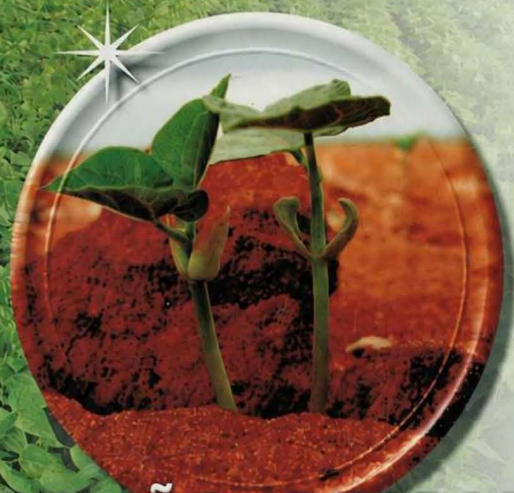


Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Produção Vegetal



FEIJÃO IRRIGADO
Tecnologia & Produção

A.L.Fancelli
D.Dourado Neto

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Produção Vegetal

FEIJÃO IRRIGADO

Tecnologia & Produção

DOI: 10.11606/9786562060089

A. L. Fancelli
D. Dourado Neto
(EDITORES)

Piracicaba – SP
2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor - Prof. Dr. Adolpho José Melfi

Vice-reitor - Prof. Dr. Hélio Nogueira da Cruz

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Diretor - Prof. Dr. José Roberto Postalí Parra

Vice-diretor - Prof. Dr. Raul Machado Neto

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

Feijão irrigado: tecnologia & produção [recurso eletrônico] / editores Antônio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto. - Piracicaba : ESALQ/Departamento de Produção Vegetal, 2005. 174 p. : il.

ISBN: 978-65-6206-008-9

DOI: 10.11606/9786562060089

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

CDD 635.652

Índice para o catálogo sistemático:

1. Feijão irrigado : Produção : 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



MERCADO DE FEIJÃO

Vlamiir Brandalizze¹

1 Introdução

O mercado do Feijão novamente estará vivendo um ano de aperto no abastecimento, porque tivemos graves problemas na primeira safra, onde o clima e problemas sanitários reduziram fortemente a produção que tinha indicativos de colheita na faixa das 1,3 milhões de toneladas, mas devido às perdas que começaram com a seca no RS, passaram para a seca no Irecê e na sequência tivemos perdas grandes com chuvas em excesso nas lavouras de Minas Gerais, Goiás e São Paulo, além de pontos do Paraná e para completar tivemos nestas últimas semanas seca sobre lavouras do Paraná e São Paulo.

Com agravante da entrada forte da Mosca Branca nas lavouras da Bahia, principalmente no Irecê e junto com este problema em lavouras de São Paulo. Desta forma os números que começaram com muito otimismo agora terão que ser revisados para baixo. Como a primeira safra é a mais importante em volume, agora já se comenta que os números não deverão passar muito além das 800 mil toneladas, e com isso estaremos dependentes da segunda safra e das irrigadas da Terceira safra, essas com limitação de potencial de plantio e de área.

Com indicativos que poderemos ter um quadro bastante ajustado no mercado brasileiro, com oferta ao redor das 2,7 milhões de toneladas muito abaixo das expectativas iniciais que apontavam para 3 até alguns apontando para as 3,3 milhões de toneladas. O quadro de oferta tem baseado na oferta da primeira safra algo próximo das 800 mil toneladas, seguida pela segunda safra, que poderá resultar na faixa das 1,3 milhões, agora com estímulo das boas cotações e a terceira safra que mostra potencial de outras 600.000 toneladas, que teríamos como oferta total de 2,7 milhões de toneladas.

2 Consumo esbarra na oferta limitada

O consumo de feijão no Brasil que vem sendo apontado por dados do IBGE, Conab e órgãos particulares com queda constante no volume *per capita* porque a população está crescendo e a demanda total de feijão tem ficado estabilizada há muitos anos. Dessa forma, segue com queda na participação do feijão no cardápio diário dos brasileiros.

Alguns fatores podem ser apontados como fatores limitantes ao feijão, sendo esses assim distribuídos: (i) o primeiro vem da oferta de alimentos substitutos, como o frango que teve forte crescimento da oferta interna e grande avanço na tecnologia que barateou o custo final do produto, que fez do Brasil o maior exportador mundial desse produto e com isso aumentando a oferta também no mercado interno, que passou de um consumo de 15kg por habitante ao ano no começo da década de 90 para a casa de 34kg que estão sendo previstos para 2005. Enquanto isso, o feijão que tinha demanda de 22kg

¹ Engº Agrº, Consultor de Mercado Agrícola. Brandalizze Consulting. Fone: +41.2648719. brandalizze@uol.com.br ou brandalizze@sulbbs.com.br.

por habitante no começo da década de 90, mostra agora menos de 15kg *per capita*.

O Frango cresceu em volume de oferta e está com preços iguais ao feijão ao consumidor. Outro produto que está ganhando espaço junto aos consumidores é o Suíno que, através de seus derivados (salsichas, lingüiças e embutidos baratos), tem ganho espaço nos pratos dos consumidores.

Por outro lado, o avanço no período do consumo do trigo e derivados, que passou das 6 milhões de toneladas no mesmo período acima citado para a casa das 10 milhões atuais e com isso aumentando as ofertas de produtos como: macarrão, biscoitos e pães com preços competitivos e desta forma também avançando sobre a demanda do prato tradicional dos brasileiros.

Outro fator que tem que ser levado em consideração é o bom crescimento do setor da pecuária bovina, que avanço no tamanho do rebanho e também nas ofertas de cortes baratos e assim também servindo como mais uma alternativa. Não devemos deixar de apontar que o Brasil nestes últimos anos teve crescimento no poder aquisitivo, que através dos estudos do IBGE mostram que já temos uma grande parte da população acima do peso ideal, fato este que não se verificava há 15 anos atrás, este quadro justamente porque passamos a consumir alimentos com maior teor de gordura e produtos ditos rápidos, que facilitam a vida dos trabalhadores, mas que diminuem a qualidade de vida da população.

O ponto mais importante para o Feijão é que o consumo não cresceu, porque não tivemos avanço na produção, já que estamos colhendo neste ano de 2005 o mesmo volume colhido há 15 anos. Se não tivermos oferta não conseguiremos ter demanda porque não há como importar grandes volumes de feijão.

Para resolver este problema teríamos que ter um zoneamento de produção para que os produtores pudessem plantar com a garantia de ter a comercialização com ganhos econômicos e na ponta do consumidor se mantivesse a oferta constante de produto com boa qualidade, porque nos últimos anos temos visto momentos com leve crescimento da produção, mas nestes mesmos momentos aumentando a oferta de produto de qualidade baixa, que não tem aceitação pelos consumidores, principalmente para a dona de casa ou do consumo doméstico para onde vão cerca de 13 kg *per capita*.

No estudo divulgado pelo IBGE em 2004 mostrava que o maior consumo regional do feijão continua se dando no Nordeste, com 17,9kg *per capita*, contra o pior nível que esta no Sul do país com 9,8kg, mostrando o Norte com 10,2kg, Centro Oeste com 10,3 kg e Sudeste com 11,5kg, fechando o Brasil com 12,9kg. Lembrando que cerca de 2 a 5 kg de feijão nestas regiões são consumidos fora dos domicílios.

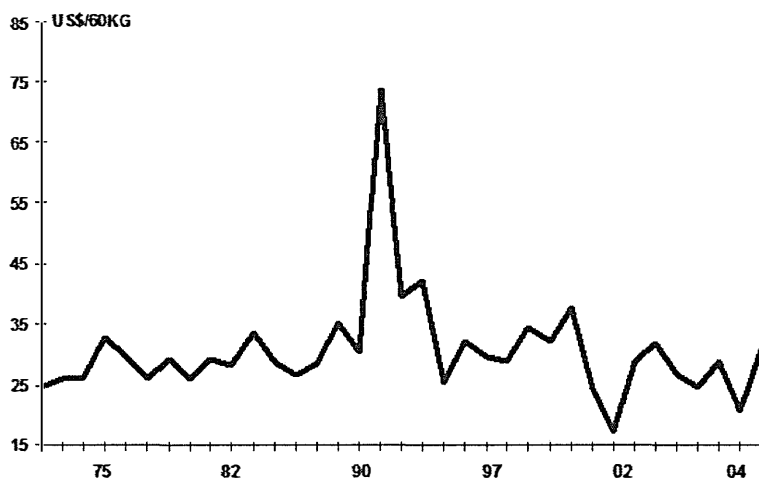


Figura 1. Evolução dos preços (cotações médias) de feijão comercial no Brasil.

3 Demanda pela qualidade

Continuamos pregando aos produtores que o feijão para ter liquidez tem que ter qualidade, porque se for produto de lavouras mal conduzidas ou de áreas que tiveram excesso de chuva na colheita não conseguirá boas cotações e não servem para serem armazenados e necessitam que sejam liquidados rapidamente para não atrapalharem os negócios do produto de qualidade que será colhido na sequência.

Neste ano estamos com produto em Unai, que para não atrapalhar o produto bom que está chegando deverá ser negociado em pouco tempo e assim deixar o mercado livre. Com boas expectativas de demanda de feijão do Brasil Central, neste ano pelos consumidores do Nordeste que terão baixa oferta de produto da região do Irecê que está apontada em apenas 20 mil toneladas contra expectativas que superavam a marca das 100 mil toneladas, mas devido à seca teve grandes perdas e também tem necessidade de produto de fora da região e assim devendo demandar o produto de Unai, com espaço para produto barato como também para o nobre.

Tabela 1. Oferta e demanda de feijão no Brasil (1.000 toneladas).

	04/05*	03/04	02/03	01/02	00/01
Estoque Inicial	8	108	48	33	163
Produção	2.800	2.900	3.125	2.965	2.845
Oferta Total	2.808	3.008	3.208	3.048	3.128
Consumo	2.800	3.000	3.000	3.000	3.095
Estoque Final	8	8	108	48	33

(*) estimativas

A Tabela 1 acima mostra a oferta e demanda do feijão no mercado interno e não leva em conta as importações de feijão Preto da Argentina que

tem ficado em volumes menores que 100 mil toneladas e também dos poucos volumes de feijão que são importados do Chile e outros fornecedores para o produto branco e alguns exóticos, que tem pouca expressão de mercado. Para os produtores o quadro deste ano é bastante interessante para ganhos econômicos porque tivemos perdas à demanda caminha para levar todo o produto aí ofertado e com um pouco de esforço os produtores poderão estar formando as cotações, como o setor do frango tende a crescer novamente na exportação este poderá ser um setor que diminuirá a pressão de venda e assim deixando o feijão mais livre para operar.

Aos produtores que produzem as variedades de menor volume como Jalo, que segundo IBGE tem consumo de meio kg por ano por habitante e tem mercado localizado, junto com outros produtos que tem produção e consumo limitado, também esta mostrando boas expectativas de demanda e com isso espaço para e se produzir, principalmente pelos irrigantes do Brasil Central e Bahia, que poderão estar colocando produto com valores de 20 a 40% acima do que se pratica o Carioca, que segue como o mais consumido. O Preto teve perdas na primeira safra e caminha para ter oferta de 280 a 320 mil toneladas, para um consumo nacional anual de 400 mil toneladas e assim obrigando os negociantes a ir a busca de produto importado na Argentina para cobrir a diferença e como os produtores Argentinos querem receber ao redor dos US\$30,00 e acima pela saca e se o câmbio que está nos priores movimentos dos últimos três anos, sofrer correções positivas veremos que não poderá se comprar feijão abaixo dos R\$85,00 por saca de origem Argentina.

4 Considerações finais

O mercado do feijão é firme, tem uma dica de vazio de oferta entre os meses de março e abril, quando necessitaremos de grandes volumes do produto para atender a demanda e não teremos colheita expressiva e assim valorizara o pouco do grão de ponta que estiver sendo ofertado.

NOÇÕES SOBRE LEGISLAÇÃO TRABALHISTA E TRABALHO ESCRAVO

Adahilton Dourado Júnior¹

1 Introdução

Muitas são as vezes em que se vê estampadas em revistas e jornais, notícias de que o Governo Federal vem se empenhando no combate ao trabalho escravo no Brasil.

O Ministério do Trabalho, por exemplo, divulgou oficialmente que até abril de 2004, sua Secretaria de Inspeção do Trabalho já teria libertado, desde 1995, 11.254 pessoas que viviam na condição de escravos.

Esta é mais uma lista divulgada pelo Ministério do Trabalho em que se aponta, por Estado, onde se localizam empresas que praticam o trabalho escravo, fazendo-se constar o nome do empregador, CPF ou CGC, o nome da empresa e a quantidade de trabalhadores em situação análoga à escravidão, em condições precárias de higiene, sem alimentação adequada, sem pagamento e com documentos retidos.

Vale dizer, os responsáveis não terão acesso a recursos financeiros de instituições estatais, perderão os direitos a benefícios fiscais, outros subsídios, além de que, constatada a prática, poderão vir até a perder sua propriedade rural.

O tema é relevante para o produtor e proprietário rural que emprega mão-de-obra campesina, na medida em que o coloca sob a mira de todas as iniciativas nacionais governamentais tendentes ao combate do trabalho escravo, quando no desenvolvimento de suas atividades agrícolas dependentes de relações de trabalho.

Também, porque, em muitos casos, é notória a incompreensão do fato social à luz dos valores eleitos pela lei brasileira e convenções internacionais acerca do tema. Quando levado a juízo, por exemplo, acusado de redução de trabalhadores à situação análoga a de escravo, o empregador rural, réu, tem alegado: (i) não existe trabalho escravo no Brasil; (ii) a escravidão foi extinta em 13 de maio de 1888; (iii) a lei não explica detalhadamente o que é trabalho escravo. Com isso, o empresário não sabe o que é proibido fazer; (iv) a culpa não é do fazendeiro e sim de gatos, gerentes e prepostos. Com isso o empresário não pode ser responsabilizado; (v) esse tipo de relação de trabalho já faz parte da cultura da região; (vi) não é possível aplicar a legislação trabalhista em certas regiões, isso geraria desemprego; (vii) a fiscalização abusa do poder e é guiada por um viés ideológico; e (viii) o Estado está ausente da região de fronteira agrícola e só aparece para punir quem está desenvolvendo o país.

Estes argumentos, como se constatará ao final desta exposição, não podem prosperar e estão a indicar falta de entendimento da questão como devido.

¹ Engenheiro Agrônomo, Produtor Rural, Advogado da União, Diretor do Departamento de Análise e Elaboração Legislativa da Secretaria de Assuntos Legislativos do Ministério da Justiça.

Vale dizer, a Constituição Federal, estabelece competência à União para desapropriar por interesse social, para fins de reforma agrária, o imóvel rural que não esteja cumprindo sua função social (art. 184) e que dita função social é cumprida quando a propriedade rural atende, como requisitos indispensáveis e simultaneamente, o aproveitamento racional e adequado; a utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente; a observância das disposições que regulam as relações de trabalho; e exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores (art. 186).

Parece-nos, portanto, que a compreensão da questão é fundamental para que o empreendedor agrícola possa, com tranqüilidade, desempenhar o seu importantíssimo papel social e econômico, produzindo alimentos, criando empregos e receitas fiscais, dentro da lei, em respeito aos princípios que informam, especialmente, o Direito do Trabalho e o Direito Penal.

Certamente foi com este objetivo, que o tema foi incluído na pauta do dia, neste VIII Simpósio sobre Feijão, e o propósito da palestra será o de atingi-lo, o que tentarei fazer com informações jurídicas, mas também com o uso de um pouco da experiência que obtive no campo, no exercício da profissão de Engenheiro Agrônomo, para presumir quais seriam as informações mais úteis à compreensão do tema.

Para isso, necessário se faz uma breve digressão do assunto principal, o trabalho escravo, a fim de entender-se, primeiro, mesmo que de modo bastante sintético, qual seja, nesta parte, a preocupação do Direito do Trabalho - necessária na medida em que o público alvo em geral não tem formação jurídica-, para, por último, compreendermos melhor o que caracterizaria uma relação trabalhista tipificável como crime de escravidão.

Importa-nos o tratamento da matéria sob indagações à luz tanto do Direito do Trabalho como do Direito Penal, na medida em que da mesma conduta que trataremos (redução de alguém a condição análoga a de escravo), pode advir consequências jurídicas de natureza civil, na forma de condenação judicial de indenizar o trabalhador por danos morais, como de natureza criminal, na forma de condenação a pena restritiva de liberdade.

Vale dizer, a despeito de estarmos limitados ao crime citado, previsto no art. 149, que é um crime contra a liberdade individual, situado no Título I do Código Penal brasileiro que trata dos crimes contra a pessoa, este mesmo diploma legal, possui um outro Título (Título IV), que trata especificamente dos crimes contra a organização do trabalho em que estão previstas outras condutas de certo modo relacionadas com a conduta que estudaremos.

Isto quer dizer que, no caso concreto, mesmo que não se configure a hipótese específica em estudo, outra poderá ficar configurada (como por exemplo, frustração de direito assegurado por lei trabalhista, art. 203, e aliciamento de trabalhadores de um local para outro do território nacional), invocando ainda mais atenção nas contratações de trabalho rural.

2 Fato, valor e norma como dimensões essenciais da realidade jurídica

"Direito é o conjunto de princípios, regras e institutos voltados a organizar situações ou instituições e criar vantagens, obrigações e deveres no contexto social."²

²DELGADO, Mauricio Godinho. *Princípios de direito individual e coletivo do trabalho*, 2001,

Sendo o direito uma dimensão essencial da existência humana, uma espécie de *lei de gravidade social*, que atua em todos os sentidos, embora com intensidade até certo ponto variada, parece óbvio que toda pessoa tenha alguma vivência – matriz de sua pré-compreensão – desse fenômeno de alcance coletivo, estando habilitada, só por isso, a participar e a se fazer ouvir em qualquer debate que tenha por objeto a compreensão da *coisa* direito, daquilo que ao longo dos séculos, no processar-se da *Humanitas* na História, os homens têm vivido como *experiência jurídica*.³

O Direito reflete a História. Posta assim a questão, podemos dizer que a *essência* do direito, em seu modelo permanente, apresenta três aspectos, dimensões ou momentos. Trata-se de uma unidade ontológica, plena e incindível, embora fracionável idealmente para efeito de análise por todos quantos se dediquem à sua investigação. O Direito não será, então, apenas a lei. Direito será, assim, fato, valor e norma.

A lei é apenas a norma expedida pelo órgão competente para expressar o valor que a sociedade dá ao fato. É apenas uma das três dimensões do Direito.

Não é, também, somente um *fato social*, nem tampouco apenas um conjunto de *normas* que se impõem a todos sob a ameaça de sanções socialmente organizadas. É, na verdade, a realização, no plano social e histórico, de uma tábua de *valores*, que fundamentam e legitimam essa coercibilidade numa sociedade de homens livres⁴.

A partir dessa visão unitária e totalizante, podemos encarar o direito debaixo das três perspectivas que põem em evidência as suas dimensões essenciais.

3 O direito como fato social

Preliminarmente, temos que o direito se apresenta como um fato ou fenômeno social, que só existe na sociedade e fora dela sequer pode ser concebido⁵. Sem alteridade, isto é, sem outrem com quem estabelecer ou manter relações sociais, não se pode conceber a idéia de direito.

Conexa a essa idéia de alteridade tem-se a de *bilateralidade*, a traduzir a indissociável correlação entre direitos e deveres como uma das características mais importantes do fenômeno jurídico⁶, que busca em última análise, a justiça social.

Na busca da justiça social, a alteridade ou pluralidade de pessoas tem como sujeitos, de um lado, os particulares ou membros da sociedade (como devedores) - no caso que estudaremos, o empregador rural -, e, de outro, a sociedade (como credora).

Se justiça é a virtude de se dar a "outrem" o que lhe é "devido", segundo uma "igualdade", o "devido", no plano social, será a realização do bem comum, ou, mais precisamente, a contribuição de cada um para sua realização. E a "igualdade" que a orienta, será de natureza proporcional ou relativa. A justiça

p. 15.

³ COELHO, Inocêncio Mártires. Curso Avançado de Direito Constitucional, IDP, 2004, p. 21.

⁴ COELHO, Inocêncio Mártires, op. cit., p. 23.

⁵ Cf., por todos, sobre o caráter social do fenômeno jurídico, *O Direito e a Vida Social*, A .L. Machado Neto & Zahidé Machado Neto (orgs.). São Paulo: Companhia Editora Nacional/EDUSP, 1966.

⁶ COELHO, Inocêncio Mártires, op. cit., p. 24.

social será a virtude pela qual os membros da sociedade dão a esta, sua contribuição para o bem comum, observada uma igualdade proporcional⁷.

O Direito, então, lê o fato social e o formaliza por meio da norma de acordo com determinados valores, criando direitos e deveres aos atores das relações jurídicas disciplinadas, com o fim último de fazer o que a sociedade que o alimenta entende por justo.

E se a lei reflete a História, para compreensão da leitura que o Direito faz hoje do fato social objeto da valoração normativa que nos interessa, a relação de trabalho subordinado, importante colocá-la em perspectiva histórica.

Na Inglaterra, no século XVIII, por exemplo, os menores eram oferecidos aos distritos industrializados, em troca de alimentação, fato muito comum nas atividades algodoeiras em Lancashire. A subdivisão territorial do condado, à época chamada de paróquia, encarregava-se, oficialmente, de organizar esse tráfico, que nesse intercâmbio, podia especificar que o industrial teria que aceitar, no lote de menores, os idiotas, na proporção de um para vinte.

O industrial de algodão Samuel Oldknow, v.g., contratou, em 1796, com uma paróquia a aquisição de um lote de 70 menores, mesmo contra a vontade dos pais; Yarranton tinha, a seu serviço, 200 meninas que fiavam em absoluto silêncio e eram açoitadas se trabalhavam mal ou demasiado lentamente; Daniel Defoe pregava que não havia nenhum ser humano de mais de quatro anos de idade que não podia ganhar a vida trabalhando; não era geral, mas era comum vigilantes aplicarem brutalidades a menores que não conseguissem suas obrigações na fábrica; em certos locais, cisternas de água pluvial era fechada à chave⁸.

