têm se mostrado apropriadas pela sua precisão. Precisam apenas ter os seus componentes em contato com os produtos feitos de material não corrossível como aço inox, níquel-cromo ou viton. Plásticos, como o PVC, Polipropileno, Polietileno de baixa densidade e borrachas, como o butadieno e o isobutadieno são corroídos ou permeáveis a maioria dos solventes usados nas formulações dos produtos. Infelizmente informações mais precisas sobre a compatibilidade entre os diversos materiais não são facilmente disponíveis. Para a fertirrigação, normalmente necessita-se de bombas com maior capacidade de recalque.

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esforços devem ser feitos para viabilizar a tecnologia para conduzir a cultura do feijão irrigado utilizando máquina apenas para semear e colher.

A quimigação é uma técnica de aplicação eficiente desde que observadas suas limitações, bem como reduz substancialmente o custo de aplicação, de tal modo que em algumas situações pode vir a viabilizar o próprio investimento no sistema de irrigação.

A tecnologia da adição de óleos não emulsionáveis precisa ser ainda melhor estudada, bem como esforços no sentido de disponibilizar ao agricultor bombas dosadoras de menor vazão.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNS, V.F.; HODGSON, J.M.; ARLE, H.F.; TIMMONS, F.L. The use of aromatic solvents for control of submersed aquatic weeds in irrigation channels. Washington, DC, USDA, (**USDA, Circular, 971**), 1955, 33p.

- CHALFANT,R.B.; YOUNG, J.R. Chemigation to manage insect pests of vegetables, peanuts and soybeans. National Symposium on Chemigation, 1, **Proceedings**, Tifton/GA, p.65-73, 1981.
- CHANDLER, L.D.; SUMNER,H.R. Effect of various chemigation methodologies on suppression of the fall armyworm (Lepidopterae: Noctuidae) in corn. **Florida Entomologist**, v.74, n.2, p.270-279, 1991.
- CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica e a produção de alimentos. **ITEM**, n.54, p.46-55, 2002.
- COSTA,E.F.da; VIEIRA,R.F.; VIANA, P.A. (Ed.) **Quimigação - aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília/DF, EMBRAPA- CNPMS, 1994, 315p.
- DOURADO NETO,D.; FANCELLI,A .L. Quimigação. In: DOURADO NETO,D; FANCELLI, A .L. **Produção de Feijão**.Guaíba: Agropecuária, p.289-316, 2000.
- DOWLER,C.C. Advantages of herbigation. International water & irrigation review, **Proceedings**, v 15, n.3, p.26-28, 1995.
- FANCELLI,A.L.; DOURADO NETO,D. Quimigação In: FANCELLI, A .L.;DOURADO NETO,D. **Produção de milho**.Guaíba: Agropecuária, p.283-298, 2000.
- GROSELLE, D.E.; STANSELL, J.R.; YOUNG, J.R. Effects of injection parameters on the droplet size of oil formulated pesticide during chemigation. Transaction of ASAE, v.29, n.4 p.1065-1069, 1986.
- GUY,C.B.; TALBERT,R.E.; FERGUSON,J.A.: The performance of selective post emergence grass herbicides applied with different sprinkler irrigation water volumes. National Symposium on Chemigation, 3, **Proceedings**, Tifton/GA, p.68-73, 1985.
- JOHNSON,A.W.; YOUNG, J.R.; THREADGILL, E.D.; DOWLER,C.C.; SUMNER, D.R. Chemigation for crop production management **Plant Disease**, v.70, n.11, p.998-1004, 1986.
- MAROUELLI,W.A.; WALLER,P.M. New chemigation droplet generator for foliar pesticide application. **ASAE Paper** no. 97-2103, 17p. 1997.
- MAROUELLI,W.A.; WALLER,P.M. Foil drop generator for foliar chemigation: theory and laboratory evaluation. **Transaction of the ASAE**, v.42, n.5, p.1289-1301, 1999.
- MAROUELLI,W.A.; WALLER,P.M. Foil drop generator for foliar chemigation: field evaluation. **Transaction of the ASAE**, v.42, n.6, p.1599-1607, 1999.

- NAZARENO, N.R.X.; BRISOLLA, A.D.; ZANDONA, J.C. **Uso de agroquímicos na cultura da batata em Curitiba e Guarapuava**. Informe da Pesquisa, IAPAR, Curitiba/PR, Ano XVIII, n. 114, 56p., jun 1995.
- THREADGILL, E.D. Chemigation via sprinkler irrigation: Current status and Future Development **ASAE paper**, v.1, n.1, p.16-23, 1985.
- VIEIRA, R.F. Introdução a quimigação In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.) Quimigação - aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1994, cap.1, p.13-40.
- VILELA, L.A.A.; Metodologia para o dimensionamento de um sistema de pulverização acoplável a pivô central. Piracicaba/Sp, **Tese** (doutorado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP, 2002, 127p.
- WALLER, P.M.; HILLS, D.J.; GILES, D.K. Chemigation pipeline transport model for nonsoluble pesticide - II. Numerical and field validation. **Transaction of the ASAE**, v.38, n.6, p.1711-1718, 1995.
- WAUCHOPE, R.D.; et al. Deposition, mobility and persistence of sprinkler irrigation applied chlorpyrifos on corn foliage and in soil. *Pesticide Science*, v.32, p.235-243, 1991.
- YOUNG, J.R. Suppression of fall armyworm population by incorporation of insecticides into irrigation water. **Florida Entomologist**, v.63, s/n, p.447-450, 1980.
- YOUNG, J.R. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) control through chemigation; An update. *Florida Entomologist*, v.69, p. 593-598, 1986.
- YOUNG, J.R. A review of pesticide formulations for chemigation. In: **Pesticide formulations and application systems**: ASTM 14th vol., p.71-82, 1995.
- YOUNG, J.R.; CHALFANT, R.B.; HERZOG, G.A.: Role of formulations in the application of insecticides through irrigation systems, **Proceedings** National Entomological Society Meeting, Texas, p.2-12, 1984.

X. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- BUSCHMAN, L.L.; et al; Chemigation in corn; effect of non-emulsified oils and sprinkler package on the efficacy of corn borers (Lepidoptera: Pyralidae) insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v.78, n.6, p.1331-1336, 1985.
- CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática de quimigação no Brasil e no mundo. **ITEM**, n. 49, p.8-13, 2001.

- COCHRAN,D.L.; THREADGIL, E.D.; LAW,S.E. Physical properties of three oils and oil-insecticide formulations used in agriculture. **Transaction of the ASAE**, v.30, n.5, p.1338-1342, 1987.
- COCHRAN,D.L.; THREADGILL, E.D.; YOUNG, J.R. Effects of pressure and sprinkler orifice diameter on oil-formulated insecticide used in chemigation. **ASAE paper** No. 85-2577, 14 p. 1985.
- COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY **Effective use of water in irrigated agriculture**. Report Nr. 113, p.64, June 1988.
- DOURADO NETO,D.; FANCELLI, A .L. Quimigação na cultura do feijão. In: FOLEGATTI, M.V. (Ed.) **Fertirrigação**. Guaíba: Agropecuária, p.393-432, 1999.
- IRRIGATION ASSOCIATION **Chemigation** Revised Aug 1997, 212 pp.
- JUNQUEIRA NETO, A. Aplicação de herbicida, inseticida e fungicida via pivô central na cultura do feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.178, p.35-38, 1994.
- KOO,Y.M.; SUMNER,H.R.; CHANDLER,L.D Insecticide-oil droplet size effect on fall armyworm larvae control via chemigation. **Transaction of the ASAE**, v.36, n.4, p.1033-1038, 1993.
- MARQUELLI, W.A.; WALLER,P.M. Field evaluation of new foliar chemigation system. **ASAE Paper** no. 97-2104, 16p. 1997.
- RAUN, E.S. Five years of insectigation on the Great Plains. National Symposium on Chemigation, 1, **Proceedings**, Tifton/GA, p.52-55, 1981.
- SCHMIDT,W. Ensaio de dose-resposta de clorpirifós no controle de larva alfinete (*Diabrotica speciosa*) em milho aplicado por insetigação. Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 11, Campinas /SP, **Anais**, Campinas: ABID, p.504-514, 1996.
- SCHMIDT,W. Herbificação. Congresso Brasileiro Da Ciência Da Plantas Daninhas, 22, Foz do Iguaçu/PR, **palestras**, p.117-136, junho 2000.
- SCHMIDT,W. Quimigação: características, vantagens e desvantagens. Seminário de Quimigação , **Anais**, Barreiras/BA, p. 46-54, Jun 1997.
- SILVEIRA, R.C.M.;HILLS,D.J.; YATES,W.E. Insecticide oil distribution patterns from a pesticide application. **Transaction of ASAE**, v.30, n.2, p.438-441, 1987.
- SUMNER,H.R.; CHANDLER, L.D.; HERZOG, G.A.; DOWLER, C.C. Defoliation of cotton leaves by chemigation methods. Beltwide Cotton Conference, **Proceedings**, v. 3, p.1610-1613,1993.

- WALLER, P.M. ; HILLS, D.J.: Chemigation pipeline transport model for nonsoluble pesticide - I Theory. **Transaction of the ASAE**, v.38, n.6, p.1699-1709, 1995.
- WALLER, P.M.; HILLS, D.J. ; STEINKE, W.E.: Chemigation application efficiency of oil-based pesticide. **Transaction of the ASAE**, v.38, n.2, p.531-538, 1995.
- WEISSLING, T.J.; PEAIRS, F.B. ; COLLINS, F. Comparison of chemigated and aerially applied chlorpyrifos and fenvalerate for control of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. **Journal of Economic Entomology** v.85, n.2, p.539-543, apr1992.
- WYMAN, J.A.; WALGENBACH, J.F.; STEVENSON, W.R.; BINING, L.K. Comparison of aircraft, ground-rig and center-pivot irrigation systems for application of pesticides to potatoes. **American Potato Journal**, v.63, p.267-314, 1986.
- YOUNG, J.R. Chemigation: application of insecticides in vegetable oils for control of foliar insects in corn. **Proceedings** AgChem uses of soybean oil workshop, p.590-612. University of Georgia, Tifton, GE, 1984.
- YOUNG, J.R. Chemigation: application of insecticides in vegetable oils for Control of foliar insects in corn. AgChemical uses of soybean oil workshop, **Proceedings**, p.590-612. University of Georgia, Tifton, GE, 1984.
- YOUNG, J.R. Chemigation: insecticides applied in irrigation water for Control of the corn earworm and fall armyworm in sweet and field corn. National Symposium on Chemigation, 1, Tifton/GA, **Proceedings**, p.56-64, 1981.

ESTADO E TENDÊNCIAS DA AVIAÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA

Marcos Vilela de M. Monteiro

Engenheiro Agrônomo - Doutor em Agronomia pela ESALQ
Diretor do Centro Brasileiro de Bioaeronáutica Sorocaba, SP
bioaeronautica@terra.com.br

I. INTRODUÇÃO

O uso do avião para o controle de pragas no Brasil teve início em 19 de Agosto de 1947 e experimentou períodos de desenvolvimento nas décadas de 50 no combate à broca do café e na década de 70 com o combate às pragas do algodão no sistema de Ultra Baixo Volume. A partir da década de 80 vem experimentando um crescimento contínuo, contando hoje com cerca de 1000 aviões em operação dos quais o avião agrícola brasileiro Ipanema corresponde a mais de 85% da frota em operação.

As estatísticas oficiais não são confiáveis, mas uma análise rápida indica que os 1000 aviões voam em média 300 horas/ano com um rendimento médio de 70 hectares/hora, aplicando entre 20 e 21 milhões de hectares/ano. Análises de mercado realistas apontam um mercado potencial de 40 milhões de hectares/ano o que sugere que a nossa Aviação Agrícola já atingiu um patamar de 50% da sua potencialidade.

Para manter ou expandir o seu mercado a Aviação Agrícola Brasileira tem que evoluir técnica e operacionalmente a fim de proporcionar aos clientes um serviço melhor e de preço competitivo com o seu competidor histórico o tratamento terrestre que atualmente conta com equipamentos auto-propelidos de alto rendimento, com recursos de alta tecnologia como o Balizamento por Satélite e Pulverização Eletrostática.

A atividade encontra-se, portanto em uma encruzilhada; ou evolui para maior eficiência e menores custos ou continuará perdendo clientes para as super máquinas que já estão sendo produzidas em larga escala no Brasil.

Necessitamos com urgência do apoio da pesquisa científica para conseguir aumentar nossa eficiência física, biológica e operacional e assim poder atender a enorme demanda de aplicações aéreas que a expansão da agricultura brasileira requer, em particular nas grandes culturas de arroz, soja e algodão do Centro Oeste. Somente o tratamento terrestre não poderá atender o tratamento das nossas culturas anuais, uma vez que será impossível realizar as 3 ou 4 aplicações necessárias em 20 milhões de hectares plantados com soja, ou seja, 60 a 80 milhões de hectares aplicados em um prazo de 45 dias no período mais chuvoso do ano, apenas na cultura da soja.

Atualmente as pesquisas realizadas em Aviação Agrícola devem ser planejadas dentro do contexto de BIOAERONÁUTICA, que é a ciência que trata do uso do avião no manejo dos recursos biológicos da humanidade.

A BIOAERONÁUTICA compreende, portanto os seguintes ramos da aviação:

- AVIAÇÃO AGRÍCOLA.
- AVIAÇÃO SANITÁRIA.
- AVIAÇÃO PARA O CONTRÔLE DE INCÊNDIOS.
- AVIAÇÃO PARA O CONTRÔLE DE POLUIÇÃO AMBIENTAL.

Os objetivos a serem alcançados são:

- Aumentar a produção de grãos e fibras.
- Proteger a saúde pública.
- Com o mínimo de poluição e consumo de energia.
- Com o máximo de eficiência operacional

Desde o início do desenvolvimento da nossa Aviação Agrícola na década de 60, não houve nenhum trabalho sistemático e contínuo de pesquisa nessa atividade no Brasil. Esse trabalho que por força do Artigo 2 do Decreto-Lei 917 de 7/10/1969 é de competência do Ministério da Agricultura nunca mereceu a atenção deste órgão a ponto de influir no desenvolvimento da atividade.

Nunca houve nem há no presente um órgão oficial ou Universidade em nível federal ou estadual com um corpo técnico dedicado e especializado na área, liderando e coordenando as pesquisas relacionadas com a Aviação Agrícola.

As associações de operadores aero-agrícolas criadas no Brasil nunca amadureceram a ponto de contribuir de forma positiva no desenvolvimento das pesquisas como é o caso da NAAA nos Estados Unidos e da ANAAA na Austrália. Sua contribuição nesta área é praticamente nula.

Esforços isolados e dignos de elogios existem nas Faculdades de Agronomia de Piracicaba, Botucatu no estado de São Paulo e Santa Maria, Pelotas no Rio Grande do Sul e Lavras, MG com trabalhos pertinentes a teses de Mestrado e Doutorado, que realizam pesquisas com embasamento científico, relacionadas com a Aviação Agrícola

Em sua maioria os trabalhos realizados fora das Universidades são de natureza técnica, para verificação de tecnologias já implantadas no exterior décadas atrás, como é o caso da barra de bicos com perfil aerofólico e instalada abaixo do bordo de fuga das asas.

Vale mencionar o esforço atual da Indústria Aeronáutica Neiva produtora do avião agrícola Ipanema que nos últimos anos está se empenhando em otimizar a aeronave visando maior produtividade e melhor desempenho da mesma.

II. ESTADO ATUAL DA ARTE

A tecnologia de aplicação aérea empregada em larga escala no Brasil se baseia na veiculação de produtos químicos agrícolas em água e produção de neblinas de espectro heterogêneo através de bicos hidráulicos de pulverização em volumes que variam de 20 a 40 litros por hectare.

Essas aplicações consideradas de “ALTO VOLUME” têm como maior inconveniente o baixo rendimento das aeronaves, grandes perdas de defensivos por evaporação, pouca penetração nas lavouras e um custo elevado para os agricultores.

Os operadores aero-agrícolas que insistirem em continuar aplicando em altos volumes não poderão concorrer em médio prazo com os equipamentos terrestres e com os operadores que já absorveram as tecnologias avançadas de Baixo Volume Oleoso ou Eletrostático.

Menos de 5% das áreas são aplicadas atualmente com atomizadores rotativos de tela tipo “Micronair” ou com atomizadores rotativos de disco “Turboaero” que têm a capacidade de aplicar defensivos em volumes inferiores a 10 litros por hectare produzindo gotas finas e homogêneas. Essas gotas finas, se produzidas em água, evaporam e volatilizam também os defensivos comprometendo as aplicações.

Para aplicar defensivos em volumes abaixo de 10 litros por hectare nas condições de altas temperaturas (acima de 30 graus Centígrados) e baixas umidades relativas (abaixo de 40% de UR) os

defensivos devem ser incorporados a um veículo oleoso, não evaporante, que os transporte até o alvo sem perdas.

Esse conceito que já vem sendo usado desde 1945 em aplicações aéreas, foi a base do sistema desenvolvido pelo Centro Brasileiro de Bioaeronáutica que recebeu a denominação de BVO (Baixo Volume Oleoso).

Desenvolvido com o apoio da empresa Aerotex Aviação Agrícola Ltda. com sede em Montividiu, GO entre 1998 e 2000, o sistema BVO teve um crescimento muito rápido e em apenas dois anos de vendas já equipa cerca de 10% da frota de aeronaves agrícolas nacionais. A perspectiva é de um desenvolvimento em nível de 50% da frota nos próximos dois anos.

III. O SISTEMA BVO (BAIXO VOLUME OLEOSO)

Ultra Baixo Volume (UBV) é o nome que se dá para aplicações de defensivos em volumes abaixo de 5 litros por hectare em forma pura ou diluídos em um veículo oleoso. Entre 5 e 10 litros por hectare podemos considerar as aplicações como de Baixo Volume (BV). Nas condições do Brasil Central, em virtude das condições meteorológicas adversas de altas temperaturas e baixas umidades relativas do ar nos períodos de aplicação aérea, essas aplicações somente devem ser feitas com o auxílio de óleos emulsionáveis ou melaço.

Para essas regiões o CBB desenvolveu durante os últimos quatro anos a técnica de aplicação denominada Baixo Volume Oleoso (BVO).

As técnicas de UBV para diminuir a evaporação das gotas e aplicar inseticidas concentrados foram usadas em aplicações aéreas pelos ingleses na África e na Ásia após a Segunda Guerra Mundial para o controle de gafanhotos e mosquitos, mas somente se tornaram operacionais em 1963 após um trabalho realizado por cientistas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e da Companhia América Cyanamid produtora do inseticida Malathion.

Nesses estudos os pesquisadores adaptaram os sistemas de pulverização dos aviões convencionais para aplicar volumes muito baixos de inseticidas e mediram os resultados físicos e biológicos depois de retirar toda a água usada como veículo e também os emulsificantes e solventes usados para dissolver os princípios ativos em água. Essa técnica de aplicação foi descrita como "Low Volume Concentrate" (LVC) a qual no Brasil se chamou

Ultra Baixo Volume (UBV) e as neblinas eram produzidas por bicos hidráulicos.

Comparada com as aplicações convencionais, a nova tecnologia se mostrou na prática até duas vezes mais barata, mais eficiente no controle das pragas, e acima de tudo duas a três vezes mais produtiva. Áreas distantes 20 a 30 quilômetros das pistas de operação podem ser tratadas economicamente com os sistemas de Ultra Baixo Volume ou Baixo Volume Oleoso.

Mais tarde na década de 70 os cientistas ingleses desenvolveram o conceito de gota de ótima eficiência biológica ou "*Biological Optimum Droplet Size*" (BODS) e criaram a técnica de Ultra Baixo Volume - Ultra Baixa Dosagem (UBV-UBD), produzindo neblinas com espectro muito homogêneo e tamanho de gota controlado com o uso dos Atomizadores Rotativos de Disco (ARD), estudando profundamente as relações entre tamanho de gota, morfologia dos insetos, micrometeorologia em torno das culturas, pilosidade das folhas etc. No sistema UBV-UBD as quantidades de princípio ativo foram reduzidas em alguns casos particulares em até 10 vezes com a mesma eficiência biológica.

A partir desta época as aplicações em UBV passaram a ser realizadas com atomizadores rotativos de tela ou de disco.

Entretanto apesar de ser um recurso fantástico para o controle de pragas o sistema UBV tem seus problemas naturais que fazem com que a maioria dos aplicadores voltem para os sistemas convencionais.

Alguns destes problemas são:

1. Necessidade de apoio de pessoal qualificado.
2. Maior limitação do fator vento devido ao pequeno tamanho das partículas.
3. Dificuldade de formulação para aplicação de defensivos formulados em pós molháveis.
4. Não aplica herbicidas em pré-emergência.
5. Requer formulações especiais, atualmente não disponíveis no mercado.
6. Menor consumo dos inseticidas desencoraja os fabricantes e vendedores e resulta em enorme pressão comercial contra o UBV.

IV. A TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO EM BAIXO VOLUME OLEOSO (BVO)

A partir da década de 80, uma nova forma de aplicação de Inseticidas em UBV se desenvolveu no mundo inteiro e se baseia na

utilização de óleos vegetais (ativados ou não com solventes e/ou emulsificantes), como veículo dos inseticidas, fungicidas e herbicidas.

Ativados pela adição desses adjuvantes especiais, os óleos vegetais se misturam facilmente com os inseticidas no campo formando emulsões invertidas quando misturados com água, permitindo as aplicações em baixos volumes com menor evaporação das partículas. Outro veículo usado é o Melaço da cana que transmite à calda características não evaporantes aumentando em muito a eficiência das aplicações.

Para a implementação dessa técnica no Brasil havia necessidade de desenvolver um equipamento rotativo adequado e de baixo custo, bem como os equipamentos e procedimentos de formulação dos defensivos com os óleos vegetais nas pistas.

Entre 1998 e 2001 o CBB desenvolveu para aplicações aéreas o Atomizador Rotativo de Disco produzido por Máquinas Agrícolas Jacto S/A. O equipamento adequado para Aviação Agrícola foi denominado Turboaero® - Modelo ARD-77A.

Os Atomizadores Rotativos de Disco (ARD) podem produzir até 90% do volume do líquido pulverizado, em gotas de maior eficiência biológica, contra 70% dos Atomizadores Rotativos de Tela e 44% dos Bicos Hidráulicos.

Esses equipamentos de excelente desempenho e baixo custo são ideais para aplicações em Ultra Baixos Volumes - UBV (1 a 5 litros/hectare) e Baixos Volumes Oleosos - BVO (5 a 10 litros/hectare), com o uso de veículos oleosos.

V. FORMULAÇÕES E VOLUMES DE APLICAÇÃO

As formulações desenvolvidas no sistema BVO se baseiam nos seguintes passos:

1. Ativação do óleo de soja degomado com um solvente ou emulsificante de fácil aquisição e baixo preço.
2. Mistura do óleo ativado com os defensivos a serem aplicados. Nessa etapa há necessidade de avaliação prévia da compatibilidade entre esses defensivos e a sua formulação oleosa, a nível de pista, para evitar floculações e precipitações.

A adição de micronutrientes e adubos foliares é desaconselhável sem um estudo prévio de compatibilidade e de *pH* da mistura.

3. Adição de água para completar o volume necessário para a taxa de aplicação que se quer aplicar.

A ordem de adição dos componentes é fundamental para o sucesso da formulação, devendo ser sempre: ÓLEO + PRODUTO + ÁGUA.

VI. VOLUMES DE APLICAÇÃO EM BVO

Um a Dois litros por hectare (BVO-1 e BVO-2) - Para aplicação de inseticidas puros formulados em BVO ou concentrados emulsionáveis, sendo a veiculação feita com óleo de soja, puro ou aditivado de acordo com a necessidade da formulação. São necessários estudos de formulação no local para determinar os volumes dos ingredientes dessas formulações e principalmente sua estabilidade e pH. Esse sistema é ideal para o controle de lagartas e de percevejos no início do ciclo das lavouras e para o controle do bicudo e do curuquerê do algodoeiro.

Três a Quatro litros por hectare (BVO-3 e BVO-4) - Para aplicação de inseticidas formulados como concentrados emulsionáveis, misturados ou não, sendo a veiculação feita com óleo de soja, puro ou aditivado de acordo com a necessidade da formulação. Usado quando se necessita aplicar junto aos inseticidas, adubos foliares em dosagens de 1 a 2 litros por hectare. A escolha do sistema BVO-3 ou BVO-4 vai depender do tipo de praga, da área foliar da cultura e da necessidade de penetração da neblina. Muito eficiente nas aplicações para o controle dos percevejos da soja e nos estágios iniciais do algodão.

(O BVO-4 mostrou-se eficiente na aplicação de herbicidas em pós-emergência nas culturas de soja e algodão).

Cinco a Seis litros por hectare (BVO-5 e BVO-6) - Para aplicações onde há necessidade de grande quantidade de neblina devido a alta densidade foliar com necessidade de penetração, e onde for recomendada a mistura de vários inseticidas sem incluir pós molháveis. A veiculação nesse caso será feita com óleo de soja aditivado ou melaço, até um litro por hectare (1 l/ha). Complementa-se a calda com água para atingir o volume total de cinco litros por hectare. Fungicidas sistêmicos e herbicidas em pós-emergência são aplicados com eficiência neste sistema.

Oito a Dez litros por hectare (BVO-8 e BVO-10) - Para pulverizações onde há necessidade de aplicar inseticidas formulados como pós molháveis, nas quais a mistura tem pouca fluidez necessitando a complementação com água até 8 a 10 litros por hectare de volume total. As aplicações de fungicidas de contato e as últimas aplicações na lavoura de algodão e soja são feitas nesses volumes.

VII. TRABALHOS DE SUPORTE

O sucesso de um projeto de Tratamento Fitossanitário depende de:

1. Monitoramento preciso da infestação (ou infecção).
2. Determinação do princípio ativo e sua formulação.
3. Aplicação na época correta.
4. Aplicação da neblina com tamanho de gota de maior eficiência biológica.
5. Aplicação em condições meteorológicas favoráveis.