Cita-se, também, porque ilustrativo da realidade que vigorava nesses tempos, o relato de Claude Fohlen, de perguntas feitas por uma comissão encarregada de apurar fatos desta natureza à época, dirigidas ao pai de duas menores: *"1. Pergunta: A que horas vão as menores à fábrica? Resposta: durante seis semanas, foram às três horas da manhã e voltaram às dez horas da noite. 2. Pergunta: Quais os intervalos concedidos, durante as dezenove horas, para descansar ou comer? Resposta: Quinze minutos para o jejum, meia hora para o almoço e quinze minutos para beber. (...) 10. Pergunta: Suas filhas sofreram acidentes? Resposta: Sim, a maior, a primeira vez que foi trabalhar, prendeu o dedo numa engrenagem e esteve cinco semanas no hospital de Leeds. 11. Pergunta: Recebeu o salário durante esse tempo? Resposta: Não, desde o momento do acidente cessou o salário (...) 13. Qual era o salário em semana normal? Resposta: Três Shilings por semana, cada uma. 14. Pergunta: E quando faziam horas suplementares? Resposta: Três Shilings e sete pence e meio (...)"*⁹.

O trabalho dos menores cercava-se de más condições sanitárias. Nas oficinas não havia higiene e eram organizadas casas de aprendizagem, raras, todavia, com dormitórios comuns para meninos e meninas.

A situação das mulheres não era diferente. Paralelamente aos trabalhos por elas desenvolvidos em minas, fábricas metalúrgicas e de cerâmicas, havia o *sweating system* – sistema do suor –, ou seja, trabalho prestado a domicílio no ramo da tecelagem, do calçado e da indumentária, com remuneração por unidade de obra. Como a retribuição era por unidade de obra produzida, as

⁷ MONTORO, André Franco. Introdução à Ciência do Direito, RT, 1999.

⁸ NASCIMENTO, Amauri Mascaro. Curso de Direito do Trabalho, Saraiva, 1997, pgs. 11 e 15.

⁹ NASCIMENTO, Amauri Mascaro, op. cit., p. 11.

jornadas de trabalho não eram inferiores a 14 horas diárias, fenômeno comum em toda parte, na Inglaterra, nos Estados Unidos, na França, na Alemanha e na Rússia.

A liberdade de fixar a duração diária do trabalho não tinha restrições. Os empregadores tomavam a iniciativa de, segundo os próprios interesses, estabelecer o número de horas de trabalho que cabia aos empregados cumprir. Não havia distinção entre adulto, menores e mulheres ou mesmo entre tipos de atividades, penosas ou não.

Na metade do século XIX na França, trabalhava-se 12 horas na província e 11 horas em Paris, com variações segundo o ramo de produção. Nas minas de Loire, segundo Georges Duveau, os mineiros passavam 12 horas diárias no fundo e cumpriam 10 horas de trabalho efetivo. Havia jornadas de 14 e 15 horas nas fábricas de alfinete. As tecelagens exigiam 14 ou 15 horas, se o trabalho era a domicílio, e 12 horas, na própria fábrica. Em Lille, no ano de 1864, numa fiação de linho situada em Descamps-Mahieu, os obreiros trabalhavam sem interrupção desde 5 até às 19,30 horas¹⁰.

Os salários eram muitos baixos, tanto assim que algumas medidas governamentais, como levantamentos e pesquisas, foram reclamadas, como ocorreu na Alemanha e Inglaterra. Os salários, sempre insuficientes, nas indústrias eram mais elevados que na agricultura, e os homens ganhavam mais que as mulheres e os menores.

Estes fatos, com o passar do tempo, passaram a ser repudiados pelas sociedades do mundo inteiro. O Direito, então, traduzindo um novo valor, passou a reger condutas que os evitassem.

4 O direito como norma

Quando o legislador, por exemplo, define como crime reduzir alguém a condição análoga à de escravo, quer submetendo-o a trabalhos forçados ou a jornada exaustiva, quer sujeitando-o a condições degradantes de trabalho, quer restringindo, por qualquer meio, sua locomoção em razão de dívida contraída com o empregador ou preposto, o faz tão somente porque considera indispensável à convivência social um mínimo de respeito à dignidade da pessoa humana, sem o qual essa mesma convivência estaria comprometida.

A tipificação da conduta como crime exprime valoração do fato, o que se faz por intermédio da norma. Pois bem, essa estreita vinculação entre as normas jurídicas e os valores morais e até religiosos torna manifesta a necessidade de não isolarmos conceitualmente o fenômeno jurídico, sob pena de nos colocarmos numa perspectiva unilateral e reducionista, que nos ofereceria apenas uma dimensão do direito, deformando ou até mesmo impedindo a sua compreensão integral.

Com efeito, se por um lado o direito se apresenta como instrumento de controle social, por outro lado exerce, também, uma importantíssima função como instrumento de mudança social. Foi pela lei que se conseguiu mudar aquela realidade descrita, de longas jornadas de trabalho de crianças e mulheres, de muita injustiça social.

A ação humanitária de pensadores progressistas e da Igreja (que em vista da situação precária de vida dos trabalhadores à época propalavam a necessidade de se voltar atenção à classe obreira desprotegida); o surgimento

¹⁰ NASCIMENTO, Amauri Mascaro, op. cit., p.12 a 15.

de novas doutrinas sociais e econômicas tendentes a modificar a atitude não intervencionista do Estado Liberal Clássico; o socialismo reformista; o impacto das duas grandes guerras com o Tratado de Versalhes, a criação da OIT – Organização Internacional do Trabalho e a Organização das Nações Unidas pelo seu Conselho Econômico e Social, coadjuvaram, de modo importante, o processo de formação de um novo ramo do Direito, o Direito Trabalhista, protagonizado pelo associacionismo da classe trabalhadora movida pela sua consciência de classe¹¹.

A norma jurídica traduziu, então, na medida do tempo, as mudanças dos valores sociais dados ao fato consistente na relação entre empregados e empregadores. Desincumbia-se desta missão como instrumento de controle social, ao mesmo tempo em que exercia função de instrumento de mudança social.

Como resultado de todo um complexo processo de atuação de forças, o Estado passou a tomar posição-chave na economia, desenvolvendo um plano de ação que compreendia uma nova posição perante as relações sociais.

Valeu-se de técnicas que se tornaram cada vez mais aceitas, como o planejamento, o dirigismo econômico, a interferência nos contratos, o Direito Social.

A regulamentação jurídica do trabalho pelo Estado revestiu-se inicialmente de características às quais foi dado o nome de legislação industrial. Nesta legislação predominava o propósito de proteger o trabalho do menor e da mulher e o de limitar a duração da jornada de trabalho, como reação valorativa àqueles fatos relatados.

Cita-se, por exemplo, como um marco para o Direito Trabalhista, a Lei de Peel, de 1802, da Inglaterra, de amparo aos trabalhadores. O autor do projeto, o moleiro Robert Peel, teve o propósito de disciplinar o trabalho dos aprendizes paroquianos nos moinhos e dos quais as autoridades paroquianas procuravam descartar-se, entregando-os aos donos de fábricas. Peel apresentou o projeto de lei para dar proteção a essas crianças, limitando a jornada de trabalho a 12 horas, estabelecendo deveres com relação à educação, higiene do local de trabalho, em especial os dormitórios. Essa lei, no entanto, só se tornou eficaz quando Peel, com a ajuda de Robert Owen, conseguiu a aprovação de uma segunda lei no mesmo sentido, em 1819, tornando ilegal o emprego de menores de 9 anos e restringindo o horário de trabalho dos adolescentes de menos de 16 anos a 12 horas diárias, nas prensas de algodão¹².

Nesta lei, estabelecia-se, também, que as paredes e os tetos das oficinas deveriam ser branqueados com cal duas vezes ao ano; cada oficina deveria ter janelas bastantes para assegurar ventilação conveniente; cada aprendiz devia receber duas vestimentas completas, renovadas à razão de uma por ano, pelo menos; dormitórios separados deviam acomodar os menores de sexos diferentes, com número de camas suficientes para que não fossem colocadas nunca mais de dois menores em uma cama; as jornadas de trabalho não deveriam ultrapassar 12 horas, excluídos os intervalos de refeição; o trabalho não poderia prolongar-se após às 21 horas nem começar

¹¹ GOMES, Orlando & GOTTSCHALK, Elson. Curso de Direito do Trabalho. Forense, 1984, p.1-4.

¹² NASCIMENTO, Amauri Mascaro, op. cit., p.33.

antes das 6 horas; os aprendizes deviam aprender a ler, a escrever e a contar, sendo subtraído das horas de trabalho o tempo consagrado às lições diárias.

Em 1833, ainda na Inglaterra, provocada pela Comissão Sadler, constituída para sindicar condições de trabalho nas fábricas, nova lei proibiu o emprego de menores de 9 anos, limitou a jornada diária de menores de 13 anos a 9 horas, dos adolescentes de menos de 18 anos a 12 horas.

Nota-se um sentimento de humanidade em crescimento. Em 1842, proíbe-se o trabalho de menores e de mulheres em subsolo; em 1844, nova lei institui para as mulheres, o dia de trabalho de 10 horas; em 1850 e 1853, fixa-se a jornada geral de trabalho dos homens em 12 horas.

Na França, em 1813, fica proibido por lei o trabalho dos menores em minas; em 1814, é proibido o trabalho em domingos e feriados; em 1841, é proibido o emprego de menores de 8 anos de idade; em 1848, foi estabelecida jornada de trabalho geral de 12 horas.

Na Alemanha, em 1839 foi publicada lei que proibia o trabalho de menores de 9 anos e restringiu a 10 horas a jornada diária de menores de 16 anos; em 1853, nova lei elevou a idade mínima do menor operário para 12 anos, limitando a jornada de menores de 14 anos a 6 horas; em 1869, uma lei de inspeção trabalhista estabeleceu que todo empregador era obrigado a fornecer e a manter, à sua própria custa, todos os aparelhos necessários ao trabalho, tendo em vista sua natureza, em particular, do ramo da indústria a que servia, e o local de trabalho em ordem a fim de proteger os operários, tanto quanto possível, contra riscos de vida e de saúde.

A legislação industrial, nessa altura de seu desenvolvimento, passava a se estender a outras atividades, consequência da própria modificação da estrutura social, das invenções das técnicas, das novas máquinas, do surto de desenvolvimento das comunicações e dos novos tipos de profissão que iam surgindo, daí porque, gradativamente, passou a transformar-se em direito operário.

O Direito do Trabalho rapidamente institucionalizou-se, fenômeno recente, cujas totais manifestações ainda estão ocorrendo. Seus princípios foram adotados pelos Estados, moldados pelo ideal que os anima na época contemporânea: a realização de justiça social.

Daí a penetração do Direito do Trabalho nas Constituições modernas: do México (1917 e 1962); Chile (1925); Peru (1933); Áustria (1925); Rússia (1918 e 1935); Brasil (1934, 1937, 1946, 1967, 1969 e 1988), Espanha (1931); Uruguai (1934); Bolívia (1938), Nicarágua (1939); Honduras (1936); Colômbia (1936 e 1945); Romênia (1948); República Federal Alemã (1949); República Democrática Alemã (1949); Tchecoslováquia (1948); Venezuela (1947 e 1961); Turquia (1961); Iugoslávia (1921 e 1963) e Guatemala (1965)¹³.

Não só por meio de leis, constitucionais ou ordinárias, positivou-se o Direito do Trabalho. O seu pluralismo gera outras normas emanadas de fontes não estatais. Nos Estados Unidos, as convenções coletivas de trabalho, fruto de negociações diretas entre sindicatos interessados, cobrem a maior parte da sua ordem jurídica. A Organização Internacional do Trabalhador – OIT, promulga convenções que em muitos países têm força de lei federal. Na Europa são freqüentes os tratados internacionais, bilaterais ou multilaterais, especialmente sobre previdência social.

¹³ NASCIMENTO, Amauri Mascaro, op. cit., p. 35.

A OIT, por sua vez, possui a sua Constituição Interna e prevê os seus órgãos executivos e legislativos. Dentre estes últimos, merecem destaque especial as "Conferências Internacionais do Trabalho", das quais participam delegados representantes dos Governos dos Estados-Membros, além de representantes das organizações profissionais, empregadores e empregados, paritariamente, fato este sem precedente na história das relações entre os povos.

A "Conferência" pode elaborar "Convenções" e "Recomendações", sujeitas à ratificação ou homologação pelos estados Convenientes.

Cita-se, ainda no âmbito internacional, influenciando na idéia de justiça social, a Declaração Universal dos Direitos do Homem, a Carta Social Européia, a Carta Internacional Americana de Garantias Sociais.

São, todas estas regras nacionais e internacionais, normas jurídicas tradutoras de um valor eleito por todos os povos como regra elementar de convivência social: a justiça social.

5 O direito como valor

Se a sociedade é o local de emergência de todos os valores e, por isso, também, dos valores jurídicos, que dela dependem para se converterem em concretas formas de agir, realisticamente devemos levar em conta as possibilidades históricas dessa concretização.

Se, por outro lado, o direito como objeto cultural reflete uma certa concepção do homem e do mundo, integrando-se numa cosmovisão mais ampla, que abrange a totalidade da experiência histórica e social, não pode e não deve ser pensado fora desses parâmetros, sob pena de se tornar irrealizável e frustrar as possibilidades da sua realização¹⁴.

Dentro desta perspectiva, de Direito como norma que expressa o valor dado por uma sociedade a determinado fato em determinado tempo, podemos inferir a importância dos princípios na ordem jurídica.

Princípio é valor. É o mandamento nuclear de um sistema, verdadeiro alicerce dele, disposição que se irradia sobre diferentes normas, compondo-lhes o espírito e servindo de critério para sua exata compreensão e inteligência exatamente por definir a lógica e a racionalidade do sistema normativo, no que lhe confere a tônica e lhe dá sentido harmônico¹⁵.

A relação desequilibrada entre o empregador, sujeito que produz critérios para o contrato de trabalho e o empregado, que fica condicionado a aceitar o modelo contratual que lhe é imposto, é de onde emerge o conceito protetivo do Direito do Trabalho, pois influencia a lógica de como atuar enquanto direito, daí podermos dizer que o principal princípio norteador de toda a legislação trabalhista é o Princípio da Proteção ao trabalhador.

No Direito do Trabalho a preocupação central é a de proteger uma das partes com o objetivo de mediante essa proteção, alcançar uma igualdade substancial verdadeira entre as mesmas. O Princípio da Proteção "orienta o Direito do Trabalho, pois este, ao invés de inspirar-se num propósito de igualdade, responde ao objetivo de estabelecer um amparo prefacial a uma das partes: o trabalhador."¹⁶

¹⁴ COELHO, Inocêncio Mártires, op. cit., p. 33.

¹⁵ Celso Antônio Bandeira de Mello *apud* SILVA, Luiz de Pinho Pedreira da. **Principiologia do Direito do Trabalho**, 1999, p.12.

¹⁶ RODRIGUES, Américo Plá. **Princípios de Direito do Trabalho**, 2000, p.26.

A motivação de proteger é a inferioridade do contratado em face do contratante, onde a superioridade existente permite ao empregador, ou a um organismo que o represente, impor unilateralmente as cláusulas do contrato, tendo em vista que o empregado não tem a possibilidade de discutir, cabendo-lhe aceitá-las ou recusá-las em bloco.¹⁷

Gerard Couturier teorizou sobre as várias espécies de inferioridades existentes em uma relação contratual: inferioridade-constrangimento, inferioridade-ignorância e inferioridade-vulnerabilidade.¹⁸

Na lógica desenvolvida pelo autor fica evidenciado que no contrato de trabalho, em relação ao consentimento, opera a inferioridade-constrangimento, eis que a necessidade de obter um posto de trabalho remunerado lhe constrange a discutir qualquer espécie de cláusula do contrato, ainda mais no atual contexto de recessão dos postos de trabalho.

Aliás, a inferioridade não deve ser tomada somente quando da aceitação contratual, mas também ao longo do contrato de trabalho, eis que o trabalhador não pode expor a sua vontade com liberdade.

Contudo, Pinho Pedreira salienta que é a inferioridade-ignorância que faz essencial diferença entre o trabalhador e o empregador, eis que ao trabalhador faltam informações sobre a conclusão do contrato. A ignorância pode ser em razão do regime jurídico aplicável em face da incompreensão dos seus elementos constitutivos.¹⁹

Por fim, resta a concepção de "inferioridade-vulnerabilidade" que na concepção de Couturier, advém do fato de que o contrato de trabalho implica em vender a força física, incide de certo modo sobre o corpo do empregado, tanto o é que a proteção do trabalhador teve início pelas regras de segurança física.²⁰

Obviamente os três elementos podem atuar em intensidades diferentes no contrato de trabalho, mas o certo é que estarão presentes em qualquer relação onde exista prestação de labor em troca da remuneração.

6 Do empregado rural

A Convenção nº 141 da OIT, de 1975, define trabalhador rural como toda pessoa que se dedica, em região rural, a tarefas agrícolas ou artesanais ou a serviços similares ou conexos, compreendendo não só os assalariados, mas também aquelas pessoas que trabalham por conta própria, como arrendatários, parceiros e pequenos proprietários.²¹

No Brasil, a Lei nº 4.214, de 2 de março de 1963, tratava do tema. Era o chamado Estatuto do Trabalhador Rural, que estabelecia quase os mesmos direitos trabalhista do trabalhador urbano. O trabalho rural era disciplinado pelo estatuto da Terra (Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964). Os avulsos, provisórios ou volantes, após um ano de serviço passavam a ser considerados empregados permanentes (art. 6º da Lei 4.214 de 1963).

¹⁷ SILVA, Luiz de Pinho Pedreira da. **Principiologia do Direito do Trabalho**, 1999, p.22.

¹⁸ COUTURIER, Gerard citado por SILVA, Luiz de Pinho Pedreira da. **Principiologia do Direito do Trabalho**, 1999, p.22.

¹⁹ SILVA, Luiz de Pinho Pedreira da. **Principiologia do Direito do Trabalho**, 1999, p.23.

²⁰ COUTURIER, Gerard citado por SILVA, Luiz de Pinho Pedreira da. **Principiologia do Direito do Trabalho**, 1999, p.23.

²¹ MARTINS, Pinto. **Direito do Trabalho**. Atlas, 2003, p. 155.

Atualmente, a norma que cuida do trabalhador rural é a Lei nº 5.889, de 8 de junho de 1973, que revogou a Lei nº 4.214, de 1963 (art. 21). Não se aplica a CLT ao empregado rural, salvo se houver determinação em sentido contrário (art. 7º, b, da CLT).

O empregado rural é a pessoa física que, em propriedade rural ou prédio rústico, presta serviços com continuidade a empregador rural, mediante dependência e salário (art. 2º da Lei nº 5.889/73). O empregador rural é a pessoa física ou jurídica, proprietária ou não, que explore atividade agroeconômica, em caráter permanente ou temporário, diretamente ou por meio de prepostos e com auxílio de empregados (art. 3º da Lei nº 5.889/73).

Os contratos típicos, como o de parceria, meação, são regidos pelo Direito Civil. As parcerias e meações consideradas fraudulentas, no entanto, afastam a legislação comum, aplicando-se a legislação especial do trabalho, configurando-se o vínculo de emprego, garantindo-se todos os direitos trabalhistas aos trabalhadores, que serão considerados trabalhadores rurais.

A Constituição igualou de vez os direitos do trabalhador urbano e do rural no *caput* do art. 7º. Assim, trabalhadores urbanos e rurais têm os mesmos direitos.

7 Da realidade brasileira

Pareceu-nos importantes as noções gerais traçadas até aqui, acerca do que seja, em apertada síntese, Direito e o que pretende tutelar a legislação trabalhista, não só a brasileira, mas a internacional, para entender-se, principalmente, que o quê o Estado brasileiro pretende, com as suas incursões no interior de propriedades rurais, por meio da Polícia Federal, do Ministério Público e Fiscais do Trabalho, é o alcance desta proposta humanitária, que o Direito procura concretizar em nível mundial: estabelecer-se uma sociedade justa.

No Brasil, a história do Direito do Trabalho não apresenta as mesmas características que o direito trabalhista estrangeiro. País de imensa área territorial e em grande parte situado entre as áreas subdesenvolvidas do mundo, e em parte, de médio desenvolvimento, não teve tempo histórico, ainda, para se preparar e enfrentar os grandes problemas que alhures surgiram com a Revolução Industrial.

A rarefação de sua população relativa, a explosão de seus centros habitacionais, os resíduos do tradicional sistema colonial, a lenta formação de um mercado interno auto-suficiente, uma infra-estrutura industrial e profissional rarefeita e ganglionar, uma legislação antiliberal, não têm permitido ao nosso país criar um Direito do Trabalho com as mesmas características dos povos europeus e alguns americanos.²²

Já se disse, não sem certa razão, que o nosso Direito do Trabalho tem sido uma dádiva da lei, uma criação de cima para baixo, em sentido vertical, mas nem a força normativa de mudança social foi capaz de eliminar totalmente a escravidão no Brasil. Um desdobramento natural de conquista de lutas sociais, como ocorreu na Europa, não ocorreu no Brasil, e por isso, ainda ocorrem fatos tão parecidos como aqueles que descrevemos como ocorrente alhures, há mais de duzentos anos atrás.

²² GOMES, Orlando & GOTTSCHALK, Elson. Curso de Direito do Trabalho. Forense, 1984, p.7.

Caio Prado Júnior, escritor brasileiro, dizia que o historiador brasileiro – na década de 1930 – era um privilegiado, pois que teria condições de conhecer em pleno século XX quadros históricos próprios dos séculos anteriores. A reflexão é atualíssima para o Brasil de hoje, aonde há muita dúvida acerca dos números da escravidão no país. Para alguns são vinte e cinco mil e para outros duzentos mil escravos, conforme dados reunidos pela CPT (Comissão Pastoral da Terra).

A história da escravidão no Brasil tem origem no século XVI, quando os portugueses tentaram escravizar os índios para a exploração da cana-de-açúcar. Logo se observou que o indígena não se adaptava às novas atividades. Por esta razão o trabalho indígena foi substituído pelo trabalho negro importado da África, abolido em 1888, dois anos antes do final do monarquismo, mas certamente não se mostrou eficaz e adequada para transformar as relações sociais no Brasil.