Para se ter o domínio desses cinco pontos é necessário a aplicação de técnicas que se baseiam principalmente nas ciências e tecnologias seguintes: Entomologia, Fitopatologia, Meteorologia, Química Orgânica e Tecnologia de Aplicação Aérea.

VIII. INVESTIMENTOS

Os investimentos necessários a curto prazo são:

1. Formuladora piloto.
2. Equipamento meteorológico.
3. Biblioteca especializada.
4. Equipamentos rádio.
5. Treinamento de pessoal especializado.
6. Atomizadores rotativos.

IX. BENEFÍCIOS

Os benefícios esperados são enormes e já há um grande número de casos bem sucedidos em programas desta natureza em todos os países onde se cultiva algodão em larga escala e no Brasil.

O CBB já introduziu nos últimos quatro anos, a tecnologia do BVO em dezenas de empresas de Aviação Agrícola e operadores individuais na maioria dos estados brasileiros do Rio Grande do Sul ao Maranhão, de São Paulo ao Mato Grosso cobrindo praticamente todo o território nacional. Foram equipadas também duas aeronaves em Santa Cruz de La Sierra na Bolívia.

Em todos os projetos os resultados obtidos foram considerados excelentes e em nenhum operador retornou ao sistema convencional após o início das operações com o Sistema BVO.

As principais vantagens são:

- Aumento de produtividade da lavoura.
- Economia de 10 a 30% dos defensivos.

- Aumento de produtividade das aeronaves.
- Menor impacto ambiental.
- Maior confiança no sistema de Defesa Fitossanitária praticado pelo Agricultor e pela empresa de Aviação Agrícola.

X. PRODUTIVIDADE

Os seguintes dados se referem a empresa com quatro aeronaves das quais duas foram usadas no sistema BVO, em tempo parcial.

Relatório de vôos campanha 2001/2002 - 27 de maio de 2002		
Itens de Controle	Aplicações convencionais	Aplicações em UBV
Horas voadas	1.030,23	449,34
Horas Trabalhadas	1.010,43	446,34
Translado	19,80	3,00
Hectares Aplicados	84.822	87.448
Hectares por Hora	86,50	190,00
Combustível (l/ha)	0,81	0,37

XI. INFORMAÇÕES SOBRE O CENTRO BRASILEIRO DE BIOAERONÁUTICA

O **Centro Brasileiro de Bioaeronáutica - CBB** foi criado em Ribeirão Preto em 1998 com o apoio da Garcia Aviação Agrícola Ltda., para promover Pesquisas, Treinamento e Consultoria em Aviação Agrícola. Nesses cinco anos o CBB realizou 20 Cursos de Treinamento em Aviação Agrícola, nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e São Paulo capacitando 481 Técnicos.

Entre as Pesquisas desenvolvidas pelo CBB, algumas já são operacionais tais como:

- **AG-LET** - O Quebra-Vórtices certificado pela Indústria Aeronáutica Neiva.
- **TURBOAERO** - Atomizador Rotativo de Disco para aplicações em Baixo Volume Oleoso.
- **TETRAER** - Distribuidora de sólidos de baixo arrasto de fibra de vidro resistente a abrasão.
- **BVO** - Sistema de aplicação em Baixo Volume Oleoso.

Pesquisas em andamento:

- Pulverização Eletrostática.
- Vôo Agrícola Noturno.

- Sensores Meteorológicos em parceria com empresas Sister Produtos Eletrônicos Ltda e Made Computadores Ltda.
- Papéis sensíveis a água e óleo.

O CBB presta consultoria para implantação da técnica de Baixo Volume Oleoso e fornece aos seus clientes toda a assistência técnica necessária, equipamentos e montagem da infra-estrutura operacional para desenvolver as formulações e realizar aplicações de defensivos em Baixo Volume Oleoso (BVO).

Em 40 anos de Aviação Agrícola nunca tive tanta convicção da importância e da necessidade premente de um plano de pesquisas para o desenvolvimento da Aviação Agrícola brasileira, entretanto o grande problema da pesquisa no Brasil é definir “quem vai pagar as contas” do processo.

Com os orçamentos oficiais cada dia mais escassos, não será o Governo o pagador das contas das nossas pesquisas, mas poderá dar uma ajuda valiosa em cérebros, equipamentos e infra-estrutura. Resta-nos, portanto, a alternativa de desenvolver essas pesquisas através da iniciativa privada em colaboração com as Universidades e órgãos do Governo, comercializando produtos e informações necessitados pelos usuários ou pelos operadores aero-agrícolas.

Dai nasceu a idéia do Centro Brasileiro de Bioaeronáutica por nós criado em 1998 que tem por finalidade desenvolver e comercializar pesquisas equipamentos e treinamento em Aviação Agrícola em colaboração com entidades oficiais e iniciativa privada.

Esperamos assim contribuir para o aprimoramento da defesa fitossanitária da agricultura brasileira.

AÇÃO DE BIOESTIMULANTE NA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Elvis Lima Vieira

Professor Auxiliar do Depto. de Fitotecnia da Escola de Agronomia da UFBA, Cruz das Almas, Bahia.

Paulo R.C. Castro

Professor titular do Depto. de Ciências Biológicas da E.S.A. "Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, São Paulo.

I. INTRODUÇÃO

Os biorreguladores são compostos orgânicos que, em baixas concentrações, inibem, promovem ou modificam processos morfológicos e fisiológicos do vegetal. Segundo Castro & Vieira (2001), na atualidade reconhecem-se cinco grupos de reguladores vegetais: as auxinas, as giberelinas, as citocininas, retardadores e inibidores, e o etileno (Tabela 1).

As citocininas possuem grande capacidade de promover divisão celular, participando assim do processo de alongamento e diferenciação celular, principalmente, quando interagem com as auxinas. O ácido giberélico possui efeito marcante no processo de germinação de sementes, ativando enzimas hidrolíticas que atuam ativamente no desdobramento das substâncias de reserva. As giberelinas também estimulam o alongamento e divisão celular. As auxinas possuem ação característica no crescimento celular, agindo diretamente no aumento da plasticidade da parede celular, conferindo a esta parede um alongamento irreversível.

Essas substâncias naturais ou sintéticas podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Através destas substâncias pode-se interferir em diversos processos, tais como a germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência. Esta interferência pode ocorrer pela

aplicação dessas substâncias via semente, via solo ou via foliar, para isso elas precisam ser absorvidas para que possam exercer sua atividade (Castro & Melotto, 1989).

Com a descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias de crescimento, muitos outros compostos e combinações desses produtos têm sido pesquisados com a finalidade de resolver problemas do sistema de produção e de melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas.

A mistura de dois ou mais reguladores vegetais com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas, etc), é designada de bioestimulante. Esse produto químico pode, em função da sua composição, concentração e proporção das substâncias, incrementar o crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, diferenciação e o alongamento das células, favorecer o equilíbrio hormonal da planta, podendo também aumentar a absorção e a utilização de água e dos nutrientes pelas plantas.

O **Stimulate®** é um bioestimulante líquido, registrado no MAPA pela Stoller do Brasil Ltda., composto por três biorreguladores vegetais: 0,009% de cinetina (citocinina), 0,005% de ácido giberélico (giberelina), 0,005% de ácido indolbutírico (auxina) e 99,981% de ingredientes inertes (Stoller do Brasil, 1998).

Tabela 1: Principais grupos de hormônios e biorreguladores vegetais

GRUPOS	ENDÓGENO	SINTÉTICO
Auxinas	IAA	2,4-D, NAA
Giberelinas	GA	-
Citocininas	Zeatina	6-BA, BAP
Retardadores	-	CCC, SADH
Inibidores	ABA	MH
Etileno	C ₂ H ₄	Ethephon

II. AÇÃO HORMONAL

Os hormônios são ativos em concentrações micromolares ou submicromolares. Três aspectos devem estar envolvidos no sistema de resposta: a) os hormônios devem estar nas quantidades suficientes nas células adequadas; b) os hormônios devem ser reconhecidos e capturados por cada um dos grupos de células que respondem a eles. Existem proteínas localizadas na membrana plasmática de células vegetais, que capturam os hormônios, são as

proteínas receptoras, que possuem estruturas complexas necessárias para o reconhecimento e captura; c) as proteínas receptoras estão relacionadas com os mensageiros secundários que conduzem a uma amplificação de efeito, podendo haver vários processos de amplificação em sequência, antes que finalmente se dê a resposta ao hormônio (promoção, inibição, alterações metabólicas), segundo Salisbury & Ross (1994).

O modelo de ação dos hormônios (Figura 1), inicia-se com a união do hormônio com a proteína receptora na membrana plasmática, na sua superfície externa. O complexo hormônio-receptor ativa uma enzima de membrana, a fosfolipase c (PLC). A PLC hidrolisa um grupo de fosfolipídios da membrana plasmática, 4,5-bifosfato de fosfatidilinositol (PIP_2), liberando o 1,4,5-trifosfato de inositol (IP_3) e o diacilglicerol (DAG), ambos ativos, sendo que este último apresenta o glicerol (insolúvel em água). O IP_3 é muito solúvel em água e move-se até o tonoplasto ou retículo endoplasmático, causando a liberação de Ca^{++} para o citosol. O DAG na membrana plasmática, ativa a proteína quinase c (PKC), esta enzima utiliza ATP para fosforizar enzimas que regulam diversas fases do metabolismo, a fosforização causa desativação de algumas enzimas e ativa outras (Salisbury & Ross, 1994).

III. PROCESSO GERMINATIVO E AÇÃO HORMONAL

O processo germinativo requer participação ativa da complexa maquinaria de síntese da célula, consistindo de uma série de enzimas, fatores e cofatores, substâncias hormonais (giberelinas, auxinas e citocininas), ácidos nucléicos e outras ainda pouco conhecidas, com os aparatos para prover a energia necessária para as várias atividades de síntese.

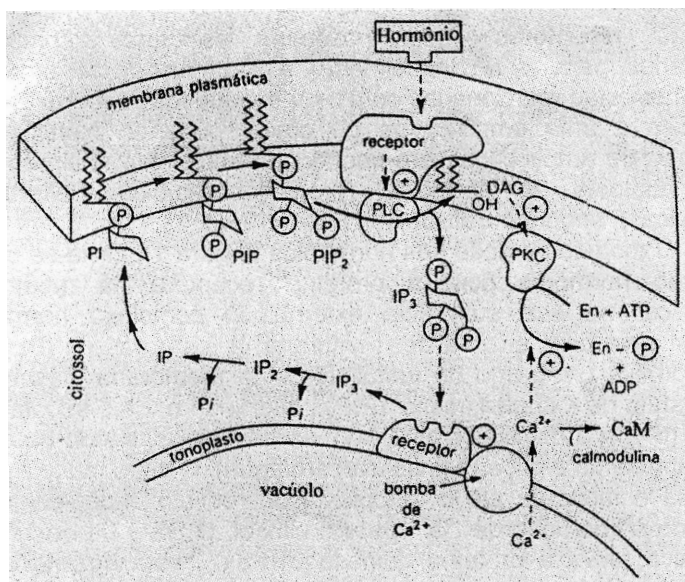


Figura 1. Modelo de ação hormonal com início na membrana plasmática. O complexo hormônio-receptor ativa (+) uma fosfolipase c (PLC). A PLC hidrolisa um lipídio da membrana, o 4,5-bisfosfato de fosfatidilinositol (PIP_2), liberando o 1,4,5-trifosfato de inositol (IP_3) e o diacilglicerol (DAG). O IP_3 se move em direção ao tonoplasto, onde se combina com um receptor que ativa (+) uma bomba Ca^{++} . O DAG que permanece na membrana plasmática, ativa a proteína quinase c (PKC). A PKC também é ativada pelo Ca^{++} originado do vacúolo, de forma que várias enzimas são fosforiladas pela PKC. O cálcio também ativa outras proteínas quinases, quando se encontra livre ou unido a calmodulina (complexo CaM). O IP_3 perde os fosfatos por hidrólises para formar IP_2 e IP, convertendo-se em fosfatidilinositol (IP) e outros lipídios fosfoinositídeos (PIP e PIP_2) na membrana plasmática (Salisbury & Ross, 1994).

Por definição, a germinação incorpora aqueles eventos que começam com a absorção de água por uma semente quiescente e seca e, termina com a alongação do eixo embrionário (Bewley & Black, 1994). Para Bewley (1997), o processo germinativo e pós-germinativo, pode englobar três fases distintas, com acontecimentos físico-fisiológicos e metabólicos organizados, conforme a Figura 2.

Segundo Bewley & Black (1994), os hormônios podem estar envolvidos em vários processos durante o desenvolvimento das sementes:

- No crescimento e desenvolvimento da semente, incluindo a detenção do crescimento, priorizando assim a maturação da semente.
- Acumulação a armazenagem de reservas
- Crescimento e desenvolvimento dos tecidos extra seminais
- Armazenamento para posterior uso dessas reservas transformadas durante a germinação e o rápido crescimento da plântula.
- Diversos efeitos fisiológicos em tecidos e órgãos, para o desenvolvimento do fruto.

De maneira geral as giberelinas podem estar envolvidas na transcrição genética, as citocininas na tradução e as auxinas na permeabilidade das membranas. Segundo Jann & Amen (1977), os principais eventos hormonais que ocorrem na germinação de sementes são:

- a) Bloqueio do etileno e translocação de auxina.
- b) Dissipação do etileno.
- c) Translocação de auxina e formação de giberelina.
- d) Alongação celular e hidrólise de polímeros.

Segundo Thomas (1977), as citocininas podem estar envolvidas no processo de germinação de sementes, participando em alguns níveis de controle:

- a) Controle ao nível de gene
- b) Controle ao nível de tradução
- c) Regulação das funções protéicas
- d) Regulação da permeabilidade de membranas
- e) Regulação dos níveis de giberelinas

desenvolvimento radicular são profundamente afetados pelos hormônios vegetais, com fortes efeitos atribuídos a auxina, citocinina e etileno. Existe grande evidência de que a maioria dos hormônios vegetais conhecidos possuem na raiz sítios de síntese e que freqüentemente estas substâncias são exportadas via xilema e/ou via floema para outras partes da planta.

A importância deste órgão para o restante da planta torna-se clara visto que a manipulação do sistema radicular em sua forma, tamanho e fisiologia, por métodos genéticos, seleção e testes de campo, oferece um novo caminho para a modificação do crescimento e produtividade das plantas.

A importância da arquitetura radicular para a produtividade das plantas, vem do fato de que muitos dos recursos do solo estão irregularmente distribuídos, ou estão alocados em locais específicos, logo uma grande distribuição espacial do sistema radicular determina a habilidade da planta em explorar eficientemente estes recursos. Existe grande evidência de que a arquitetura radicular é um aspecto fundamental da produtividade das plantas, especialmente nos muitos ambientes caracterizados por uma baixa disponibilidade de água e nutrientes.

Para Pimentel (1998), um dreno a ser priorizado em regiões de clima tropical é o sistema radicular das plantas, pois água e nutrientes minerais são, geralmente, fatores limitantes e podem afetar drasticamente o comportamento da fonte e/ou do dreno a ser colhido, fato menos evidente em regiões de clima temperado.

Os estudos dos hormônios vegetais e suas funções com relação às raízes revelam, segundo Itai & Birnbaum (1996), que:

- a) Os hormônios vegetais estão envolvidos na regulação de todas as funções e processos das raízes, incluindo suas respostas para o principal fator perturbador das plantas, que é o ambiente.
- b) Raízes são capazes de sintetizar todos os hormônios vegetais, sem exceção.
- c) O nível de um dado hormônio vegetal nas raízes, em determinado momento é o resultado de quatro processos: síntese, degradação, conjugação e transporte destas substâncias para as raízes e, da própria raiz para outras partes da planta. Em adição, vale ressaltar que todos os quatro processos estão também sob regulação hormonal.

As giberelinas podem ser sintetizadas nas raízes e exportadas para a parte aérea da planta. Observou-se em feijoeiro, que GA_{19} é sintetizada nas brotações, ocorre nas folhas e, é transportada para os ápices das raízes, onde é convertida em GA_1 (a giberelina de maior atividade), sendo então reexportada para as

brotações. Altos teores de GA inibem a alongação das raízes. Scott (1972) sugere que a giberelina tem um efeito moderador sobre a ação da auxina na raiz.

As auxinas possuem uma importante função na regulação do crescimento e no desenvolvimento radicular das plantas. Foi identificada a presença de IAA em raízes de milho, onde a auxina é sintetizada. Auxina e citocinina exercem uma importante regulação da alongação da raiz principal e na formação de raízes laterais, sendo que neste último aspecto estes fitohormônios possuem um efeito mais ou menos contrário (Marschner, 1995). A presença de IAA em altas concentrações pode aumentar a síntese de etileno em raízes de ervilha. IAA aos níveis de 10^{-4} M e superiores, inibem a alongação das raízes, sendo que teores próximos de 10^{-10} M promovem o crescimento radicular. Deve-se lembrar da importância das auxinas (IAA, NAA e IBA) na promoção do enraizamento de estacas e na propagação vegetativa.

Citocininas ativas têm sido encontradas em extratos e em exsudatos de raízes, em inúmeras ocasiões. As citocininas também são sintetizadas nas raízes. Segundo Torrey (1976), os meristemas apicais das raízes são os principais sítios de síntese de citocininas livres nas plantas. Essas citocininas translocam-se via apoplástico pelo xilema, até a parte aérea, onde promovem divisões celulares meristemáticas e mantêm as atividades metabólicas nos tecidos vegetais, retardando a senescência. As citocininas em altas concentrações também inibem a alongação radicular.

Também têm-se considerado que o ácido abscísico (ABA), um inibidor da germinação de sementes, pode ser encontrado na extremidade das raízes, associado com a coifa; sendo que xantoxina é considerada uma provável precursora do ABA. Etileno é produzido em raízes de ervilha em baixas concentrações. Aplicação exógena de etileno causa 50 % de retardamento na alongação das raízes.

V. UTILIZAÇÃO DE RIZOTRONS PARA O ESTUDO DO SISTEMA RADICULAR DAS PLANTAS

Segundo Glinski et al. (1993), planos de visão transparente são métodos não destrutivos de monitoramento e quantificação do crescimento radicular de plantas. A utilização de planos deste tipo podem ser de três maneiras: rizotrons, minirizotrons e recipientes com uma face clara-transparente fixa. Os recipientes com uma face clara-transparente fixa e inclinados 25° com a vertical, oferecem uma alternativa em relação aos sistemas mais onerosos como os rizotrons tradicionais e os minirizotrons. Caixas com paredes rígidas,

tubos, vasos e potes, têm sido usados tradicionalmente, mas recentemente tubos flexíveis de polietileno estão se tornando disponíveis e viáveis para este fim.

Para Taylor et al. (1990), tanto os rizotrons quanto os minirizotrons são técnicas que utilizam paredes transparentes e são utilizados em pesquisas para observar as raízes de alguma planta, sua rizosfera e seus rizoplanos em séries básicas nas quais as raízes estão crescendo no solo. Rizotron é uma técnica não destrutiva para observação do crescimento radicular de plantas no solo.

As principais vantagens desta técnica sobre as outras são, principalmente, a facilidade de obtenção de sucessivas mensurações de raízes individuais ou da parte visível do sistema radicular, rápida estimativa do incremento no crescimento radicular, fácil instalação de sensores nos rizotrons para avaliar as condições do solo, tais como temperatura, concentração de oxigênio e/ou gás carbônico, potencial de água do solo ou conteúdo de água, pH do solo ou concentração iônica.

Algumas questões podem ser estudadas em experimentos utilizando-se rizotrons. Esta técnica não destrutiva de mensurações sucessivas do crescimento do sistema radicular, reduz a variância introduzida pela variabilidade de planta para planta, o que geralmente aumenta sensivelmente as diferenças entre tratamentos. São numerosas as questões relevantes a respeito do crescimento, desenvolvimento e atividade do sistema radicular, que podem ser respondidas através das observações naturais realizadas, com auxílio de instrumentos em rizotrons, tais como:

- a) no crescimento e desenvolvimento radicular: mudanças morfológicas, variação no ambiente de crescimento influenciada por fatores genéticos, alterações no crescimento radicular em resposta as variações no micro ambiente do solo e partição de carbono entre raízes e outros órgãos da planta;
- b) no funcionamento radicular: absorção de água, absorção mineral e movimentação de íons, demanda de oxigênio biológico e difusibilidade de gases;
- c) na caracterização das propriedades do solo: lisimetria, estimativa da infiltração e evaporação de água, migração de íons e reabastecimento de água através do perfil do solo;
- d) na integração de práticas de produção em condições de campo: relação da água e práticas de irrigação, administração de práticas, calibração e verificação de predição dos modelos de simulação.

VI. AÇÃO DO STIMULATE® NA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Os experimentos foram instalados no Laboratório de Fisiologia Vegetal e no Horto Experimental de Botânica, ambos do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). Utilizaram-se sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca), para verificação da ação do bioestimulante sobre parâmetros relacionados com a germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade (Vieira, 2001).

O bioestimulante utilizado nos ensaios foi o **Stimulate®** um produto líquido composto de reguladores vegetais, contendo 90 mg L⁻¹ (0,009%) de cinetina (citocinina), 50 mg L⁻¹ (0,005%) de ácido giberélico (giberelina), 50 mg L⁻¹ (0,005%) de ácido indolbutírico (auxina) e (99,981%) de ingredientes inertes (Stoller do Brasil, 1998). Com a finalidade de melhor observação dos efeitos do **Stimulate®** sobre as sementes, plântulas, crescimento radicular e planta, os experimentos foram divididos em três etapas: 1º etapa - testes de germinação de sementes e vigor de plântulas; 2º etapa - crescimento radicular das plantas em rizotrons; 3º etapa - produtividade das plantas.

As concentrações avaliadas foram: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mL de **Stimulate®**/0,5 kg de sementes e 3,0 mL de água destilada/0,5 kg sementes como controle (concentração zero de **Stimulate®**).

O **Stimulate®** foi aplicado diretamente sobre as sementes, que se encontravam acondicionadas em sacos plásticos transparentes com capacidade de 2,0 kg, com o auxílio de uma pipeta graduada. Após aplicação do produto ou da água destilada (controle) sobre a massa de sementes, os sacos contendo as sementes + produto ou água destilada, foram inflados com ar e agitados vigorosamente durante um a dois minutos, visando uniformizar a distribuição dos tratamentos sobre toda a massa de sementes. Em seguida, as sementes já tratadas foram colocadas para secar a sombra durante uma hora. Após este intervalo de tempo, os ensaios foram instalados.

O teste padrão de germinação foi realizado com quatro sub-amostras de 50 sementes por repetição estatística, para cada concentração. Utilizou-se como substrato para a semeadura das sementes, papel toalha umedecido com água destilada. Os rolos contendo as sementes foram colocados em germinador à

temperatura de 25°C. As avaliações de sementes e plântulas obedeceram aos critérios definidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), com duas contagens, a primeira com cinco dias após a semeadura (DAS) e a segunda após 8 DAS.

A primeira contagem de germinação foi conduzida juntamente com o teste padrão, sendo computada a porcentagem média de plântulas normais realizada na 1ª contagem (5 DAS).

Foram utilizadas quatro sub-amostras de dez sementes por repetição estatística, para cada concentração, distribuídas no terço superior do substrato pré-umedecido, para a determinação do comprimento e massa seca de plântulas de feijoeiro. Os rolos foram colocados no sentido vertical em germinador regulado à 25°C, de maneira que o geotropismo manifesta-se naturalmente. Após o mesmo número de DAS referentes a 1ª avaliação do teste de germinação, de permanência no germinador, determinou-se o comprimento em centímetros da raiz primária, do hipocótilo e do eixo raiz-hipocótilo das plântulas.

A massa seca foi avaliada nas plântulas resultantes do teste de comprimento. Os cotilédones foram retirados com auxílio de uma lâmina. Em seguida, as plântulas foram colocadas em sacos de papel identificados e levadas para secar em estufa à 80°C, durante 24 horas. Após este período, as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,001 g, determinando-se a massa seca total de cada repetição.

Utilizaram-se caixas plásticas (42,0 cm x 28,0 cm x 9,5 cm) contendo areia lavada e peneirada, para avaliação da emergência de plântulas de feijoeiro em areia. Cada caixa recebeu 200 sementes divididas em quatro sub-amostras de 50 sementes em cada repetição por concentração avaliada. Após a semeadura, as sementes foram cobertas com uma camada de areia e cada caixa foi umedecida até atingir 60% de sua saturação hídrica.

Rizotrons semicirculares com altura de 0,59 m e diâmetro igual a 0,24 m, foram utilizados para verificação do crescimento e desenvolvimento dos sistemas radiculares das plantas de feijoeiro. Cada um deles possuía um volume de 0,06266 m³.

Os rizotrons foram preenchidos com terra originária de solo tipo Podzólico Vermelho-Amarelo, corrigido com calcário dolomítico, para V=60% com dois meses de antecedência. Foram então, colocados em casa de vegetação sobre mesas de madeira e inclinados em sua face plana frontal, formando um ângulo de 25° com a vertical (Voorhees, 1976; Glinski et al., 1993), conforme a Figura 4. Inclinação esta que favoreceu o crescimento e espalhamento das raízes sobre as faces internas dos vidros dos

rizotrons, facilitando as visualizações, as mensurações e a obtenção dos desenhos dos sistemas radiculares das plantas (Figura 5). Logo em seguida, foram umedecidos de modo a manterem o substrato próximo à capacidade de campo. Com essa técnica pode-se avaliar o crescimento radicular vertical, velocidade de crescimento radicular vertical e o comprimento radicular total das plantas de feijoeiro.