A escravidão no Brasil, não se explica somente por fatores culturais, mas também políticos, econômicos e históricos. A escravidão foi em grande parte financiada por banqueiros holandeses que investiam altas somas em dinheiro no comércio de açúcar. Durante o período de 1580-1640, quando Portugal passou a ser controlado pela Espanha, os negócios holandeses foram apagados no Brasil, todavia o modelo escravista não foi alterado. Depois da restauração da monarquia portuguesa em 1640, a escravidão no Brasil foi fortemente financiada em parte pelos ingleses, que exercia ascendência política sobre Portugal até o século XIX.

No Brasil se iniciou a campanha abolicionista quando surgiu a exploração da cultura do café que precisava de mão de obra assalariada. Em 1850, entrou em vigor a Lei Eusébio de Queirós, proibindo o tráfico de escravos. Em 13 de maio de 1888, a Princesa Isabel decretou a escravidão como atividade ilegal. Contudo, são muitos os relatos de permanência da escravidão no país, a chamada escravidão moderna.

Vale dizer, de acordo com o Relatório Global da OIT de 2001, as diversas modalidades de trabalho forçado no mundo têm sempre em comum duas características: o uso da coação e a negação da liberdade. No Brasil, o trabalho escravo resulta da soma do trabalho degradante com a privação de liberdade. O trabalhador fica preso a uma dívida, tem seus documentos retidos, é levado a um local isolado geograficamente que impede o seu retorno para casa ou não pode sair de lá, impedido por seguranças armados. A OIT, em seus documentos, ao descrever esta situação brasileira, utiliza o termo “trabalho escravo”.

Tudo se inicia quando o “gato” faz contratos com modestos trabalhadores de regiões pobres e passa a oferecer empregos. Os trabalhadores que aceitam a proposta recebem de imediato uma soma em dinheiro para deixar com sua família. Em seguida, são transportados até o novo local de trabalho. Chegando na Fazenda, o peão é alojado em barracos precários, de madeira, sem janelas, sem vasos sanitários e com pouca iluminação. Vivem sem água potável e recebem alimentação inadequada. São obrigados a comprar produtos vendidos em armazéns do próprio fazendeiro.

Chegado o dia do primeiro pagamento, o trabalhador é surpreendido ao saber que tem grande débito com o patrão e que deverá pagar pelas ferramentas de trabalho (como moto-serras, facões, etc.), equipamentos que utiliza em sua atividade (como botas, chapéus, etc), pelo adiantamento em

dinheiro e pelos custos despendidos com seu transporte e alimentação. Na maioria dos casos o peão percebe que está prisioneiro, escravo, rendido e vigiado por pessoas armadas.

As cifras sobre trabalho escravo no Brasil, durante o período da ditadura militar (1964-1985), são desconhecidas, uma vez que os governos militares não permitiam as pesquisas sobre a existência dos trabalhadores cativos. Ainda assim, durante o período de 1970 a 1986 foram constatados 110 cativos. Em 55 casos foram contados 19.713 escravos (somente 1.292 conseguiram fugir). Em 1970, por exemplo, 500 trabalhadores foram libertados de uma fazenda no norte do Mato Grosso, 50 eram menores (Martins, 1986, p. 41).

Em pleno século XXI o quadro não é diferente e não se modificará se as causas da escravidão não forem atacadas, a pobreza extrema da maioria da população, a falta de perspectivas, a frágil fiscalização do Estado, aliadas à impunidade que permite a reprodução das condutas criminosas. Segundo informa a Comissão Especial para o Combate ao trabalho Escravo, do Ministério da Justiça, existem nas Regiões Norte e Nordeste aproximadamente 10.000 trabalhadores escravos; de acordo com a CPT, somente na Amazônia existem 15.000 trabalhadores escravos (Folha de São Paulo, 20.10.2002, p. A-4) e cerca de 25.000 em todo o país (Jornal do Senado, 7.11.2002, p.7). Recentemente (Folha de São Paulo, 22.02.2004, p. A-13), a CPT revisou seus números para anunciar que os escravizados podem chegar a 200.000.

Os trabalhadores escravos, em sua grande parte, são provenientes de Estados pobres do Nordeste, principalmente da Paraíba e do rio Grande do Norte, e comumente trabalham em propriedades com direção nos Estados do Pará, Tocantins, Maranhão, Pernambuco, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul.

Nestes últimos anos algumas medidas foram tomadas. O GERTRAF (Grupo Executivo de Repressão ao Trabalho Forçado), coordenado pelo Ministério do Trabalho e composto por representantes de outros Ministérios e de organizações não governamentais (ONGs), divulgaram que suas equipes de fiscalização lograram libertar 11.254 trabalhadores entre os anos de 1995 e 2003.

Tabela 1. Número de operações (NO), número de trabalhadores libertados (NTL) e número de estabelecimentos fiscalizados (NEF) referente ao período de 1995 a 2004.

Ano	NO	NTL	NEF
1995	11	84	77
1996	26	425	219
1997	20	394	95
1998	18	159	47
1999	19	725	56
2000	25	527	88
2001	27	1297	147
2002	33	2493	94
2003	66	4879	196
2004 (até abril)	08	271	19
TOTAL	253	11.254	1.038

Fonte: SIT/TEM.

Para bem exprimir a realidade nacional, no que atine ao fato recriminável em si e também a ação governamental no sentido de combatê-lo em atendimento a um compromisso não só constitucional, de direito interno, mas também internacional, cita-se matéria publicada no site do Ministério Público do Trabalho²³, *verbis*: *A escravidão contemporânea é diferente daquela que existia até o final do século 19, quando o Estado garantia que comprar, vender e usar gente era uma atividade legal. Mas é tão perversa quanto, por roubar do ser humano sua liberdade e dignidade. E ela não se resume à terra de ninguém que é a região de expansão agrícola amazônica, mas está presente nas carvoarias do cerrado, nos laranjais e canaviais do interior paulista, em fazendas de frutas e algodão do Nordeste, nas pequenas tecelagens do Brás e Bom Retiro, da cidade de São Paulo.*

A nova escravidão é mais vantajosa para os empresários que a da época do Brasil-Colônia e do Império, pelo menos do ponto de vista financeiro e operacional. O sociólogo norte-americano Kevin Bales, considerado um dos maiores especialistas no tema, traça em seu livro *"Disposable People: New Slavery in the Global Economy"* (*Gente Descartável: A Nova Escravidão na Economia Mundial*), paralelos entre esses dois sistemas.

Antigamente, a propriedade legal era permitida, hoje não. Mas era muito mais caro comprar e manter um escravo do que hoje. O negro africano era um investimento dispendioso que poucas pessoas podiam ter. Hoje, o custo é quase zero - paga-se apenas o transporte e, no máximo, a dívida que o sujeito tinha em algum comércio ou hotel. Além do fato de que, se o trabalhador fica doente, é só largá-lo na estrada mais próxima e aliciar outra pessoa. O desemprego é gigantesco no país, e a mão-de-obra, farta.

Na escravidão contemporânea, não faz diferença se a pessoa é negra, amarela ou branca. Os escravos são miseráveis, independentemente de raça. Porém, tanto na escravidão imperial quanto na do Brasil de hoje, mantêm-se a ordem por meio de ameaças, terror psicológico, coerção física, punições e assassinatos. Ossadas têm sido encontradas em propriedades durante ações de fiscalização, como na fazenda de Gilberto Andrade, família influente da região Sul do Pará.(...)

As primeiras denúncias de formas contemporâneas de escravidão no Brasil foram feitas em 1971 por dom Pedro Casaldáliga, na Amazônia. Sete anos depois, a CPT denunciou a fazenda Vale do Rio Cristalino, pertencente à montadora de veículos Volkswagen e localizada no sul do Pará. O depoimento dos peões que conseguiram fugir a pé da propriedade deu visibilidade internacional ao problema.

Outro exemplo de envolvimento de grandes empresas é o das fazendas reunidas Taina Recan, em Santa do Araguaia, e Alto Rio Capim, em Paragominas, ambas no Pará, pertencentes ao grupo Bradesco, onde, entre as décadas de 70 e 80, foram encontrados trabalhadores reduzidos à condição de escravidão. O governo acaba envolvido indiretamente com o trabalho forçado quando financia empresas que se utilizam da prática. A Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia (Sudam), por exemplo, bancou a Companhia Real Agroindústria e as fazendas Agropalma, também no Pará, pertencentes ao Banco Real, em que foram encontradas irregularidades no início da década

²³ <http://www.pgt.mpt.gov.br/escravo/>

de 90. Tudo isso é fruto da política de desenvolvimento adotada durante a ditadura militar, de incentivar os grandes empreendimentos na região amazônica, que fechou o olho para os direitos humanos e trabalhistas. Quem protestava ou reivindicava era preso e torturado.

Apesar de as convenções internacionais de 1926 e a de 1956, que proibiam a servidão por dívida, entrarem em vigor no Brasil em janeiro de 1966, o país demorou para criar um mecanismo para combatê-la. O que veio a acontecer apenas em 1995, quando foram instituídos os grupos móveis de fiscalização. Essas equipes, coordenadas pela Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT) do Ministério do Trabalho e Emprego, respondem diretamente a Brasília, são acompanhadas de policiais federais e contam com o suporte do Ministério Público do Trabalho e da Justiça do Trabalho.

O Plano Nacional para Erradicação do Trabalho Escravo, lançado no início de 2003, reúne 76 medidas de combate à prática. Entre elas, projetos de lei como o que expropria terras em que for encontrado trabalho escravo e transfere para a esfera federal os crimes contra os direitos humanos, limitando assim as influências locais nos processos. A implantação do plano tem sido lenta e muitas vezes esbarra na falta de verbas, pressão da bancada ruralista e na incapacidade do governo federal de liberar recursos para aumentar e aparelhar a fiscalização.

Nos últimos meses, mudanças na legislação tornaram mais duras as penas para quem for pego com trabalho escravo. Outros importantes instrumentos foram a determinação da suspensão no crédito agrícola de quem foi condenado pela prática e a criação de 269 novas Varas do Trabalho, a primeira delas a ser instalada em Redenção, sul do Pará. Vale ressaltar que o combate ao trabalho escravo avançou graças à dedicação pessoal dos auditores do grupo móvel do Ministério do Trabalho e Emprego, mesmo com falta de recursos financeiros, equipamentos, veículos que não quebrem em serviço e telefones que funcionem na imensidão verde da Amazônia.(...)

8 O trabalho escravo no Direito Penal brasileiro

A escravidão referida no Código Penal brasileiro, pois, por tudo que foi dito, deve ser muito bem entendida, na medida em que consiste em conduta criminosa, reprimível com pena restritiva de liberdade, de reclusão, de dois a oito anos, e multa, além da pena correspondente à violência.

Diz o art. 149 do Código Penal brasileiro, com a alteração introduzida pela Lei nº 10.803, de 11 de dezembro de 2003: Art. 149. Reduzir alguém a condição análoga à de escravo, quer submetendo-o a trabalhos forçados ou a jornada exaustiva, quer sujeitando-o a condições degradantes de trabalho, quer restringindo, por qualquer meio, sua locomoção em razão de dívida contraída com o empregador ou preposto: (Redação dada pela Lei nº 10.803, de 11.12.2003). Pena - reclusão, de dois a oito anos, e multa, além da pena correspondente à violência. (Redação dada pela Lei nº 10.803, de 11.12.2003). § 1º Nas mesmas penas incorre quem: (Incluído pela Lei nº 10.803, de 11.12.2003): I – cerceia o uso de qualquer meio de transporte por parte do trabalhador, com o fim de retê-lo no local de trabalho; (Incluído pela Lei nº 10.803, de 11.12.2003): II – mantém vigilância ostensiva no local de trabalho ou se apodera de documentos ou objetos pessoais do trabalhador, com o fim de retê-lo no local de trabalho. (Incluído pela Lei nº 10.803, de 11.12.2003). § 2º A pena é aumentada de metade, se o crime é cometido: (Incluído pela Lei nº

10.803, de 11.12.2003): I – contra criança ou adolescente; (Incluído pela Lei nº 10.803, de 11.12.2003); e II – por motivo de preconceito de raça, cor, etnia, religião ou origem. (Incluído pela Lei nº 10.803, de 11.12.2003).

Vê-se que até o advento da Lei nº 10.803/2003, o texto do referido dispositivo legal, ao descrever a conduta incriminadora, referia-se apenas à redução de alguém à "condição análoga à de escravo", que podia ser entendida como o fato do sujeito transformar a vítima em pessoa totalmente submissa à sua vontade, como se escravo fosse, nas condições historicamente reconhecidas como caracterizadoras desse tipo de relação.

Na vigência da antiga redação do dispositivo, havia, pois, muita discussão na doutrina e jurisprudência acerca da perfeita caracterização do que constituiria realmente à chamada "condição análoga à de escravo", um termo um tanto quanto genérico, o que deveria ter sido evitado pelo legislador em face do princípio penal norteador da tipicidade legal.

De acordo com a nova redação, previu-se de forma mais clara e precisa o que constituiria o conceito de "condição análoga à de escravo".

Como se vê, de acordo com o art. 149 do Código Penal brasileiro, com redação dada pela Lei n. 10803/2003, tal condição estará caracterizada quando a vítima for submetida à ação do empregador ou preposto, previstas nos verbos reduzir (alguém a condição análoga à de escravo); submeter (a trabalhos forçados ou a jornada exaustiva); sujeitar (a condições degradantes de trabalho), restringir (por qualquer meio, sua locomoção em razão de dívida contraída com o empregador ou preposto), cercear (o uso de qualquer meio de transporte por parte do trabalhador, com o fim de retê-lo no local de trabalho), manter (vigilância ostensiva no local de trabalho), ou apoderar (de documentos ou objetos pessoais do trabalhador, com o fim de retê-lo no local de trabalho), sob pena restritiva de liberdade de dois a oito anos, e multa, além da pena correspondente à violência, pena esta aumentada de metade, se o crime é cometido contra criança ou adolescente ou por motivo de preconceito de raça, cor, etnia, religião ou origem.

Este crime está previsto no Capítulo VI, relativo aos crimes contra a liberdade individual, do Título I, dos crimes contra a pessoa, da Parte Especial do Código Penal brasileiro.

Importa-nos isso, na medida que podemos concluir que a lei penal, no art. 149, quando tipifica a conduta "Redução a Condição Análoga à de Escravo", trata de proteger a liberdade individual, ou seja, o estado de liberdade do homem, que é o direito que todo ser humano tem de estar livre da servidão ou do poder de fato de outra pessoa.

Vale citar, a Convenção Americana sobre Direitos Humanos, conhecida como Pacto de São José da Costa Rica, assinado pelo Brasil, no seu art. 6.1, estabelece que "Ninguém pode ser submetido a escravidão ou a servidão, e tanto estas como o tráfico de escravos e o tráfico de mulheres são proibidos em todas as formas".

Tutela-se, desta forma, sobretudo, a dignidade da pessoa humana, que não pode ser submetida a tratamento desumano ou degradante, inclusive no exercício do trabalho, conforme preceitua nossa Constituição Federal, tanto no inciso III do seu art. 5º, como conforme a especial proteção contida no art. 7º, afora as proibições previstas na legislação pátria.

8.1 Formas de cometimento do crime

A primeira forma de se reduzir alguém à condição análoga à de escravo é submetê-la a trabalhos forçados. Isto significa que a vítima é privada da liberdade de escolha de não executar o trabalho, ou seja, decorre de uma relação de dominação e sujeição da qual não pode se insurgir. Isto é, o agente criminoso constrange a vítima a executar o trabalho: a) mediante violência ou ameaça; ou b) mediante a criação ou o aproveitamento de circunstâncias que a impossibilitem de exercer a opção de não se submeter ao trabalho.

Seria o caso de situação análoga a de escravo, quando, numa fazenda, os trabalhadores estivessem sendo tratados como antigos escravos, estando impedidos de deixá-las, não recebendo salários.

Praticará, também, o crime, quem submeter outrem a jornada exaustiva ou a condições degradantes de trabalho. Neste caso o abuso está, a despeito do consentimento da vítima, na exigência, quer quanto à quantidade, quer quanto às condições propiciadas para sua execução.

Por condições degradantes entendem-se as aviltantes e humilhantes, não apenas em geral consideradas, mas também em face das condições pessoais da vítima, que afrontam sua dignidade.

Para a configuração do crime, no entanto, não basta a mera violação das normas tutelares das relações trabalhistas. Exige-se que o abuso resulte da submissão ou sujeição, ou seja, que decorra de uma relação de dominação na qual a vítima está subjugada, privada de sua liberdade de escolha.

Uma última forma de cometimento do crime consiste na privação da liberdade de alguém em razão de dívida, muitas vezes artificialmente criada ou incentivada como pretexto para subsequente exploração abusiva do trabalho. O crime se configura mediante a restrição da liberdade de locomoção da vítima por qualquer meio, abrangidos o enclausuramento e o confinamento. Exige-se, porém, que a conduta seja praticada em razão de dívida contraída com o empregado ou preposto, não descaracterizando a infração a circunstância de ser o crédito legítimo.

É esse o caso quando alguém força trabalhador a serviço pesado e extraordinário, com proibição de deixar a propriedade agrícola sem liquidação dos débitos pelos quais é responsável²⁴.

Acresça-se que, de acordo com o §1º do art. 149 do Código Penal, há previsão de outros meios específicos de que se pode valer o agente para reduzir a vítima à condição análoga à de escravo. Punem-se as seguintes condutas que restringem a liberdade de locomoção do trabalhador com a finalidade específica de impedi-lo de deixar o local de trabalho: (i) cerceamento ao uso de meio de transporte; (ii) vigilância ostensiva; ou (iii) retenção de documentos ou objetos pessoais do trabalhador.

Vale registrar, por último, que: (i) o Poder Judiciário já formou entendimento, antes da redação do novo dispositivo, que qualquer constrangimento gerado por irregularidades nas relações laborativas não é suficiente para determinar a incidência do art. 149 do Código Penal; (ii) a redução de alguém a condição análoga à de escravo, por meio de qualquer das formas que assumam a conduta, exige certa duração no estado de submissão da vítima, ou seja, não se configurará o crime com uma única ação do agente; (iii) a inconsciência da vítima quanto à condição análoga à de escravo a que está

²⁴ MIRABETE, Julio Fabbrini. Manual de Direito Penal. Atlas, 2004, p.192 a 196.

submetido, não afasta o crime; (iv) o consentimento da vítima não afasta a ilicitude do fato (em razão da indisponibilidade do bem "liberdade individual"); (v) o crime pode ser praticado na forma tentada, ou seja, ocorre a tentativa quando o agente não consegue o resultado de submissão à sua vontade apesar das condutas praticadas; (vi) trata-se de crime doloso, ou seja, exige-se a consciência do agente de estar reduzindo alguém a um estado de submissão por uma das formas relatadas; (vii) se o fim da conduta for o de criar, educar, corrigir ou proteger uma pessoa, não existirá o crime por ausência de dolo (poderá, contudo, se houver excesso, ocorrer a caracterização do crime de maus-tratos); (viii) a conduta é sempre comissiva, não existe este crime de forma omissiva, ou seja, a sujeição de alguém a outrem, independente da vontade desta última, não caracteriza o crime por não ocorrência da conduta típica; (ix) se a conduta é cometida contra criança ou adolescente, ou ainda por motivo de preconceito de raça, cor, etnia, religião ou origem, configurar-se-á o crime na sua forma qualificada, o que determina o aumento da pena pela metade; (x) mesmo que não se configure a condição análoga a de escravo, a conduta poderá configurar maus-tratos; constrangimento ilegal; seqüestro ou cárcere privado; tortura (inciso II do art. 1º da Lei nº 9.455, de 7 de abril de 1997); frustração de direito assegurado por lei trabalhista, etc; (xi) o trabalho abusivo no curso da execução da pena pode configurar delito de abuso de poder (art. 350) ou de abuso de autoridade (previsto na Lei nº 4.898, de 9 de dezembro de 1965); e (xii) a submissão de idosos a condições desumanas ou degradante, a trabalho excessivo ou inadequado, expondo-o sua saúde e integridade a perigo, configura o delito previsto no art. 99 da Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003 (Estatuto do Idoso). (Júlio Fabbrini Mirabeti).

8.2 A jurisprudência criminal²⁵

Ilustrativo, também, da situação do fato frente ao ordenamento jurídico brasileiro atual, é o enfrentamento da questão pelo Poder Judiciário, o que pode ser visualizado de trecho do recente Acórdão do relator Ministro Gilson Dipp, do Superior Tribunal de Justiça, em 25/05/2004, julgando a pretensão de acusado de trabalho escravo ao benefício legal de apelar de sua condenação, em primeiro grau, solto, no HC nº 33716 / SP. Do pedido e da fundamentação exposta pelo recorrente, entendeu o STJ: "(...) o paciente foi condenado por manter dez pessoas em condições análogas às de escravos, apoderando-se de seus documentos, obrigando-as a realizar trabalhos imoderados, em extensa jornada, e submetendo-as a péssimas condições de higiene, saúde, alimentação e moradia. Não há ilegalidade na decisão monocrática que não reconheceu, em favor do paciente, o benefício de apelar solto, (...)" "A gravidade do crime praticado pelo sentenciado, em flagrante desencontro com as intenções do Estado Brasileiro, no sentido da erradicação do trabalho escravo, e também a personalidade voltada para a prática deste delito, pois, nem mesmo o início da ação judicial envolvendo os fatos praticados pelo réu impediu que ele continuasse a aliciar outras pessoas da região, submetendo-as às mesmas condições de trabalho das vítimas, mostram-se hábeis à manutenção da custódia. Aspectos suficientes para impedir a revogação da prisão como garantia da ordem pública, extremamente abalada pelos delitos praticados pelo réu. (...)"

²⁵http://www.ilo.org/public/portuguese/region/ampro/brasil/trabalho_forcado/brasil/documentos/jurisprudencia.htm

9 Repercussão civil da constatação da conduta na Justiça do trabalho - Jurisprudência civil/trabalhista²⁶

No âmbito das ações civis/trabalhistas, vale citar condenação de obrigação de indenizar trabalhador por danos morais (além de verbas rescisórias, reconhecida a relação empregatícia; multa legal; repouso semanal remunerado; restituição de descontos; obrigação de retificar a CTPS), como se pode extrair de trecho da seguinte sentença judicial da Justiça do Trabalho (Reclamação trabalhista nº 00322.2004.661.05.00-2, Vara do Trabalho de Barreiras/BA-TRT 5ª região): (...) A farta e robusta prova documental carreada aos autos atesta a existência de triste e vergonhoso quadro constatado pelo MTE em fiscalização na fazenda da primeira reclamada, quando em agosto – 2003 foram libertados cerca de 800 (oitocentos) trabalhadores submetidos a condições desumanas e degradantes. Toda sorte de violação a lei 5.899/73, e antes disso, ao princípio constitucional da dignidade da pessoa humana foi comprovado na oportunidade. Trabalhadores mal nutridos, refeições insuficientes e preparadas sem condições de higiene, ausência de fornecimento de água potável, proliferação de doenças em quadro próximo de epidemia, trabalhadores amontoados em barracas de lona e sem separação por sexo e entre solteiros e casais, ausência de sanitários, ausência de fornecimento de proteção individual. Este o quadro encontrado pelo MTE, sendo desarrazoado não situar os reclamantes em tal conjuntura, tendo eles trabalhado na fazenda da reclamada, apenas estando de folga quanto (*sic*) da inspeção ministerial. Os fatos atraíram a atenção da mídia nacional e estrangeira, triste “propaganda” para o Brasil e o oeste da Bahia, apontado como um dos focos de trabalho escravo e degradante em nosso País. O paraíso existente na Fazenda Roda Velha, descrito pela primeira testemunha do rol da primeira reclamada contradiz o que foi visto por milhões de pessoas através dos órgãos de imprensa, não merecendo credibilidade por parte do juízo. (...) A prova oral conduziu em sentido absolutamente diverso, a corroborar a prova documental produzida nos autos. Quando interrogado disse o preposto da primeira reclamada que a empresa conta com 40 (quarenta) empregados fixos, tendo o segundo reclamado levado cerca de 350 (trezentos e cinquenta) trabalhadores para a fazenda. Tal assertiva não se coaduna encontrada pelo MTE, que detectou, no momento da fiscalização, cerca de 763 (setecentos e sessenta e três) trabalhadores. Destes, conforme declaração do preposto do segundo reclamado, apenas 150 (cento e cinquenta) tinham sua CTPS anotada antes da ação fiscalizadora. As testemunhas mencionaram: que os trabalhadores dormiam em barracos de lona; que não havia instalações sanitárias adequadas; que os trabalhadores bebiam água em carro pipa, ou em reservatórios; que os alojamentos não contavam com banheiros; que as divisórias dos alojamentos eram feitas de lona; que não eram fornecidas EPI's aos trabalhadores; que os alojamentos eram cobertos com palha. Em nosso entendimento, é o que basta para caracterização do trabalho degradante. Sem razão os reclamados, que procuram afastar a caracterização do trabalho análogo a escravo, pela ausência de privação da liberdade dos Reclamantes. Esta de fato não se comprovou, demonstrando a instrução processual que não houve cerceio do direito de ir e vir dos Autores. Entretanto, a diferenciação

²⁶http://www.ilo.org/public/portugue/region/ampro/brasil/trabalho_forcado/brasil/documentos/jurisprudencia.htm

doutrinária entre trabalho escravo e trabalho degradante não foi recepcionada pela nova redação do art. 149 do Código Penal, com a redação que lhe foi emprestada pela Lei 10.803/2003. Com efeito, a norma dispõe caracterizar redução a escravo, quando alguém submete outrem "... a trabalhos forçados ou a jornada exaustiva quer sujeitando-o a condições degradantes de trabalho, quer restringindo, por qualquer meio, sua locomoção em razão de dívida contraída com o empregador ou preposto". A norma legal não diferencia como gêneros distintos o trabalho escravo e o trabalho degradante, considerando este uma espécie daquele. E o trabalho degradante restou sobejamente provado no caso em tela. O direito brasileiro dispõe que aquele que por ação ou omissão voluntária, violar direito, ou causar prejuízos a terceiros, fica obrigado a reparar o dano. A Constituição Federal de 1988, art. 5.º, V e X, prevê a possibilidade de reparação do dano moral, prestigiando a imagem, a honra, a vida privada e a imagem (*sic*) das pessoas reconhecendo o direito de indenização pelo dano moral e material decorrentes de sua violação. Admite assim a reparação dos danos, que se divide em moral e material. O dano moral atinge bens de natureza não patrimonial, entre os quais a honra, imagem, dignidade, ou seja, as qualidades morais, o respeito pessoal e social construído. Roberto Brebbia conceitua o dano moral como aquela espécie de agravo constituída pela violação dos direitos inerentes à personalidade (*in* "El Daño Moral", Ed. Bibliografía Argentina, Buenos Aires, 1950, pg. 91). Inicialmente reconhecendo proteção ao direito à vida e à honra, a moderna doutrina e jurisprudência hoje englobam dentre os direitos personalíssimos passíveis de reparação, o dano estético, o dano à intimidade, o dano à vida de relação (honra, dignidade, honestidade, imagem, nome, liberdade), o dano biológico (vida) e o dano psíquico. Inquestionavelmente todos estes tipos de violação de direitos personalíssimos encontram campo fértil de aplicação no Direito do Trabalho. Se por um lado a personalidade do empregado é tutelada em face do caráter pessoal, subordinado e duradouro da prestação de serviço; por outro lado, a personalidade do empregador também encontra proteção ante a preservação do poder diretivo, dos segredos do empreendimento, das normas e da imagem empresarial. O dano moral, violando bens jurídicos insusceptíveis de avaliação econômica, traduzir-se-ia em estrago à alma, podendo o gravame manifestar-se na ofensa a qualquer bem jurídico não material inerente à personalidade. No caso *sub judice*, a instrução processual demonstrou à saciedade, sujeição dos trabalhadores a condições desumanas, com grave prejuízo à honra dos Reclamantes, redução de sua estima própria e/ou social, violado sua moral e respeitabilidade, atingindo os direitos de sua personalidade. Ante a tudo exposto, defere-se o pedido de indenização por dano moral, na razão de R\$ 9.275,00 (nove mil, duzentos e setenta e cinco reais), para cada Reclamante, na razão de metade do piso normativo para cada de duração do vínculo empregatício.

10 Das ações governamentais para combate ao trabalho escravo²⁷

Já em 1994, um acordo entre Ministério do Trabalho, Ministério Público do Trabalho, Ministério Público Federal e a Polícia Federal foi firmado, visando a prevenção, a repressão e a erradicação de práticas de trabalho forçado, de

²⁷ http://www.ilo.org/public/portugue/region/ampro/brasil/trabalho_forcado/brasil/iniciativas/iniciativas.htm

trabalho ilegal de crianças e adolescentes, de crimes contra a organização do trabalho e de outras violências à saúde e aos direitos dos trabalhadores, em especial no ambiente rural. Este acordo é a principal parceria entre os órgãos mencionados, dinamizando a complexidade de competências que estão inseridas no contexto do trabalho escravo e degradante.

No mês de junho de 1995, o Ministro do Trabalho assinou as Portarias números 549 e 550, ambas de 14 de junho, criando o Grupo Especial de Fiscalização Móvel – GEFM e estabelecendo procedimentos para sua atuação. Foram criadas quatro Coordenações Regionais de Fiscalização Móvel, dividindo o território nacional em seis regiões de atuação. Os auditores fiscais do trabalho nomeados como coordenadores regionais sempre atuam em localidades diversas de sua lotação de origem, no intuito de ficarem livres de pressões ou ameaças no desenvolvimento dos trabalhos de fiscalização. A Portaria Ministerial nº 265, de 6 de junho de 2002, transformou as Coordenações Regionais em Coordenações Operacionais.

Em junho de 1995, o então Presidente da República editou o Decreto nº 1.538, criando o Grupo Executivo de Repressão ao Trabalho Forçado – GERTRAF, com direção do Ministério do Trabalho e Emprego, e composto pelos Ministérios da Justiça, da Previdência Social, do Meio Ambiente, da Agricultura, da Reforma Agrária e da Indústria e do Comércio. As reuniões do GERTRAF contam também com a presença de representantes da Contag, CNA, CPT, Ministério Público Federal e do Departamento de Polícia Federal²⁸.

O atual governo priorizou o combate à escravidão. Em abril, adotou um Plano para a Erradicação do Trabalho Escravo e, em 31/7/03, o presidente Lula assinou decreto que cria a Comissão Nacional de Erradicação do Trabalho Escravo, a Conatrae, formada por nove representantes de ministérios e nove de entidades privadas não-governamentais que possuam atividades relevantes relacionadas ao combate ao trabalho escravo.

11 Das medidas Legislativas

Os componentes do Fórum Contra a Violência no Campo (Ministério Público Federal, Ministério Público do Trabalho, OAB, Ministério do Trabalho, Contag, CPT, dentre outros), aceitaram o desafio de representar a sociedade na luta contra o trabalho escravo e degradante. Das discussões e reuniões surgiu o PL nº 925, do Deputado Federal Paulo Rocha que, contando com o apoio de vários outros parlamentares dos mais diversos partidos, foi convertido na Lei nº 9.777, de 30 de dezembro de 1998, alterando os artigos 132, 203 e 207 do Código Penal, contemplando o clamor pelo agravamento da pena de aliciamento de trabalhadores e caracterizando outros tipos penais relacionados ao fornecimento de mercadorias no ambiente de trabalho²⁹.

11.1 A Proposta de Emenda à Constituição Nº 438-C, de 2001

Importa registrar, também, que para efeito da concretização de efetivo combate ao trabalho escravo no Brasil, pretende-se alterar a própria Constituição Federal brasileira. Aliás, estamos prestes a ver atendido clamor

²⁸ SECCHIN, Cláudio. Matéria: Atuação da fiscalização contra o trabalho escravo e degradante. Como Funciona as ações de fiscalização. Consulex, 2002, pp. 14 a 19.

²⁹ SECCHIN, Cláudio. Matéria: Atuação da fiscalização contra o trabalho escravo e degradante. Como Funciona as ações de fiscalização. Consulex, 2002, p. 14.

social constituindo instrumentos que permitirão a erradicação do trabalho escravo no Brasil.

Registra-se que após intenso debate, buscou-se acordo para a redação final do dispositivo. Para este efeito, apresentou-se emenda aglutinativa que toma por base a PEC nº 232, apresentada pelo Deputado Paulo Rocha, precursor da matéria na Câmara dos Deputados, que antecipou-se ao Senado. A proposta de emenda do Deputado Paulo Rocha, datada de 1995, foi a primeira tentativa de se inserir o tema no âmbito da Constituição. Incorporou-se, outrossim, no *caput* do art. 243 a previsão de expropriação também dos imóveis urbanos, ao lado dos rurais, e retirou-se do dispositivo algumas expressões que efetivamente poderiam gerar tensões.

Retirou-se a previsão de que os trabalhadores que estivessem executando serviços na condição de escravos ou em plantações de psicotrópicos pudessem ter preferência no assentamento. As terras serão destinadas simplesmente ao assentamento de agricultores, que se fará de acordo com a política nacional de reforma agrária vigente.

Eliminou-se do parágrafo único a remissão prevista para recursos oriundos de bens de valor econômico apreendidos e expropriados em razão de trabalho escravo ou de produção de plantas psicotrópicas, e propôs-se a criação de um fundo. A lei estabelecerá a destinação dos recursos dali oriundos.

A redação para o segundo turno de discussão da proposta de Emenda à Constituição nº 438-C, de 2001, que "dá nova redação ao artigo 243 da Constituição Federal", ficou assim finalmente proposta: Art. 1º O art. 243 da Constituição Federal passa a vigorar com a seguinte redação: "Art. 243. As propriedades rurais e urbanas de qualquer região do país onde forem localizadas culturas ilegais de plantas psicotrópicas ou a exploração de trabalho escravo serão expropriadas e destinadas à reforma agrária e a programas de habitação popular, sem qualquer indenização ao proprietário e sem prejuízo de outras sanções previstas em lei, observado, no que couber, o disposto no art. 5º. Parágrafo Único. Todo e qualquer bem de valor econômico apreendido em decorrência do tráfico ilícito de entorpecentes e drogas afins e da exploração de trabalho escravo será confiscado, e reverterá a fundo especial com a destinação específica, na forma da lei."

11.2 Projeto de Lei do Senado nº 46, de 2004

Outro projeto merece registro. É o PLS nº 46, de 2004, apresentado em 15 de março de 2004, pelo Senador Cristovam Buarque, que altera o art. 6º da Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, que dispõe sobre a regulamentação de dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, do Título VII da Constituição Federal, e estabelece os critérios pelos quais uma propriedade pode ser considerada produtiva.

Este projeto ficará prejudicado com a aprovação da PEC 438 referida, porque trata da questão de modo a indicar não o confisco – o que não dá direito à indenização –, mas desapropriação por interesse social. Se não aprovada a PEC, poderá constituir hipótese, então, de desapropriação para fins de reforma agrária (com indenização).

O art. 1º O art. 6º da Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, passaria a vigorar acrescido do seguinte § 9º: "Art. 6º § 9º Não será considerado propriedade produtiva, para os fins desta Lei, o imóvel rural no qual for constatada a ocorrência de uma das seguintes situações: I - trabalho escravo,

ou pessoa sujeita à situação análoga à de escravo; II - trabalho infantil; III - crime ambiental, nos termos da legislação especial; IV - culturas ilegais de plantas psicotrópicas. (NR)".

Faço referência, também, aos Projetos de Lei nºs 3500, 3524 e 2022. O primeiro, de 2004, de autoria do Deputado Edson Duarte, veda destinações de recursos de empresas públicas e sociedades de economia mista a pessoas físicas e ou jurídicas condenadas por empregar em regime de trabalho análogo à escravidão. O segundo, também de 2004, é de autoria da Deputada Iriny Lopes e persegue propósito idêntico. O último, é de 1996, de autoria do Deputado Eduardo Jorge, com o mesmo propósito, tramita em apenso ao PL 1.292, de 1995, que altera dispositivos da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Parece que o PL 2.022, de 1996, sistematiza melhor a matéria, adequando inclusive a lei de licitações públicas. Demais disso, a aprovação do PL 2.002 figura como tópico específico – no contexto das Ações Gerais do Plano Nacional para a Erradicação do Trabalho Escravo, lançado recentemente pelo Governo federal.

12 Considerações finais

Parece-nos, agora, que é possível dizer, de modo compreensível, que a redação de todas as normas, aqui referidas, editadas ou projetadas para a proteção do trabalhador e de repúdio ao trabalho escravo, estão a traduzir uma recriminação social, uma apreciação valorativa ao fato compreendido como redução do trabalhador, pelo empregador, a condição análoga à de escravo, quando praticadas as condutas descritas, o que se faz por imposição constitucional, do regime jurídico pátrio e até internacional, na medida da inserção do Brasil na comunidade mundial globalizada, signatário que é dos acordos e convenções que tratam da escravidão contemporânea.

Mas, vale dizer, mesmo a fiscalização, multas, prisão dos envolvidos, cortes em linhas de crédito deixam a causa em aberto, porque estas medidas atacam as consequências. Mesmo o trabalhador resgatado não vê opções para a sobrevivência e acaba caindo de novo na armadilha da escravidão contemporânea.

Os trabalhadores que caem neste tipo de contratação são de locais onde a situação de pobreza é terrível. Se não houver uma política de fundo para gerar emprego e renda e fixar a população nos seus Estados de origem, de nada vai adiantar todas as iniciativas citadas.

A saída, portanto, é a conscientização de que a questão envolve a atuação de todos para que se promova a mudança social que se pretende, mormente a do empregador produtor proprietário rural.

Aliás, foi com este propósito, de mudança social, que o Constituinte no título da ordem econômica e financeira disciplinou com o declarado propósito de assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, associando este propósito a inúmeros dispositivos que permitem restrições à propriedade privada, quando o exercício desse direito se tornar incompatível com o interesse social.

O mesmo se diga do título dedicado à ordem social, em cujo texto encontramos ordens para que se densifique a cidadania e se reafirme a *força normativa* da Constituição.

13 Links sobre a matéria

Ministério do Trabalho e Emprego / MTE <http://www.mte.gov.br/Temas/FiscaTrab/trabescravo/default.asp>

OIT / Organização Internacional do Trabalho http://www.ilo.org/public/portugue/region/ampro/brasil/trabalho_forcado/index.htm

Ação Educativa - visa a construir a cidadania e a superar das desigualdades: <http://www.acaoeducativa.org/>

Amnesty International - campanha internacional em defesa dos direitos humanos: <http://www.amnesty.org/>

Anti-Slavery International - quer eliminar sistemas escravistas de trabalho: <http://www.antislavery.org/>

Caritas Internationalis - busca justiça social: <http://www.caritas.org/>

Centro de Justiça Global - documenta violações de direitos humanos: <http://www.global.org.br/>

Human Rights Watch - contra a discriminação e a favor da liberdade política: <http://www.hrw.org/>

Ibase - análises sociais e econômicas pelo fim da desigualdade: <http://www.ibase.org.br/>

Pólis - busca a ampliação dos direitos da cidadania e a democratização da sociedade: <http://www.polis.org.br/>

Ministério da Justiça - www.mj.gov.br

Ministério do Desenvolvimento Agrário - www.mda.gov.br

Ministério do Trabalho e Emprego - www.mte.gov.br/Temas/FiscaTrab/trabescravo

Secretaria dos Direitos Humanos - www.presidencia.gov.br/sedh

Fundação Nacional do Índio - FUNAI - www.funai.gov.br

Supremo Tribunal Federal - STF - www.stf.gov.br

Superior Tribunal de Justiça - STJ - www.stj.gov.br

Tribunal Superior do Trabalho - TST - www.tst.gov.br

Senado Federal - www.senado.gov.br

Câmara dos Deputados - www.camara.gov.br

Comissão de Direitos Humanos - www.camara.gov.br/cdh

Procuradoria Geral da República - www.pgr.mpf.gov.br

Ministério Público da União - www.mpu.gov.br

Alto Comissariado das Nações Unidas para Direitos Humanos - www.unhchr.ch

Corte Européia de Direitos Humanos - www.echr.coe.int

Organização das Nações Unidas - www.un.org

Organização dos Estados Americanos - www.oas.org

Organização Internacional do Trabalho - www.ilo.org / www.oit.org

Associação Brasileira de ONGs - ABONG - www.abong.org.br

Ações em Gênero, Cidadania e Desenvolvimento - AGENDE - www.agende.org.br

Anistia Internacional - www.amnesty.org

Biblioteca Virtual de Direitos Humanos - www.direitoshumanos.usp.br

Cidadania, Estudo, Pesquisa e Ação - CEPIA - www.cepia.org.br

Comissão Brasileira de Justiça e Paz - www.cbjp.org.br

CNDH/OAB - www.oab.org.br/comissoes/cndh

Consórcio Direitos Humanos - www.consorciोध.org.br

Fundação Instituto de Direitos Humanos - www.idh.org.br

Gabinete de Assessoria Jurídica às Organizações Populares - GAJOP - www.gajop.org.br
Gélédés - Instituto da Mulher Negra (SP) - www.geledes.org.br
Guia de Direitos Humanos para Jornalistas - www.quiadh.org
Human Rights Watch - www.hrw.org
Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas - IBASE - www.ibase.org.br
Movimento Tortura Nunca Mais - www.torturanuncamais.org.br
www.pernambucoestadodepaz.org.br
Movimento Nacional de Direitos Humanos - MNDH - www.mndh.org.br
Rede Nacional de Direitos Humanos - RNDH - www.rndh.gov.br
Rede de Direitos Humanos das Mulheres - WHRNET - www.whrnet.org

MANEJO RACIONAL DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DE FEIJÃO

Pedro Jacob Christoffoleti¹

Ramiro López Ovejero²

Marcelo Nicolai²

1 Introdução

Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil a cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é normalmente semeada sob irrigação, no período de inverno, em áreas extensivas, obtendo-se um bom retorno econômico ao produtor. Sendo assim, o feijoeiro cultivado nessa época (período seco), atrai médios e grandes produtores, geralmente usuários de alta tecnologia. Sendo regiões extensas, devido ao elevado custo da mão-de-obra e a baixa eficiência do cultivo mecânico nas linhas da cultura, o manejo de plantas daninhas é efetuado através da aplicação de herbicidas, que oferecem maior praticidade e eficiência. Ademais, por ser uma cultura de ciclo curto, as medidas de controle devem ser executadas no momento certo, porque a indecisão ou demora na aplicação das práticas de manejo, geralmente resulta em prejuízos na produção final causado pela interferência das plantas daninhas não controladas.

O controle efetivo de plantas daninhas nos sistemas de produção que envolve a cultura de feijão requer a integração de práticas culturais e uso de herbicidas aplicadas de forma racional e econômica. O tipo de programa de manejo a ser adotado depende da variedade de feijão, das espécies de plantas daninhas que infestam a área, rotação de culturas, tipo de solo e sistema de irrigação, quando utilizado, nas áreas de produção.

O monitoramento da área antes do plantio da cultura de feijão e o planejamento das atividades a serem desenvolvidas durante a condução da cultura é fundamental para um bom manejo de plantas daninhas. O mesmo inicia-se na fase de pré-plantio da cultura, através de um bom preparo do solo ou manejo da vegetação antes da semeadura da cultura.

A eliminação mecânica ou química da vegetação antes da semeadura deve ser orientada no sentido de desfavorecer a infestação da planta daninha na cultura implantada a seguir, proporcionando uma vantagem competitiva para a cultura durante as fases iniciais de desenvolvimento. A implantação da cultura deve ser feita em um ambiente favorável para a rápida germinação da cultura. Após a implantação da cultura a aplicação de herbicidas em pré-emergência pode ser uma tática de manejo adotada pelo produtor, sendo que, alguns cuidados devem ser adotados na escolha e aplicação destes herbicidas na cultura, dentre elas destacam-se os aspectos relativos a umidade do solo e presença de palha na superfície do solo em relação a eficácia do herbicida.

A tática de aplicação de herbicida em pós-emergência das plantas daninhas e da cultura de feijão pode ser complementar aos herbicidas pré-

¹ Engº Agrº, Ph.D., professor associado, ESALQ/USP, Departamento de Produção Vegetal, Av. Pádua Dias 11, caixa postal 09, 13418-900-Piracicaba-SP, e-mail: pjchristi@esalq.usp.br.