Para obtenção do comprimento radicular total (Figura 6) das raízes expostas e desenhadas em cada rizotron, utilizou-se o processamento das imagens (desenhos dos sistemas radiculares nas transparências ou plásticos), por meio do “software” SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela EMBRAPA/CNPDIA – São Carlos, SP (Cestana et al., 1994), locado no Departamento de Física do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA).

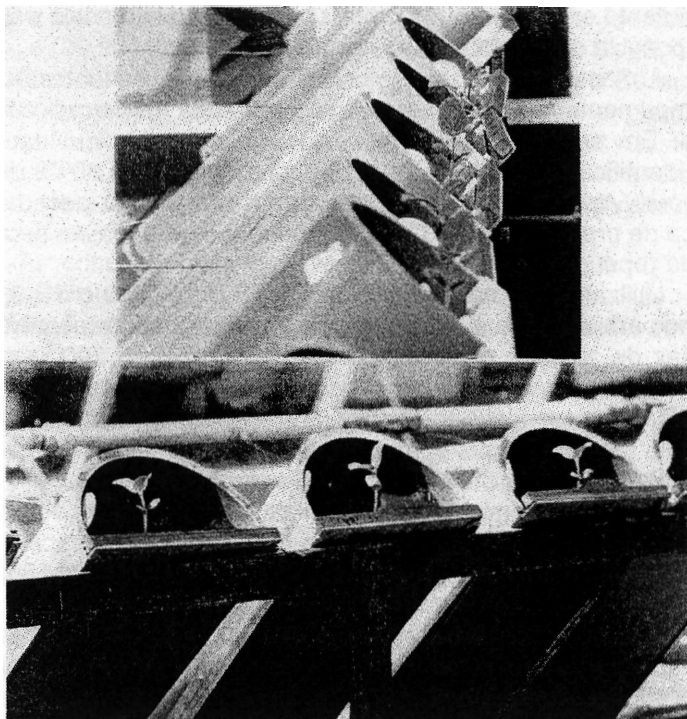


Figura 4. Disposição dos rizotrons em casa de vegetação do Horto Experimental de Botânica da ESALQ-USP.



Figura 5. Vista da face plana frontal e transparente do rizotron, utilizada para as visualizações e mensurações dos sistemas radiculares das plantas na cultura do feijoeiro.

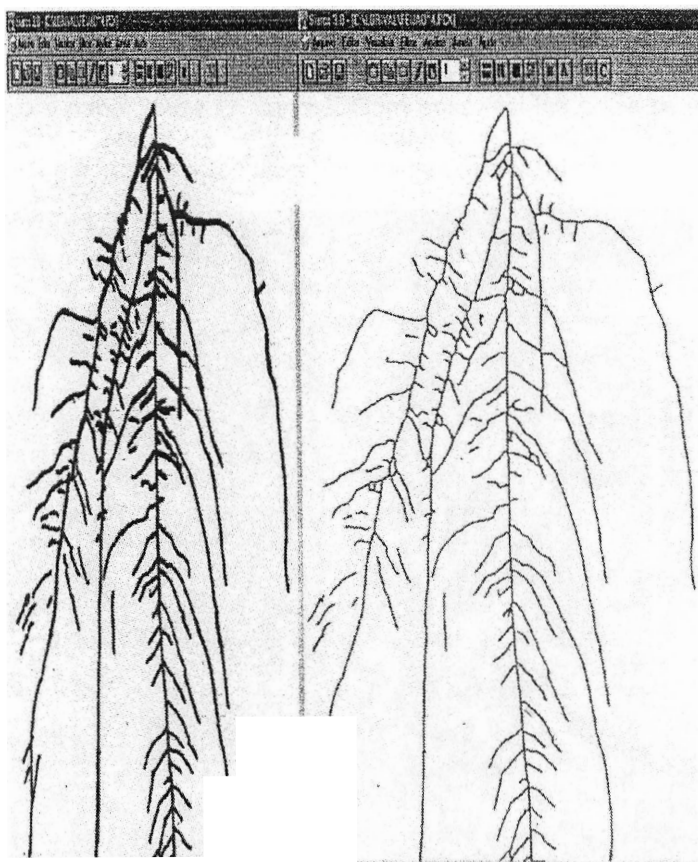


Figura 6. Imagem binarizada (a) e processo de afinamento de raízes (b), para a obtenção do comprimento radicular total dos sistemas radiculares das plantas na cultura do feijoeiro.

Para verificação da produtividade das plantas (o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta e a massa seca de grãos por planta), utilizaram-se 24 recipientes plásticos com capacidade de 20 kg, preenchidos com uma mistura composta de areia, material orgânico (esterco de curral curtido) e terra originária de solo do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo corrigido para $V=60\%$, na proporção 1:1:1, distribuídos em casa de vegetação. Cada recipiente recebeu uma adubação de lastro com 150 mg kg^{-1} de P_2O_5 , 150 mg kg^{-1} de K_2O e 150 mg kg^{-1} de N. As plantas foram irrigadas uma ou duas vezes por dia, de

cinco a seis vezes por semana, mantendo o substrato uniformemente úmido, próximo à capacidade de campo (Vieira, 2001).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos correspondentes as concentrações 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mL de **Stimulate**®/0,5kg de sementes e quatro repetições, constituindo 24 parcelas. Os resultados foram submetidos à análise de regressão (Banzatto & Kronka, 1992).

O modelo de regressão linear para germinação de sementes, $\hat{y} = 65,1905 + 2,3571x$ revelou uma elevação de 18,1% nessa variável para a concentração de 5,0 mL com o valor máximo de 77,0% de sementes germinadas em comparação ao controle, que registrou uma germinação de 65,2%. Ainda com base nessa equação, verificou-se que aumentos de 1,0 mL de **Stimulate**®, proporcionaram aumentos significativos de 2,4% na germinação das sementes. (Figura 7) Para Jann & Amen (1977), os hormônios vegetais são os mediadores dos eventos bioquímicos que constituem o processo de germinação. O **Stimulate**® proporcionou uma melhor uniformidade na germinação das sementes de feijoeiro, favorecendo o surgimento de plântulas com qualidade superior em comparação ao controle.

Aumentos de 52,2 % para a variável plântulas normais foram conseguidos utilizando-se a dosagem de 5,0 mL do produto que proporcionou 66,2 % de normalidade de plântulas, segundo o modelo de regressão linear crescente, $\hat{y} = 43,4762 + 4,5429x$ em relação a concentração controle de **Stimulate**® com 43,5 % de plântulas normais, sendo também essa concentração (5,0 mL) a responsável pelo maior número de plântulas normais computadas no experimento. De acordo com a equação, incrementos de 4,5 % na variável plântulas normais foram registrados para cada elevação unitária (1,0 mL) na concentração de **Stimulate**®. (Figura 8) A quantidade de plântulas normais com sistema radicular bem formado, sem deformações e bem desenvolvidas, foi incrementada pela aplicação de **Stimulate**®. Esse fato favorece um rápido e vigoroso estabelecimento do "stand" de plantas em condições de campo.

A equação de regressão, $\hat{y} = 36,1834 - 1,5287x$ demonstrou que reduções médias nas anormalidades de plântulas de 1,5 %, foram obtidas a medida que aumentou-se de 1,0 mL a concentração de **Stimulate**® para 0,5 kg de sementes, até a máxima concentração estudada de 5,0 mL. Essa concentração (5,0 mL), proporcionou uma significativa redução de 21,1 % na quantidade de

plântulas anormais, em relação ao controle, com 36,2 % de anormalidades. (Figura 9)

Segundo Arteca (1996), as substâncias reguladoras do crescimento podem trabalhar sozinhas ou em combinação com outras, como se verifica no caso dos bioestimulantes, durante o processo de germinação de sementes e, também nos eventos pós-germinativos, como a mobilização de reservas.

O **Stimulate**® aplicado nas sementes de feijoeiro promoveu reduções significativas na quantidade de plântulas anormais (deformadas, raquíticas e infeccionadas), aspecto favorável no que se refere ao aumento do número de sementes germinadas e de plântulas normais.

A análise de regressão apresentou modelo cúbico para as variáveis crescimento radicular vertical e comprimento radicular total, com equações e coeficientes de determinação iguais a: $\hat{y} = 26,6967 + 2,5100x - 1,4925x^2 + 0,2120x^3$ e 96,8% e, $\hat{y} = 280,306 + 17,437x - 23,8123x^2 + 4,5086x^3$ e 70,8%, respectivamente.

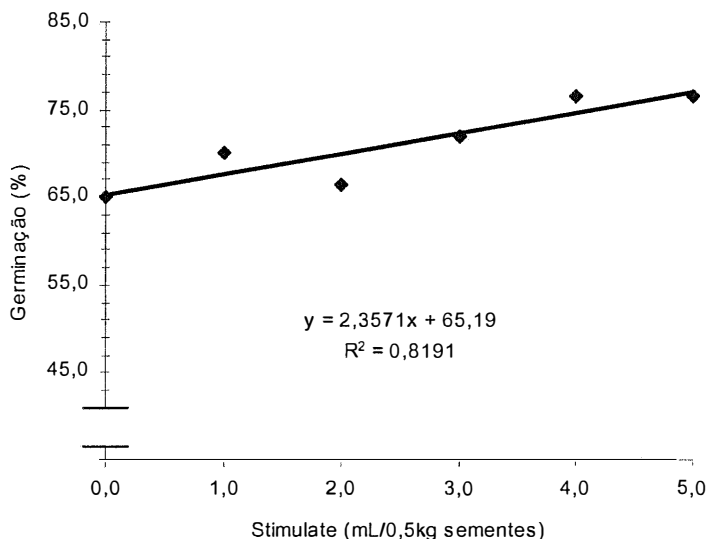


Figura 7. Modelo de regressão linear para a variável germinação de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de **Stimulate**®.

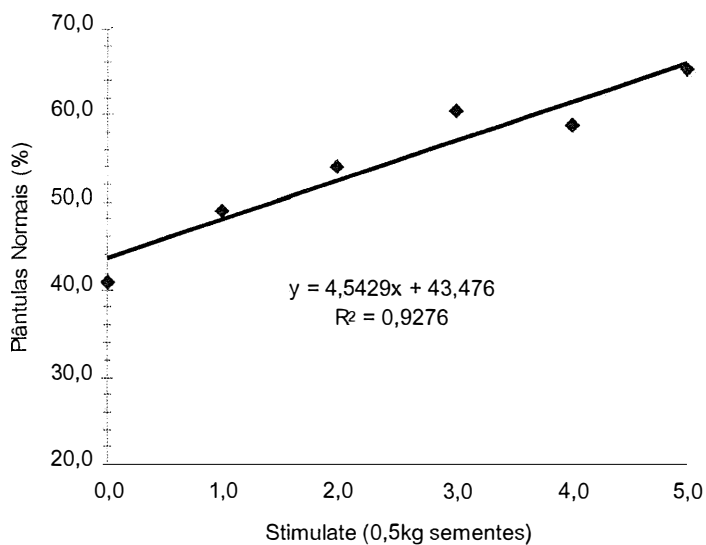


Figura 8. Modelo de regressão linear para as variáveis plântulas normais de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de **Stimulate**[®].

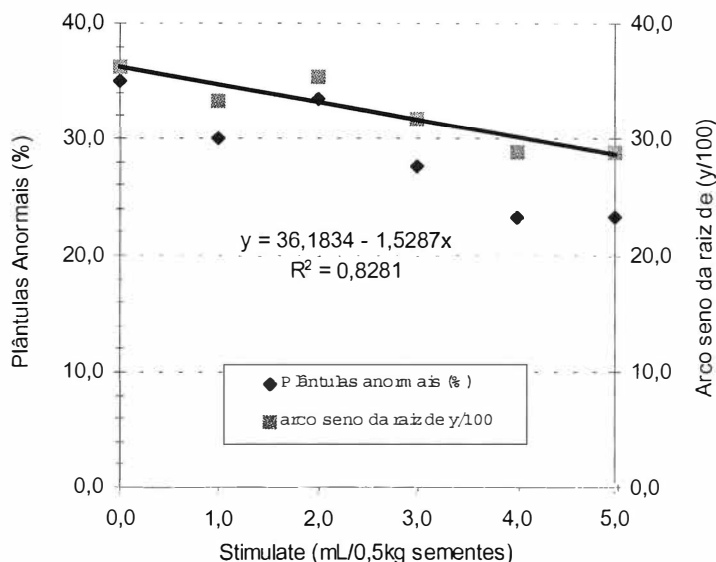


Figura 9. Modelo de regressão linear para as variáveis plântulas anormais de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de **Stimulate**[®].

O crescimento radicular vertical apresentou, segundo a equação de regressão, a concentração de 1,1 mL no ponto de máximo e 3,6 mL no ponto mínimo. Essas concentrações proporcionaram primeiro um crescimento radicular vertical de 27,9 cm, com um aumento de 4,6 % para a concentração de 1,1 mL e depois um crescimento de 26,3 cm, com diminuição de 1,6 % na variável referente a concentração de 3,6 mL, em relação ao controle que determinou o valor de 26,7 cm de crescimento.

Comportamento semelhante foi observado para o comprimento radicular total, onde a concentração de 0,4 mL, o ponto de máximo da equação, promoveu um aumento de 1,0% e a concentração de 3,1 mL (ponto de mínimo) uma redução de 10,3%, em referência ao controle.

Observou-se que a concentração mais elevada de 5,0 mL, após o ponto de mínimo (3,1 mL), induziu o aumento no comprimento de raízes alcançando o valor de 335,8 cm, com aumento percentual em relação ao controle de 19,8% no comprimento radicular total. Observou-se que para as concentrações mais baixas (0,0 – 1,0 mL) e para as mais elevadas (4,0 mL – 5,0

mL) ocorreram aumentos significativos no comprimento de raízes das plantas de feijoeiro.

Rosolem (1997), também obteve efeito significativo sobre o comprimento radicular de planta de feijoeiro, quando pulverizou o **Stimulate**® (50, 100 e 200 mL/0,5kg de sementes), sem associação com os micronutrientes cobalto e molibdênio, em sementes e após a emergência das plântulas.

O **Stimulate**® promoveu nas plantas de feijoeiro sistemas radiculares mais desenvolvidos, apresentando raízes mais vigorosas com massa seca, crescimento e comprimento total, superiores aos encontrados nas plantas não tratadas. Essa condição possibilita uma melhor e maior exploração dos recursos disponíveis no solo como água e nutrientes minerais. Aspecto que certamente influi positivamente na produtividade das plantas.

A massa seca de raízes no 16^o dia após a semeadura, segundo a equação de regressão linear $\hat{y} = 0,6229 + 0,0480x$ aumentou de 0,048 g para cada 1,0 mL de **Stimulate**® acrescentado nos tratamentos. Na concentração de 5,0 mL obteve-se o maior valor de 0,8629 g, o que contribuiu para um aumento de 38,5% em referência ao controle com 0,6229g de massa seca de raiz no 16^o DAS. (Figura 10).

O bioestimulante determinou uma maior e mais uniforme formação de raízes finas, com superior capacidade de absorção de água e sais minerais disponíveis no substrato. Garantindo uma rápida alocação dessas substâncias nos drenos preferenciais das plantas, como por exemplo, os grãos.

As variáveis relacionadas com a produtividade das plantas que apresentaram efeito significativo tiveram seus melhores ajustes através do modelo quadrático, com ótimos coeficientes de determinação de 91,4 %, 82,2 % e 84,5 %, para o número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa seca de grãos por planta, respectivamente. Para modelos bem ajustados, os pontos de máximos e mínimos obtidos nas equações de regressão, podem estar muito próximos da melhor ou da pior resposta para as variáveis avaliadas, visto que os modelos de regressão permitem verificar todas as concentrações que se encontrem dentro do intervalo de estudo.

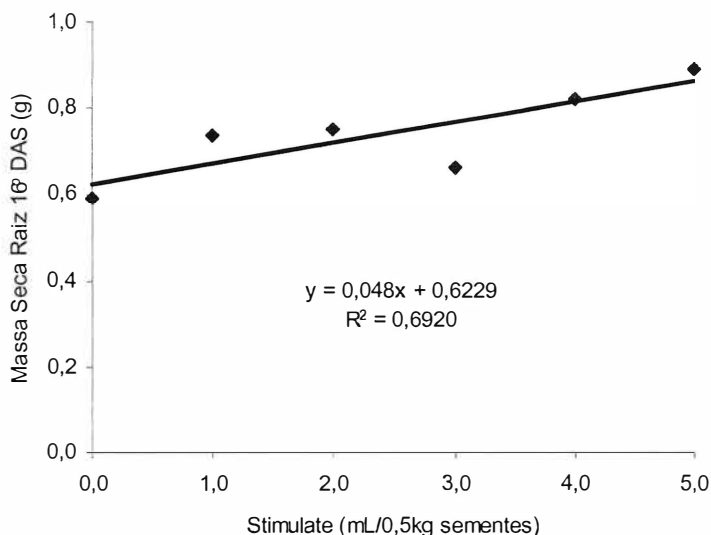


Figura 10. Modelo de regressão linear para a variável massa seca de raiz no 16^a DAS de plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de **Stimulate**[®].

O número máximo de vagens por planta estimado pela equação de regressão, $\hat{y} = 20,1160 + 4,0973x - 0,8438x^2$ foi de 25,1 vagens para a concentração de 2,4 mL (ponto de máximo). Essa condição proporcionou um aumento significativo de 24,8 % em comparação com o número obtido na concentração controle de 20,1 vagens. (Figura 11). Observa-se que o **Stimulate**[®] na concentração de 2,4 mL aumentou o número de drenos (vagens) nas plantas de feijoeiro, aspecto que afeta positivamente a produtividade dessas plantas.

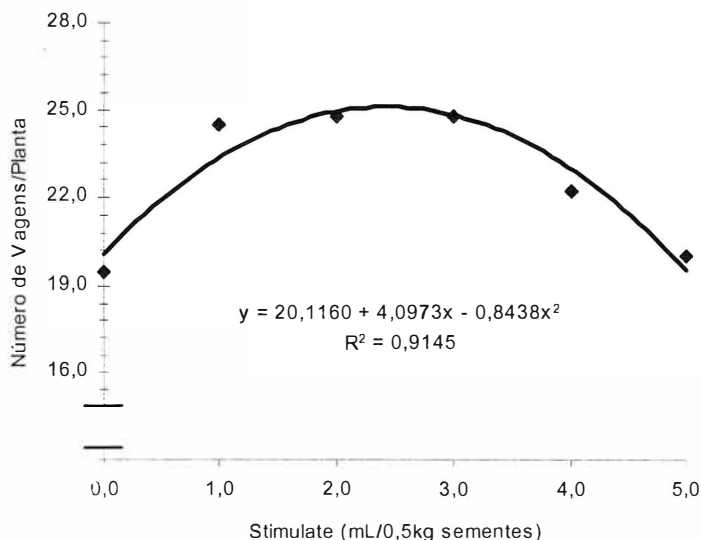


Figura 11. Modelo de regressão quadrático para a variável número de vagens por planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de **Stimulate®**.

O número de grãos por planta, apresentou valor máximo de 135,8 grãos, segundo o modelo de regressão quadrático, $\hat{y} = 108,5536 + 23,4268x - 5,0268x^2$ para a concentração de 2,3 mL de **Stimulate®**. Essa concentração (2,3 mL) aumentou em 25,1 % o número de grãos por planta em comparação ao valor encontrado no controle, de 108,6 grãos por planta. (Figura 12).

Resposta contrária foi registrada para a concentração de 5,0 mL, a mais alta das concentrações estudadas, que produziu 100,0 grãos por planta demonstrando uma redução de 7,9 % em relação ao controle que registrou 108,6 grãos por planta.

As concentrações de **Stimulate®** compreendidas entre 1 e 3 mL/0,5kg de sementes de feijoeiro, favoreceram maiores produções de grãos por planta, em comparação ao controle.

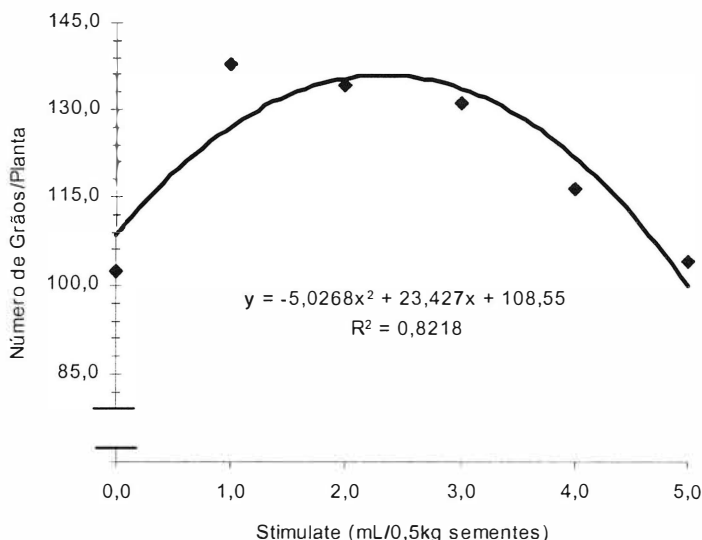


Figura 12 - Modelo de regressão quadrático para a variável número de grãos por planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de **Stimulate**[®].

Com a aplicação de 2,5 mL de **Stimulate**[®]/0,5 kg de sementes (250 mL ha⁻¹), Oliveira et al. (1997) registraram maiores produções de vagens e de grãos por planta de feijoeiro em comparação com a testemunha. Resultados esses que reforçam a eficiência do **Stimulate**[®] em proporcionar aumentos significativos nessas variáveis para a cultura do feijoeiro. Alleoni (1997), também verificou aumento no número de vagens por planta, número de grãos por vagem e no número de entrenós, da ordem de 4,7 %, 1,7 % e 8,4 %, respectivamente, em função das aplicações de **Stimulate**[®] (250, 375 e 750 mL ha⁻¹), nas sementes e em pulverização nas plantas de feijoeiro, em relação ao controle.

A massa seca de grãos por planta com equação de regressão $\hat{y} = 26,4199 + 7,7552x - 1,5898x^2$ foi máxima na concentração de 2,4 mL (ponto de máximo) de **Stimulate**[®] para 0,5 kg de sementes, essa concentração proporcionou a maior produção de massa seca de grãos por planta, de 35,9 g, correspondendo a um incremento percentual de 35,8 % em comparação ao controle, com 26,4 g de massa seca (Figura 12).

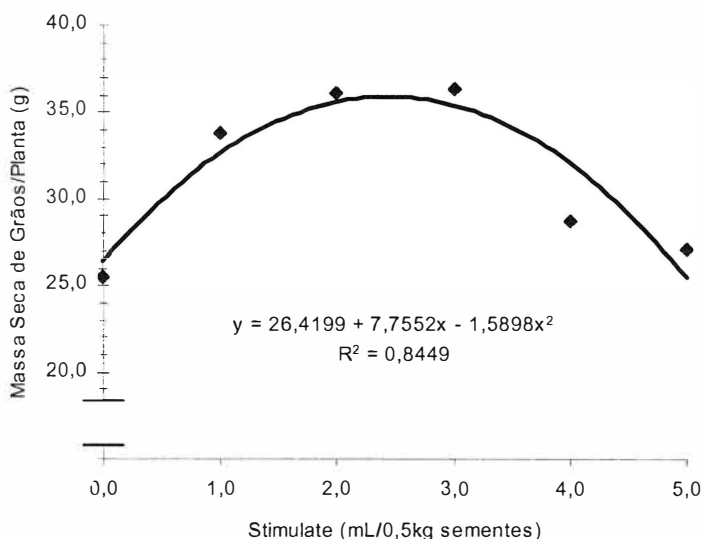


Figura 13. Modelo de regressão quadrático para a variável massa seca de grãos por planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de **Stimulate**®.

A produtividade das plantas tratadas com **Stimulate**® nas concentrações entre 2 e 3 mL/0,5 kg de sementes, foi incrementada significativamente em relação ao controle. Nota-se também que, para as concentrações mais elevadas (4 e 5 mL) a produtividade também foi baixa, igualando-se ao controle.

Com base nas equações de regressão para a concentração 2,0 mL de **Stimulate**® obteve-se, respectivamente, incrementos de 24,6 % e 34,7 % nos valores de número de grãos por planta e massa seca de grãos por planta, em relação a concentração controle. Velline & Rosolem (1997), relataram que o **Stimulate**® pode ter efeito significativo na produtividade do feijoeiro, podendo também aumentar a produção de proteína nos grãos. Alleoni (1997) registrou incremento na produtividade do feijoeiro da ordem de 5,6 %, 7,4 % e 8,0 %, para as concentrações de 250, 275 e 750 mL ha⁻¹, respectivamente, quando o produto foi aplicado nas sementes, nas folhas e nas sementes e somente nas folhas.

Segundo Vieira (2001), tomando-se como referência as análises estatísticas realizadas, verificou-se que a máxima germinação de sementes de feijoeiro de 77,0 % foi computada na concentração de 5,0 mL de **Stimulate**®, com 18,1 % de aumento em

relação a concentração controle. Sendo que, a quantidade máxima de plântulas normais de feijoeiro foi obtida na concentração de 5,0 mL de **Stimulate**®, a qual superou em 52,2 % a quantidade computada no controle, o que favoreceu uma redução de 21,1 % na quantidade de plântulas anormais, verificada na mesma concentração de Stimulate em referência ao controle.

O crescimento radicular vertical dos sistemas radiculares das plantas de feijoeiro, alcançou valores máximos nas concentrações de 1,1 mL e 5,0 mL de **Stimulate**®, sendo que para as demais concentrações avaliadas os valores foram significativamente menores. As concentrações de 1,0 mL e 5,0 mL de **Stimulate**® promoveram os maiores valores no comprimento radicular total dos sistemas radiculares das plantas, em comparação as demais concentrações avaliadas. De maneira geral, as concentrações de 1,0 mL e 5,0 mL de **Stimulate**®, promoveram os maiores valores no crescimento radicular vertical e comprimento radicular total de plantas de feijoeiro, em relação as outras concentrações estudadas. A massa seca de raiz no 16^º DAS das plantas de feijoeiro, aumentou significativamente a partir da concentração controle, alcançando o valor máximo de 0,86 g na concentração de 5,0 mL de **Stimulate**®, superando o controle em 38,5 % (Vieira, 2001).

Com relação as variáveis relacionadas com a produtividade das plantas de feijoeiro, observou-se que a concentração de 2,4 mL de **Stimulate**® proporcionou uma produção de 25,1 vagens por planta, produzindo um aumento de 24,8 % em comparação com a concentração controle. Aspecto que concorreu para provocar um incremento de 25,1 % no número de grãos por planta de feijoeiro, registrado na concentração de 2,3 mL de **Stimulate**® com 135,8 grãos, em comparação a concentração zero de **Stimulate**®. A máxima massa seca de grãos por planta de feijoeiro de 35,9 g, foi atingida na concentração de 2,4 mL de **Stimulate**®, que superou em 35,8 % ao controle (Vieira, 2001).

Mais recentemente, realizou-se experimento em vasos, com a finalidade de verificar o efeito de aplicações foliares de **Stimulate**® 0,20 % (200 mL/ha), 0,25 % (250 mL/ha) e 0,30 % (300 mL/ha), aplicados aos 15 e 30 dias após a germinação e **Stimulate**® 270 mL/50 kg de sementes. Nesse experimento verificaram-se que determinações da altura das plantas de feijoeiro, 1 semana após a segunda aplicação do bioestimulante, mostraram que a aplicação foliar de **Stimulate**® 0,30 % e a aplicação de **Stimulate**® 27 ml / 5 kg de sementes, reduziram a altura das plantas em relação ao controle. Quatro semanas após a segunda aplicação do bioestimulante

observou-se que somente a aplicação de **Stimulate**® 27 ml / 5 Kg de sementes, diminuiu a altura do feijoeiro (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito de tratamentos com **Stimulate**® na altura das plantas de feijoeiro IAC – Carioca Tybatã, tomada semanalmente.

Tratamentos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Controle	52,40 a	57,60 a	63,00 a	75,30 a	85,40 ab
Stimulate ® 0,20 %	43,10 ab	48,50 a	54,20 a	71,70 ab	79,50 b
Stimulate ® 0,25 %	43,30 ab	51,20 a	59,30 a	68,70 ab	77,80 b
Stimulate ® 0,30 %	40,60 b	48,20 a	53,40 a	75,70 a	92,90 a
Stimulate ® 27 ml/5kg de sementes	41,00 b	51,36 a	55,00 a	62,50 b	87,10 ab

Teste de Duncan (0,5 %), F (trat.) = 1,71*, C.V.= 12,11%

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Observaram-se que as aplicações foliares de **Stimulate**® 0,25 e 0,30 % e **Stimulate**® 27 ml / 5 kg de sementes, aumentaram a massa de vagens de feijoeiro em relação ao controle. Verificaram-se ainda incrementos na massa de grãos (sementes) de feijoeiro tratado com aplicações foliares de **Stimulate**® 0,30 % e com o uso de 27 ml de **Stimulate**® / 5 Kg de sementes, comparativamente ao controle.

Tabela 3. Efeito de tratamento com **Stimulate®** na massa da parte aérea, massa e número de vagens e massa e número de grãos do feijoeiro cultivar IAC – Carioca Tybatã.

Tratamentos	Massa Parte Aérea	Nº Vagens	Massa Vagens	Nº Grãos	Massa Grãos
Controle	62,06	30,20	21,05 b	94,60	13,00 b
Stimulate® 0,20 %	70,76	33,00	20,96 b	92,60	13,23 b
Stimulate® 0,25 %	66,41	43,20	30,10 a	119,60	18,11 ab
Stimulate® 0,30 %	63,60	40,80	32,82 a	138,60	21,83 a
Stimulate® 27 ml/5kg de sementes	71,32	45,00	31,53 a	127,00	20,46 a
F (trat.)	0,63 n.s.	1,61 n.s.	3,39*	1,45 n.s.	2,59*
C.V. (%)	15,61	26,55	23,29	29,39	29,91

n.s. = não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEONI, B. **Efeito do regulador vegetal Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 1997. 15p. (Relatório Técnico).
- ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications**, New York: Chapman & Hall, 1995. 332p.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisa em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1992. 247p.
- BERRIE, A.M.M. Germination and dormancy. In: WILKINS, M.B. **Advanced plant physiology**. London: Pitman Publ., 1984. p.440-468.
- BEWLEY, J.D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, v.9, p.1055-1066, 1997.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds**. New York: Springer – Verlag; Berlin: Heidelberg, 1978. 306p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. 2.ed. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 1992, 365p.
- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132p.
- CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 1, p.191-235.
- CESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliado por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p.365-371, 1994.
- GLINSKI, D.S.; KARNOK, K.J.; CARROW, R.N. Comparison of reporting methods for root growth data from transparent-interface measurements. **Crop Science**, v.33, p.310-314, 1993.
- ITAL, C.; BIRNBAUM, H. Synthesis of plant growth regulators by roots. In: **Plant roots: the hidden half**. 2.ed. New York, Basel; Hong Kong: Marcel Dekker, 1996. p.273-284.
- JANN, R.C.; AMEN, R.D. What is germination?. In: KHAN, A.A. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North Holland Publ., 1977. p.7-28.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.
- OLIVEIRA, R.F.; PACE, L.; ROSOLEM, C.A. **Produção e nutrição do feijoeiro em função da aplicação de um promotor de crescimento**. Botucatu: UNESP, Depto. Agricultura e Melhoramento Vegetal, 1997. 10p. (Relatório Técnico).
- PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de Janeiro: Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998. 159p.
- ROSOLEM, C.A. **Stimulate em tratamento de sementes de feijão**. Botucatu: UNESP, Depto. Agricultura e Melhoramento Vegetal, 1997. 5p. (Relatório Técnico).
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia vegetal**. Trad. de V. G. Velázquez. Mexico: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759p.
- SCOTT, T.K. Auxins and roots. **Annual Review of Plant Physiology**, v.23, p.235-258, 1972.
- STOLLER DO BRASIL. **Stimulate Mo em hortaliças**: informativo técnico. Cosmópolis: Stoller do Brasil. Divisão Arbore, 1998. 1v.

- TAYLOR, H.M.; UPCHURCH, D.R.; McMICHAEL, B.L. Applications and limitations of rhizotrons and minirhizotrons for root studies. **Plant and Soil**, v. 129, p.29-35, 1990.
- THOMAS, T.H. Cytokinins, cytokinin-active compounds and seed germination In: KHAN, A.A. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North Holland, 1977. p.111-144.
- TORREY, J.G. Root hormones and plant growth. **Annual Review of Plant Physiology**, v.27, p.435-459, 1976.
- VELLINI, E.D.; ROSOLEM, C.A. **Eficiência agronômica de Stimulate**. Botucatu: UNESP, Depto. Agricultura e Melhoramento Vegetal, 1997. 8p. (Relatório Técnico).
- VIEIRA, E.L. Ação de Bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.). Piracicaba, 2001. 122p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo.
- VOORHEES, W.B. Root elongation along a soil-plastic container interface. **Agronomy Journal**, v.68, p.143, 1976.

MANEJO QUÍMICO DO SOLO E NUTRIÇÃO DO FEIJOEIRO

Godofredo Cesar Vitti

Eng. Agrônomo, MSc, Dr. Docente Depart. de Solos e Nutrição de Plantas.
ESALQ/USP-Caixa Postal 9, CEP 13418-970. Piracicaba/SP
e-mail: gcvitti@esalq.usp.br

Felipe De Campos Vieira

Estagiário do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas- ESALQ/USP
e-mail: fcvieira@esalq.usp.br

Wellington Hamaguchi

Estagiário do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas-ESALQ/USP
e-mail: whamaguchi@hotmail.com

I. INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro está distribuída em todos os continentes, sendo o Brasil o principal produtor e consumidor mundial. Consumido em quase todo o país, é uma das principais fontes protéicas e energéticas, fazendo parte da dieta básica de todas as camadas sociais da população.

Nos últimos anos o Brasil tem produzido em torno de 2,8 milhões de toneladas em aproximadamente 4 milhões de hectares cultivados. Os Estados que mais produzem feijão são Paraná, Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Goiás, e correspondem a quase 70% do total produzido no país. As lavouras com área abaixo de 10 hectares representam 75% do universo; com 10 a menos de 100 hectares, 19%; com 100 a menos de 500 hectares, 4%; com mais de 500 hectares, 2%.

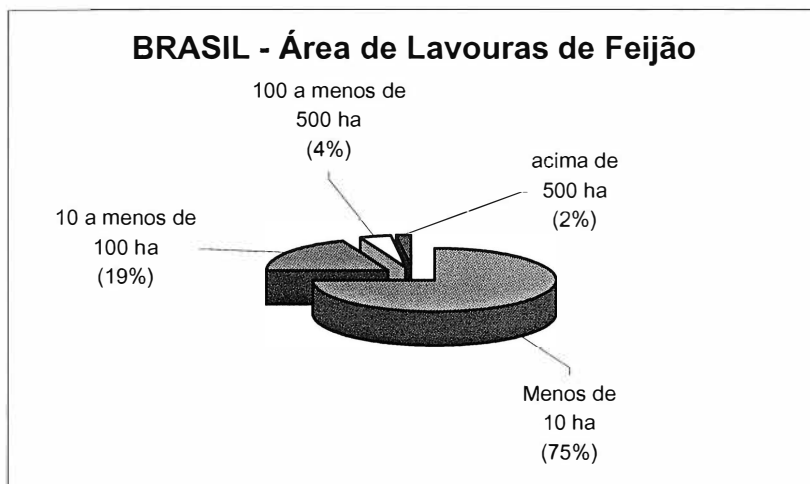


Figura 1. Distribuição percentual de tamanhos de lavouras de Feijão no Brasil

O feijão apresenta três safras distintas durante o ano: feijão das águas, feijão da seca e feijão de inverno, dessa forma torna-se possível a oferta desse produto durante o ano todo. O feijão das águas ou de primeira safra é colhido de novembro a abril, e representa a maior parte da produção nacional (41%), tendo produtividade média de 926 kg.ha^{-1} . O feijão da segunda safra ou da seca é colhido nos meses de maio, junho e julho, e tem a segunda maior produção (34%), e a menor produtividade (média de 521 kg.ha^{-1}). O feijão de inverno ou terceira safra é colhido nos meses de agosto, setembro e outubro, sendo responsável por 25% da produção nacional. Apresenta o maior nível de tecnificação e produtividade (média de 965 kg.ha^{-1}). (Panorama Rural, FEV 2003).

Nota-se que a produtividade média nacional é muito baixa (em torno de 600 kg.ha^{-1}) quando comparada com o potencial produtivo da cultura, porém com o uso de tecnologia adequada, principalmente correção do solo seguido da nutrição da cultura e irrigação pode-se colher até 3000 kg.ha^{-1} .

Para o alcance de altas produtividades a primeira providência a ser tomada é a amostragem e análise química do solo, levantar o histórico da área e a seguir, aplicar as práticas corretivas e de manutenção. Ressalta-se ainda que o manejo químico do solo associado a fatores climáticos são ainda os que mais limitam a produtividade dessa cultura.

II. CONCEITO DE ADUBAÇÃO

Em termos práticos, a adubação pode ser definida pela seguinte expressão matemática:

$$\text{Adubação} = (\text{planta} - \text{solo}) \times f$$

Através dessa expressão, verifica-se a necessidade de dimensionar três fatores básicos (Vitti et al., 2001):

- a) Nutrição da planta quanto a elementos exigidos, quantidades necessárias para um determinado nível de produtividade, época e local para o fornecimento dos nutrientes e modo de aplicação;
- b) Avaliação da fertilidade do solo, utilizando-se principalmente da diagnose visual, diagnose foliar, histórico e análise do solo;
- c) Uso eficiente do fertilizante (**f**), o qual é função do sistema de plantio, práticas conservacionistas, fontes e parcelamento dos nutrientes, práticas corretivas e época de semeadura.

III. NUTRIÇÃO DO FEIJOEIRO

O feijoeiro é considerado uma cultura exigente em nutrientes, em função, principalmente, do seu sistema radicular pouco desenvolvido, além de apresentar ciclo curto de 90 a 100 dias. Sendo assim, necessita de adubação balanceada para expressar todo seu potencial produtivo. Após a correção da camada superficial com calcário e do condicionamento do subsolo com gesso agrícola, é procedido o fornecimento dos nutrientes através da adubação mineral e orgânica.

Além dos macronutrientes orgânicos (C, H, O) fornecidos pela atmosfera (O_2 , CO_2 e H_2O) o feijão necessita de nutrientes fornecidos pelo solo: P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Co e Zn e, no caso do N, parte pelo solo e parte pela atmosfera. Dessa lista de nutrientes, comprovadamente o feijão necessita do fornecimento de: N (fixação simbiótica, manejo da matéria orgânica através da rotação de culturas, e adubação) P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn, Mo e Co (adubação mineral e orgânica).

As quantidades de nutrientes exigidas para a produção de 1,5 t/ha de grãos e 0,3 t/ha de casca para uma população de 250.000 plantas/ha estão apresentados na tabela 1 (Malavolta & Lima Filho, 1997).

Tabela 1. Extração e Exportação de nutrientes par a produção de 1,5 t/ha de grãos (Malavolta & Lima Filho, 1997).

Elemento	Parte da Planta Total	Parte da planta Vagem	Porcentagem do total Extraído na vagem
Macronutrientes	kg/ha		%
N	101	34	33
P	9	3	33
K	92	20	21
Ca	54	4	7
Mg	18	4	22
S	25	9	36
Micronutrientes	g/ha		%
B	138	54	39
Cu	46	18	39
Fe	2970	120	4
Mn	563	50	9
Mo	4	1	25
Zn	224	76	33

Analisando os dados da Tabela 1 nota-se que quanto aos macronutrientes o feijoeiro, exige quantidades relativamente altas de N, K e Ca e quantidades relativamente menores de P, Mg e S, bem como maiores exigências de S em relação ao P. Observa-se também que grande parte dos nutrientes absorvidos, não é exportado pelos grãos, proporcionando a devolução dos restos culturais de aproximadamente 67, 5, 78, 51, 15 e 9 kg/ha respectivamente de N, P, K, Ca, Mg e S, equivalentes a mais de 50% do montante absorvido (Oliveira et al., 1996).

Por outro lado, Cantarella et al (1996) citam que para uma faixa de produtividade de 0,9 a 2,5 t/ha, o conteúdo de macronutrientes em kg/ha da parte colhida, é de 102, 9, 94 e 15 respectivamente para N, P, K, e S (planta inteira), enquanto que nos grãos a quantidade exportada é de 41, 4, 9, e 10 kg/ha respectivamente para N, P, K, e S.

Quanto aos períodos de acúmulo de matéria seca e de nutrientes, tem-se que a maior velocidade de produção e de acumulação, ocorre no florescimento, ou seja, no período entre 45 e 55 dias, acumulando a cultura nesse período aproximadamente 67 kg de matéria seca por dia. A seguir, existe uma diminuição na quantidade, provocada pela queda de folhas, e a partir dos 70 dias,

novo crescimento do teor de matéria seca acumulada, desta vez tendo os grãos como determinantes da tendência (Cobra Neto et al., 1971).

Ao que se refere a época e o modo de aplicação dos nutrientes, estes podem ser fornecidos através das seguintes práticas: **(i)** pré-semeadura: calagem: Ca e Mg; gessagem: Ca e S; e fosfatagem: P, Ca e dependendo da fonte, Mg, Si e S; **(ii)** sulco de semeadura: formulação: N, P_2O_5 , K_2O , S, B, Zn, Mn e Cu; **(iii)** cobertura: K: em solos arenosos, 20 a 30 dias após a emergência. N: 35 aos 50 dias após a emergência; **(iv)** semente: Mo e Co na prática do tratamento de sementes; e **(v)** foliar: principalmente Mo, 14 a 28 dias após a emergência.

IV. AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

A avaliação da fertilidade do solo, geralmente, baseia-se em três critérios: (i) diagnose visual, (ii) diagnose foliar e (iii) histórico da área.

IV.1. Diagnose da planta

A diagnose da deficiência nutricional é a técnica utilizada para reconhecer os sintomas de desordens nutricionais, definir a natureza da deficiência e decidir sobre a correção nutricional para a planta.

Na lavoura do feijoeiro, as plantas podem apresentar inicialmente folhagem saudável, ainda que um dos nutrientes não esteja suficientemente disponível para a planta. Esta indiferença da planta ao nutriente em carência é conhecida como “fome disfarçada ou oculta”, e o sintoma de deficiência é difícil de ser detectado. Quando o sintoma vem a ser visível, a deficiência já está em etapa avançada, prejudicando o desenvolvimento da planta e a produção. Os sintomas sejam de deficiência ou de toxicidade, variam com a intensidade dessas ocorrências e o número de nutrientes envolvidos.

As análises químicas de tecidos e de solo devem ser feitas antes de se fazer qualquer recomendação de correção, devendo ser realizadas também em plantas sem sintomas, com tecidos e partes de plantas saudáveis colhidas na mesma posição. Quanto ao tipo de folha a ser retirada para avaliação do estado nutricional do feijoeiro, há duas recomendações. **(i)** Por Rosolém & Marubayashi (1994) recomendam coletar 30 a 40 folhas da área representativa, que deverão ser colhidas do terço mediano da planta, na época de

florescimento; e (ii) Wutke et al. (1996) recomendam que seja colhida todas as folhas de dez plantas no florescimento.

A Tabela 2 apresenta teores adequados para a cultura do feijão, obtidos em diferentes pesquisas, encontrados nas folhas do feijoeiro.

Tabela 2. Faixa adequada de nutrientes encontradas nas folhas do feijoeiro, citadas em diferentes pesquisas: (A) Ambrosano et al.(1996); (B) Coamo (1998) e (C) EMBRAPA (1998).

Nutrientes	A	B	C
	g.kg ⁻¹		
N	30,0 – 50,0	-	28,0 – 60,0
P	2,5 – 4,0	2,0 – 3,0	2,5 – 5,0
K	20 – 24	20, 0 – 25,0	18,0 – 25,0
Ca	10 – 25	15,0 – 20,0	8,0 – 30,0
Mg	2,5 – 5,0	4,0 – 7,0	2,5 – 7,0
S	2,0 3,0	5,0 – 10,0	2,0 – 2,5
	mg.kg ⁻¹		
B	15 – 26	20 – 60	30 – 60
Cu	4 – 20	8 – 20	10 – 20
Fe	40 – 140	100 – 450	100 – 450
Mn	15 – 100	30 – 300	30 – 300
Mo	0,5 – 1,5	-	-
Zn	18 – 50	30 – 100	20 – 100

IV.2. Análise de solo

A análise de solo é o método mais rápido, barato e eficaz para a avaliação da fertilidade do solo, podendo ser realizada em qualquer época do ano através do uso de extratores que simulam as condições de absorção de nutrientes pelas raízes, após a calibração dos valores das análises com o da produção relativa da cultura, visa estabelecer as tabelas de recomendação de nutrientes para as diferentes regiões produtoras. Dentre essas regiões é de fundamental importância a observação do extrator utilizado, principalmente em termos do fósforo, no qual é utilizado basicamente dois extratores, o da resina trocadora de íons (Estado de São Paulo) e do Mehlich I (para as demais regiões do país), o qual é dependente do conhecimento da textura do solo. Normalmente o nível crítico do nutriente no solo, principalmente para P e K está associado com a produção relativa de 90%, isto é, nível

abaixo do qual a produção é limitada pela ausência do nutriente em questão, e acima do qual não há resposta econômica à adubação do mesmo.

Na tabela 3 está apresentado os teores de P e K correspondentes a produção de 90 a 100% para várias regiões do país em função do extrator utilizado.

Tabela 3. Teores de P e K correspondentes a produção relativa de 90 a 100%.

São Paulo	P Resina (mg.dm ⁻³)	K (mmol _c .dm ⁻³)
	16 - 40	1,6 - 3,0
Cerrado	P Mehlich (mg.dm ⁻³)	K (mmol _c .dm ⁻³)
Teor de Argila (%)		
61 - 80	> 3	51 - 80
41 - 60	> 8	
21 - 40	> 14	
<20	> 18	
Paraná	P Mehlich (mg.dm ⁻³)	K (mmol _c .dm ⁻³)
	5,1 - 13	31 - 60
Rio Grande do Sul	P Mehlich (mg.dm ⁻³)	K (mmol _c .dm ⁻³)
Teor de Argila (%)		
> 55	> 6	61 - 80
41 - 55	> 9	
26 - 40	>14	
11 - 25	>18	
≤10	>24	
Minas Gerais	P Mehlich (mg.dm ⁻³)	K (mmol _c .dm ⁻³)
Teor de Argila (%)		
60 - 100	8,1 - 12	71 - 120
35 - 60	12,1 - 18	
15 - 35	20,1 - 30	
0 - 15	30,1 - 45	

Fonte: Vitti adaptado, 2003

Tabela 4. Teores de Mg correspondentes a produção relativa de 90 a 100%.

Região	Mg (mmol _c .dm ⁻³)
São Paulo	5 - 8
Rio Grande do Sul	6- 10
Minas Gerais	9 - 15

Fonte: Vitti adaptado, 2003

Além dos teores absolutos de K, Ca e Mg do solo é importante observar o equilíbrio entre os mesmos, isto é o equilíbrio de bases, conforme abaixo estipulado:

K:Ca:Mg = 1:3:9 a 1:5:25 (relação Ca:Mg = 3:1 a 5:1)

Correspondendo a participação dos mesmos na porcentagem da saturação por bases de acordo com o apresentado na tabela 5

Tabela 5. Participação das bases na CTC do solo

V (%)	K (% T)	Mg (% T)	Ca (% T)
50	3	10	45
60	4	12	48
70	5	15	50

Fonte: Vitti adaptado, 2003

V. MANEJO QUÍMICO DO SOLO

V.1. Calagem

Método da saturação por bases (RAIJ et al., 1996) - Estado de São Paulo

Aplicar calcário objetivando elevar a saturação de bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 5 mmol_c/dm³. Em sistemas de plantio direto, recomenda-se que a saturação por bases não ultrapasse a 60%. Oliveira et al (1996), citados por Vitti et al. (1999), mencionam que a relação Ca/Mg desejável é 4/1 com um teor de Mg ao redor de 8 mmol_c.dm⁻³.

NC (kg/ha) = [(V2 - V1).T]/(10.PRNT)

em que V1 se refere à V% inicial; V2 à V% desejado (70%); T à CTC (Capacidade de Troca Catiônica, $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$) e PRNT ao Poder Reativo de Neutralização Total do calcário a ser utilizado

NC = quantidade de calcário a ser aplicada para correção da camada de 0-20 cm.

Neutralização do alumínio e/ou elevação dos teores de cálcio e magnésio (CFSEMG, 1999) - Estado de Minas Gerais

A fórmula para o cálculo da necessidade de calagem (NC em t/ha) para a camada de 0 a 20 cm, e considerando calcário com PRNT de 100%, é expressa do seguinte modo:

$$\text{NC (t/ha)} = [(I \times Y \times \text{cmol}_c \text{ Al } \text{dm}^{-3}) + (X - \text{cmol}_c \text{ Ca} + \text{Mg } \text{dm}^{-3})]$$

em que: I = 1,0 (feijão); Y = 1,0 (solos arenosos), 2,0 (solos com textura média), 3,0 (solos argilosos) e 4,0 (solos muito argilosos); X = 2,0 (feijão). Método da saturação por bases (CFSEMG, 1999), elevando V% para 50

Neutralização do alumínio e/ou elevação dos teores de cálcio e magnésio (CFSEMG, 1999) - Região de Cerrado

- (i) Condição: Argila > 200g/kg e $\text{Ca} + \text{Mg} < 2,0 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$
 $\text{NC (t/ha)} = [2 \times \text{cmol}_c \text{ Al } \text{dm}^{-3} + (2 - \text{cmol}_c \text{ Ca} + \text{mgdm}^3)]$
- (ii) Condição: Argila > 200g/kg e $\text{Ca} + \text{Mg} > 2,0 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$
 $\text{NC (t/ha)} = (2 \times \text{cmol}_c \text{ Al } \text{dm}^{-3})$
- (iii) Condição: Argila < 200g/kg
 $\text{NC (t/ha)} = (2 \times \text{cmol}_c \text{ Al } \text{dm}^{-3})$ ou
 $\text{NC (t/ha)} = 2 - (\text{cmol}_c \text{ Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \text{dm}^{-3})$
 (utiliza-se a expressão com maior recomendação)

Método do tampão SMP (CFS – RS/SC, 1994) - Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul

Nesse método as necessidades de calagem são correlacionadas com o pH SMP obtido no laboratório de análise de solo com as necessidades de calagem, visando elevar o pH em água por volta de 6,0 estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 6. Recomendações de calcário para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, para a cultura do feijão (CFS – RS/SC,1994).

pH SMP	pH em água a atingir (6,0)	pH SMP	pH em água a atingir (6,0)
t/ha			
≤ 4,4	21,0	5,8	4,2
4,5	17,3	5,9	3,7
4,6	15,1	6,0	3,2
4,7	13,3	6,1	2,7
4,8	11,9	6,2	2,2
4,9	10,7	6,3	1,8
5,0	9,9	6,4	1,4
5,1	9,1	6,5	1,1
5,2	8,3	6,6	0,8
5,3	7,5	6,7	0,5
5,4	6,8	6,8	0,3
5,5	6,1	6,9	0,2
5,6	5,4	7,0	0,0
5,7	4,8		

Método da saturação por bases (COAMO & COODETEC, 1998) - Estado do Paraná

Elevar a saturação por bases a 60 e 50%, respectivamente, para solos argilosos (teor de argila superior a 35%) e para solos arenosos e de textura média (teor de argila inferior a 35%).