² Engº Agrº, M. Sc., doutorando da ESALQ/USP, P.P.G. em Fitotecnia, Av. Pádua Dias 11, caixa postal 09, 13418-900-Piracicaba-SP, e-mail: rfloveje@esalq.usp.br.

emergentes. Nas aplicações de herbicidas em pós-emergência, cuidados devem ser tomados com relação à seletividade dos herbicidas para a cultura, observando o estágio fenológico ideal de aplicação do herbicida que proporcione o mínimo de injúria para a cultura, e o estágio ideal de aplicação na planta daninha que proporcione a melhor eficácia de controle. Quando necessário, em algumas situações, herbicidas dessecantes em pré-colheita da cultura podem ser utilizados. Esta operação é feita com o objetivo de facilitar a colheita, eliminar plantas daninhas de infestação tardia na cultura e uniformizar a maturação da cultura. Ainda, a persistência dos herbicidas no solo utilizado na cultura deve ser observada para evitar problemas com culturas sucedâneas.

2 Importância das plantas daninhas na cultura de feijão

A infestação de plantas daninhas na cultura do feijão pode representar um fator de redução da expressão do potencial produtivo de uma lavoura de feijão da ordem de 23 a 80%, quando não manejada corretamente (Arevalo & Rozanski, 1991). Portanto, o manejo de plantas daninhas na cultura do feijão é uma prática agrícola indispensável para uma produtividade econômica da cultura. No entanto, o manejo de plantas daninhas na cultura pode representar custos significativos no sistema de produção; sendo assim, o manejo racional das plantas daninhas, que é o objetivo deste capítulo deve ser uma meta do produtor de feijão.

Além disso, as plantas daninhas podem reduzir a qualidade dos grãos. Infestações tardias de plantas daninhas podem resultar em maturação desuniforme dos grãos, além de dificultar a operação e onerar o custo de colheita da cultura. A prática da colheita manual de feijão, operação muito comum nos sistemas de produção no Brasil é tremendamente dificultado quando plantas daninhas que apresentam espinhos em suas sementes ou caules, conforme pode ser observados em lavouras infestadas de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*) ou picão-preto (*Bidens pilosa*), por exemplo. Por isso, conforme destacado no item relativo ao manejo de plantas daninhas em pré-colheita, a preocupação de manejo de plantas daninhas na cultura do feijão não deve apenas ser realizada durante o período crítico de prevenção da interferência, mas durante todo o ciclo da cultura.

Ainda, algumas plantas daninhas são hospedeiras de pragas e doenças comuns à cultura do feijoeiro, portanto, podem servir de vetor de transmissão entre duas culturas em anos sucessivos. Desta forma o manejo racional de plantas daninhas durante o período de entressafra dos cultivos de feijão é de fundamental importância para a manutenção da sanidade da cultura.

3 Monitoramento e planejamento de implantação do manejo de plantas daninhas

O monitoramento da área onde será implantada a cultura de feijão é essencial para o planejamento de um sistema racional de manejo de plantas daninhas. Este monitoramento deve ser feito no mínimo em dois momentos, ou seja, antes da colheita da cultura precedente à cultura de feijão, e depois de aproximadamente quatro semanas após a implantação da cultura de feijão. O primeiro monitoramento serve de base para todas as recomendações inclusas nas táticas de manejo, e o segundo monitoramento é necessário para recomendações de herbicidas em pós-emergência, caso o produtor adote esta

tática, e para avaliar o desempenho das medidas adotadas, antes que as eventuais infestações de plantas daninhas que ocorre neste momento iniciem a interferência negativa sobre a cultura de feijão (Christoffoleti & Passini, 1999).

Dentre as notações necessárias nos monitoramentos, destacam-se as determinações de quais são as espécies de plantas daninhas dominantes na área, manutenção de um sistema de registro das espécies e severidade das infestações destas espécies na área para cada talhão de implantação da cultura (Zimdahl, 1993). A antecipação da previsão de infestação de plantas daninhas em uma área pode ajudar grandemente na otimização do estabelecimento de um programa de manejo de plantas daninhas na cultura. Em algumas situações é preferível evitar a implantação da cultura de feijão em áreas severamente infestadas de plantas daninhas perenes, como por exemplo, tiririca (*Cyperus rotundus*) ou grama-seda (*Cynodon dactylon*), pois pode inviabilizar uma produção econômica nestas áreas, bem como a atenção deve ser redobrada em áreas onde plantas daninhas altamente competitivas com a cultura ocorrem, como por exemplo, capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) e corda-de-violão (*Ipomoea* spp).

4 Manejo de plantas daninhas na cultura de feijão

Os objetivos do manejo de plantas daninhas na cultura de feijão são de minimizar as perdas devido a interferência, beneficiar as condições de colheita, reduzir o banco de sementes, evitar a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes, tudo isso com a menor contaminação ambiental possível. A melhor tática de manejo de plantas daninhas na cultura de feijão começa com a boa implantação e posterior condução da cultura. Para isso, as técnicas culturais, realizadas de forma adequada, têm papel fundamental no manejo de plantas daninhas. Elas objetivam, dentre outras coisas, a supressão do crescimento das plantas daninhas. Por técnicas culturais entende-se boas práticas agrícolas em geral, as quais devem fazer parte de programa de manejo racional de plantas daninhas. As táticas de manejo de plantas daninhas na cultura de feijão devem iniciar por atividades realizadas antes da semeadura da cultura, de forma preventiva, objetivando o manejo do banco de sementes existente no solo. Em seguida, práticas efetuadas durante a condução e colheita da cultura devem ser realizadas, sendo também necessárias medidas de manejo de plantas daninhas em pós-colheita da cultura.

4.1 Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas

O banco de sementes existente no solo é a base ecológica de existência da infestação de plantas daninhas em uma lavoura de feijão. Portanto, a compreensão da sua dinâmica é fundamental para o manejo racional de plantas daninhas. O banco de sementes em uma área agrícola pode variar em tamanho de 300 milhões a 3,5 bilhões em número de sementes por hectare. Sendo que, este tamanho e a taxa de crescimento ou decréscimo ao longo do cultivo da cultura de feijão são variáveis entre as espécies de plantas daninhas, práticas culturais e ambientes. Uma das práticas culturais mais importantes que regulam a dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas na cultura de feijão é o tipo de manejo efetuado antes da semeadura da cultura, que normalmente é feito através ou de sistemas convencionais de preparo de solo (preparo mecânico do solo) ou através de sistema de semeadura direta (utilização de herbicidas dessecantes).

4.2 Manejo de plantas daninhas em pré-semeadura

4.2.1 Sistema convencional de preparo do solo

O preparo mecânico do solo (sistema de produção convencional) pode, temporariamente de uma forma preventiva, controlar muitas das principais plantas daninhas infestantes na cultura do feijão, através da ação mecânica dos implementos utilizados. No entanto, o revolvimento do solo tem um efeito de quebra de dormência da maioria de sementes de plantas daninhas fotoblásticas positivas (sementes cujo processo de quebra de dormência ocorre devido à incidência da luz solar). Outra consequência do preparo mecânico do solo para a semeadura da cultura de feijão é o rápido secamento da superfície do solo. Algumas plantas daninhas podem emergir mesmo quanto enterradas a profundidades de vários centímetros em solos com a superfície seca, porém com umidade nas camadas mais profundas, onde se encontra o banco de sementes. Além disso, irrigações subseqüentes, muito comuns nos sistemas de produção da cultura de feijão, poderão estimular a germinação de outras espécies de plantas daninhas. Por estas razões, o controle mecânico das plantas daninhas em pré-semeadura, deve normalmente ser complementado com herbicidas após ou no momento da semeadura da cultura de feijão, quando utilizado o sistema convencional de preparo de solo para a implantação da cultura.

Se entre o preparo de solo e a semeadura do feijão ocorrer uma semana ou mais com o solo em pousio, os *seedlings* de plantas daninhas podem emergir antes mesmo da semeadura ou emergência da cultura de feijão, representando um grande potencial de competição. Nesta situação é recomendável uma nova gradagem superficial do solo, na profundidade em torno de 5 cm, proporcionando assim para a cultura uma vantagem competitiva em relação à planta daninhas, pois as plantas da cultura emergem primeiro que as plantas daninhas. Esta prática pode em algumas situações representar uma forma até de conservação de umidade no solo.

Kluthcouski et al. (1988) comparando diferentes formas de preparo para implantação da cultura de feijão, observaram uma redução de 89% na fitomassa seca das plantas daninhas quando o solo foi previamente preparado pelo método da aração invertida, utilizando arado de aivecas, em comparação com solo preparado com grade aradora.

4.2.2 Sistema de semeadura direta

A prática da semeadura direta na cultura de feijão tem sido adotada de forma ampla pelos produtores no Brasil nos últimos anos, principalmente pelos mais tecnificados. A aplicação de um herbicida dessecante com o objetivo de eliminação da vegetação daninha ou cultura de cobertura/rotação de cultura, e a formação de uma cobertura vegetal morta (palhada) constituem a base do sistema de plantio direto da cultura de feijão. As implicações sobre a dinâmica populacional de plantas daninhas deste sistema de produção refletem na seleção de plantas daninhas adaptadas ao não revolvimento do solo, destacando plantas daninhas perenes.

Uma boa dessecação das coberturas vegetais antes da semeadura do feijão permite uma boa germinação e emergência das plantas, utilização racional de máquinas e mão-de-obra e uma vantagem competitiva das plantas de feijão sobre as plantas daninhas. Um outro aspecto bastante importante da boa dessecação é que ela não permite o aumento do banco de sementes no

solo, pois vegetação dessecada no momento certo no permite a chuva de sementes novas no solo e, portanto o enriquecimento do banco de sementes. Caso o produtor opte por uma cultura de cobertura ou rotação de culturas, com o objetivo de formação de palhada, é fundamental a escolha de uma cultura adequada, que proporcione uma grande quantidade de biomassa seca e supressão da infestação de plantas daninhas. Para isso é necessário o conhecimento das adaptações edafoclimáticas das culturas de cobertura com a região onde está se implantando a cultura de feijão. Existe uma relação inversamente proporcional entre a quantidade de cobertura vegetal morta, formada após dessecação, e a infestação de plantas daninhas.

Dentre os principais herbicidas recomendados para a dessecação da vegetação antes da semeadura da cultura de feijão destacam-se o glyphosate, o paraquat e o paraquat + diuron. Os herbicidas glyphosate e paraquat são herbicidas de ação total, ou seja, não são seletivos e de amplo espectro de controle de plantas daninhas. O glyphosate por ter ação sistêmica, e é normalmente indicado para o controle de plantas daninhas anuais e perenes até estádios fenológicos de pré-floração, já o paraquat (contato) tem seu uso indicado para o manejo de plantas daninhas anuais e que não apresentam estruturas especializadas de propagação. Esses herbicidas não apresentam efeito residual no solo permitindo a semeadura da cultura logo após aplicação. Para o paraquat + diuron é recomendada uma única aplicação quando as plantas daninhas tiverem menos de 20 cm. Acima desse valor utilizar seqüencial.

O herbicida 2,4-D pode ser utilizado como dessecante no plantio direto para o controle de folhas largas, mas deve ser observado um intervalo entre a aplicação e a semeadura da cultura para evitar fitotoxicidade. Segundo Cobucci (2004) quando esse produto é utilizado na dessecação pré-plantio deve-se observar um período de carência de 10 dias na dose de 1.080 g/ha e de 7 dias para 720 g/ha da formulação amina. O produto, para ser degradado, deve estar no solo e não retido na palha, sendo assim, é necessária uma chuva ou irrigação para provocar sua lixiviação. Assim, segundo o mesmo autor se ocorrem chuvas acima de 40 mm após aplicação do 2,4-D esse período pode ser reduzido para três a quatro dias, já que o herbicida é facilmente lixiviado para camadas abaixo do nível das sementes. O glyphosate pode ser combinado com 2,4-D-amina para controle de folhas largas.

Um dos aspectos, que deve ser planejado adequadamente na dessecação da vegetação para implantação da semeadura direta é o momento da dessecação em relação à data da semeadura da cultura de feijão. Dessecações muito antecipadas em relação à semeadura do feijão (15 a 30 dias antes da semeadura) podem permitir que ocorram fluxos de emergência de plantas daninhas antes da semeadura, e assim, causando interferência negativa significativa na cultura e maior dificuldade de manejo destas plantas daninhas pelos herbicidas seletivos aplicados em pós-emergência na cultura. Por outro lado a dessecação feita muito próxima da semeadura (dessecações feitas até no dia da semeadura) podem gerar problemas de alelopatia da vegetação que está sendo dessecada e ainda está em processo de morte quanto a cultura de feijão encontra-se em fase de emergência. Nesta situação pode ainda ocorrer competição por nitrogênio entre a cultura e os microrganismos responsáveis pela decomposição da vegetação em processo de decomposição e também algumas pragas comuns da cultura de feijão e a

vegetação em processo de dessecação podem ser transferidas diretamente para a cultura. No entanto, apesar destas possíveis desvantagens da dessecação da vegetação próxima da semeadura, a infestação de plantas daninhas tem uma tendência de ser menor durante os primeiros momento de crescimento e desenvolvimento da cultura, gerando assim uma vantagem competitiva para a cultura em relação a infestação de plantas daninhas. Desta forma, o planejamento do momento da dessecação e o herbicida a ser utilizado para este fim deve ser cuidadosamente escolhido.

4.3 Pós-semeadura

4.3.1 Fenologia da cultura de feijão e infestação de plantas daninhas nas modalidades de cultivo da cultura

O feijoeiro é uma planta que apresenta baixa capacidade competitiva pois apresenta um sistema radicular superficial, altura relativamente pequena (50 a 60 cm), e crescimento inicial lento (Dourado-Neto & Fancelli, 2000). O período que antecede a interferência das plantas daninhas ocorre normalmente entre os estádio V1 (emergência) e V3 (emissão da primeira folha trifoliada), sendo que com o início da aceleração do crescimento em V4 (emissão da terceira folha trifoliada) até o R5-R6 (Botões florais-Florescimento) é que ocorre o período crítico de interferência das plantas daninhas. O período crítico de interferência das plantas daninhas é dependente da região, época de semeadura, sistema de produção e condições ambientais onde o feijão está sendo cultivado. Após R6 as plantas daninhas que emergirem não competem mais com a cultura, porém poderão interferir na colheita e qualidade dos grãos, conforme já destacado (Christoffoleti & Passini, 1999). O componente de produção mais prejudicado pela interferência de plantas daninhas é o número de vagens por planta e indiretamente a qualidade comercial do produto (grãos deformados, enrugados, pouco densos e, eventualmente, manchados) (Dourado-Neto & Fancelli, 2000).

Para o estado de São Paulo, onde o “feijão das águas” é colhido de novembro a março, existe uma forte interferência das plantas daninhas na cultura, principalmente com predomínio de folhas largas nas semeaduras realizadas entre agosto a meados de outubro e predomínio de gramíneas nas semeaduras realizadas entre novembro e dezembro. No “feijão das secas”, cuja colheita é realizada entre abril a maio, existe predominância de gramíneas nos primeiros meses de semeadura (janeiro a março) e predominância de folhas largas quando a semeadura é feita nos meses de abril e maio. Já no feijão de inverno, com colheita nos meses de setembro e outubro, com semeadura nos meses de junho e julho, existe predominância de folhas largas, em baixas infestações, embora, normalmente nesta modalidade de cultivo a cultura é irrigada, proporcionando assim umidade suficiente para a infestação de plantas daninhas, porém a temperatura é favorável apenas para algumas espécies de plantas daninhas de inverno.

4.3.2 Medidas culturais

O objetivo das medidas culturais é fortalecimento da capacidade competitiva da cultura (rápido estabelecimento e desenvolvimento) e prevenção das infestações e disseminações de plantas daninhas. Espaçamento e densidade de semeadura da cultura podem influenciar diretamente a produtividade da cultura, bem como a incidência de plantas daninhas na cultura. As variedades de feijão de hábitos de crescimento I (determinado

arbustivo) e II (indeterminado arbustivo), que apresentam um porte ereto e menor número de ramos laterais, são mais sensíveis a competição, ao passo que variedades de feijão de hábito de crescimento III (indeterminado ramador), manifestam maior capacidade competitiva. Assim a escolha do espaçamento e da densidade para cada hábito de crescimento, que permita a cobertura rápida do solo, pode suprimir grande parte do crescimento das plantas daninhas ou impedir a germinação das mesmas, antes de atingir o período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura (Dourado-Neto & Fancelli, 2000; Cobucci, 2004).

A escolha de cultivares adaptada à região junto com semeadura na época, espaçamentos e densidades adequadas constitui medidas culturais racionais de manejo de plantas daninhas. O ideal é que o feijoeiro esteja com 18 a 20 trifólios por ocasião do pleno florescimento. Ainda, a utilização de sementes fiscalizadas é também uma medida cultural de manejo de plantas daninhas. Assim, o agricultor não deve economizar esforços no sentido de adquirir uma semente de alta qualidade fisiológica, sanitária e varietal. Nos estados produtores, alguns dos principais problemas da cultura de feijão são a baixa utilização de sementes fiscalizadas, ou o uso de sementes de má qualidade, sem conhecimento do seu estado sanitário.

4.3.3 Medidas mecânicas

Depois do estabelecimento da cultura alguns produtores utilizam cultivadores para o controle de plantas daninhas pós-semeadura da cultura. Estes cultivadores podem limitar o crescimento das plantas daninhas que eventualmente sobreviveram aos métodos culturais e químicos utilizados previamente a sua aplicação. A operação de utilização de cultivadores deve ser feita com cuidado para evitar danos à parte aérea dos *seedlings* de feijão, ou corte do sistema radicular superficial da planta. Tais injúrias podem predispor os *seedlings* do feijoeiro ao ataque de doenças de solo, e retardar o crescimento da cultura.

4.3.4 Herbicidas

Os herbicidas registrados para a cultura do feijão diferem entre si pelo tipo de plantas daninhas que eles controlam e pelas condições sob as quais são otimamente usados. As doses podem variar, dependendo da textura, umidade, conteúdo de matéria orgânica, momento de aplicação entre outros. Além disso, as variedades de feijão podem variar com relação à tolerância aos diferentes herbicidas. Os herbicidas podem ser aplicados em pré ou pós-emergência, de acordo com o estágio de crescimento das plantas daninhas. A eficácia de controle e seletividade do herbicida aplicado na cultura de feijão é função da época de aplicação e do estágio fenológico da cultura e das plantas daninhas.

4.3.4.1 Pré-plantio incorporado

A maioria dos herbicidas aplicados em condições de pré-plantio é aplicada na superfície do solo e incorporada imediatamente após sua aplicação, sendo a cultura semeada a seguir. Estes herbicidas são chamados de herbicidas de pré-plantio-incorporado (ppi), e requerem, após sua incorporação, umidade no solo para melhor eficácia. Os herbicidas de ppi podem ser aplicados em uma mesma operação, com trator equipado de pulverizador e cultivador, ou aplicado primeiramente em uma operação de pulverização e em seguida uma operação de incorporação.

O produto mais utilizado em PPI é a trifluralina 448 g.L⁻¹, que exige sua incorporação após aplicação no máximo, até 8 horas, por ser volátil, comumente, fotodecomponível e de baixa solubilidade. Não é recomendada a aplicação desse produto em solos com teor de matéria orgânica inferior a 2% e superior a 6%.

É importante que a operação de incorporação seja feita na profundidade de emergência do banco de sementes de plantas daninhas, normalmente em torno de 4 a 8 cm de profundidade. Quando a incorporação do herbicida for feita com grade ou cultivador de enxadinhas, o equipamento deve trabalhar a uma profundidade correspondente ao dobro da profundidade que se deseja incorporar o herbicida, ou seja, 8 a 16 cm. Quando o equipamento de incorporação for acionado pela potência do trator, como no caso da enxada rotativa, a profundidade de trabalho do equipamento deve ser a mesma da profundidade de incorporação desejada do herbicida, ou seja 4 a 8 cm. A incorporação do herbicida deve ser feita com duas passagens do equipamento de incorporação de forma cruzada (uma operação em um sentido e outra no sentido de 90 graus da primeira). As operações mecânicas realizadas após a incorporação do herbicida, como semeadura e cultivo não devem ser mais profundos que a profundidade de incorporação do herbicida, pois com isso sementes de plantas daninhas podem ser trazidas para a superfície do solo.

4.3.4.2 Pré e pós-emergência

Herbicidas aplicados em pré-emergência são aplicados antes que as plantas daninhas tenham emergido, enquanto que herbicidas de pós-emergência controlam plantas daninhas que estão ativamente crescendo. Os herbicidas pós-emergentes apresentam a vantagem da escolha racional do produto específico de acordo com a comunidade florística presente na lavoura e da possibilidade de mistura de ingredientes ativos para ampliar o espectro de ação. Poucos herbicidas utilizados na cultura do feijão têm eficácia tanto em pré quanto em pós-emergência. A combinação de herbicidas é freqüentemente uma das formas mais efetivas de controlar complexos de espécies de plantas incidentes na área.

Em pré-emergência são utilizados produtos como trifluralina em formulação de 600g.L⁻¹ ou metolachlor, que são aplicados simultaneamente, logo após a semeadura, no sistema plante-aplique, ou no máximo 2 dias depois. Se aplicado em solo seco e não chover pelo menos 10 mm, no prazo de 5-7 dias, a eficiência do produto é reduzida. No caso da trifluralina, para aumentar a eficiência do produto, pode-se realizar incorporação superficial (2 cm) e a dose maior é para solos com teores de matéria orgânica acima de 5%. O metolachlor não deve ser aplicado em solos arenosos por provocar fitotoxicidade ao feijoeiro e é recomendado para solos com teor de matéria orgânica superior a 2% e baixa infestação de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*). A dosagem desses produtos é definida em função da textura do solo e do teor em matéria orgânica, controlam gramíneas e algumas folhas largas, com período residual variável.

A estratégia de aplicação de herbicidas em pós-emergência pode ser feita em pós-emergência considerada precoce das plantas daninhas (cultura com até 1 trifólio e plantas daninhas folhas largas com até duas folhas e gramíneas não perfilhadas). Esta normalmente é a fase ideal de aplicação de herbicidas, pois o herbicida é aplicado antes do início do período crítico de interferência das plantas daninhas. Herbicidas seletivos pós-emergentes

podem também ser aplicados em pós-emergência normal, ou seja quando a cultura apresenta 2 a 3 trifólios e as plantas daninhas com 4 a 6 folhas e as gramíneas com 1 a 3 perfilhos. Eventualmente, porém não recomendadas aplicações de herbicidas seletivos em pós-emergência tardia (cultura com até 4 trifólios e plantas daninhas folhas largas com mais de 6 folhas e gramíneas com mais de 3 perfilhos). Esta modalidade de aplicação não é normalmente recomendada pois o efeito competitivo das plantas daninhas já ocorreu, sendo indicado apenas em situações de falhas de controle por algumas das modalidades de aplicação anteriormente executada. A dosagem dos herbicidas para aplicação nessa modalidade é definida de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas daninhas (doses maiores em estádios fenológicos mais adiantados).