$NC \text{ (kg/ha)} = [(V2 - V1) \cdot T] / PRNT$

em que V1 se refere à V% inicial; V2 à V% desejada (50% e 60%); T à CTC (Capacidade de Troca Catiônica, $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) e PRNT ao Poder Reativo de Neutralização Total do calcário a ser utilizado;

V.2. Gessagem

Nos solos tropicais, principalmente naqueles sob vegetação de cerrado, a deficiência de cálcio, associada, ou não a toxidez de alumínio é uma constante, ocorrendo tanto na camada arável, mas também abaixo desta. Tal fato é de extrema importância, pois estas características interferem no desenvolvimento do sistema radicular, tornando mais crítica a deficiência de água, quer por interferir na absorção e transporte de nutrientes, como P, Ca, Mg, K, contribuindo ademais para a fixação de fósforo no solo (Olmos & Camargo, 1976; citado por Vitti, 1999). Recomenda-se a utilização de gesso quando

as análises de solo revelarem as seguintes situações: **(i)** $\text{Ca} \leq 4,0 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ou $0,4 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; ou **(ii)** $\text{Al} \geq 5,0 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ou $0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; ou **(iii)** $\text{m}\% \geq 30\%$ (CFSEMG, 1999).

Uma vez constatada a necessidade de se aplicar o gesso agrícola, recomenda-se as quantidades apresentadas na tabela 25.

Por outro lado Souza et al., 1996, recomendam a seguinte fórmula geral para aplicação de gesso agrícola, baseado no teor de argila do subsolo para as condições de cerrado.

$\text{NG (kg/ha)} = 50.\text{argila (\%)} \text{ ou } 5.\text{argila (g/kg)}$

Tabela 7. Necessidade de gesso (NG, t/ha) para o Estado de Minas Gerais de acordo com o teor de argila de uma camada subsuperficial de 20 cm de espessura.

Argila (%)	NG (t/ha)
0 a 15	0,0 a 0,4
15 a 35	0,4 a 0,8
35 a 60	0,8 a 1,2
60 a 100	1,2 a 1,6

Fonte: CFSMG, 1999.

V.3. Fosfatagem

Segundo Vitti et al. (1999), a prática da fosfatagem é principalmente recomendada em solos arenosos (teor de argila < 25%), que permitem menor fixação de P, e com baixos teores desse nutriente ($\text{P-resina} < 10 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$), utilizando o mesmo em área total, antes da gradagem de nivelamento ou sobre a palhada no caso do plantio direto. Assim sendo, recomenda-se a utilização de fontes mais econômicas, ou seja, quando da prática da gessagem, sugere-se a aplicação de fosfatos reativos (hiperfosfatos) considerando para cálculo da dosagem o teor de P_2O_5 total (30%). Quando não for utilizado gesso agrícola, aplicar preferencialmente o superfosfato simples por conter em sua composição o gesso agrícola e consequentemente fornecer o enxofre como nutriente nas dosagens de 5 kg de P_2O_5 por ponto percentual de argila. Em função do mercado, do perfil do produtor, de região e sistema de plantio pode ser utilizado também outras fontes de P_2O_5 contendo magnésio, silício e micronutrientes.

As principais consequências dessa prática são:

- Maiores volumes de P em contato com o solo (> fixação);
- Maior volume de solo explorado pelas raízes;
- Maior absorção de água e de nutrientes;
- Melhor convivência com pragas do solo.

V.4.Adubação Verde

O feijoeiro responde a teores relativamente elevados de matéria orgânica no solo para atingir altas produtividade. Diversos estudos tem demonstrado que, embora seja uma leguminosa, reage principalmente a adubação verde com espécies dessa família. É recomendado o plantio de leguminosas ou adubo verde quando o terreno encontra-se em pousio ou em entressafra, com a umidade ainda suficiente para o crescimento da planta.

Estudos conduzidos pela EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, em Goiânia-GO, com diversas leguminosas mostraram que a matéria seca produzida pelas mesmas variaram de 1 (*Vigna*) e 27 t/ha (*Crotalaria mucronata*) num período de 8 meses.

A rotação de feijão com milho também favoreceu a redução da resistência do solo à penetração, a manutenção do teor normal de matéria orgânica do solo e possibilidade de redução da acidez e o aumento da saturação por bases em profundidade (Ambrosano et al., 2000). O processo de mineralização desta matéria orgânica começa quando a umidade do solo foi suficiente, liberando gradativamente nutrientes. Em geral, o nitrogênio e o potássio foram os nutrientes mais extraídos pelas leguminosas testadas, superando as doses de fertilizantes aplicadas na cultura. Para a maioria das leguminosas, que possui relação estreita de C/N, a taxa de decomposição é muito rápida e a disponibilidade dos nutrientes pode não coincidir com a demanda máxima do feijoeiro, e nesse caso, o nitrogênio pode ser perdido por lixiviação.

A rotação de culturas, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar o rendimento das espécies envolvidas. Silveira & Silva (1996) avaliaram os efeitos de diferentes rotações de culturas sobre o rendimento do feijoeiro comum, cultivado sob irrigação no sistema pivô central, na região de Goiânia- GO (Tabela 8). De modo geral, o feijoeiro quando cultivado após o arroz apresentou rendimentos maiores do que quando cultivado após o milho. Observou-se, também, efeito positivo do calopogônio e da soja, cultivados anteriormente, sobre a produtividade do feijoeiro.

Tabela 8. Rendimento de grãos de feijão em diferentes tratamentos de rotação/sucessão de culturas (semeaduras de 1993, 1994 e 1995).

Ano de semeadura	Rotação/Sucessão de culturas ¹				
	A-F	M-F	S-T-S-F-A-F	A/C-F	M-F-M-F-A-F
	Rendimento de grãos de feijão (kg/ha)				
1993	2.828	2.936	-	3.063	2.757
1994	2.656	2.046	2.945	2.922	2.082
1995	2.269	2.074	2.288	2.609	2.162

¹ A: Arroz; C: Calopogônio; F: Feijão; M: Milho; S: Soja; T: Trigo

Fonte: Silveira & Silva, 1996.

V.5. Adubação Orgânica

Trabalhos conduzidos por Scherer & Bartz (1982) demonstraram efeitos altamente benéficos de adubação orgânica com esterco de aves nessa cultura. Assim quando do uso de esterco ou compostos (15 a 20 t/ha esterco de curral ou até 4 a 8 t/ha de esterco de galinha ou cama de frango de corte), reduzir da adubação recomendada o conteúdo de nutrientes presente nesses materiais, considerando um fator de aproveitamento de 50% para o N e o P, e 80% para o K, no ano de aplicação ou na safra correspondente. (Ambrosano et al., 1996).

Tem-se recomendado, para áreas menores, a adubação orgânica com esterco de aves, suínos e bovinos e compostos de bagacilho de cana. Para áreas maiores não existe disponibilidade de fertilizante orgânico suficiente para satisfazer a demanda.

Tabela 9. Teor e quantidade média de nutrientes incorporados ao solo, com aplicação de 10 t/ha de esterco de aves.

Nutrientes	kg.ha ⁻¹
N	570
P ₂ O ₅	378
K ₂ O	300
CaO	860
MgO	42

Fonte: EMBRAPA CNPAF, 1998.

V.6. Adubação Mineral

V.6.1. Nitrogênio

Embora o feijoeiro seja uma leguminosa, necessita de uma fonte de nitrogênio através da adubação mineral ou orgânica.

Para maior eficiência do aproveitamento do N, seja via biológica, via matéria orgânica do solo e via adubação mineral, devem ser observados os seguintes aspectos: **(i)** época do fornecimento e dose de N via adubação mineral. Como a enzima nitrogenase apresenta máxima eficiência de fixação em período anterior a da enzima nitrato-redutase, fornecer cerca de 1/3 do N por ocasião da semeadura e o restante em cobertura no estágio V4; **(ii)** fornecimento adequado de outros nutrientes diretamente ligados ao processo de fixação biológica, como o P, S e micronutrientes, principalmente o Mo e Co, via semente, e foliar na fase de enchimento de grãos; **(iii)** correção do solo e fornecimento de Ca e Mg através da calagem; e **(iv)** aspectos sanitários.

A seguir são apresentadas recomendações oficiais para o suprimento de nitrogênio para essa cultura.

a) Estado de São Paulo

Tabela 9. Adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro irrigado

N – Plantio		N – Cobertura (kg.ha ⁻¹)	
Produtividade esperada (t.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)	Classe de respostas a N	
		Alta	Média e baixa
2,5 – 3,5	10	70	40
2,5 – 4,5	20	90	50

Fonte: Ambrosano et al., 1996

Classes de resposta: **(i)** alta: Culturas irrigadas; solos arenosos; cultivo após gramíneas; solo compactado; e **(ii)** 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.

Aplicar o N de cobertura 15 a 30 dias após 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 emergência (AMBROSANO et al., 1996).

b) Estado do Paraná

A recomendação para o Estado do Paraná está apresentada na tabela 10.

Tabela 10. Quantidade de nitrogênio recomendada para adubação da cultura do feijão.

Época de aplicação	
Semeadura	Cobertura
N em kg.ha ⁻¹	
10 a 15	30 a 60

Fonte: COAMO & COODETEC (1998)

c) Estado de Minas Gerais

A recomendação oficial de adubação nitrogenada para o Estado de Minas Gerais está apresentada na Tabela 11.

Tabela 11. Recomendação de adubação nitrogenada (CFSEMG, 1999)

N – Semeadura ¹		N – Cobertura	
Produtividade esperada (kg.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)	Produtividade esperada (t.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)
1800 – 2500	30	1800 - 2500	40 ³
> 2500	40	> 2500	60 ³

1 Aplicado junto com o fósforo e potássio

2 A adubação nitrogenada de cobertura deve ser feita 25 a 30 DAE, com o solo úmido

3 Parcelar a adubação nitrogenada em 2 ou 3 vezes

De modo geral, a adubação nitrogenada em cobertura deve ser feita no estágio V4, aproximadamente 30 dias após a emergência, conforme dados obtidos por Araújo et al. (1994) em seis experimentos desenvolvidos em Ponte Nova e Leopoldina, MG, utilizando 20 kg/ha de N no plantio e 40 kg/ha de N em cobertura..

d) Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CFS – RS/SC, 1994)

A adubação nitrogenada de plantio é recomendada nas doses de 10 a 20 kg/ha de N e o restante em cobertura, dependendo do teor de matéria orgânica do solo (Tabela 12), duas a três semanas após a emergência.

Tabela 12. Recomendação de adubação nitrogenada

Teor de matéria orgânica no solo	Adubação nitrogenada
%	kg.ha ⁻¹
≤ 2,5	100
2,6 – 3,5	85
3,6 – 4,5	60
4,6 – 5,5	35
> 5,5	≤ 20

Fonte: CFS – RS/SC, 1994

As principais fontes de nitrogênio disponíveis no mercado nacional são a uréia o nitrato e o sulfato de amônio, todas apresentando a mesma eficiência agrônômica desde que utilizadas tecnicamente. Assim, quando do uso da uréia atentar para as perdas por volatilização de amônia (NH₃), principalmente quando do uso em cobertura no sistema de plantio direto, procurando adotar medidas para redução dessa perda, como:

- Aplicação da uréia seguida da “incorporação” da mesma pela água da irrigação;
- Mistura da uréia com sulfato de amônio granulado, como por exemplo a formulação 32-00-00-12, resultante da mistura equivalente dessas duas fontes.

V.6.2. Fósforo

Apesar de ser o macronutriente menos extraído pelo feijão é, normalmente, o nutriente que mais afeta a produção, sejam pelas funções na planta, bem como pela pobreza e dinâmica desse elemento no solo.

A seguir são apresentadas recomendações oficiais, levando em consideração a produtividade e teor desse elemento no solo.

a) Estado de São Paulo

Tabela 13. Recomendação de adubação fosfatada.

Produtividade esperada t.ha ⁻¹	P resina (mg.dm ⁻³)			
	0 – 6	7 - 15	16 - 40	
	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)			
2,5 – 3,5	90	60	40	20
3,5 – 4,5	1 ()	80	40	20

Fonte: Raij et al., 1996.

(1) É pouco provável a obtenção de alta produtividade em solos deficientes em P.

b) Região do Cerrado

Tabela 14. Recomendação de fósforo para o feijoeiro irrigado, de acordo com o teor de fósforo do solo e teor de argila.

Teor de Argila (%)	Teor de P (mg.dm ⁻³) ¹ (> 10) P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)
61 – 80	60 a 70
41 – 60	50 a 60
21 – 40	45 a 50
< 20	30 a 45

Fonte: EMBRAPA-CNPAP, 1998.

¹Recomendações baseadas no extrator de H₂SO₄ 0,025 N + HCl 0,5 N (Mehlich I)

c) Estado do Paraná

Tabela 15. Quantidade de fósforo (P₂O₅) recomendado para adubação da cultura do feijão

Níveis ou Classes m (dm ⁻³)			
Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
< 2,0	2,1 – 5,0	5,1 – 13,0	> 13,0
P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)			
130	120	20	20

Fonte: COAMO – COODETEC, 1998.

d) Estado de Minas Gerais

Tabela 16. Recomendação de adubação fosfatada (CFSEMG, 1999)

Produtividade esperada kg.ha ⁻¹	Disponibilidade de P (mg.dm ⁻³)		
	Baixa	Média	Alta
	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)		
1800 – 2500	90	70	50
> 2500	100	90	70

Na adubação fosfatada no sulco de semeadura podem ser utilizadas as fontes obtidas via ataque ácido como o superfosfato simples o superfosfato triplo, MAP, DAP ou oriundos de fontes não convencionais enriquecidos com macronutrientes secundários (Ca, Mg e S), micronutrientes e, até mesmo com elementos benéficos como o silício (Si) o qual promove maior resistência à incidência de doenças.

V.6.3. Potássio

Apesar de baixas respostas a esse elemento em vários experimentos, a utilização intensa do solo e o conseqüente esgotamento, a adubação potássica é importante, principalmente em cultivos irrigados com altas produtividades

a) Estado de São Paulo

Tabela 18. Recomendação de adubação potássica para o feijão irrigado

Produtividade esperada t.ha ⁻¹	K trocável (mmol _c .dm ⁻³)			
	0 – 0,7	0,8 – 1,5	1,6 – 3,0	> 3,0
	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)			
2,5 – 3,5	80	50	30	20
3,5 – 4,5	100	60	40	20

Fonte: Raij et al., 1996.

b) Cerrado

Tabela 19. Recomendação de adubação potássica (K_2O em $kg.ha^{-1}$) para o feijão irrigado e para feijão consorciado com milho.

K_2O no solo Mehlich ($mg.dm^{-3}$)	K_2O em $kg.ha^{-1}$	
	Cultura consorciada	Cultura irrigada
0 a 25	40	60
25 a 50	30	50
50 a 75	20	40
> 75	10	30

Fonte: EMBRAPA-CNPAF, 1998.

c) Estado do Paraná

Tabela 20. Quantidade de potássio (K_2O) recomendado para a adubação do feijão irrigado

Níveis ou Classes ($cmol_c.dm^{-3}$)			
Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
< 0,10	0,11 – 0,30	0,31 – 0,60	> 0,60
K_2O ($kg.ha^{-1}$)			
45	30	15	0

Fonte: COAMO – COODETEC, 1998.

d) Estado de Minas Gerais

Tabela 21. Recomendação de adubação potássica (CFSEMG, 1999)

Produtividade Esperada $kg.ha^{-1}$	Disponibilidade de K ($mg.dm^{-3}$)		
	Baixa	Média	Alta
K_2O ($kg.ha^{-1}$)			
1800 – 2500	40	30	20
> 2500	50	40	20

e) Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

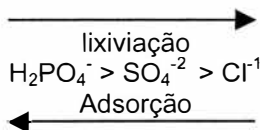
Tabela 22. Recomendação de adubação potássica.

Teor de K no solo	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo
	Adubação potássica (kg K ₂ O.ha ⁻¹)		
Limitante	120	70	50
Muito baixo	90	60	R
Baixo	70	50	R
Médio	60	R	R
Suficiente	50	R	R
Alto	≤ 40	≤ R	R

Valor R (reposição): 40 kg K₂O.ha⁻¹

Fonte: CFS – RS/SC, 1994.

A fonte tradicional e mais barata de potássio é o cloreto, o qual além de conter 60% K₂O também possui altos valores de cloro (46%). Teores foliares superiores a 2,0% causam toxicidade, segundo Barke (1984), enquanto para Charman (1966), esses valores estão na faixa de 4,35 a 5,35%. As formulações de nutrientes contendo outros ânions, como o SO₄⁻² e H₂PO₄⁻² diminuem a absorção de Cl⁻ principalmente em plantas com sistema radicular superficial pela maior retenção desses ânions pelo solo em relação ao cloreto nas camadas superficiais, isto é:



Vale lembrar ainda, que o nível de tolerância a sais em água pela cultura do feijão para 90% do rendimento potencial é baixo, ou seja: C.E. de 1.0 dS/m 25°C. (Ayres & Westcot, 1991).

V.6.4. Micronutrientes

Com relação as respostas do feijoeiro ao uso de micronutrientes, tem-se observado na prática das análises químicas de solo e da planta, que as deficiências mais frequentes são as de B e Zn, em menor frequência de Cu e Mn, devido principalmente à utilização desse último associado à defensivos.

Guazzelli et al. 1973, citam que respostas positivas à aplicação de mistura de micronutrientes na forma de "fritas" têm sido observadas em latossolo sob cerrado do Brasil Central, nas culturas de soja e feijão, Ambrosano et al. reafirma tal citação em 1996.

Segundo Lopes, (1984), citado por Ambrosano et al.,1996, cita que dentre os micronutrientes, o zinco é aquele cuja deficiência

é quase generalizada nos solos sob cerrados no Brasil Central, sendo a maioria desses solos formados por latossolo e podzólico altamente intemperizados, ácidos e com baixa capacidade de troca de cátions.

Em trabalhos mais recentes tem-se constatado um efeito pronunciado do molibdênio na produtividade do feijoeiro, sendo que Berger et al. (1993a) observaram aumentos de produtividade da ordem de 54% para a dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo em uma localidade e de 164% para a dose de 79 g.ha⁻¹ de Mo em outra, quando o mesmo for aplicado via foliar, entre 14 e 28 dias após a emergência.

Amane et al. (1994), concluíram que o Mo pode até mesmo substituir a adubação em cobertura de N, em solos da zona da mata em Minas Gerais, conforme dados da Tabela 23.

Tabela 23. Resultados dos experimentos realizados em Viçosa (feijão das águas) e Coimbra (feijão de inverno).

Tratamentos	Locais			
	Viçosa		Coimbra	
	Produção	N foliar	Produção	N foliar
1	624 (100%)	3,95 B (100%)	1896 B (100%)	3,41 (100%)
2	1184 (190%)	4,53 A (126%)	2668 A (141%)	4,64 (136%)
3	1020 (163%)	4,25 A (125%)	2495 A (132%)	4,40 (129%)

(1) testemunha (Sem N e Mo)

(2) 20 kg/ha de N no plantio + 20 g/ha de Mo (aplicação foliar aos 25 dias)

(3) 20 kg/ha de N no plantio + 30 kg/ha de N aos 25 dias.

Ambrosano et al. (1996), concluíram que a produtividade do feijoeiro irrigado pode ser incrementada pela adição da mistura de micronutrientes FTE-BR-12 na dosagem de 30 Kg. ha⁻¹, sendo esse incremento mais acentuado nos solos com menor fertilidade, como o de Pindorama (Tabela 24). A aplicação da mistura de micronutrientes, incluindo o molibdênio, pode contribuir efetivamente para o aumento nos teores de nitrogênio das folhas de feijoeiro irrigado cultivados em solo com baixa fertilidade natural como o de Pindorama.

Tabela 24. Análise foliar de macro e micronutrientes em feijoeiro (IAC-Carioca), em Pindorama (média de 2 anos).

Trata- Mentos	Macronutrientes					Micronutrientes	
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	B
	g. kg ⁻¹					mg. kg ⁻¹	
Borogran ¹	28,8bc	4,3	25,6ab	14,2	13,6	55,8bc	74,0 ^a
Zincogran	30,4b	3,5	26,1ab	14,4	3,3	78,0a	41,0d
FTE 12 30	36,1 ^a	3,9	28,2 ^a	14,1	3,4	66,2ab	48,4cd
FTE 12 60	36,9 ^a	4,2	26,8ab	13,8	3,5	64,8b	60,6b
NPKp ²	28,4bcd	3,8	27,6 ^a	13,5	3,4	50,4c	40,8d
NPKpm ³	35,2 ^a	4,0	27,6 ^a	13,4	3,4	58,6bc	38,8d
Tca	26,1cd	3,9	23,9b	15,0	3,5	49,0cd	39,2d
Tsa	25,1d	4,0	20,7c	13,8	3,6	37,2d	58,2bc
CV (%)	8,11	13,30	8,35	10,79	10,84	16,89	16,36

Médias seguidas de letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

(1) Borogran = 20Kg ha⁻¹ (8% B)

(2) NPK p: pulverizado

(3) NPK pm: pulverizado + micronutrientes (B, Mo, Zn)

Zincogran = 20Kg ha⁻¹ (20% Zn).

FTE BR-12 : 30 Kg ha⁻¹ de FTE-BR-12.

FTE BR-12 : 60 Kg ha⁻¹ de FTE-BR-12.

Tca: Testemunha com adubação básica, sem micronutrientes.

Tsa: Testemunha sem adubação básica, sem micronutrientes.

A seguir são apresentadas as recomendações oficiais para a utilização de micronutrientes em feijão: **(a)** via solo: para as condições de cerrados. A EMBRAPA/CNPAF (1996) fornece as seguintes recomendações, as quais deverão ser aplicadas juntamente com os macronutrientes no plantio de feijão; **(b)** via foliar: correção (ou prevenção) de micronutrientes por via foliar, modificado de Malavolta & Lima Filho (1997) pode ser feita de acordo com o apresentado na Tabela 25. Ambrosano et al. (1996) sugere a aplicação de 3kg/ha de Zn quando seu teor no solo (DTPA) for menor que 0,6 mg/dm³ e 1,0 kg/ha de B, quando o seu teor (água quente) for inferior a 0,21 mg/dm³. Em diversos experimentos, citados em Vitti et al. (1999), com aplicação de Mo foliar, conclui-se que a dose de 70 g/ha aplicado entre 14 e 28 dias após a emergência tem revelado maiores rendimentos econômicos; e **(c)** via semente: no tratamento de sementes, podem ser usados produtos comerciais que contenham Mo e Co, nas dosagens de 15g/ha de Mo e 0,25g/ha de Co.

Tabela 25. Recomendação de adubação com micronutrientes para cerrados (EMBRAPA - CNPAF, 1996)

Boro			Cobre		
Muito Baixo	baixo	crítico	muito baixo	baixo	crítico
mg/dm^3					
< 0,5	0,5 – 1,0	> 1,0	< 0,3	0,3 – 0,6	> 0,6
kg/ha					
1,00	0,50	0,25	3,00	1,50	0,75
Manganês			Zinco		
Muito Baixo	baixo	crítico	muito baixo	baixo	crítico
mg/dm^3					
< 2,5	2,5 – 5,0	> 5,0	< 2,0	2,0 – 4,0	> 4,0
kg/ha					
2,00	1,00	0,50	4,00	2,00	1,00

Fonte: EMBRAPA/CNPAF (1996).

Tabela 26. Recomendação de adubação para o estado de São Paulo

Elemento	Solo	kg/ha
Zn (DTPA)	< 0,6 mg/dm^3	3
B (água quente)	< 0,21 mg/dm^3	1

Fonte: AMBROSANO, et. al, 1996

Tabela 27. Doses¹ de micronutrientes para aplicação foliar.

Elemento	kg/ha	Observação
Cobre (Cu)	1	dividido em 2-4 aplicações
Manganês (Mn)	2	dividido em 2-4 aplicações
Molibdênio (Mo)	0,07	dividida em 2 aplicações
Zinco (Zn)	1	dividida em 2 aplicações

¹ Em função de desenvolvimento, sintomas, análise folhas e quando as fontes de Cu, Mn e Zn forem quelados, usar 2/3 da dose do elemento.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manifestação do potencial produtivo do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L), e de outras espécies vegetais, é diretamente

influenciado pelas condições reinantes no ambiente de produção (solo, clima e organismos).

Assim, imperiosamente, a cultura de feijão irrigado deverá ser conduzida com técnicas e tecnologia apropriadas ao sistema de produção, objetivando a garantia do desempenho satisfatório de plantas e a redução dos níveis de estresse de natureza diversas. E, portanto, o manejo baseado em recomendações pré-estabelecidas (“receita de bolo”) e pacotes tecnológicos deverá ser definitivamente abominado.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A.; ARAÚJO, G.A. de A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenadas e molibdica. **Revista Ceres**, v.41, n.234, p.202-216, 1994.
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H. A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CATARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. van et al. (ed.). **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 2. Ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. p.187-203.
- AYRES, R.S. & WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. DAMASCO, F. A. V. Campina Grande, UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).
- BARKE, R. (1984) Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Australia.
- BERGER, P. G. VIEIRA, C.; ARAUJO, G.A. de A. Adubação molibdica por via foliar na cultura do feijão: efeitos de doses. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., Londrina, 1993.
- CHAPMAN, H. D. (Ed.) (196) Diagnostic Criteria for Plants and soil. (Univ. Calif. Div. Agric. Sincos: Berkeley.)
- CFSEMG. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5a. aproximação. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.C. (Ed), Viçosa, MG, 1999. 359p.