A ação efetiva de herbicidas em pós-emergência depende da qualidade da aplicação (uniformidade e recobrimento) e da retenção do produto pela folha, o que está relacionado com a regulagem adequada do equipamento, escolha da ponta de pulverização, velocidade correta e constante de aplicação, volume da calda adequado para cada caso e controle satisfatório da pressão de trabalho do pulverizador e utilização de adjuvantes. Também, são importantes as condições climáticas no momento da aplicação. A ocorrência de chuvas ou irrigação logo após a aplicação pode reduzir a eficiência desses produtos mas, a maioria são absorvidos rapidamente (precisam de 1 hora sem chuva ou irrigação), e outros, como acifluorfen-sódio e tepraloxyn precisam mais de 2 horas e o bentazon aproximadamente de 6 horas. Assim, de forma geral, recomenda-se irrigar a área tratada, no mínimo até 1 hora após aplicação.

Deve-se considerar a capacidade de translocação de cada produto aplicado, já que a cobertura necessária para controle eficiente, utilizando-se um produto sistêmico, deve ser inferior à necessária para um produto de contato (ex: fomesafen, bentazon, bentazon+paraquat, acifluorfen-sódio).

Para a cultura de feijão existem herbicidas com ação específica para o controle de folhas largas (bentazon, bentazon + paraquat, fomesafen, imazamox, acifluorfen-sódio) e outros para gramíneas (clethodin, sethoxydin, clethodin+fenoxiprop-ethyl, quizalofop-ethyl, fluzifop-p-butil e tetraloxydim) e aqueles de ação mais ampla sobre fluxos das duas classes (fluzifop-p-butil+fomesafen ou outras misturas). O fomesafen é compatível com graminídeos ou latifoliosos como fluzifop-p-butil, sethoxydin e alguns outros herbicidas de pós-emergência. A maioria dos graminídeos são incompatíveis na mistura com herbicidas latifoliosos. No caso de fluxos de folhas largas podem ser utilizados herbicidas específicos ou misturas para aumentar o espectro de ação. Havendo predominância de gramíneas, podem ser utilizados os graminídeos e no caso de infestação composta por gramíneas e folhas largas, pode-se optar pela aplicação sequencial de um graminídeo e um latifolioso (ou inverso dependendo do fluxo) ou mistura, formulada de fluzifop-p-butil+fomesafen.

Atualmente, em lavouras de feijão, podem ser aplicados alguns produtos em esquema sequencial, dividindo a dose única em duas aplicações ($\frac{1}{2}$ dose + $\frac{1}{2}$ dose) com objetivo de reduzir a probabilidade de ocorrência de fitotoxicidade nas culturas seguintes (herbicidas de residualidade acentuada), principalmente milho e menor risco para a cultura (feijão). Ainda, aumenta-se a eficiência de controle de plantas daninhas em estádios de crescimento mais avançados, ou

infestações densas e permite o controle de diferentes fluxos de germinação (ex: leiteiro). Em lavouras bem conduzidas existe, ainda, a possibilidade de evitar a segunda aplicação, o que implica em redução de custos e menor contaminação do meio. Isso pode ocorrer quando a cultura forma densa cobertura foliar rapidamente e suprimem o desenvolvimento das plantas daninhas poucos dias após a primeira aplicação. Ocorrendo reinfestação, o controle deverá ser realizado novamente, a um custo final muito semelhante ao de uma única aplicação da dose recomendada.

Os produtos utilizados nessa técnica são acifluorfen-sódio, fluazifop-p-butil+fomesafen e fomesafen. A primeira aplicação é feita a partir do primeiro trifólio e a segunda, até o início da formação do quarto trifólio (intervalo de 7 a 10 dias), respeitando o estágio em que as plantas daninhas são mais suscetíveis aos herbicidas.

4.3.4.3 Problemas de fitotoxicidade causada pelos herbicidas aplicados no feijoeiro

Estudos da seletividade têm mostrado que o herbicida imazamox na dose de 42g.ha^{-1} , aplicado isolado entre o aparecimento do segundo e terceiro trifólios, provocou redução do porte das plantas de feijão e coloração amarelada das folhas, observando-se redução média de 9,2% do rendimento do feijoeiro em relação à testemunha. Entretanto, quando se realiza a mistura imazamox na dose de 42g.ha^{-1} + bentazon na dose de $0,6\text{L.ha}^{-1}$, além de eliminar por completo a fitotoxicidade, tal mistura proporcionou ganho médio de 5,5% no rendimento da cultura. No caso, o antagonismo tem sido atribuído à redução de absorção foliar do herbicida pela planta do feijoeiro, sendo recomendada a utilização associada desses produtos. A mistura de imazamox + fomesafen não proporcionou diminuição da fitotoxicidade do feijoeiro (Cobucci, 1999). Em trabalhos realizados pela Fundação abc por dois anos consecutivos, com os principais herbicidas utilizados na cultura, não foram observados efeitos negativos no rendimento de grãos da cultura (Buzatti, 2001).

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

No caso de fomesafen, em condições de umidade excessiva do solo, pode ocorrer leve descoloração das folhas do feijão. Esse efeito desaparece em poucos dias (15 dias), desde que seguidas as recomendações de uso, pois o efeito fitotóxico à cultura é transitório e desprezível. Com a aplicação de bentazon e paraquat há uma fitotoxicidade caracterizada por uma queima leve das folhas do feijoeiro, que logo após se recupera, sem causar queda na produção. Para o acifluorfen-sódio deve-se evitar cobertura nitrogenada até 7 dias após aplicação e não deve ser aplicado nas cultivares Jalo e Preto. Entre a aplicação de basagran e de inseticidas fosforados deve ocorrer um intervalo mínimo de 7 dias e não é recomendada a aplicação desse produto enquanto as folhas da cultura estiverem úmidas.

4.3.4.4 Infestações tardias de plantas daninhas

Infestações tardias de plantas daninhas na cultura de feijão podem não afetar a produção final. No entanto, tais plantas daninhas geralmente dificultam as operações de colheita e aumentam os custos de colheita e beneficiamento dos grãos. A presença de restos de plantas daninhas nos grãos pode reduzir a qualidade dos grãos. Um outro aspecto importante a ser considerado na infestação tardia de plantas daninhas na cultura de feijão é que as sementes produzidas por estas plantas comporão o banco de sementes do solo onde será cultivada a cultura do feijão no próximo ciclo. Assim, quanto menor a infestação de plantas daninhas tardiamente maior a incorporação de sementes no banco de sementes (Christoffoleti & Passini, 1999). Ainda, quando a maturação das plantas daninhas e da cultura é simultânea (produtores de sementes), a legislação nacional estabelece limites de tolerância para sementes de espécies daninhas toleradas e determina as espécies proibidas (Cobucci, 2004).

Uma maneira de reduzir esses problemas é a utilização de herbicidas na pré-colheita, prática comum em culturas como a de soja e algodão. A dessecação se faz com o uso de produtos químicos apropriados e resulta em rápida secagem de todas as partes da planta. Alguns autores relatam que os herbicidas utilizados na pré-colheita permitem uniformizar a maturação, proporcionando uma secagem uniforme das vagens e grãos; antecipam a colheita; não prejudicam o rendimento de grãos, pois não induzem a deiscência (abertura) das vagens; não afetam a germinação e o vigor das sementes; diminuem o teor de umidade dos grãos e; controlam as plantas daninhas (Mpanzo, 1999; Dourado-Neto & Fancelli, 2000; Zagonel, 2002).

Nessa modalidade é importante observar o momento de aplicação para evitar perdas de rendimento. Assim o mesmo deve ocorrer após maturação fisiológica (quando o grão se desprende da vagem) e entre 60 e 70% de vagens secas (vagens superiores + verdes em maturação fisiológica). Ainda esse momento de aplicação pode variar com o padrão de maturação e cultivar e também deve ser respeitado o Intervalo mínimo de colheita para evitar resíduo (cinco a sete dias). Em ensaio conduzido por Penckowski et al. (no prelo, 2004) na região de Castro-PR os tratamentos com glufosinato de amônio + etephon (240 + 200 e 440 + 400 g.ha⁻¹ i.a), diquat (300 e 600 g.ha⁻¹ i.a) e glufosinato de amônio (300 g i.a.ha⁻¹) foram eficientes na dessecação da cultura do feijão, antecipando a colheita em 6 dias não afetando a germinação e vigor das sementes, que apresentaram valores similares ao da testemunha.

5 Efeito residual dos herbicidas no solo

Nos cultivos intensivos (irrigados ou safrinha), o efeito residual pode comprometer a cultura seguinte. O potencial de injúria de resíduos de herbicidas nas culturas sucedâneas depende da suscetibilidade da cultura a ser plantada a estes resíduos e também da taxa de degradação no solo dos herbicidas que foram utilizados (Cobucci, 2004). Cobucci et al. (1998) determinaram no sistema irrigado a concentração no solo dos herbicidas fomesafen, acifluorfen e imazamox que não afetam as culturas de milho, sorgo e arroz (Tabela 1). Ainda, o mesmo autor relata que a quantidade de água fornecida a cultura de feijão (umidade do solo) é o principal fator para degradação dos herbicidas no solo (Cobucci, 2004).

Tabela 1. Concentração de herbicidas no solo (ppb) que não causam efeitos fitotóxicos às culturas sucedâneas (Cobucci et al., 1998).

Cultura Sucedânea	Herbicida (g.ha ⁻¹)		
	Fomesafen (250)	Imazamox (40)	Acifluorfen (170)
Sorgo	<5,0	<5,0	<5,0
Milho	11,6	12,5	14,7
Arroz	24,4	39,9	15,2

6 As plantas daninhas são mais difíceis de serem controladas na agricultura atual que no passado?

É comum ouvir relatos de produtores de feijão e outros cereais que o problema com o manejo de plantas daninhas nos dias atuais é ainda maior, quanto comparado com 15 a 20 anos atrás. Parece ser mais difícil hoje estabelecer um programa de manejo racional de plantas daninhas, que proporcione um controle aceitável, a um custo compatível com o sistema de produção. Esta afirmação está baseada no fato que definitivamente hoje existem novas espécies de plantas daninhas que têm se tornado mais freqüente na cultura de feijão, como por exemplo, trapoeraba (*Commelina* spp), corda-de-violão (*Ipomoea* spp), erva-quente (*Spermacoce latifolia*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), dentre outras. Estas plantas daninhas não são controladas por muitos das estratégias de manejo e, portanto, a intensidade de infestação tem aumentado rapidamente nas lavouras de feijão. Este tipo de mudança de infestação de plantas daninhas é denominado de mudança interespecífica de plantas daninhas, isto é uma mudança na composição da comunidade de plantas daninhas ao longo dos anos de cultivo da cultura e uso repetitivo da mesma tática de manejo. O segundo tipo de mudança da infestação de plantas daninhas ao longo do tempo em uma área é chamado de mudança intraspecífica de infestação de plantas daninhas, e envolve um aumento em uma subpopulação (biótipo) de uma espécie de planta daninha. Esses biótipos poderiam ser resistentes aos herbicidas ou poderiam emergir tardiamente no ciclo de crescimento da cultura, evitando o controle químico ou mecânico. Nas lavouras de produção de feijão no estado de São Paulo, provavelmente estamos experimentando resultados de ambos os tipos de mudança de infestação de plantas daninhas, causada pela pressão de seleção dos herbicidas aplicados ao longo dos anos. Esta é a resposta para o título deste tópico, ou seja existem hoje mais plantas daninhas para serem controladas na cultura de feijão que 15 ou 20 anos atrás.

Existem muitas maneiras de reduzir a pressão de seleção sobre as populações de plantas daninhas, desde que as estratégias de manejo envolvam rotações de culturas, práticas culturais e programas de herbicidas. Cada cultura e sistema de produção pode selecionar certas espécies de plantas daninhas e portanto, quanto mais complexa for a rotação menores serão as chances de seleção de uma espécie ou biótipo de planta daninha. O cultivo pode ser um método efetivo de controle de plantas daninhas, mas os efeitos são temporários e podem causar estímulo na germinação das sementes de plantas daninhas, conforme explicado em item anterior. A falha no controle de plantas daninhas durante qualquer das etapas do sistema de produção ou rotação de cultura pode ter um impacto significativo em longo prazo. Sementes

de muitas espécies de plantas daninhas podem persistir no solo por mais de 10 anos e, portanto refletir na infestação futura de plantas daninhas nas áreas durante vários anos.

7 Considerações finais

Qualquer estratégia que torne a cultura de feijão mais competitiva deve ser adotada. A combinação de espaçamentos mais estreitos com variedades adaptadas é uma estratégia para aumentar a competitividade da cultura. Nesta situação, a seleção varietal é crítica, pois espaçamentos mais estreitos podem aumentar o potencial de aumento de incidência de doenças.

É importante ressaltar também para os produtores de feijão que não é necessário manter o campo totalmente livre da infestação de plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura para maximizar os lucros. As pesquisas têm mostrado que manter a cultura livre de plantas daninhas durante seis semanas após emergência é suficiente para eliminar a interferência das plantas daninhas. Por outro lado o controle de plantas daninhas após o período crítico de competição é as vezes necessário por causa dos prejuízos das infestações tardias, conforme ressaltado em item anterior. Sendo assim, existe uma dúvida em qual das estratégias de manejo seria mais racional, ou seja, controlar as plantas daninhas apenas durante o período crítico e assim evitar a pressão de seleção sobre as plantas daninhas, ou controlar as plantas daninhas durante todo o ciclo e assim evitar os problemas das plantas daninhas de infestação tardia. O melhor sistema de manejo de plantas daninhas é aquele que proporciona um controle adequado ao menor custo e combina as diferentes estratégias de manejo possíveis (química, mecânica e cultural).

8 Referências bibliográficas

- AREVALO, R.A., ROZANSKI, A. Plantas daninhas na cultura do feijão. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 4. 1991, Campinas. **Anais..** Campinas: Estação Experimental do Instituto Biológico, 1991. 71p. Editado por B.C. Barros, L.G. Leite, J.O.M. Menten.
- BUZATTI, W.J. Plantas daninhas na cultura de feijão. **Informativo fundação abc**, N14, Setembro, Castro-PR. p.10-12
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; PASSINI, T. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura de feijão. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Feijão Irrigado – Estratégias básicas de manejo Piracicaba:Publique,1999. P. 80-96.
- COBUCCI, T. Avaliação da compatibilidade de latifolicidas na cultura do feijão. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Feijão Irrigado – Estratégias básicas de manejo Piracicaba:Publique,1999. P. 143-144.
- COBUCCI, T. Manejo e Controle de plantas daninhas em feijão. In: Manual de Manejo e Controle de Plantas daninhas. Editores Vargas L., Roman, E.S. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, 2004. 453-480.
- COBUCCI, T.; PRATES, H.T.; FALCÃO, C.L.M.; REZENDE, M.M.V.; Effect of imazamox, foamsafen and acifluorfen soil residue on rotational crops. **Weed Sci.**, Lawrence, v.46, p.258-263, 1998.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385p.
- KLUTHCOUSKI, J.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Preparo do solo. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. ed. Cultura do

- feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1988. p.249-259.
- MPANZO, D. **Avaliação de dessecantes e de épocas de aplicação no feijão: Efeitos na qualidade fisiológica das sementes.** Lavras: UFLA, 1998. 89p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia).
- ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; SOUSA NETO, A.M. de. Eficácia do herbicida diquat na dessecção em pré-colheita da cultura do feijão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.3, n.1, 2002. p.17-21.
- ZIMDAHL, R.L. Fundamentals of Weed Science. California: Academic Press, 1993 450p.

CONTROLE RACIONAL DAS PRAGAS DO FEIJOEIRO

Octavio Nakano¹

1 Introdução

A participação cada vez maior da mulher no mercado de trabalho vem modificando o hábito alimentar familiar no tocante a alimentação, deixando de lado o preparo do alimento mais demorado, como é o caso do feijão. Proliferam-se a cada dia a venda de sanduíches, alterando o hábito alimentar, inclusive com a formação de jovens obesos, em função desse tipo de alimentação.

Com isso e também a proliferação de comida “por quilo”, vem sendo reduzido o consumo de feijão, face a grande quantidade de variedade de comida a disposição do consumidor.

Fora esses argumentos, o aumento cada vez mais elevado dos insumos reduzindo a margem de lucro dos produtores dessa oleaginosa reduziu o interesse pelo seu cultivo. Além desses problemas, o produtor enfrenta outros que em função das condições climáticas pode agravar o aparecimento de pragas e doenças, sendo a seca favorável às pragas e as chuvas, favorável às doenças.

Dentre as pragas são citadas: a mosca branca, as cigarrinhas, as lagartas e as vaquinhas como pragas de ocorrência normal; entretanto, como plantio direto, têm surgido outras em decorrência desse tipo de cultivo que, habitando a palhaça, conseguem desenvolver enormes populações, causando prejuízos não menos assustador do que as pragas convencionais. São elas: caramujos e lesmas, centopéias, grilos e outras pragas que se aproveitam do novo meio ambiente para atuarem de forma avassaladora.

A própria lavoura de soja que se expandiu espetacularmente nos últimos anos, vem contribuindo para aumentar também o número de pragas como é o caso do tamanduá e dos percevejos. O ciclo vegetativo, relativamente curto dessa leguminosa tem colaborado com a minimização dos danos que as pragas causam.

Existem pragas que danificam as folhas como as lagartas e as vaquinhas que podem tolerar um certo nível de desfolhamento; outras como os grilos, a elasmô, a lagarta rosca e outras pragas que cortam o caule das plantas já causam dano direto devendo receber maior atenção, pois cada planta danificada é uma planta perdida, entretanto esse dano é visual e mais fácil de ser contabilizado. Diferente das viroses transmitidas pelos insetos sugadores como a mosca branca, como demora a aparecer os sintomas, o dano não é percebido e nesse caso o controle deve ser preventivo. Pragas de solo ou de raiz como o percevejo castanho, também não é percebido em tempo e por isso seu controle deve ser preventivo.

¹ Engº Agrº, Ph.D., Prof. Titular do Depto de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ-USP.

2 Manejo de pragas

Deduz-se então que uma das ferramentas mais importantes no cultivo das plantas de valor econômico é a detecção do dano quando se pode tolerar um nível de dano como é o caso das lagartas desfolhadoras.

Diversos são os métodos para se conhecer o nível de controle das pragas, sendo eles realizados por meio de amostragens. Quanto maior o número de amostras tomadas, mais próximos ficam os resultados da realidade. É como a imagem fotográfica ou de televisão; quanto maior os pontos tomados, mais nítida fica a imagem. Entretanto, devido ao custo das amostragens, usualmente se utiliza o bom senso, adotando critérios econômicos com certa margem de erro tolerável.

Esse cálculo deve ser proporcional ao valor da produção. Assim, se a lavoura rende pouco não compensa nenhuma medida de controle, muito menos uma amostragem. Já para uma cultura cujo rendimento líquido é de R\$ 100,00/ha pode se investir até 10% desse valor para amostragens que seriam de 3 a 4 durante a safra.

A amostragem poderia ser uma vistoria em forma de diagonal cruzada e que por hectare seria 142 m x 2 (Figura 1) o que levaria para cada amostragem ou levantamento, cerca de 1 hora (R\$2,00 a R\$3,00/hora). Para área superiores a 1 ha, os valores seriam proporcionais.

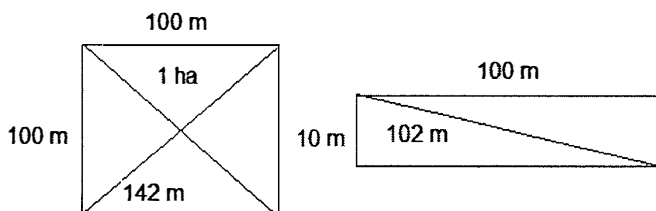


Figura 1. Esquema de amostragem.

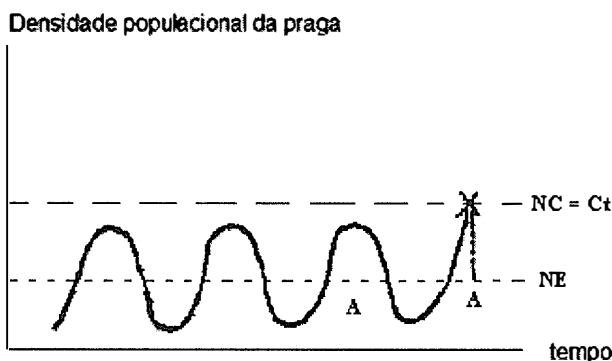


Figura 2. Esquema de controle curativo (NC = Nível de controle, Ct = Custo do tratamento, NE = Nível de equilíbrio e A = fatores adversos - inimigos naturais ou clima adverso).

Uma vez estabelecido o nível populacional da praga por ha, o cálculo para o seu controle obedeceria o seguinte esquema:

Em geral, para insetos desfolhadores, admite-se um dano de 25% de desfolhamento, pois pesquisas mostram que a queda na produção ocorre somente depois desse nível. Os ácaros rajado e branco, também atacam as folhas e podem ser controlados mediante amostragens estabelecidas pelos sintomas que causam nas folhas.

Para pragas que cortam a base das plantas, como por exemplo grilo, elasmô ou lagarta rosca, o dano é direto e calcula-se em número de plantas danificadas. Por exemplo, se 1 ha possui 100 mil plantas e produz 3 mil quilos, ao preço de R\$30,00 a saca de 60 quilos teremos: R\$ 1500,00. Cada planta valerá R\$ 0,015, ou melhor, teríamos que ter 2% de plantas destruídas para equivaler a um tratamento de R\$30,00/ha.

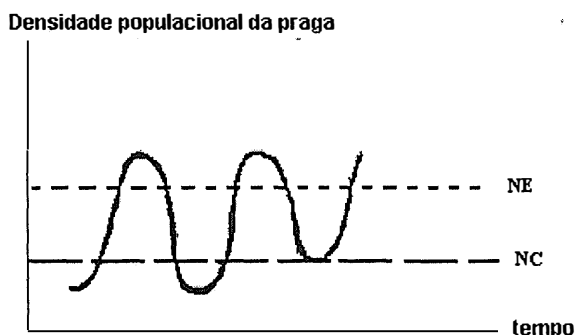


Figura 3. Esquema de controle preventivo.