- CFS-RS/SC – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 3. Ed. Passo Fundo: SBSC-Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, R. **Guia de fertilidade do solo.** – versão multimídia. Lavras: UFLA/ANDA/POTAFOS, 1999.
- MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O.F. Nutrição e Adubação do feijoeiro. In: *Tecnologia da produção do feijão irrigado*. FANCELLI, A.L. & DOURADO-NETO, D. (Ed.) Piracicaba. ESALQ-USP. 1997 p.22-51.
- MAIA, R.H.; ARRAES P.P.A. VI RENAFE, Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, Anais, v.1, Goiânia, GO, 1999.
- OLIVEIRA, E. F. de. ;COSTA, J. M. Treinamento de fertilidade e nutrição de plantas. Campo Mourão-Curitiba, COODETEC/COAMO, 1998, 59p.
- ROSOLÉM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Soja o doutor do seu feijoeiro. Arquivo do Agrônomo n.7. **Encarte de Informações Agrônomicas**, n.68. POTAFOS. 1994. 1-16p.
- SCHERER, E.E.; BARTZ, H.R. Adubação do feijoeiro com esterco de aves, nitrogênio, fósforo e potássio. 2ª ed. Florianópolis, EMPASC, 1982. 15p. (**Boletim Técnico, 10**).
- SILVEIRA, P.M. da; Cobucci, T.; RIOS, G.P.; STONE, L.F; SILVA, O.F. da. Sistemas agrícolas irrigados no cerrado, Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 63p.
- SILVEIRA, P.M. da.; SILVA, J.G. da. Efeito do preparo do solo e da rotação de cultura sobre o rendimento do feijoeiro irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia/GO. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CPAF, 1996. V.1, p.462-464. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 69).
- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; MIRANDA, L.N. de. **Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para as culturas anuais nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 7p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado técnico, 51).
- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 20p. (EMBRAPA-CPAC. Circular técnica 32).
- THUNG, D.T.M.; OLIVEIRA, P.I. Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle, EMBRAPA-CNPAF, Santo Antônio de Goiás, GO, p.105-134, 1998.

- VITTI, G.C.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja, n.90, Encarte de Informações Agronômicas, POTAFOS. 1999. 1-16p.
- VITTI, G.C. O enxofre no solo . In: BULL, L.T.; ROSOLEM, C.A. (ed). **Interpretação de análise química do solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. P.129-175.
- VITTI, G. C.; MALAVOLTA, E.; REZENDE, L. O. de; TREVISAN. W. Manejo da fertilidade do solo na cultura do feijão irrigado. In: Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo FANCELLI, A.L. & DOURADO-NETO, D. (Ed.). Piracicaba: Publique, 1999. p.108-125.
- VITTI, G.C.;VIEIRA, F. C.; OLIVEIRA, M. F. W. Manejo Químico do Solo na cultura do feijão irrigado. In: Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo FANCELLI, A.L. & DOURADO-NETO, D. (Ed.). Piracicaba: Publique, 2001. p.165 - 195.

MANEJO DE FUNGOS DE SOLO NA CULTURA DO FEIJÃO IRRIGADO

Wagner Nunes

Agro-Sistemas – Formosa/GO – (61) 642-1166

Agro-sistema@uol.com.br

I. INTRODUÇÃO

Os fungos de solo são, com certeza, um dos mais importantes elementos de queda da produtividade das lavouras de feijão irrigado; sobretudo nas regiões de altitude superior a 600m. Alguns agricultores providenciam até mesmo a mudança do pivô central de lugar, pois não vislumbram outras alternativas para a obtenção de produtividades satisfatórias. A própria cultura do milho, que na maioria dos casos, participa da sucessão ao feijão, em muitos áreas irrigadas, também tem apresentado problemas de manejo com alguns desses fungos.

Por essa razão, a compreensão e a correção das “causas” e não apenas o combate aos “efeitos”, mostram-se fundamentais para o estabelecimento de estratégia de manejo e convivência com esses tipos de fungos.

Assim, no presente trabalho serão discutidas algumas estratégias de manejo que a Agro-Sistemas têm adotado na região do entorno de Brasília, com ênfase a três aspectos básicos:

- 1 – Discussão do manejo de fungos de solo propriamente dito.
- 2 – Enfoque principal apenas destinado ao *Fusarium solani* e à *Rhizoctonia solani*
- 3 – Garantia da manutenção do Sistema de Plantio Direto (SPD) como fator de estabilidade agrícola.

Ainda, convém salientar que a Agro-Sistema tem plena consciência da complexidade do processo e não tem a pretensão de considerar que nessa abordagem será possível enfocar todos os seus elementos e muito menos que as ferramentas de manejo que serão apresentadas correspondam às únicas possíveis.

II. PRINCÍPIOS DE MANEJO

Embora o presente trabalho não se atenha à caracterização biológica dos patógenos considerados, reconhece-se a sua importância, pois esses conhecimentos poderão contribuir para a compreensão de alguns aspectos dos fungos de solo, além indicar as possíveis causas da manifestação da doença e das prováveis estratégias de controle.

II.1. Quanto aos Fungos

Na tabela 1 são apresentados os dados de uma área de cerrado nativo e a presença de *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*

Tabela 1. Ocorrência natural de *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*, em área sob vegetação de cerrado

<i>Espécie</i>	<i>Nº Propágulos / g (solo)</i>
<i>Fusarium solani</i>	135
<i>Rhizoctonia solani</i>	38

Fonte: AGRO-SISTEMAS

Essas populações são dinâmicas e variam em quantidade nos diversos “habitats” ; porém guardam algumas características básicas e, normalmente, estão em equilíbrio biológico na natureza. As práticas agrícolas, contudo, promovem o aumento demasiado de suas populações e, como consequência, evidencia-se a manifestação da doença.

Assim, o aspecto de se constituírem fungos naturais do solo já determina um princípio de manejo, qual seja: **são de difícil erradicação e a estratégia de manejo deverá ser baseada na convivência.**

Ainda, salienta-se que as espécies em discussão são fungos com alta habilidade de competição, saprofíticos e estrategistas (R).

Conforme Reis (2002) e Citarelo Garret (1970) os fungos infectantes de raiz podem ser classificados em dois grupos:

a) Sem habilidade de competição saprofítica

São fungos que infectam o hospedeiro vivo, mas que perdem sua habilidade ao esgotar suas reservas (Ex. Mal-do-pé do trigo). Para esse grupo de fungos a prática da simples rotação com hospedeiros não suscetíveis pode se mostrar suficiente (Reis 1.991).

b) Com Habilidade de competição saprofítica (HCS)

Nesse grupo estão presentes os fungos dos gêneros *Fusarium*, *Macrophomina*, *Rhizoctonia*, *Phytium*, além de outros. Sua característica básica é serem mais adaptados à vida saprofítica no solo, trocando de substrato ou desenvolvendo estruturas de dormência, que lhes permitam sobreviver no solo por períodos indeterminados de tempo.

Para esse grupo de fungos a simples rotação de cultura não será suficiente com espécies não hospedeiras (Slipton, et al, 1.981 citado por Erlei, 2.002).

Outro aspecto importante é que estes fungos são classificados como estrategistas “R”, ou seja, sobrevivem em ambientes degradados e com pouca diversidade biológica.

Em algumas espécies florais onde se realiza o expurgo com brometo de metila, um dos primeiros grupos de fungos a reaparecer no solo são os do gênero *Fusarium*.

Em decorrência de suas características biológicas, esses fungos de solo são altamente transmissíveis por sementes e o seu nível de tolerância em sementes de feijão é zero, conforme tabela abaixo, citada por Fancelli (2000).

Tabela 2. Níveis de tolerância de fitopatógenos em sementes.

Patógenos (amostras de 1 kg)	Classes de sementes (%)		
	Básica	Certificada	Fiscalizada
<i>Fusarium oxysporum f.sp. phaseoli</i>	Zero	Zero	Zero
<i>Fusarium solani f. sp. Phaseoli</i>	Zero	Zero	Zero
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Zero	Zero	Zero
<i>Colletotricum lindemuthianum</i>	Zero	1	1,5
<i>Rhizoctonia solani</i>	2	3	5
<i>Fusarium spp.</i>	5	10	20
<i>Alternaria spp.</i>	3	5	10

Fonte: Fancelli (1998)

Embora os fungos de solo possam causar a morte de plântulas, durante o processo germinativo, a sua maior manifestação corresponde à queda significativa de produtividade. Por isso, quanto

mais eficiente for o manejo, menor será o dano resultante, mesmo na presença dos patógenos.

Embora o *Fusarium solani* seja extremamente agressivo, ele não consegue infectar o feijoeiro comum sem que haja um ferimento e, após o V4, essa infecção pode ser insignificante, pois a planta adquire resistência mecânica à penetração do fungo. Muitas vezes essa infecção permite o desenvolvimento normal da cultura sem aparecimento de sintomas na parte aérea até a fase de R7/R8. Todavia, no estágio fenológico mencionado, a translocação de fotoassimilados para as vagens enfraquece hastes e folhas, contribuindo para o aparecimento de reboleiras amareladas na área, que provocam o amadurecimento precoce das vagens. Esse fato é erroneamente denominado de ataque de *Fusarium* de final de ciclo. Vale a ressalva que o *Fusarium oxisporum* pode apresentar sintomatologia geral muito parecida, porém o seu controle se relaciona à resistência genética, o que não é possível com o *Fusarium solani*.

Salienta-se que não existe uma população de fungos à partir da qual se possa afirmar cientificamente que haverá a manifestação da doença e em que grau de severidade a mesma se manifestará.

Cada sistema agrícola (solo, clima e cultura) tem seu próprio dinamismo e equilíbrio, o qual é extremamente afetado por fatores do meio como temperatura, ação humana, táticas de manejo, tipo e fertilidade de solo, além de outros.

Esta é a razão pela qual a medição pura e simples da quantidade de fungos não se constitui num indicativo seguro para se avaliar a real probabilidade do aparecimento da doença e da severidade que venha a ocorrer.

Também é por esta razão que as mesmas práticas de manejo nem sempre proporcionam o mesmo grau de eficiência, seja no tempo (época do ano) ou no espaço (pivô para pivô, fazenda para fazenda, região para região).

Na busca das alternativas para o manejo eficiente dos fungos de solo é importante sempre reconhecer que a doença é apenas o efeito e nunca a causa.

Nesse aspecto, alta população de fungos (reboleiras) e/ou erros de manejos, como no sentido do plantio causado por semeadura profunda, podem provocar a manifestação da doença, porém com causas bem diferentes e, conseqüentemente, exigindo enfoque de controle distintos.

II.2. Quanto ao manejo

O manejo de fungos de solo, principalmente relacionados aos estrategistas “R”, exigem a observância de alguns princípios.

- 1) “É melhor prevenir do que remediar”.
Nunca é tão aplicável a frase acima do que, quanto ao manejo de fungos de solo.
No momento da semeadura, praticamente todo o processo de manejo estará sendo decidido e, posteriormente, pouca coisa poderá ser feita para corrigir o problema.
- 2) O mal não possui uma só causa, por isso as soluções têm que ser sistêmicas.
Focar só no controle da população de fungo na surtirá o efeito desejado, ou seja, soluções pontuais dificilmente serão eficientes e duradouras, pois várias são as causas que podem provocar a doença. A identificação de todas estas causas e seu grau de importância, são decisivos para a solução do problema.
- 3) Com manejo adequado pode-se esperar produtividades satisfatórias, mesmo com alta população fúngica.
- 4) Práticas que promovam o enraizamento e acelere o arranque da cultura diminuem o efeito da doença.
- 5) Com temperaturas mínimas abaixo de 14°C, da semeadura até a fase R6, é muito difícil conseguir sucesso, pois o desenvolvimento das plantas torna-se lento e a reação delas ao ataque dos fungos fica prejudicada.

III. FATORES QUE INTENSIFICAM O PROBLEMA

Em nossa experiência de trabalho foram relacionados alguns fatores que podem contribuir decisivamente para a manifestação da doença e/ou intensificar a sua severidade, dentre os quais merecem destaque:

III.1. Temperatura baixa

O feijoeiro é extremamente afetado pela temperatura em todo o seu ciclo de vida, sobretudo nos seus estádios iniciais. O período de germinação do feijoeiro pode levar de 5-7 dias até 13-15 dias, em função da temperatura e profundidade de semeadura, sendo que germinação acima de 8 dias, com certeza se dará com gastos metabólicos excessivos e exporá a plântula a ataque de fungos de solo. Mesmo depois de germinado quando a temperatura mínima é inferior a 14°C e a máxima inferior a 25°C, o tempo gasto para atingir o estágio V4 pode chegar a 22 dias expondo

demasiadamente a lavoura a esse grupo de fitopatógenos (Fancelli, 1999).

III.2. Semeadura profunda

Esse fator também é decisivo, pois aumenta o tempo necessário para a germinação e provoca a elongação do hipocótilo, expondo maior área para o ataque dos fungos. A *Rhizoctonia solani*, esgota reservas cotiledonares no processo germinativo e diminui a capacidade de resistência a estresses, retardando o crescimento da cultura. Na semeadura do feijoeiro deve-se envidar todos os esforços necessários para que ela não ultrapasse 2-3 cm de profundidade.

III.3. Sementes contaminadas

Embora sejam habitantes naturais do solo, pode-se aumentar em muito a população desses fungos ao se usar sementes contaminadas com esses fitopatógenos e, com isso, a rapidez na ocorrência e a severidade da doença. Um outro fator importantíssimo refere-se ao uso de grãos do próprio produtor para semeadura. A tabela 3 mostra claramente que a não utilização de semente livre de patógeno, bem como a falta de tratamento, aumentaram sensivelmente a incidência de *Fusarium solani*.

Tabela 3. Severidade de Podridões Radiculares em semente de feijão

Classe de semente	Severidade%
Sementes básicas (tratadas)	5
Sementes básicas (não tratadas)	20
Sementes certificadas (tratadas)	5
Sementes certificadas (não tratadas)	20
Sementes do produtor (tratadas)	25
Sementes do produtor (não tratadas)	60

Fonte: CNPAF – Júnior (2.003) – Dados não publicados.

III.4. Solos compactados

Preparo de solo que contribua para a formação “pé-de-grade”, no sistema convencional ou manejo inadequado nas áreas de P.D (por exemplo: trânsito de caminhões dentro do pivô, na colheita de milho ou colheitadeiras não dupladas, quando a colheita do milho é efetuada em tempo chuvoso) podem causar a compactação do solo e se constituírem num dos mais relevantes fatores de manifestação e severidade do ataque de fungos de solo.

Ainda, nesse contexto outros aspectos deverão ser mencionados como:

- a) Diminuem a área de solo explorável ao sistema radicular dificultando o crescimento de raízes;
- b) Diminuem o número de macroporos do solo e aumentam a possibilidade de encharcamento e
- c) Diminuem a oxigenação do solo afetando a nutrição e o crescimento vegetal.

III.5. Sucessão inadequada

Em áreas irrigadas é mais técnico falar-se em sucessão de culturas do que em rotação, pois, não há variabilidade espacial e pouca variação no tempo (época de plantio repetidas) fazendo com que, via de regra, venha a se semear o feijoeiro antes que o resto cultural da última lavoura dessa leguminosa esteja totalmente decomposto. Aliado a isso, a característica fisiológica desses fungos de apresentarem elevada habilidade de competição saprofítica, tornam o sistema de rotação e/ou sucessão ineficazes e, às vezes, multiplicadores de fungos de solo, pois sempre haverá oferta de restos culturais como fonte de energia. Assim, somente a introdução de uma espécie supressora permitirá a reversão do processo.

III.6. Topografia e textura irregular

Muitos pivôs são instalados em áreas com irregularidades de relevo e/ou desuniformidade de textura (presença de solo argiloso e cascalho no mesmo pivô) o que provocam grandes dificuldades para se conseguir a uniformidade de semeadura desejada (mesmo com o uso de semeadora pantográficas) e/ou manejo adequado da irrigação, de forma a se evitar a formação de áreas encharcadas, que poderiam potencializar o problema.

III.7. Posicionamento do adubo

O posicionamento do fertilizante quando colocado mais que 3-5 cm de distância da semente pode potencializar a severidade do ataque de fungos de solo; sobretudo, nas épocas mais frias (temperatura inferior a 14° C até V4) pois, retardará o arranque das plantas e poderá torná-las mais suscetíveis aos patógenos de solo.

III.8. Manejo inadequado da irrigação

Pivôs com lâminas irregulares e/ou irrigações sucessivas até a fase de V4 provocam excessiva turgidez do hipocótilo, tornando-o muito sensível ao ataque de fungos, além de diminuir a oxigenação do solo, limitando o crescimento radicular. Lâminas leves e

constantes, após a germinação/emergência, até o V4, precisam ser evitadas.

III.9. Ataque de larva alfinete

A larva de *Diabrotica* pode se constituir em grave problema quando não se utiliza inseticidas que a controlem na semeadura, pois elas tem a capacidade de perfurar o tecido da planta e causar ferimento que facilitam a penetração dos patógenos.

III.10. Queima de raízes por K⁺

Já são clássicos os trabalhos que evidenciam o efeito salino de K⁺ provocando queima de raízes, bem como abrindo “portas” para a penetração dos fungos, atrasando o desenvolvimento das plantas que serão obrigadas a dispende mais energia para a fabricação de novas raízes. (Fancelli, 1999)

III.11. Uso de fonte de Nitrogênio amoniacal na semeadura

A fonte de nitrogênio utilizada na semeadura pode se constituir num fator determinante no aumento da severidade do ataque de fungos de solo. Fertilizantes amoniacais promovem a redução do pH da rizosfera, o que pode favorecer os fungos do gênero *Fusarium* e *Rhizoctonia* (Zambolim, 1996) e por isso devem ser evitadas na semeadura de áreas que apresentem histórico comprovado de fungos de solo. Na tabela 4 pode ser observado o efeito de diferentes fontes de nitrogênio na incidência de podridões de *Fusarium*.

Tabela 4. Influência da fonte de N, utilizado na semeadura, nas podridões de *Fusarium*.

Tratamento	% Plantas atacadas
Sem N	8
Uréia	10
Sulfato de Amônio	57

Fonte: AGRO-SISTEMAS – Quantidade N = 20 kg/ha.

III.12. Semeadura com disco duplo em áreas de Plantio Direto

Principalmente em solos com teor de argila inferior a 50%, a semeadura do feijão deve ser sempre realizada com “botinha” ou precedido de uma subsolagem. Ao se semear com disco duplo,

constata-se freqüentemente, um “espelhamento” nas laterais do sulco de semeadura. Em consequência disto, o sistema radicular será superficial e tenderá ao enovelamento. Tal fato acarretará menor exploração do solo, exigirá lâminas mais leves e constantes, o que concorrerá para o aumento da suscetibilidade ao ataque dos fungos de solo.

IV. ESTRATÉGIAS DE MANEJO

No manejo de fungos de solo em áreas dos pivôs central pode-se definir dois tipos de estratégias:

IV.1. Estratégias que visam diminuir a população dos fungos

a) Semente sadia

Sendo fungos infectantes de sementes é fundamental que estas se encontrem isentas de patógenos para evitar a contaminação de áreas e/ou o seu aumento de população. Por serem fungos infectantes, o tratamento de sementes é ineficaz para a sua total eliminação..

b) Tratamento de sementes

É uma prática muito importante para se conseguir a germinação das plântulas livres da doença, porém ineficaz para garantir sanidade até o estágio V4. Na tabela 3 apresentada anteriormente, pode evidenciar que o tratamento de semente foi eficaz na diminuição da incidência da doença. Na definição dos fungicidas para o tratamento, entre outros fatores, deve-se sempre levar em consideração:

- Necessidade de combinação de diferentes ingredientes ativos, bem como de fungicidas protetores e sistêmicos.
- Sempre utilizar um fungicida para o controle de *Rhizoctonia solani*, pois este fungo, além dos danos diretos, “abre a porta” para a infecção de *Fusarium solani*.

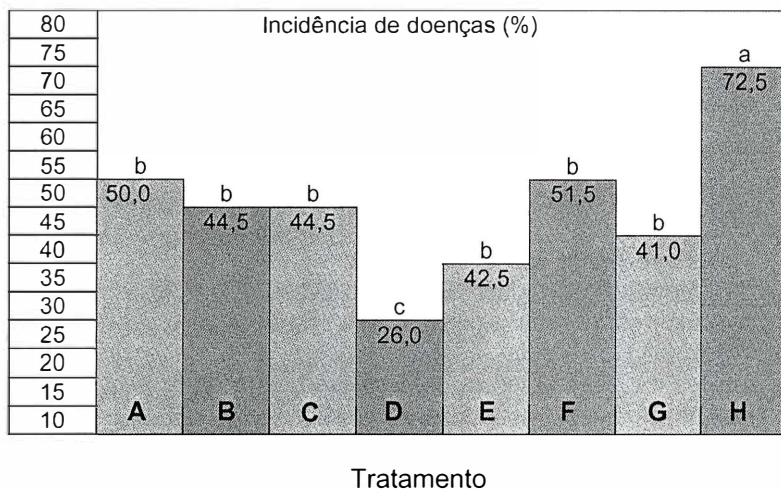
c) Uso de fungicida localizado

Trata-se de uma prática que vem sendo adotada com sucesso, pois além de proteger a semente, passa a tratar uma faixa de solo onde se dará a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas.

Com isso pode-se retardar o ataque dos fungos e diminuir a severidade da doença. Essa aplicação é feita através de injetores de

defensivos adaptados à semeadora e direcionados para pulverizar o fungicida atrás do disco da semente, porém antes de ser coberto com solo.

Na tabela abaixo são apresentados os resultados de uma aplicação de diferentes produtos químicos, realizada em uma área extremamente infectada de fungos de solo.



Tratamento

A - Captan 500 (1,0 kg de p.c./ha) E - Sialex 500 (0,5 de p.c./ha)
 B - Captan 500 (3,0 kg de p.c./ha) F - Cercap (1,5 kg de p.c./ha)
 C - Captan 500 (2,0 kg de p.c./ha) G - Monceren (2,0 kg de p.c./ha)
 D - Sialex 500 + Captan 500 (0,5+ kg de p.c./ha) H - Testemunha (sem tratamento)

Valores seguidos pela mesma letra não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%
Fonte: Costa (2.001)

Figura 1. Efeito do uso de fungicida localizado na incidência de doenças

Na execução da prática apontada, três cuidados deverão ser observados:

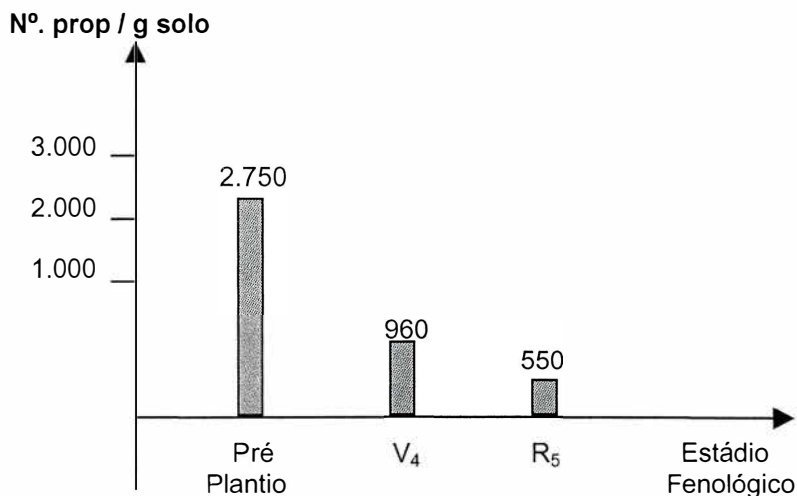
- Usar, preferencialmente, fungicidas líquidos (maior facilidade de aplicação).
- Usar fungicidas cujo princípio ativo não seja o mesmo dos fungicidas usados no tratamento de semente.
- Usar fungicidas que tenham ação comprovada, principalmente para *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*.

d) Uso de inimigos naturais

Dentre os inimigos naturais do fungo *Fusarium solani*, o fungo *Trichoderma* tem se destacado por sua ação eficaz. O mencionado antagonista é um fungo natural do solo e de ação parasitária em populações de espécies fitopatogênicas como *Fusarium solani* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Seu mecanismo de ação no controle do fungo *Fusarium solani* é fundamentado na colonização do substrato, impedindo ou inibindo o desenvolvimento da doença na planta. Embora já venha sendo utilizado por muitos agricultores, ainda existem muitas questões que não foram resolvidas pela pesquisa, objetivando a melhoria de sua eficiência, dentre as quais podem ser citadas:

- Desenvolvimento de cepas de *Trichoderma* de origem de solos de cerrado mais adaptadas às condições locais e eficiente no controle dos fungos de solo.
- Estudo de dose, formulação e forma de aplicação.
- Estudo de frequência de reaplicação.

Em trabalho realizado na região, a Agro-Sistema obteve excelentes resultados na diminuição da população de *Fusarium solani*, conforme apresentado a seguir:



Fonte: AGRO-SISTEMAS(2002)

Figura 2. Redução de população de *Fusarium solani* por *Trichoderma spp.*

Esses resultados tem estimulado a adoção de tal prática, desde que realizada com critério e com a devida orientação técnica

e) Uso de cultura supressora

Mengies (1959), citado por Reis (2000) e Cook e Baker (1983) caracterizam como solo supressivo aquele que apresenta inospitalidade a alguns fitopatógenos devido a:

- O patógeno não se estabelece ou não persiste por muito tempo no solo.
- O patógeno se estabelece, mas não causa dano.
- O patógeno se estabelece, causa dano, mas em seguida sua população declina.

Ainda, segundo esses mesmos autores alguns princípios da atividade supressoras devem-se levar em conta, a saber:

- A atividade microbiana de alguns solos pode prevenir o estabelecimento de fitopatógenos ou inibir suas atividades patogênicas;
- Quando os antagonistas desejáveis estão presentes no solo, mas com nível de controle não satisfatório, é desejável intensificar suas atividades pelo manejo da qualidade, da quantidade e da frequência de fornecimento do substrato;
- Quanto maior ou mais responsiva for a biomassa microbiana a qualquer fonte nova de nutrientes, mais intensa será a competição a ser enfrentada pelos fungos infectantes de raízes;
- Quanto maior for a atividade microbiana, mais difícil será para qualquer indivíduo da população microbiana obter nitrogênio, carbono e energia necessária para o seu crescimento.