Igualmente prejudiciais são as pragas que atacam diretamente as vagens ou grãos. Nesse caso, devem ser amostradas as vagens, estimando-se os danos transformados em valores para a aplicação do nível de controle em função do custo do tratamento. Aqui também pode-se esperar que a população evolua até atingir o nível equivalente a esse custo. As pragas que podem ser encontradas atacando as vagens ou grãos são: *Michaelus zebus* e *Heliothis* spp.

Poderia-se recorrer a agricultura de precisão para o gerenciamento no controle das pragas do feijoeiro. Ao contrário do que se pode fazer com modelagem de solo, buscando avaliar fertilidade, erosão, topografia, textura, etc, no caso das pragas, por serem dinâmicas, o gerenciamento precisa ser permanente ou periódico, avaliando fatos novos que vão surgindo em tempo, relativamente curto.

Com o auxílio do GPS é feito o perímetro da área, com suas subdivisões; para cada divisão, compara-se a situação e qualquer anormalidade, requer uma vistoria "in loco" com a finalidade de verificar a variação, não necessariamente provocada pela praga, podendo ser problema com nutrição, excesso de água, doença, etc.

A grande vantagem do processo é a precisão da área atacada, inclusive, sua extensão, permitindo tratamentos localizados.

São fornecidos aqui alguns níveis de controle das principais pragas do feijoeiro.

2.1 Tripes

São importantes na fase inicial do desenvolvimento das plantas; 10 ninfas/planta exige controle o que pode ser feito com inseticidas do grupo dos neonicotinóides.

2.2 Lagarta da soja

Mede palmo, enroladeira, cabeça de fósforo. Pode-se basear no desfolhamento; acima de 25% de desfolhamento efetuar o controle que pode ser químico ou biológico; os piretróides, tipo permetrina tem sido um dos mais econômicos. Pode se usa o Bt, produto biológico, entretanto, seu custo por ha é maior do que com os piretróides.

2.3 Lagarta elasmô

Recomenda-se o tratamento de sementes com carbofuran e thiodicarb; pulverizações com inseticidas lagartidas como piretróides, fosforados, spinozad, etc, podem dar bons resultados.

2.4 Lagarta rosca

O mesmo tratamento dado a elasmô. Para pulverizações aplicar Acefato, direcionado na base das plantas.

2.5 Vaquinhas

O nível de 2% também pode ser adotado; nesse caso os fosforados ou os carbamatos podem ser mais eficazes.

Lagartas das vagens

2.6 Etiella zinckenella, M. zebus, Heliothis

Pulverizar com piretróides ou formulações mistas de piretróides com fosforados. Estabelecer os níveis de controle em função dos parâmetros citados.

2.7 Percevejos

Nezara e *Piezodorus guildini*, os níveis populacionais são equivalentes aos da soja. Aplicar os inseticidas Endosulfan ou Engeomax quando forem constatados por batida de pano 4 percevejos.

2.8 Cigarrinha Empoasca

Trata-se de uma praga importante em feijoeiro da seca, causa maiores danos a partir da emergência das plantas até a fase de florescimento. O maior prejuízo é devido a injeção da saliva que é tóxica as folhas o que ocorre apenas com os adultos. Seu nível de controle está ao redor de dois adultos por planta.

2.9 Ácaro rajado ou vermelho

Quando forem constatados os primeiros sintomas de ácaros em 25% das folhas do feijoeiro, fazer a pulverização com acaricida específico podendo empregar Dicofol ou Cihexatin ou Vertimec (se necessária, mais de uma aplicação, alternar produtos).

2.10 Ácaro branco

Quando forem constatados 40% de folhas com bordos em início de enrolamento (sintomas do ácaro). Empregar os mesmos acaricidas anteriores.

2.11 Mosca branca

Além da ação toxicogênica, o adulto injeta vírus, são conhecidas cerca de 7 viroses importantes na cultura do feijoeiro. Quanto mais cedo ocorrer o ataque tanto maior será o prejuízo pela infecção nas plantas. A espécie introduzida recentemente (*Bemisia tabaci* biótipo-B) introduz o gemini-vírus, bastante comprometedor; o seu controle deve ser preventivo, isto é, tão logo seja constatada a sua presença na lavoura. O controle deve ser feito com inseticidas sistêmicos do grupo dos neonicotinóides, mas a alternância de diferentes grupos como os fosforados é desejado para evitar a resistência.

Existem também inseticidas fisiológicos como o Buprofezin e o Piriproxifen para a execução do esquema. Pesquisa mais recente mostra também o efeito das piridinas como o Pimetrozine e o Flonicamid cujo mecanismo é a paralização das glândulas salivares do inseto; não podendo se alimentar, o inseto não transmite virose e morre por inanição.

2.12 Lesmas, caracóis e caramujos

Tem surgido muito em função do plantio direto, se reproduzem como hermafroditas daí o motivo por qual se multiplicam rapidamente. As pesquisas mostram que uma lesma por planta pode causar 5% de prejuízo na produção. Seu controle se baseia principalmente no uso de isca a base de metaldeído. Atualmente existem pesquisas mostrando que o ácido ferroso pode ser usado com sucesso na isca.

2.13 Centopéia

Ocorre também nas áreas de plantio direto. Essa praga ataca normalmente semente em fase de germinação, prejudicando o stand; o controle preventivo com tratamento de sementes utilizando carbamato é eficiente.

MANEJO RACIONAL DE DOENÇAS DO FEIJOEIRO

Marcelo Giovanetti Canteri¹

1 Introdução

Doença é o resultado da interação entre a planta, o ambiente e um ou mais fatores nocivos. Esses fatores nocivos podem ser agentes bióticos, tais como fungos, bactérias, nematóides e vírus, ou fatores abióticos, como vento frio, excesso ou falta de umidade e deficiências nutricionais, entre outros. A ocorrência de uma doença depende da presença, de modo concomitante, de um hospedeiro suscetível (neste caso, a planta de feijoeiro, fonte nutritiva dos patógenos desta cultura), do patógeno e de condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da doença.

Em algumas situações, a doença não ocorre, simplesmente porque o patógeno não está presente, isto é, o hospedeiro está presente, o clima é favorável à infecção, mas não há o inóculo do patógeno. Isto ocorre principalmente com doenças transmitidas pelo vento. A título de exemplo, na região sul do Brasil, nas lavouras de feijoeiro semeadas logo após o inverno (safra das águas), em áreas com rotação de culturas não há muito inóculo do fungo *Phaeoisariopsis griseola* e, nessas condições, a mancha angular, apesar da presença do hospedeiro e da existência de clima favorável, só aparecerá no final do ciclo da cultura, sem provocar danos às plantas.

O entendimento deste conceito é primordial para se entender a influência do clima no progresso de epidemias.

2 Fatores que influenciam o progresso de uma epidemia

O desenvolvimento de uma epidemia depende principalmente da quantidade de inóculo inicial da doença, presente principalmente em sementes contaminadas ou em áreas sem rotação de culturas e também da taxa de aumento da epidemia, isto é, da velocidade de sua progressão. A taxa de progresso da epidemia sofre influência dos fatores climáticos.

A título de ilustração, se uma lavoura de feijão for semeada sem tratamento de sementes, com um cultivar suscetível à antracnose e se na área não se utilizar a rotação de culturas são grande as chances de haver uma epidemia da doença. Além disso, se durante a safra ocorrerem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da antracnose, haverá uma alta taxa de aumento da epidemia e, conseqüentemente, elevados danos à cultura.

3 Patossistema tropical e patossistema temperado

As doenças podem ser classificadas, de acordo com seu comportamento em função do clima, em patossistemas tropicais e patossistemas temperados. As epidemias típicas de patossistemas tropicais são diferentes das epidemias de patossistemas temperados, tanto na estrutura quanto no comportamento.

As epidemias dos patossistemas temperados, mais estudadas, são mais dependentes de condições climáticas e têm um rápido progresso a partir de um inóculo inicial baixo. Por outro lado, as epidemias dos patossistemas tropicais

¹ Engº Agrº, Prof. Dr. Fitopatologista, Dep. Agronomia, Universidade Estadual de Londrina

são menos dependentes do clima (afinal, nos trópicos há baixa formação de orvalho) e são mais danosas quando ocorre um alto inóculo inicial do patógeno.

3.1 A antracnose e o patossistema temperado

A antracnose, devido às suas características de disseminação, tem comportamento mais próximo ao de uma epidemia de patossistema temperado. As condições climáticas precisam ser favoráveis para que a doença se torne epidêmica. Ela necessita de água livre (chuva e orvalho) para dissolver a camada mucilagínosa que envolve os conídios, e da movimentação desta água (respingos e movimentação de implementos) para disseminá-los, além de temperaturas amenas favoráveis à infecção. Desta forma, neste tipo de epidemia pode ser utilizado o monitoramento climático para se determinar o melhor momento de executar uma medida de controle adequada.

3.2 A mancha angular e o patossistema tropical

A mancha angular tem um comportamento mais próximo do patossistema tropical porque depende mais da quantidade de inóculo do que das condições climáticas. Há uma baixa quantidade de inóculo no plantio da safra das águas, após o inverno, mas ocorre o inverso na safra da seca, com um acúmulo de inóculo do patógeno, o que favorece epidemias severas da doença. Em regiões onde há safra de inverno, ocorrem também epidemias da doença, que apresenta um comportamento ainda mais severo que na safra da seca, devido ao acúmulo de inóculo do fungo.

4 Relações da doença com o clima

A água livre e temperatura são os dois principais fatores climáticos responsáveis pela infecção provocada por patógenos foliares. O ambiente pode influenciar o progresso de doenças, afetando o patógeno, na sua sobrevivência e dispersão, o hospedeiro, nos mecanismos de defesa da planta ou no seu crescimento e a interação entre o patógeno e o hospedeiro, nos processos de infecção e colonização.

Dentre as condições climáticas, a umidade e a temperatura são as que mais influenciam o desenvolvimento das doenças. A umidade constitui fator determinante para a ocorrência de doenças em plantas, principalmente as doenças foliares. A temperatura age como um catalisador, uma vez que retarda ou acelera o ciclo do patógeno. O número de gerações de um patógeno, de esporo a esporo (período latente), é função da temperatura.

Vários estudos sobre o papel do período de molhamento na ocorrência de doenças têm mostrado que a duração do período de molhamento necessário para o estabelecimento delas depende da temperatura. Provavelmente, o molhamento foliar determina a quantidade de esporos que germinam e penetram os tecidos do hospedeiro, e a temperatura determina a velocidade e a extensão da infecção.

4.1 Período de molhamento

Em relação à umidade, o importante não é a precipitação total ou o excesso hídrico, mas sim, o período de molhamento, ou seja, o período de tempo em que chuva ou orvalho (água livre) permanecem sobre a parte aérea da planta. A importância do orvalho para o período de molhamento é acentuada, principalmente quando a precipitação não é freqüente.

A presença de orvalho é de grande importância para a ocorrência de doenças porque a maioria dos patógenos necessita de água livre na superfície

foliar para germinar e penetrar no hospedeiro. A presença ou ausência de orvalho pode permitir ou paralisar o desenvolvimento do tubo germinativo do patógeno. O processo de penetração pode ser paralisado, pela morte do tubo germinativo, quando o molhamento cessa antes de completar-se a penetração.

4.2 Temperatura

A temperatura é o fator ambiental mais estudado em relação à ocorrência e desenvolvimento das doenças. Ela tem papel limitante nas fases de germinação, crescimento do tubo germinativo, formação do apressório, penetração e colonização. Temperaturas abaixo e acima de valores mínimos e máximos requeridos para a infecção evitam o estabelecimento do patógeno. Assim, temperaturas acima de 27°C não permitem a germinação de um grande número de fungos fitopatogênicos. A melhor temperatura para germinação de esporos nem sempre é a mesma para a colonização e expressão de sintomas.

É interessante ressaltar que temperaturas abaixo do mínimo necessário para o desenvolvimento do patógeno normalmente fazem com que o período latente se prolongue, o que pode ser interpretado como um fator de sobrevivência do fungo.

Tabela 1. Período após a inoculação, para visualização dos primeiros sintomas das principais doenças da parte aérea do feijoeiro, sob condições climáticas favoráveis.

Doença	Agente causal	Número de dias
Mancha angular	<i>Phaeoisariopsis griseola</i>	8 dias (24°C)
Antracnose	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	2 dias (25°C)
Ferrugem	<i>Uromyces appendiculatus</i>	10 dias (24°C)

5 Condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de doenças

5.1 Mancha angular

Dados obtidos em ambiente controlado mostram que a severidade e o período de incubação são sensivelmente afetados pela temperatura. A máxima severidade ocorre na faixa de temperatura entre 21 e 25°C, e o menor período de incubação, a 25°C, para os cultivares Rosinha e Carioca. Temperaturas abaixo e acima desta faixa atrasam o desenvolvimento da doença e, conseqüentemente, prolongam o período de incubação. Em temperaturas inferiores a 6°C ou superiores a 29°C não são observados sintomas da mancha angular para a maioria dos cultivares. A infecção e a colonização de *Phaeoisariopsis griseola* são favorecidas pela temperatura de 24°C e, nesta temperatura, os primeiros sintomas da mancha angular surgem 8 dias após a inoculação do patógeno.

O incremento na severidade da mancha angular, numa mesma folha, deve-se principalmente ao crescimento das lesões. A taxa de crescimento das lesões, que está relacionada com a velocidade de colonização dos tecidos pelo fungo, aumenta à medida que a temperatura se aproxima do ponto ótimo para o desenvolvimento da doença, em torno de 25°C. Como conseqüência do aumento na taxa de crescimento das lesões, ocorre um rápido aumento no tamanho médio das manchas, o que ocasiona uma rápida coalescência das mesmas.

Em relação ao período de molhamento foliar, verificou-se que períodos superiores a 6 horas são necessários para que se inicie o processo de infecção e que a severidade da mancha angular do feijoeiro aumenta à medida que ocorre aumento no período de molhamento foliar.

5.2 Antracnose

A temperatura exerce grande influência sobre a severidade e sobre o período de incubação da antracnose do feijoeiro. A temperatura mínima para o desenvolvimento da antracnose está entre 6°C e 10°C, e a máxima, entre 29°C e 33°C. Quando plantas são mantidas em câmaras de crescimento sob período de molhamento de 48 horas e temperatura constante de 28°C ou mais, nenhum sintoma se manifesta, ao passo que plantas mantidas a 16°C ou 20°C são severamente atacadas. Plantas em regime de temperatura de 28°C (diurna)/16°C (noturna) ou 32°C (diurna)/10°C (noturna) apresentam moderados sintomas da doença.

Em condições de campo, altas temperaturas reduzem a severidade da antracnose do feijoeiro. Todavia, é comum observar temperaturas na faixa de 25-35°C no campo, e ainda assim a doença continuar a progredir. Isso provavelmente se deve ao fato de as baixas temperaturas noturnas moderarem o efeito das altas temperaturas diurnas, fornecendo condições ambientais favoráveis à infecção e ao desenvolvimento da doença.

Em relação ao período de incubação, quanto maior a temperatura, mais rapidamente se desenvolvem os sintomas da antracnose, até a temperatura limite de 28°C. Sob temperatura favorável à manifestação dos sintomas (25°C), os primeiros traços da doença surgem 48 horas após a inoculação e 50% das lesões aparecem entre 105 horas (4,4 dias) a 125 horas (5,2 dias).

Além da temperatura, o molhamento foliar é outro fator essencial para que o processo de infecção e, conseqüentemente, a doença se desenvolvam. É necessário um determinado período de molhamento logo após a deposição dos conídios sobre as plantas para que ocorra a infecção. Período de molhamento foliar entre 18 e 24 horas acarreta acentuado aumento de tecido doente. O período mínimo de umidade para que o processo de infecção por *C. lindemuthianum* se inicie se situa entre 5 e 6 horas de molhamento foliar.

5.3 Ferrugem

A temperatura tem um efeito acentuado sobre a ferrugem do feijoeiro. A maior frequência de infecção (número de pústulas por fóliolo) ocorre em temperaturas em torno de 15°C, e o menor período latente (período de tempo compreendido entre a inoculação e a produção de esporos), na faixa de 22 a 24°C. A temperatura mínima para o desenvolvimento da doença se situa entre 7 e 9°C, e a máxima, um pouco acima de 27°C.

A temperatura influencia a produção de esporos, no período latente e na germinação. A frequência de infecção aumenta com o aumento do número de horas de molhamento, até 20 horas de molhamento. A temperatura e a duração do molhamento foliar são fatores determinantes na quantidade final de doença.

Na Região Sul, o feijoeiro plantado em junho-setembro está mais sujeito ao ataque de ferrugem do que o que é plantado no período outubro-janeiro. O período de molhamento foliar mínimo para a ocorrência da ferrugem é inferior a 6 horas, e a frequência de infecção aumenta com a duração do molhamento foliar, até o máximo de 20 horas.

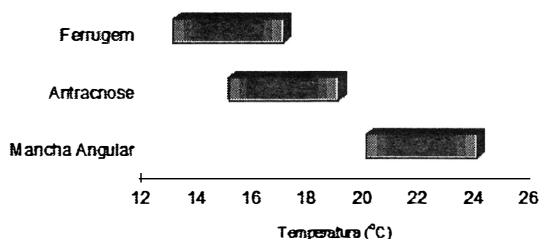


Figura 1. Faixas de temperatura ótima para infecção pelos patógenos que ocasionam a ferrugem, antracnose e mancha angular em feijoeiro.

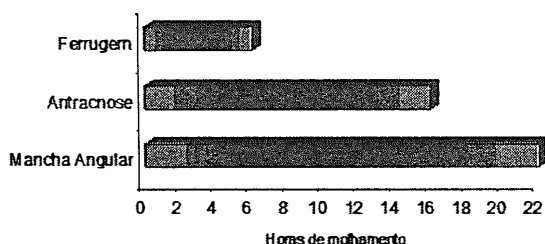


Figura 2. Número mínimo de horas de molhamento necessário para infecção por patógenos que ocasionam a ferrugem, antracnose e mancha angular em feijoeiro.

6 Considerações finais

Tanto a falta como o excesso de medidas de controle acarreta prejuízos econômicos, principalmente no caso de doenças que podem ser controladas com a aplicação de fungicidas. Sendo assim, deve-se racionalizar o uso de pulverizações, sem no entanto permitir que hajam epidemias. As aplicações podem ser realizadas apenas quando necessário e no momento adequado, de forma economicamente segura, levando-se em consideração a presença do fungo, a cultivar e o clima.

Doenças fúngicas de parte aérea e com origem no solo dependem em um primeiro momento da presença do fungo na área. Assim, para o manejo racional, o primeiro item a ser levado em consideração é o monitoramento da presença dos patógenos. Após constatados na área, a velocidade de progresso das doenças será regulada pela cultivar utilizada e pelo clima.

Existem trabalhos demonstrando a eficiência do uso de informações meteorológicas coletadas de hora em hora por estações automatizadas, para manejo das principais doenças fúngicas da parte aérea do feijoeiro e também para o manejo do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Sabendo-se o nível de resistência às doenças da variedade cultivada utilizada, monitorando-se a presença do inóculo do fungo na área e coletando-

se dados meteorológicos pode-se fazer um manejo racional, pulverizando-se quando necessário, no momento adequado e poupando recursos econômicos e ambientais.

7 Referências bibliográficas

- BACCHI, L.M.A. Quantificação de parâmetros monocíclicos relacionada a epidemias no sistema *Uromyces appendiculatus* - feijoeiro. Piracicaba, 1993. 99p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo.
- BASSANEZI, R. B.; MARTINS, M. C.; GODOY, C. V.; AMORIM, L.; FILHO, A. B. Efeito da antracnose na eficiência fotossintética do feijoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 22(4):520-523, 1997.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico. São Paulo: Ceres, 1996. 289p.
- BIANCHINI, A.; MENEZES, J. R.; MARIGONI, A. C. Doenças e seu controle In: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná. O feijão no Paraná. Londrina, p.189-216, 1989.
- CANTERI, M.G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O.C. Principais doenças fúngicas do feijoeiro, orientações para manejo econômico e ecológico. Ponta Grossa: Editora UEPG, 1999, 178 p.
- CANTERI, M.G.; DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Efeito curativo de fungicidas no controle da antracnose e da mancha angular do feijoeiro em câmara de crescimento. *Fitopatologia Brasileira*, vol 23, nº 4, 1998, p.471-473.
- DALLA PRIA, M. Quantificação de parâmetros monocíclicos da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro. Piracicaba, 1997. 82p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo.
- FEIJÃO: tecnologia de produção. Londrina, IAPAR, 115p.
- GODOY, C.V.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; IMAUTI, M.T.; DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 104:336-345. 1997.
- MENEZES, J.R. de. Manejo integrado de doenças e plantas daninhas na cultura do feijão. In: Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo. Piracicaba, Publique, 1999. p.126-142.
- MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; BIAVA, M. Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, EMBRAPA, 203. 203p.
- REIS, E.M. Previsão de doenças de plantas. Passo Fundo, UPF, 2004. 316p.
- ZAMBOLIM, L. Manejo integrado: Fitossanidade. Viçosa, Suprema, 2001. 722p.

BIORREGULADORES E BIOESTIMULANTES EM FEIJOEIRO

*Paulo R. C. Castro*¹

*Stella C. Cato*²

*Elvis L. Vieira*³

1 Introdução

No que se refere às aplicações agrícolas dos biorreguladores e bioestimulantes vegetais, deve-se considerar que algumas plantas cultivadas já atingiram no Brasil estágios de evolução que exigem elevado nível técnico para alcançar a melhor produtividade. Essas culturas não se apresentam condicionadas por limitações de ordem nutricional e hídrica, além de serem protegidas adequadamente com defensivos. Nessas condições, a economicidade da utilização de tecnologia avançada tem levado ao emprego dos fitorreguladores, que podem freqüentemente mostrar-se altamente compensadores.

Os biorreguladores são compostos orgânicos, não nutrientes, que, em pequenas quantidades, promovem, inibem ou modificam processos morfológicos e fisiológicos das plantas. Os reguladores conhecidos pertencem aos grupos das auxinas, giberelinas, citocininas, inibidores e retardadores, além do etileno.