Portanto, o manejo da fonte nutricional ou do substrato, como por exemplo a qualidade do substrato, tem potencial para solucionar grupo específico de microrganismos habitantes do solo e a resposta à qualidade é devida aos requerimentos nutricionais diferenciado dos indivíduos que compõem a microflora normal dos solos.

Por outro lado, a quantidade do fornecimento da nova fonte nutricional (kg de matéria seca/ha.) determina o aumento populacional dos microrganismos desejáveis ou antagonistas e, finalmente, a frequência do seu fornecimento (anual ou bianual) determina a estabilidade do efeito supressor no solo.

Esses princípios podem ser explorados pela rotação de culturas planejada e executada com esse fim. O princípio é converter substratos em propágulos do grupo de indivíduos desejados de antagonistas resultando um aumento da competição microbiana no

solo de modo a reduzir a população do patógenos-alvo a uma densidade inoculo que não cause danos à cultura.

O conceito de aproveitamento da supressividade natural do solo e do desenvolvimento de certas doenças é recente, Schneider (1982) citado por Costa (2001) relata que os mecanismos da supressividade é geralmente atribuído a antagonismo microbiano (antibiose, competição, predação, parasitismo).

A densidade mínima de inóculo necessária para se causar fusariose foi testada em 2 solos: um com características supressoras e outro condutivo. Os resultados estão resumidos na tabela 5 abaixo apresentada:

Tabela 5. Comparativo entre solo supressivos x solo condutivo

Item	Solo supressivo	Solo condutivo
Dens. de prop. <i>Fus.Solani</i> p/causar doenças	5.127 prop./gr solo	3001 prop/gr solo
Redução de porte da parte aérea	40	52%
Redução do tam. do sist. Radicular	56	65%
Perda de stand	5	25%

Fonte: Costa (2001)

A análise desses resultados suscitam importantes aspectos:

- Solo com supressividade suporta maior população de fungos de solo
- A supressividade diminuiu as perdas de estande, tamanho do sistema radicular e porte da parte aérea.

Salienta-se que, a Agro-Sistemas tem encontrado áreas com problemas de fungos de solo em densidades bem menores e que a quantidade de propágulos só poderia ser indicador do potencial de doença se existisse um “referencial de equilíbrio agrônômico” ou seja: uma informação de densidade de uma área submetida ao mesmo manejo e que não apresentasse problemas de fungos de solo, o que na prática é difícil de ser obtida.

Um outro fator muito importante para se utilizar à cultura supressora é lembrar que conforme citado anteriormente, *Fusarium* e *Rhizoctonia solani* têm HCS (habilidade de competição saprofítica) e, portanto, dificulta muita a eficiência da rotação de cultivar sem cultura supressiva na minimização do problema.

Assim, em 1.997 um estudo conduzido em condições controladas, revelou a possibilidade de introdução da braquiária no sistema de cultivo do feijoeiro. Este estudo foi realizado utilizando *Brachiaria plantaginea* (supressora) e *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* (patógeno teste). Em apenas uma safra, a braquiária demonstrou sua capacidade de reduzir o inoculo de *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* no solo, pois esta promoveu uma redução de 60% na incidência da doença, conforme observado na tabela 6.

Tabela 6. Influência da palhada sobre a severidade de podridões radiculares e população de *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*.

Tratamento	Índice de doença	População <i>Fusarium</i> (PPG)
Arroz	0,68 b*	1834 b
Milho	0,77 a	2835 a
Milheto	0,50 c	1325c
Braquiária	0,32 d	432 d
Controle	0,54 c	1024 cd

Valores seguidos pela mesma letra não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Fonte: Jefferson Luis da Silva Costa – Embrapa

Posteriormente, experimentos de campo foram realizados em área de produtores confirmaram a supressividade à *Fusarium solani* e os resultados ainda indicaram que esta braquiária poderia induzir supressividade também à *Rhizoctonia solani* (tabela 7).

Tabela 7. Efeito de *Brachiaria plantaginea* na população de fungos do solo patógenos do feijoeiro (Silvânia-GO, 1.998)

Tratamentos	Atividade Biológica No Solo	População <i>Fusarium solani</i> f.sp. <i>phaseoli</i>	%orgânica colonizada com <i>Rhizoctonia solani</i>
Controle ¹	0,35	20.000	16
Braquiária plantaginea ²	0,50	6.000	4

¹ Controle: plantio de feijão sobre feijão.

² *Brachiaria plantaginea*: Plantio de Capim marmelada logo após a colheita do feijão.

Fonte: Jefferson Luis da Silva Costa – Embrapa

No que concerne ao sistema Santa Fé, o uso de Braquiária em consórcio com o milho a ser utilizado posteriormente como palhada, pode através dos anos com o seu uso contínuo induzir a supressividade geral a *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* f.sp.*phaseoli* ou servir como barreira física à disseminação do Mofo Branco (Tabela 8) quando esta doença for proveniente de ascósporos originado do inóculo no solo.

Os resultados obtidos até o presente sugerem que para o sucesso do plantio direto, a escolha das culturas na rotação é de fundamental importância no manejo de doenças causadas por fungos de solo.

Tabela 8. Influência da palhada de Brachiaria brizantha no controle do mofo branco do feijoeiro (Brasília-DF, 1.999)

Tratamentos	Severidade da doença
Brichiaria brizantha + Fungicida (1 aplicação)	2,0 b*
Brichiaria brizantha	1,8 b
Fungicida (2 aplicações)	3,2 b
Controle	7,0 a

Valores seguidos pela mesma letra não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Jefferson Luis da Silva Costa (1999)

Em trabalho realizado numa área sob pivô central, com vários problemas de fungos de solo, A Agro-Sistemas conseguiu reduzir a taxa de inóculo a níveis similares à área de sequeiro localizada ao lado do pivô conforme tabela abaixo:

Tabela 9. Efeito da palhada de braquiária sobre população de *Fusarium solani*

Com braquiária	2820	propágulos/grama
Sem braquiária	5840	propágulos/grama
Sequeiro	3300	propágulos/grama

Fonte: AGRO-SISTEMAS (2001)

Também no manejo de mofo branco constatou-se significativa diminuição do uso de fungicidas quando foi empregado o sistema de cultura supressora (SISTEMA SANTA FÉ) que proporcionou o efeito de barreira física pela palhada da braquiária conforme apresentado na tabela 10

Tabela 10. Efeito da palhada sobre incidência mofo branco

Produtor	Pivô	Palhada		Controle		Custo R\$/ha
		Tipo	Cobertura	Preventivo	Curativo	
Néri Colpo	1	Milho+braq.	Adequada	2 x 0,6	-	42,00
Darci Gatto	1	Queimado	-	1 x 0,7	2 x 0,8	174,00
Néri Colpo	3	Milho+braq.	Adequada	1 x 0,6	-	12,00
Darci Gatto	Sede	Milho	Média	1 x 0,6	2 x 0,8	174,00
Marcelo Bonato	3	Milho	Média	1 x 0,6	2 x 0,6 2 x 0,8	174,00
Sílvio Ribas	1	Milho	Média	1 x 0,6	2 x 0,8	172,00

Fonte: AGRO-SISTEMAS – Preços-base (30/04/2001)

Pelos dados apresentados e por todos os aspectos envolvidos na questão, o uso de cultura supressora (Ex: Sistema Santa fé) é possivelmente a mais poderosa ferramenta a se lançar mão na busca de uma agricultura sustentável, em condições de irrigação por pivô central.

f) Preparo do solo

O preparo do solo pode ser um fator de diminuição momentânea da população de fungos de solo, desde que: (i) Não provoque “pé-de-grade” e (ii).Promova a inversão da leiva trazendo camadas de solo com menor população de fungo para a superfície do solo.

Trabalho realizado na EMBRAPA Arroz e Feijão mostraram resposta direta na população de *Rhizoctonia solani* em função do tipo de preparo do solo, conforme observado na tabela 11. abaixo.

Tabela 11. Efeito do preparo de solo na incidência de *Rhizoctonia solani*

Tipo de preparo	% Plantas doentes
Grade	42,52
Arado + grade	33,21
Arado	21,23

(¹) levantamentos efetuados logo após colheita do feijão de inverno.

(²) Soma das populações totais de fungos, bactérias e actinomicetos.

Fonte: Rios et alii – Modificado

Todavia, a melhoria identificada é momentânea e, em torno de 2-3 anos, as condições poderão voltar a ser piores, caso não se observe todos os princípios de manejo. E, nesse caso, já não adiantará movimentar o solo novamente, pois todo o seu perfil já conteria uma população suficiente de fungos passíveis de causar danos às plantas cultivadas. Outro aspecto é que ao se movimentar o solo haverá a decomposição (queima) da matéria orgânica, redução do índice de atividade microbiológica e notório desequilíbrio, favorecendo uma recolonização de fungos do gênero *Fusarium* e *Rhizoctonia*, pois se adaptam melhor em ambiente degradados.

IV.2. Estratégias que visam maior ou melhor enraizamento

Nesse ponto, agora o foco não será a população microbiana, mas sim, o desenvolvimento da planta, pois como já citado, quanto mais eficientes for o estímulo de crescimento radicular, na maior velocidade possível, menor será o dano causado pelas podridões radiculares, independentemente da população fúngica.

Entre as várias técnicas ou práticas merecem especial destaque:

a) Época de plantio

É a mais poderosa ferramenta de trabalho; no item III.a foi falado da influência poderosa da temperatura sobre o feijoeiro comum. Na região do entorno de Brasília é normal acontecer entre meados de Maio a meados de Julho temperatura min. < 14° C. A temperatura baixa provoca desaceleração do crescimento, do acúmulo de M.S, diminuição da atividade metabólica, e como até o estágio V4 cerca de 70% dos fotoassimilados vão para a formação de raízes estas terão um crescimento lento e pequeno o que favorece a severidade do ataque de fungos de solo, além de inibir a resposta da planta a técnicas que visem o seu desenvolvimento.

Não se está querendo dizer que não se deva plantar nessa época, apenas que ao fazê-lo as atenções com relação a fungos de solo têm que ser redobradas. Em vários casos realmente chega a ser proibitivo.

b) Profundidade de semeadura

Ao lado da época de plantio é o 2º fator mais decisivo. A profundidade de 2-3 cm (no máximo) de semeadura permite uma rápida emergência, evita gastos metabólicos desnecessários, diminui o tamanho de hipocótilo diminuindo a possibilidade do ataque dos fungos. Antes do plantio do feijoeiro deve-se fazer o necessário para se ter um leito de semeadura o mais homogêneo possível para facilitar o trabalho das semeadoras; plantadoras pantográficas são bem mais eficientes para executar essa atividade.

c) Manejo da adubação

Na adubação de semeadura pode-se implementar algumas medidas para se estimular o desenvolvimento do feijoeiro, quais sejam:

Eliminação do uso de Cloreto de Potássio no sulco de plantio

Essa medida evita qualquer possibilidade de queima de raízes por Cloreto de Potássio, conforme evidenciado na tabela 12, abaixo mostrada. As recomendações de adubação potássica do feijoeiro emitidas pela AGRO-SISTEMAS são baseadas mais na necessidade do sistema do que da cultura e, quando se mostrar necessário a adubação com K^+ , a preferência recai na distribuição à lanço.

Tabela 12. Efeito salino de fertilizantes na população final de plantas de feijão

K_2O	P_2O_5	População final
zero	zero	182,2
30	60	162,4
45	23	145,0

Fonte: adaptado de Kluthcouski, et alii (2003) – Dados não publicados.

Manejo da adubação fosfatada

O fósforo tem importância vital na formação e arquitetura de raízes (Fancelli 2.000). Mesmo com baixa exigência ele é extremamente limitante para o feijoeiro, principalmente quando se depara com históricos de fungos de solo. Nesse caso, recomenda-se

a localização da fonte de fósforo (na sementeira) o mais próximo da semente (1-2 cm), desde que: (i) Não se use K^+ no sulco de sementeira e (ii) Se a irrigação for manejada de forma a não causar queima de plântulas.

Embora no aspecto nutricional e de manejo da fertilidade a referida prática não se mostre adequada, pois é necessário se pensar em correção do perfil do solo e evitar concentração de fertilidade química na superfície. Ao se trazer o fertilizante mais próximo da semente garante-se o seu arranque mais rápido, minimizando os danos do ataque de fungos de solo, porém se reduz o crescimento em profundidade das raízes. Em situações com alta população de fungos de solo e plantio em época que favoreça o ataque, recomenda-se a divisão da adubação fosfatada em 50% a lanço e 50% no sulco de sementeira.

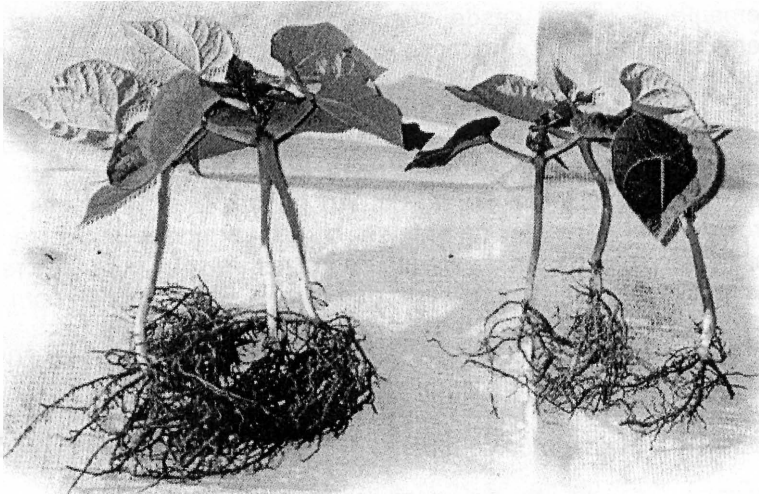
Tabela 13. Efeito do parcelamento do fósforo em feijão irrigado

Tratamento	Forma	Produtividade Sclha
1- 100 kg/ha P_2O_5	100% à lanço	46,3
2- 100 kg/ha P_2O_5	50% à lanço 50 % no sulco	64,5
3- 100 kg/ha P_2O_5	100% no sulco	61,72
4- 150 kg/ha P_2O_5	1/3 à lanço 2/3 no sulco	75,0

Fonte: AGRO-SISTEMAS

Antecipação da adubação de cobertura

Quando detectado o ataque de fungos de solo é importante aumentar o parcelamento da adubação de cobertura nitrogenada e distribuir 20-30% do nitrogênio projetado para o estágio V3, objetivando acelerar o desenvolvimento vegetativo.



Junto à semente ~
(100 kg de P_2O_5)

10 cm de distância da semente
(100 kg de P_2O_5)

Figura 3. Efeito da proximidade da fonte de fósforo no desenvolvimento radicular de feijoeiros cultivados em área com histórico de *Fusarium* (Nunes 2002)

d) **Plantio direto**

Estima-se que na região do entorno de Brasília haja cerca de 100.000 ha de pivô central (Valley, 2002). Desses, todos os anos, 60 a 70 % são plantados com feijão, pelo menos 1 vez/ano e após o feijão; milho em mais de 90% dos casos. Esse quadro possui alguns problemas que tem levado os produtores e, até técnicos, a condenar indevidamente o sistema de plantio direto, dentre os quais podem ser citados:

- Feijão/milho não é rotação e sim sucessão cultural, pois cada espécie é plantada no mesmo local (pivôs) e na mesma época do ano.
- Ambos são hospedeiros para os fungos *Fusarium* e *Rhizoctonia* e não apresentam características de supressão.
- Sempre se estará plantando uma cultura ainda com a presença de restos culturais da mesma lavoura do ano

anterior. Isso, evidentemente, aumenta a fonte de inóculo primário, seja de fungos de solo ou de doenças foliares.

Os fatos acima citados resultam no aumento da população de fitopatógenos e, a partir do 3º ano, geralmente, constata-se problemas com fungos de solo. A não utilização de culturas supressivas, cicladoras de nutrientes e de sistema radicular vigoroso, aliados a trânsito de máquinas de forma inadequada provoca a compactação do solo. Esse fato, suscita a possibilidade de se encontrar áreas sob sistema de plantio direto há 4-5 anos, com problemas similares a glebas em plantio convencional, no que diz respeito à densidade do solo.

Esse tipo de manejo inadequado pode, muitas vezes, condenar o sistema, bem como gerar conclusões precipitadas a respeito da necessidade de revolvimento freqüente e de cuidados especiais quanto aos fungos de solo.

O plantio direto tem em seu sustentáculo a prática da rotação de culturas (e não sucessão), com o emprego de plantas geradoras de palhada, sem a qual não se mantém estável. Assim, quem não observar esses requisitos, com certeza terá problemas de sustentabilidade e, em algum momento, terá que revolver o solo.

A Agro-Sistemas tem preconizado, empiricamente, a necessidade de se adicionar cerca de 20 a 25 t/ha de palhada, no sistema, a cada 2 anos e, normalmente, tem conseguido atingir tal intento.

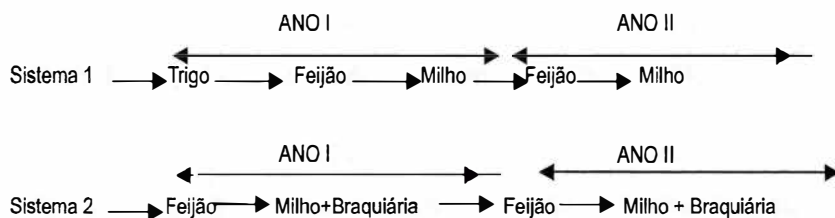


Figura 4. Sistemas de sucessão de culturas adotados pela AGRO-SISTEMAS.

No sistema 2, tem-se uma lavoura a menos, porém a geração de palhada é muito maior e o sistema é muito mais estável. Como a braquiária é supressiva para fungos de solo, os problemas são bem menores.

Quando se considera o SPD tem que se ter consciência que haverá um aumento da população microbiana, inclusive e de

maneira mais rápida, dos estrategistas “R”, num primeiro momento. Contudo, com o aumento da atividade biológica do solo, os antagonistas entram em ação e reduzem sistematicamente as populações de patógenos, principalmente de *Fusarium*, *Rhizoctonia*.

Em ensaio de 5 anos desenvolvido pela Embrapa, concluiu-se que só a partir do 3º ano é que se observou a queda de população discutida, conforme evidenciado na tabela 14.

Tabela 14. Alterações microbiológicas no solo sob plantio direto¹

Parâmetros	Pré Plantio				Anos
	1994	1995	1996	1997	1998
Pop.Microbiana Total ¹ (ppg)	9x10 ¹³	2x10 ¹³	1x10 ¹⁶	2x10 ¹⁸	1x10 ²²
Ativ.Microbiana (μ fda/min/gr)	0,55	0,48	0,92	1,09	1,52
Fusarium spp.(ppg)	3125	3995	4913	2715	1024
(% de matéria orgânica coloniz.) <i>Rhizoctonia solani</i>	45	53	63	25	11

(1) Levantamentos efetuados após colheita do feijão de inverno.

(2) Soma das populações totais de fungos, bactérias e actinomicetes.

Fonte: Costa (2001)

e) Plantio com sulcador e arranjo espacial

O sistema radicular do feijoeiro é tenro e pouco agressivo sendo fundamental que o plantio seja feito num leito de semeadura onde o solo esteja o mais solto possível. Assim, nas áreas sob plantio Direto, é fundamental a realização da semeadura com sulcador ou “botinha”.

Na Agro-Sistemas preconiza-se o uso no sulcador em profundidade de 18-20 cm. Todavia, o fertilizante deve ser ajustado para não ficar a essa profundidade e sim próximo à semente (desde que não apresente cloreto de potássio em sua fórmula). Com isso se consegue um enraizamento e exploração do solo satisfatórios, fundamental para o arranque rápido da cultura.

Um outro aspecto considerado primordial é a população e o arranjo espacial das plantas. Com relação à cultura de feijão, populações entre 160 a 180.000 plantas/ha (Tipos II e III), distribuídas em espaçamentos entre 45-50 cm, tem proporcionado excelentes resultados. Plantas oriundas desse arranjo, quando atacada por *Fusarium solani* sempre terá maior capacidade de

reação e, conseqüentemente, o dano será menor. Ressalva-se que as plantadoras atuais não oferecem muitas as possibilidades de se trabalhar com espaçamentos inferiores a 45 cm.

f) Manejo da irrigação

A irrigação é um fator de primordial importância no manejo de fungos de solo, atuando tanto na população microbiana como na cultura (Stone 2000). No manejo das podridões radiculares após a germinação da cultura deve-se irrigar somente à noite e com turno de rega suficiente para que a umidade fique o mais tempo possível ao nível das raízes e não na superfície do solo. Ao se irrigar à noite, assegura-se maior eficiência de irrigação, evitando os problemas com vento e com o resfriamento da planta. Em média, o manejo de irrigação praticado pela Agr-Sistemas, tem permitido um turno de rega de 6 a 8 dias, em solo de textura argilosa e o sistema de Plantio Direto. Cumpre-se salientar que não se apregoa nenhum tipo de estresse hídrico, mas sim um monitoramento do perfil da umidade do solo. Esse procedimento garantirá, até a fase V4, (no mínimo) um enrijecimento mais rápido dos tecidos do córtex das plantas à altura do colo e do hipocótilo, bem como ocasionará a redução da capacidade de infecção por parte dos fungos de solo (com exceção da *Macrophomina*).

g) Adubação foliar

Problemas com *Fusarium* e *Rhizoctonia*, ao longo do ciclo vegetativo das plantas, somente poderão ser minimizados com o uso racional da adubação foliar.

Embora os resultados dessa prática sejam variáveis, pode-se seguir alguns princípios:

- Como as podridões radiculares atuam na taxa de acúmulo da Matéria Seca deve-se procurar reforçar o fornecimento de N,P,S e Mo.
- Deve-se parcelar ao máximo essas adubações em aplicações alternadas a cada 5 dias.
- Recomenda-se maior atenção ao Mn e ao Boro, principalmente em solos de cerrado.

h) Uso de Bioestimulantes.

Nos últimos anos, têm se apregoadado o uso de bioestimulantes hormonais no auxílio do manejo das podridões radiculares. Embora haja sempre a tentação de se generalizar o seu uso, essa ferramenta deverá ser empregada sempre que:

- Algum fator abiótico possa trazer problemas de crescimento radicular. (Ex. semeadura com baixas temperaturas).
- Quando se planta feijão sobre feijão.
- Quando comprovadamente há problemas de fungos de solo e grande probabilidade destes interferirem negativamente na produção

Trabalho realizado na ESALQ evidenciou efeito positivo do uso do bioestimulante Stimulate, no crescimento das raízes do feijoeiro conforme abaixo apresentado:

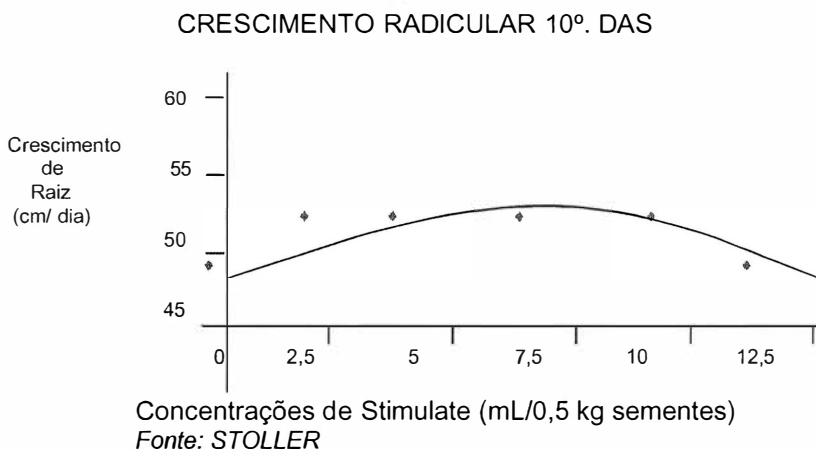


Figura 5. Efeito do uso do Bioestimulante STIMULATE no crescimento de raiz do feijoeiro.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou evidenciar a experiência da Agro-Sistemas no problema das podridões radiculares em feijoeiro e no estabelecimento de metodologias de trabalho, desenvolvidas há 7 anos, em mais de 6.000 ha irrigados. Vale dizer que, nem sempre resultados satisfatórios foram plenamente alcançados, o que nos desafia ainda mais a continuar na busca da almejada sustentabilidade agrícola. Com certeza absoluta, ainda há muito o que se realizar e, portanto, a Agro-Sistemas permanecerá sempre aberta à qualquer contribuição nesse sentido.

VI. BIBLIOGRAFIA CITADA

- COSTA, J.L.S. Controle de podridões radiculares na cultura do feijoeiro. EMBRAPA, 2.001. 45p.
- FANCELLI, A.L., Ecofisiologia: implicações práticas de manejo. In: Sistemas de produção de Feijão Irrigado. Departamento de Produção Vegetal,-ESALQ/USP, Piracicaba.2001. p.196-211.
- FANCELLI, A.L., Nutrição e Adubação – Palestra Técnica – 2000.
- REIS, E.M; BEZERRA, R; SHEER, MORAES, N.L. MARTINS DE; CARDOSO, CINARA. Manejo de podridões radiculares da soja. IN: II Encontro Brasileiro sobre doenças da cultura da soja. p. 27, 2002.
- REIS, E.M. Solos supressivos e seu aproveitamento no controle de plantas. IN: BETIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas. EMBRAPA/CNPDA, Jaguariuna-SP, 1991. p.181-193..
- RIOS, G.P., SILVEIRA, P.M. DA, CÉZAR, M.C.; LEONES, O.P. Influência do preparo do solo e da rotação de cultura na incidência de podridões radiculares no feijoeiro. V Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão;218 p.
- STONE, L.F.; RIOS G.P.; SILVEIRA, P.M. Irrigação e as doenças do Feijoeiro IN: Sementes de Feijão Produção e Tecnologia. EMBRAPA. 2.000. 87p.
- ZAMBORLIM, L; VENTURA, J. A. – Resistência a doenças Induzidas pela Nutrição mineral das plantas.Informações agronômicas. Potafós. Piracicaba, 75 (Encarte Técnico).

MANEJO DAS PRINCIPAIS DOENÇAS FOLIARES DO FEIJOEIRO

Silvânia Helena Furlan de Oliveira

Instituto Biológico

Caixa Postal 70, Campinas, SP, 13001-970

silvania@biologico.sp.gov.br

I. INTRODUÇÃO

A irrigação na cultura do feijão, especialmente quando se utiliza o pivô central, propicia condições microclimáticas muito favoráveis às doenças, que além de ocasionar reduções na produtividade, comprometem a qualidade dos grãos e sementes.

Hospedeiro de vários patógenos da parte aérea e do solo, o feijoeiro pode ser severamente atacado por fungos, bactérias, vírus e nematóides. O diagnóstico de cada um deles é fundamental para se obter resultados de controle bem sucedido.

As diversas mudanças no sistema de plantio podem intensificar ou desencadear processos que favoreçam o desenvolvimento de uma determinada doença, a qual poderia ser de pouca expressão antes destas alterações.

A introdução de um nova cultivar ou de um novo método de controle como única inovação do sistema pode gerar mudanças de impacto na cultura. A crescente necessidade de diversificação e a busca constante de melhorias e inovações tecnológicas fazem parte da modernização, mas que precisam ser acompanhadas sempre de práticas que possam avaliar os efeitos benéficos e negativos decorrentes.

Como o cultivo do feijoeiro normalmente se dá o ano todo nas condições brasileiras, nos diferentes estádios de desenvolvimento, permite-se que os patógenos sobrevivam e se multipliquem num potencial mais rápido e elevado. A garantia do hospedeiro o ano todo em diversas regiões possibilita que o patógeno feche o seu ciclo de vida mais facilmente.

II. PRINCIPAIS DOENÇAS FOLIARES DO FEIJOEIRO

O número de doenças da parte aérea que afetam a cultura é muito grande: a antracnose, a mancha angular, a ferrugem, a mancha de alternária e o oídio estão entre as principais de natureza fúngica; o crestamento bacteriano de natureza bacteriana; e o mosaico dourado do feijoeiro de natureza virótica.

Embora o agente causal do mofo branco seja um patógeno de solo, *Sclerotinia sclerotiorum*, esta doença pode estar dentro do grupo das doenças de parte aérea, por afetar diretamente todos os órgãos aéreos da planta. Neste caso, uma planta doente pode dar origem a outras plantas doentes, caracterizando uma doença policíclica, como as manchas foliares.

Duas novas doenças fúngicas vêm sendo relatadas na cultura do feijoeiro em algumas regiões: a Sarna causada por *Colletotrichum dematium* nos Estados de Goiás e Minas Gerais e o Carvão causado por *Microbotryum phaseoli* no Centro-Oeste e Sudeste. A sarna parece ser mais destrutiva, podendo afetar a cultura no estágio de plântula, necrosando o tecido acima da região do colo. Além disso, o fungo da sarna pode ser transmitido pelas sementes. O carvão aparece em áreas com presença de umidade bastante elevada. Ambas aparecem em áreas de plantio direto. Por serem doenças recentes, as medidas eficientes de controle são desconhecidas.

Cada vez mais os diversos segmentos da cadeia produtiva, e os consumidores, têm se preocupado em obter produtos de melhor qualidade quanto ao aspecto visual e que apresentem menor risco à saúde, com ausência de resíduos ou que estejam dentro dos limites aceitáveis. Um mercado amplo e exigente leva à busca incessante de inovações tecnológicas que atendam quantitativa e qualitativamente à demanda.

Diversas medidas devem ser consideradas no manejo das doenças da parte aérea do feijoeiro visando um equilíbrio do sistema de produção, entre elas podem ser destacadas: o histórico de ocorrência das doenças na área a ser cultivada e nas áreas vizinhas; a rotação de cultura por dois anos com espécies de plantas não hospedeiras dos patógenos do feijoeiro, especialmente para os fungos de solo em área já está comprometida com sua presença; semeadura rasa em épocas que facilitem a rápida germinação das sementes e emergência das plantas, reduzindo o período de maior predisposição e suscetibilidade; incorporação dos restos culturais contaminados com os propágulos do patógeno, por meio de aração profunda; boas condições de drenagem, aeração, pH e fertilidade do

solo; época de semeadura adequada para a cultura e que permita um escape da doença de maior importância na safra; uso de sementes com bom estado sanitário; irrigação adequada, evitando excesso de umidade por favorecer o desenvolvimento da maioria das doenças; uso de cultivares resistentes quando disponíveis; tratamento químico das sementes visando eliminar os fungos presentes, dar proteção às sementes e plântulas ao ataque por propágulos existentes no solo; e o emprego de produtos químicos em pulverizações convencionais ou por água de irrigação em áreas que permitam a técnica da fungigação. Os ingredientes ativos devem ser registrados para cada finalidade e método indicado. O Uso de antagonistas como o *Trichoderma* spp. vem sendo utilizado por alguns produtores de feijão, mas o alvo são os fungos de solo causadores de podridões radiculares ou o fungo *S. sclerotiorum*.

Felizmente existe uma maior atenção e conscientização de cada parte integrante do sistema, desde os responsáveis pela descoberta de uma nova molécula do ingrediente ativo que seja eficaz no controle da doença, até o consumidor final que se preocupa com a sua qualidade de vida.

No campo da pesquisa nota-se também uma preocupação em se obter novas alternativas de controle, principalmente relacionadas à descoberta e desenvolvimento de produtos naturais como extratos vegetais eficientes contra um determinado patógeno, e a tentativa de se obter materiais transgênicos resistentes à doença. Estes fatos são decorrentes das transformações recentes ocorridas no panorama da produção e consumo de alimento. Cada vez mais o controle integrado de doenças e de pragas vem sendo valorizado.

O emprego de fungicidas no controle de diversas doenças é visto como parte de parte da produção integrada, como outras práticas importantes como o monitoramento do clima, o emprego de produtos orgânicos e o uso de micronutrientes. A matéria orgânica, por exemplo, é imprescindível no manejo do solo, adequando a estrutura física e afetando a incidência de patógenos, além de influir na capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas.

Com exceção às doenças causadas pelos fungos de solo, onde o tratamento químico das sementes é importante, as de parte aérea muitas vezes têm conduzido ao uso de pulverizações químicas para o seu controle. Atualmente, existe disponível no mercado produtos menos tóxicos, com melhor perfil ambiental e com espectro amplo de ação como é o caso do grupo químico das estrobilurinas, cujas doses recomendadas são baixíssimas e a formulação de grânulos dispersíveis em água mais segura para o

manuseio. Os triazóis merecem destaque também, representando um grande marco na utilização dos fungicidas sistêmicos, os quais são amplamente utilizados para o controle de certas manchas foliares.

No Brasil há quase 40 princípios ativos registrados como fungicidas para uso em pulverizações no controle das doenças do feijoeiro, a maioria representada por fungicidas do grupo dos triazóis, incluindo algumas misturas de dois diferentes ativos. Cerca de 10 princípios ativos são registrados para uso em tratamento de sementes para o controle dos fungos associados.

Boa parte dos produtores seguem um calendário de aplicação dos fungicidas, mas vários critérios como a idade da planta, o histórico da área, a incidência e a severidade das doenças e as condições climáticas são observadas para as tomadas de decisão.

Outra preocupação dentro do manejo do uso dos fungicidas refere-se às estratégias anti-resistência que vêm sendo cada vez mais divulgadas pelos técnicos e pelo FRAC-Brasil (Comitê de Ação a Resistência de Fungos a Fungicidas), preocupados em manter a vida útil dos produtos disponíveis. Alternância e algumas misturas de ingredientes ativos são indicados como táticas ou estratégias para retardar ou evitar a resistência.

Tabela 1. Épocas e estádios de maior ocorrência das principais doenças da parte aérea do feijoeiro.

Doenças	Patógeno	Época (Safr)	Estádio Fenológico
Antracnose	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Águas e inverno	Vegetativo e reprodutivo
Mancha angular	<i>Phaeoisariopsis griseola</i>	Seca e inverno	Vegetativo e reprodutivo
Ferrugem	<i>Uromyces appendiculatus</i>	Águas, seca e inverno	Vegetativo
Oídio	<i>Erysiphe polygoni</i>	Seca e inverno	Vegetativo
Mancha de alternária	<i>Alternaria</i> spp.	Seca e inverno	Vegetativo e reprodutivo
Mofo branco	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Inverno	Reprodutivo
Sarna	<i>Colletotrichum dematium</i> = <i>C. truncatum</i>	Seca	Vegetativo
Carvão	<i>Microbotryum phaseoli</i>	Seca	Vegetativo
Crestamento bacteriano	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	Águas e seca	Vegetativo e reprodutivo
Mosaico dourado do feijoeiro	Vírus do mosaico dourado do feijoeiro	Seca	Vegetativo

III. BIBLIOGRAFIA CITADA

- CASTRO, J.L.; ITO, M.F. Dia de campo de feijão, 17 e 18, Capão Bonito, abril de 2001 e 2002. **Anais**. Instituto Agrônomo de Campinas, 2002. 222p.
- HALL, R. **Compendium of bean diseases**. American Phytopathological Society, St. Paul, 1994. 73p.
- PEIXOTO, R. Doenças do feijoeiro. **Cultivar**, Empresa Jornalística Ceres Ltda. 19: 30, 2000.
- OLIVEIRA, S.H.F. **Doenças do feijoeiro - guia de identificação, fenologia e controle**, Instituto Biológico, São Paulo, 1999. 58p.
- SARTORATO, A. Feijão - Principais Doenças. **Correio Agrícola**, Bayer, São Paulo, 1:8-11, 2002.
- VIEIRA, R.F. Mofo branco no feijoeiro. Informe Agropecuário, EPAMIG, Belo Horizonte, 17(178): 54-63. 1994.
- ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F.R. Feijão comum- controle de doenças: doenças da parte aérea causadas por fungos. In: VALE, F.R.; ZAMBOLIM, L. (eds.) v.1. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa: UFV; Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento. Cap. 7, p.335-374, 1997.

EVOLUÇÃO DA COLHEITA MECANIZADA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

**Nilson Ramos Righi Filho
Marcos Arbex**

I. INTRODUÇÃO

A cultura do feijão, assim como os outros principais grãos cultivados no Brasil, tem sofrido grandes avanços com relação à produção, produtividade e sua viabilidade econômica nos últimos anos.

Quanto ao aumento da produção verificado, a introdução da terceira safra (safra de inverno) foi primordial, além do aumento de área colhida (10% da safra 2000/01 para 2001/02).

Com relação a produtividade, esta vem aumentando nos últimos anos, principalmente em áreas polos que vêm produzindo o grão irrigado, como o sul e sudeste de Goiás, norte e noroeste de Minas Gerais, norte de São Paulo e algumas localidades do Mato Grosso, além de Barreiras BA; elevando a média brasileira em mais de 25% nos últimos 5 anos.

Contribuem para estes elevados patamares de produção os novos materiais genéticos lançados por institutos de pesquisa, onde se destaca a EMBRAPA Arroz e Feijão e o IAPAR, que a cada ano colocam à disposição dos produtores variedades melhores adaptadas à colheita mecanizada, resistentes ou tolerantes às principais doenças e de maior produtividade por hectare.

Vale lembrar que o setor industrial também tem sua importante parcela de participação nesse novo cenário, como o de maquinário agrícola, com lançamentos de máquinas e implementos voltados para melhorarem a qualidade da colheita do feijão. Outro setor que tem conseguido grandes avanços é o de defensivos, que têm lançado no mercado linhas de produtos cada vez mais seletivas e eficientes no controle de pragas, doenças e daninhas do feijoeiro.

Guiados pelo maior nível de exigência do consumidor brasileiro, os produtores vêm sendo pressionados a melhorarem

seus níveis de mecanização na colheita. Este fato, aliado aos altos índices de perdas da colheita manual e semi mecanizada (perto de 30% na década de 70), além da redução de custos do sistema mecanizado em relação ao manual ou semi mecanizado e tem sido a base do aumento da colheita totalmente mecanizada do feijão. O índice atual está na casa dos 3% do total das áreas tecnificadas do centro-sul do Brasil, com tendências de crescimento a cada ano.

Para 2003, as perspectivas são de crescimento da produção e produtividade do grão, guiadas principalmente pela boa remuneração no mercado interno conseguida no ano agrícola de 2002. Isto ocorreu devido principalmente ao clima desfavorável desregulando a oferta do produto. A consequência é mercado firme para o ano 2002/03 devido ao grande interesse de compra pelas empacotadoras, já que procuram por grãos de melhor qualidade. Outro fato interessante é a maior procura por parte dos produtores por grãos tipo exportação, como o vermelho, jalo, fradinho e maçacar.

II. TOMADA DE DECISÃO DA COLHEITA MECANIZADA

A colheita totalmente mecanizada do feijão só se tornou possível após dois fatores básicos: o primeiro foi o desenvolvimento de variedades com porte e inserção das vagens que permitem o corte e recolhimento por plataformas flexíveis de colheitadeiras automotrizes com qualidade de trabalho aceitável. O outro foi a adaptação das colheitadeiras nacionais ao processamento do feijão, com a introdução de máquinas de rotor axial, melhorias nas plataformas de corte, além do desenvolvimento de kits para máquinas convencionais que permitem a debulha das vagens com menores índices de quebras.

O primeiro ponto a ser avaliado é o tamanho da área a ser plantada. Para pequenos produtores, a opção mais viável continua sendo a colheita manual. Já para os médios e grandes, a colheita mecanizada se torna viável, devido principalmente ao ganho de tempo no período de colheita, já que a chuva é uma ameaça constante. Além disso, o custo por hectare cai consideravelmente e, desde que o produtor consiga arcar com os custos fixos do investimento em uma colheitadeira, é uma opção vantajosa.

A tabela abaixo compara os custos de colheita de 1 hectare no Paraná:

Colheita manual com trilha estacionária	R\$ 241,00
Colheita semi-mecanizada	R\$ 58,00
Colheita mecanizada	R\$ 37,00

Obs – 18 horas de trabalho no dia

Sob o ponto de vista técnico, as perdas e quebras são os principais fatores a serem considerados, e por isso a preparação da colheitadeira, bem como a escolha das variedades mais adaptadas é fundamental. A falta de planejamento nessa fase pode gerar perdas de até 20% somente na plataforma de corte, inviabilizando esta alternativa. A tabela abaixo mostra as características dos principais grupos de feijão:

Tabela 1. Características das variedades de feijão e suas conseqüências para a colheita mecanizada.

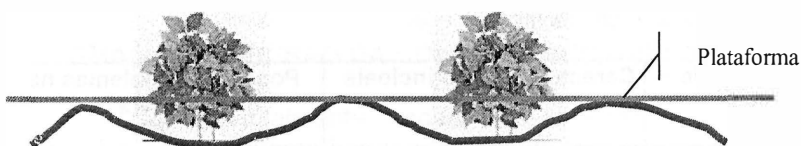
Variedade	Características principais	Possíveis problemas na colheita
Carioca Comum	◆ Porte baixo ◆ Bastante ramado ◆ Vagens próximas ao chão	As perdas na plataforma podem ser significativas devido à dificuldade de se atingir corte muito próximo ao solo. A existência de boa ramagem é uma vantagem pois facilita a entrada das plantas para o interior da plataforma.
Pérola	◆ Porte médio ◆ Meio ramado ◆ Vagens a uma altura média.	Podem apresentar dificuldades para colheita se não estiverem bem ramados.
Grupo Preto	◆ Porte ereto ◆ Pouco ramado ◆ Vagens distantes do chão	São as variedades que apresentam os menores problemas de corte e recolhimento pela plataforma. Apresentam baixa uniformidade de maturação e fácil degranação quando excessivamente secos.

O chamado “barreamento” do feijão é o outro grande problema a ser administrado pelo produtor, já que pode acarretar uma redução entre 5 a 10% no seu valor comercial. A entrada de terra na máquina pode ser evitada tomando-se uma série de cuidados no estabelecimento e condução da cultura. Ondulações, sulcos, buracos ou torrões não podem existir, forçando o produtor a realizar todas as etapas com foco na colheita e no seu valor comercial.

Muitos produtores já estão atentos para este fato e inclusive, em algumas regiões, a prática de se passar um rolo compactador após o plantio vem sendo utilizada a fim de se eliminar sulcos de plantio, ondulações e torrões.

A figura abaixo ilustra a influência do estabelecimento e condução da cultura do feijão sobre a colheita mecanizada:

CONDUÇÃO INADEQUADA - TERRENO MAL NIVELADO



CONDUÇÃO CORRETA - TERRENO BEM NIVELADO



A tomada de decisão sobre realizar a colheita totalmente mecanizada deve ser muito bem avaliada e os fatores técnicos devem ser cuidadosamente considerados nesse processo, sendo assim, ela deve se iniciar muito antes de a plantação estar estabelecida.

A figura abaixo ilustra as possibilidades de sucesso de acordo com a época de tomada de decisão:



III. FATORES QUE INFLUENCIAM NA COLHEITA MECANIZADA

Os 3 fatores determinantes na colheita mecanizada de feijão são as perdas, e mais relacionadas com a qualidade dos grãos, as quebras e a limpeza. Um bom trabalho de colheita se consegue aliando baixos índices de perdas e alta qualidade dos grãos.

Devem ser levadas em conta duas variáveis quando se planeja um plantio de feijão que se pretende colher totalmente mecanizado: a primeira é a máquina em si, e a sua preparação para esta aplicação específica; e a outra são as condições agronômicas a que se submetem os produtores.

A tabela abaixo relaciona estas variáveis:

Condições Agronômicas	Influência			Ação Agronômica	Configuração Colheitadeira	
	Perdas	Quebras	Limpeza		Plataforma	Máquina
Preparo de Solo	ALTA	BAIXA	ALTA			
Áreas niveladas	Solos com presença de sulcos, buracos e torrões propiciam perdas na plataforma e muita terra entrando na máquina			Controle da velocidade de plantio (5 a 6 km/h), preparo de solo cuidadoso, rolo compactador opcional	Chapas perfuradas, sapatas plásticas	Chapas perfuradas
Áreas onduladas / torção	MÉDIA	BAIXA	ALTA			
Tipo de Solo						
Argilosos	Solos argilosos "barreiam" mais o feijão, retirando valor comercial			Preferência para solos mais arenosos	Chapas perfuradas, sapatas plásticas	Chapas perfuradas
Arenosos	ALTA	ALTA	ALTA			
Maturação						
Homogênea	Maturação heterogênea significa umidade e vagens em vários estágios, prejudicando em todos os quesitos			Promover dessecação completa	Dedos levantadores, controle da velocidade do molinete, dedos plásticos no molinete	Velocidade do cilindro de debulha, elevador de canecas, chapas perfuradas
Heterogênea	MÉDIA	MÉDIA	ALTA			
Plantas Daninhas						
Alta infestação	Plantas daninhas umidificam o material suando mais o feijão			Adotar um programa eficiente de combate, durante todo o ciclo	Dedos levantadores, chapas perfuradas	Chapas perfuradas, côncavos e configuração de cilindro especiais
Baixa infestação	ALTA	ALTA	ALTA			
Variedades dos Grãos						
Porte ereto				Dar preferência para as novas variedades	Dedos levantadores, patins plásticos, velocidade do molinete, dedos plásticos do molinete	Velocidade do cilindro de debulha, elevador de canecas, chapas perfuradas
Porte pouco ereto	Variedades mais antigas podem ser colhidas pelos métodos antiquados, mas não são adaptados para colheita mecânica					
Bem ramada						
Pouco ramada						
Muita deiscência						
Pouca deiscência						
Cultura Anterior						
Milho	BAIXA	BAIXA	ALTA	Em plantio direto, o operador da colheitadeira deve tomar cuidado redobrado a fim de evitar a entrada de terra na máquina	Chapas perfuradas, sapatas plásticas	Chapas perfuradas
Soja	No caso de plantio direto, restos de cultura anterior podem transportar terra para a colheitadeira					
Feijão						
Algodão						

IV. UMA ANÁLISE DOS SISTEMAS DE COLHEITA

Os produtores de feijão que estão vivendo processos de tecnificação das suas áreas têm que decidir entre os diversos métodos de colheitas existentes no mercado. E esse é um mercado que tem sofrido grandes avanços nos últimos anos.

Vale lembrar que produtores de todos os tamanhos ainda se utilizam do método semi-mecanizado, composto de arranquio e enleiramento manual, seguido de um tombamento das plantas e terminando com o recolhimento e debulha com trilhadoras tracionadas.

O primeiro grande passo para o início da colheita totalmente mecanizada foi a introdução no nacional mercado das colheitadeiras de fluxo axial da Case IH (Axial-Flow 2388), que já tinham os pré-requisitos básicos para conseguir colher o feijão com qualidade: o seu rotor de debulha axial de múltiplas passadas. Foi apenas necessário o desenvolvimento de um kit para plataforma de corte e para a máquina, a fim de se evitar perdas na plataforma e as sujeiras no feijão.

Paralelamente, os fabricantes de colheitadeiras convencionais iniciaram trabalhos de desenvolvimento de kits para seus modelos, que adicionalmente ao kit já utilizado pelo modelo de trilha axial têm um redutor do cilindro de trilha, elevadores de caneca, e cilindro / batedores de dentes.

Mais recentemente, plataformas de ceifa e enleiramento foram introduzidos no mercado, sendo uma opção de barateamento dos custos no método de colheita semi-mecanizada, já que se elimina o trabalho de arranquio manual das plantas.

IV.1. Sistema semi-mecanizado com arranquio manual

Devido ao alto valor pago ao arranquio manual, é o método de maior custo por hectare (R\$ 158,00), porém o que exige o menor investimento em equipamentos (R\$ 50.000,00 – trilhadeira tracionada).

O rendimento também é o menor entre todos, não ultrapassando 1 ha/h, porém a qualidade da colheita é alta, com baixos índices de perdas (1 sc/ha) e quebras (2%).

As grandes vantagens desse sistema são o baixo investimento exigido e a alta qualidade do trabalho realizado. Já as maiores desvantagens são os transtornos gerados com grande números de empregados, seu custo por hectare e a necessidade de o feijão ter que secar no campo, sendo assim uma grande ameaça

as chuvas no período de colheita, praticamente inviabilizando esse método para grandes áreas.

IV.2. Sistema semi-mecanizado com ceifa e enleiramento mecanizado

Existe uma grande redução de custo com a adoção da ceifa mecanizada (R\$ 70,00), porém o investimento exigido é maior que duas vezes o anterior (R\$ 120.000,00 – ceifadeira + trilhadeira).

Esse método tem rendimento superior ao arranquio manual (1,2 ha/h), porém a qualidade do trabalho é um pouco inferior, já que o trabalho da ceifadeira proporciona maiores chances de perdas, quebras e de sujar o feijão.

A grande vantagem desse sistema é a qualidade do trabalho realizado porém com custos inferiores, além da ausência dos transtornos gerados pelo grande número de empregados. Já a desvantagem de o feijão ter que secar no campo permanece, continuando assim a chuva a ser uma ameaça.

IV.3. Sistema totalmente mecanizado com colheitadeiras convencionais

A operação realizada de uma só vez proporciona uma grande redução do custo / hectare (R\$ 53,00), porém o investimento numa máquina desse porte também é muito superior (R\$ 340.000,00 colheitadeira 6 saca-palhas).

O rendimento da operação é bem superior aos processos anteriores (1,6 ha/h), entretanto com qualidade de operação bem inferior (2 scs/ha de perda e 4% de quebra).

A maior vantagem desse sistema é o investimento relativamente inferior à máquinas de fluxo axial e a maior desvantagem é a baixa qualidade do trabalho realizado.

IV.4. Sistema totalmente mecanizado com colheitadeiras axiais

Os custos por hectare são semelhantes aos de uma máquina convencional (R\$ 52,00), mas o investimento é bem superior (R\$ 430.000,00 colheitadeira de fluxo axial).

Já o rendimento (2,2 ha/h) e a qualidade da operação (1,5 scs/ha de perda e 2% de quebras) são muito superiores aos dos modelos convencionais.

A grande vantagem é a qualidade superior do trabalho realizado, sendo inclusive este modelo de máquina recomendado para produção de sementes, e a maior desvantagem é o alto investimento necessário.

V. CONCLUSÕES

A cultura do feijão vem sofrendo, em todos os quesitos técnicos e agrônômicos relacionados com a sua produção, grandes avanços no Brasil nos últimos anos, podendo ser, em algumas regiões, considerada como totalmente incorporada ao sistema de rotação de culturas.

O setor de mecanização agrícola é um dos que vem apresentando franca evolução, com o lançamento, nos últimos anos de colheitadeiras de fluxo axial, kits para colheitadeiras convencionais e implementos especialmente desenvolvidos para a cultura do feijoeiro.

A tomada de decisão quanto à utilização de colheita totalmente mecanizada deve ser feita anteriormente ao estabelecimento da cultura, e deve servir como guia para todas as ações agrônômicas durante todo o ciclo da planta, já que muitos são os fatores que influenciam na qualidade do grão quando se faz desse tipo de colheita.

Uma análise dos vários sistemas de colheitas mostra que existem opções para todos os tamanhos e níveis de capitalização de propriedades. Tem se verificado que a colheita totalmente mecanizada é uma tendência, já que, a cada ano, variedades mais adaptadas são lançadas e as áreas estão ficando mais sistematizadas, principalmente em regiões irrigadas no Centro Sul do Brasil.

Impressão e acabamento:

Copiadora “Luiz de Queiroz”

Tel.: (19) 34344838

Piracicaba - SP



Departamento de Produção Vegetal
ESALQ/USP - Caixa Postal: 09
13418-900 – Piracicaba, SP