As auxinas atuam na síntese de RNA mensageiro, induzindo a formação de enzimas, que causariam a ruptura das ligações entre microfibrilas de celulose. As novas enzimas formadas agem sobre polissacarídeos ou glicopeptídeos constituintes das ligações entre as microfibrilas de celulose da parede celular. O rompimento das ligações entre as microfibrilas promoveria o aumento da plasticidade e uma deformação irreversível da parede celular. Ocorreria ainda uma diminuição no potencial osmótico no interior do vacúolo que promoveria um influxo de água e o aumento das dimensões celulares.

As giberelinas agem no DNA nuclear promovendo a formação de RNA mensageiro. Logo depois ocorre a síntese de proteínas e enzimas como a alfa-amilase, proteases, hidrolases e lípases. Sob a ação da alfa-amilase, poderíamos ter a formação de glucose na célula a partir do amido, o que promoveria uma diminuição no potencial osmótico celular, causando um influxo de água e o conseqüente aumento na dimensão celular. A ação das proteases resultaria na síntese de triptofano a partir do qual ocorreria a formação do ácido indolilacético (IAA). O IAA aumentaria a plasticidade da parede celular causando um aumento na dimensão celular. Alguns pesquisadores consideram que o ácido giberélico (GA) inibe a IAA-oxidase, impedindo a inativação da auxina, o que promove maior plasticidade, influxo hídrico e o conseqüente aumento nas dimensões celulares.

¹ Engº Agrº, Ph.D., Professor Titular do Depto. de Ciências Biológicas da E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.

² Engº Agrº, M.Sc., doutoranda da ESALQ/USP, P.P.G. em Fitotecnia, Av. Pádua Dias 11, caixa postal 09, 13418-900-Piracicaba-SP.

³ Engº Agrº, Dr., Professor Adjunto do Depto. de Fitotecnia da Escola de Agronomia da UFBA, Cruz das Almas, Bahia.

A citocinina isopenteniladenosina (IPA), promove a ligação do RNA transportador ao complexo ribossomo-mensageiro e influi na formação de diversos RNA transportadores e na síntese de proteínas. Embora se considere que o controle do tipo de proteína produzida esteja localizado no RNA mensageiro, há evidências de que o RNA transportador exerce um controle adicional sobre o sistema. As citocininas parecem manter em alto nível a síntese de proteínas e enzimas, retardar a degradação de proteínas e de clorofila, diminuir a taxa respiratória e preservar o vigor celular.

Os inibidores naturais, como o ácido abscísico, impedem o crescimento de plantas, induzem a senescência e a abscisão. Aparentemente, o ácido abscísico inibe as enzimas hidrolíticas, essenciais ao metabolismo. A hidrazida maleica é um inibidor sintético. Os retardadores de crescimento retardam o alongamento de ramos, diminuindo a divisão celular no meristema sub-apical. O chlormequat (CCC) pode bloquear a síntese de giberelinas. A daminozide (SADH) parece poder impedir a formação de IAA.

O etileno parece induzir a produção de proteínas específicas em diversos tecidos. No processo de maturação sabe-se que a S-adenosil metionina (derivado da metionina) é transformada em ácido 1-carboxílico-1-amino ciclopropano, capaz de produzir etileno, um fitohormônio gasoso.

Embora freqüentemente discuta-se a ação dos hormônios como se agissem de modo independente, as inter-relações do crescimento e do desenvolvimento vegetal resultam da combinação de muitos sinais. Além disso, um hormônio pode influenciar a biossíntese de outro, de modo que os efeitos produzidos por um podem ser, de fato, mediado por outros. Por exemplo, há muito tempo, sabe-se que a auxina induz a biossíntese de etileno. Atualmente, está evidente que a giberelina pode induzir a síntese de auxina e vice-versa.

Se plantas de ervilha são decapitadas, ocasionando a interrupção no alongamento do caule, não é somente o nível de auxina que é reduzido, pois sua fonte foi removida, mas também o nível de GA_1 na parte superior do caule diminui drasticamente. Essa mudança pode ser devido à auxina, visto que a reposição da gema com suprimento de auxina restaura o nível de GA_1 . A presença de auxina foi relacionada à promoção de transcrição do gene $GA3ox$ e à repressão da transcrição do gene $GA2ox$. Na ausência de auxina, ocorre o inverso. Desta forma, a gema apical promove o crescimento tanto através da biossíntese direta da auxina quanto da biossíntese de GA_1 por auxina. Além disso, as giberelinas podem induzir a síntese de ácidos polihidroxicinnâmicos, capazes de inibir a ação da IAA-oxidase, evitando a degradação do IAA.

Também devemos considerar que os retardadores de crescimento diminuem a síntese de promotores de crescimento e que a produção de ácido abscísico inibe a biossíntese de auxinas, giberelinas e citocininas.

2 Biorreguladores

Moh & Alan (1967) verificaram que aplicações semanais de ácido giberélico de 1 a 32mg.L^{-1} são capazes de converter um mutante anão de feijoeiro em um fenótipo normal. Sendo este mutante anão controlado por um gene recessivo simples, acredita-se que a ação deste gene para nanismo é obstruir completa ou parcialmente a biossíntese para a produção de uma substância do tipo do ácido giberélico, necessária para o crescimento normal.

Têm-se verificado que plantas de feijoeiro tratadas com CCC 500 mg.L^{-1} podem apresentar resistência à seca (Halevy & Kessler, 1963) e precocidade na floraescência (Coyne, 1969).

Felipe & Dale (1968) verificaram que a aplicação de 10^{-2}M de CCC em feijoeiro, desenvolvendo-se no escuro, aumenta o número de células e a massa da matéria seca e fresca das folhas primárias. Observaram que estes efeitos podem ser revertidos pela aplicação de $10 \mu\text{g}$ de GA por planta após a emergência. Notaram que plantas desenvolvendo-se em 12 horas diárias de luminosidade, tratadas com CCC, apresentaram redução da área e da taxa de expansão das folhas primárias e trifolioladas.

Dale & Felipe (1968) consideram que plantas de feijoeiro tratadas com CCC 10^{-2}M não mostraram alongamento nas hastes devido à carência de GA nesta região, sendo que, devido a isso, a matéria seca dos cotilédones é desviada às folhas.

Verificou-se que aparentemente o nitrogênio moveu-se mais lentamente nas folhas primárias de plantas de feijoeiro tratadas com CCC, pois o desenvolvimento apical tornou-se mais lento reduzindo a demanda de N. Similarmente, folhas de plantas decapitadas possuem mais N devido à ausência de crescimento apical. Observou-se que o tratamento com CCC torna as folhas mais verdes, aumentando a concentração de clorofila por unidade de área foliar. Plantas tratadas com CCC mostram crescimento lento e diminuição na demanda de N para as folhas primárias, retardando-se portanto a hidrólise protéica. O CCC pode ainda retardar a degradação da clorofila nas folhas tratadas (Humphries, 1968).

Observou-se que o CCC pode promover um estímulo no desenvolvimento das raízes adventícias (Tognoni et al., 1967), sendo que pode também provocar um maior crescimento de todo o sistema radicular (Plaut et al., 1964).

Em raízes isoladas, Tung & Raghavan (1969) observaram que o CCC promoveu diminuição no crescimento pela redução na frequência da divisão celular, sendo que aumentou o nível de solução nitrogenada no interior das raízes.

Determinando efeito do CCC em alguns processos fisiológicos do feijoeiro, Devay et al. (1970) verificam um aumento da atividade fotossintética nas folhas.

O ácido giberélico pertence ao grupo de biorreguladores que possuem o esqueleto do enantiômero de giberelano e atividade biológica em estimular a divisão e/ou o alongamento celular, ou atividade semelhante (Rowe, 1968).

Verificou-se que a aplicação de GA em feijoeiro, nas condições de campo, não causou aumento na produtividade, havendo necessidade de estaqueamento das plantas tratadas com o biorregulador (Wittwer & Bukovac, 1957).

Castro & Bergemann (1973) verificaram que o GA aplicado em feijoeiro cultivar 'Carioca' promoveu aumentos significativos no comprimento da haste principal e dos meritalos. Observaram um ligeiro incremento no número de meritalos e no número de folhas nas plantas tratadas com GA; sendo que apesar do produto causar maior floraescência, não notaram diferenças significativas na produtividade das plantas com relação ao controle.

Chin & Lockhart (1965) estudando a translocação de GA aplicado em plântulas de feijoeiro cultivar Pinto, observaram evidente crescimento da haste quando o

produto era aplicado na primeira folha trifoliolada ou na extremidade apical; mas esse alongamento era menor quando o GA era aplicado nas folhas primárias. O movimento do GA aplicado nas plantas está relacionado com o transporte de carboidratos no vegetal.

Alvim (1960) verificou que o GA incrementa a taxa assimilatória líquida, a taxa de crescimento relativo, a massa de matéria seca das hastes, a área foliar e a altura das plantas de feijoeiro. Observou ainda redução na massa seca das raízes; sendo que a massa seca das folhas não foi alterada significativamente.

Castro & Enok (1977) observaram que o tratamento do feijoeiro 'Carioca' com CCC 500mg.L⁻¹ + GA 50mg.L⁻¹ promoveu maior crescimento da haste principal durante todo o ciclo da planta. CCC 400mg.L⁻¹ + GA 50mg.L⁻¹ causaram um efeito inibitório no crescimento da haste. Tratamento com CCC 500mg.L⁻¹ + GA 50mg.L⁻¹ ou CCC 2000mg.L⁻¹ + GA 50mg.L⁻¹ aumentou o número de folhas do feijoeiro 'Carioca'. CCC 500mg.L⁻¹ + GA 50mg.L⁻¹ promoveram aumento dos meristemas num período de 14 dias; sendo que CCC 400mg.L⁻¹ + GA 50mg.L⁻¹ causaram redução no comprimento dos meristemas somente 30 dias após o tratamento. Aplicação de CCC 500mg.L⁻¹ + GA 50mg.L⁻¹ ou CCC 2000mg.L⁻¹ + GA 50mg.L⁻¹ provocou aumento no comprimento do limbo foliar 5 dias após o tratamento. CCC 500mg.L⁻¹ + GA 50mg.L⁻¹ promoveram aumento no número médio de flores do feijoeiro cultivar Carioca.

3 Sinergismo

Estudos com plantas intactas ou com tecidos vegetais isolados têm evidenciado a existência de interações sinérgicas, antagonísticas e aditivas entre dois hormônios vegetais.

A variedade de modos como auxina e citocinina regulam respostas fisiológicas das plantas, como na divisão celular (efeito sinérgico) e no controle da brotação lateral (efeito antagonístico) sugere que possuam mecanismos múltiplos de interação.

Giberelina em combinação com citocinina, aplicadas na corrente transpiratória, atrasaram a senescência foliar em explantes de soja.

Stimulate® é um bioestimulante formulado com uma combinação de cinetina (CN) 90mg.L⁻¹, giberelina 50mg.L⁻¹ e ácido indolbutírico (IBA) 50mg.L⁻¹.

Utilizando-se como planta teste *Lycopersicon esculentum* cv. Micro-Tom estudou-se o efeito de Stimulate® diluído 10 vezes, GA + IBA + CN (5mg.L⁻¹ + 5mg.L⁻¹ + 9mg.L⁻¹), IBA + CN, GA + CN, GA + IBA, CN, IBA, GA e controle, mantendo-se as concentrações respectivas dos biorreguladores.

Os tratamentos foram pulverizados por três vezes nas plantas de tomateiro, com intervalo de uma semana, uma durante a fase vegetativa e duas durante o florescimento.

Conforme a Tabela 1 verificamos que sempre que o IBA se encontra presente, isolado, em dupla ou com outros dois biorreguladores, existe um incremento com relação ao controle, na massa seca das raízes e conseqüente redução na massa seca de parte aérea (devido à relação fonte-dreno), evidenciando que IBA incrementa a força de dreno por carboidratos do sistema radicular.

Notamos ainda que a presença de GA e de CN, isolados ou em dupla, não afetaram significativamente a força de dreno com relação ao controle.

Observamos ainda que as menores relações parte aérea/raízes foram encontradas nos tratamentos com GA + IBA + CN ou Stimulate®.

Esses fatos são evidenciados na relação massa seca de raízes/massa seca da parte aérea. Nesta coluna notamos que somente o efeito sinérgico dos três biorreguladores (GA + IBA + CN ou Stimulate®) promove incrementos do sistema radicular capazes de fazer a relação diferir do controle (Tabela 1).

A massa fresca dos frutos do tomateiro 'Micro-Tom' também foi aumentada significativamente devido ao sinergismo entre os três biorreguladores (GA + IBA + CN ou Stimulate®), sendo que somente a aplicação de GA isoladamente também aumentou a massa fresca dos frutos com relação ao controle (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação das médias dos parâmetros determinados em tomateiro 'Micro-Tom', pelo teste de Tukey (5%): Rpar: Relação entre massa de parte aérea e massa de raiz; Rrpa: Relação entre massa de raiz e massa de parte aérea; MFF: massa fresca de frutos; MSF: massa seca de frutos e TF: tamanho de frutos.

Tratamento	Rpar (g)	Rrpa (g)	MFF (g)	MSF (g)	TF
Controle	9,65 a	0,11 c	39,27 cde	4,65 d	1,76 abc
GA	7,00 abc	0,17 bc	47,10 ab	13,55 ab	1,70 bc
IBA	5,67 bc	0,18 abc	46,35 abc	8,14 cd	1,89 abc
CN	9,06 ab	0,11 c	42,45 bcd	8,25 cd	1,85 abc
GA+IBA	4,90 c	0,22 abc	38,37 de	9,71 bc	1,83 abc
GA+CN	6,36 abc	0,18 bc	34,62 e	13,65 ab	1,66 c
IBA+CN	6,27 c	0,16 bc	43,75 bcd	13,34 ab	2,13 ab
GA+IBA+CN	3,11 c	0,35 a	51,45 a	15,75 a	2,16 a
Stimulate	3,54 c	0,35 ab	51,70 a	15,00 a	2,17 a
F (Trat)	6,86**	5,50**	13,23**	17,17**	4,56**
C.V. (%)	30,64	40,55	8,98	19,70	11,89

Médias seguidas de uma mesma letra dentro de uma mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A massa seca dos frutos (acúmulo de carboidratos) foi mais incrementada no tratamento com os três biorreguladores (GA + IBA + CN ou Stimulate®), sendo que para este parâmetro, GA, GA + CN, IBA + CN e GA + IBA também diferiram do controle, conforme a Tabela 1.

A utilização dos três biorreguladores (GA + IBA + CN ou Stimulate®) e de IBA + CN aumentou o tamanho dos frutos em relação ao tratamento GA + CN, de acordo com a Tabela 1.

4 Stimulate®

Vieira & Castro (2003) objetivando verificar o efeito do Stimulate® sobre a germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade, aplicaram concentrações crescentes, 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5ml do produto em 0,5kg de sementes. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de regressão.

A germinação de sementes foi aumentada em 18,1% para a concentração de 5,0ml em comparação ao controle. Também, notou-se que aumentos de 1,0mL na concentração de Stimulate® proporcionam aumentos significativos da ordem de 2,4% na germinação das sementes (Figura 1). O

Stimulate® proporcionou uma melhor uniformidade na germinação de sementes de feijoeiro, favorecendo o surgimento de plântulas com qualidade superior em comparação ao controle.

Em rizotrons, 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 (Figura 2). Essa condição possibilita uma melhor e maior exploração dos recursos disponíveis no solo como água e nutrientes minerais.

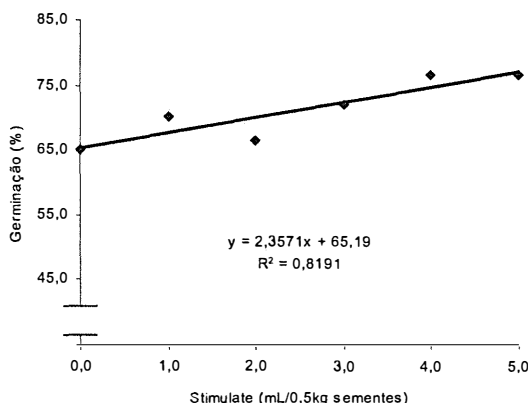


Figura 1. Modelo de regressão linear para a variável germinação de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de Stimulate®.

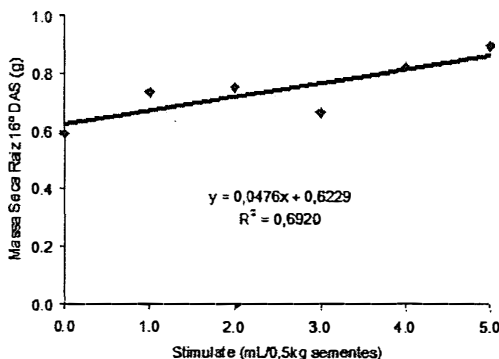


Figura 2. Modelo de regressão linear para a variável massa seca de raiz no 16º DAS de plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de Stimulate®.

Com relação ao número de vagens e grão por planta, o Stimulate® nas concentrações de 2,4ml e 2,3mL por 0,5kg de sementes, respectivamente,

aumentou o número de drenos (vagens e grãos) nas plantas de feijoeiro, afetando positivamente a produtividade das plantas (Figuras 3 e 4).

A massa seca de grãos por planta foi máxima na concentração de 2,5ml do Stimulate® para 0,5kg de sementes, essa concentração proporcionou a maior produção de massa de grãos por planta em comparação ao controle, correspondendo a um aumento de 35,8% (Figura 5).

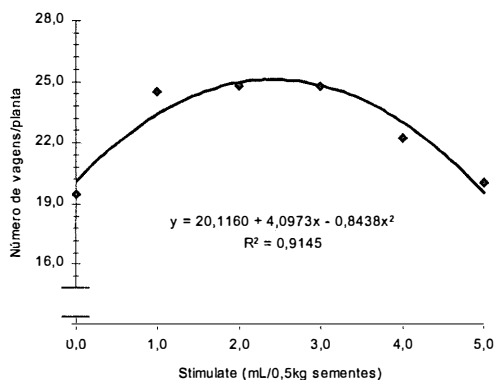


Figura 3. Modelo de regressão linear para a variável número de vagens por planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de Stimulate®.

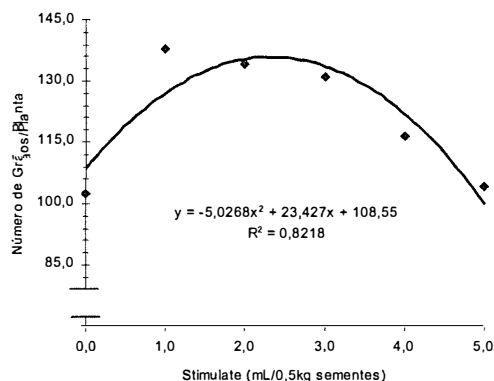


Figura 4. Modelo de regressão linear para a variável número de grãos por planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de Stimulate®.

A produtividade das plantas tratadas com Stimulate® nas concentrações entre 2 e 3mL por 0,5kg de sementes, foi incrementada significativamente em

relação ao controle. Notando-se que concentrações mais elevadas tendem a causar um decréscimo na mesma, igualando-se ao controle (Figura 5).

Além de uma série de trabalhos de campo terem comprovado o efeito favorável do Stimulate® no desenvolvimento e produtividade das plantas de feijoeiro, podemos considerar que em regiões de utilização de alta tecnologia no sistema de produção do feijoeiro, como em Unai-MG, Stimulate® encontra-se incorporado ao sistema de produção da cultura, demonstrando a importância e a eficácia desse bioestimulante na produtividade de feijão.

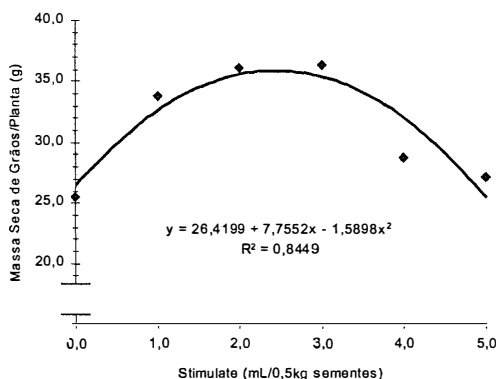


Figura 5. Modelo de regressão linear para a variável massa seca de grãos por planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob seis concentrações de Stimulate®.

5 Referências bibliográficas

- ALVIM, P.T. Net assimilation rate and growth behavior of beans as affected by gibberellic acid, urea and sugar sprays. **Plant Physiology**, v.35, p.285-288, 1960.
- CASTRO, P.R.C.; ENOK, H. 1977. Efeitos da aplicação de retardador (CCC) e acelerador (GA) de crescimento na morfologia e produtividade de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.34, p.281-293, 1977.
- CASTRO, P.R.C.; BERGEMANN, E.C. Efeitos de giberelinas na morfologia e produtividade de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.30, p.21-34, 1973.
- CHIN, T.Y.; LOCKHART, J.A. Translocation of applied gibberellin in bean seedlings. **Amer. Jour. Bot.**, v.52: 828-833, 1965.
- COYNE, D.P. Effect of growth regulators on time of flowering of a photoperiodic sensitive field of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **HortScience**, v.4, p.100-117, 1969.
- DALE, J.E.; FELIPPE, G.M. The gibberellin content and early seedling growth of plants of *Phaseolus vulgaris* treated with the growth retardant CCC. **Planta**, v.80, p.288-298, 1968.

- DEVAY, M.; SHARAKY, M.; FEHER, M.; KOVACS, I. Some physiological effects of CCC on *Phaseolus vulgaris*. Proc. XVIIIth. Int. Hort. Cong., Tel Aviv, v.1, p.44, 1970.
- FELIPPE, G.M.; DALE, J.E. Effects of a growth retardant, CCC, on leaf growth in *Phaseolus vulgaris*. **Planta**, v.80, p.328-343, 1968.
- HALEVY, A.H.; KESSLER, B. Increased tolerance of bean plants to soil drought by means of growth-retarding substances. **Nature**, v.197, p.310-311, 1963.
- HUMPHRIES, E.C. The effect of growth regulators, CCC and B-9, on protein and nitrogen of bean leaves (*Phaseolus vulgaris*) during development. **Annals of Botany**, v.32, p.497-507, 1968.
- MOH, C.C.; ALAN, J.J. The response of a radiation-induced dwarf bean mutant to gibberellic acid. **Turrialba**, v.17, p.176-178, 1967.
- PLAUT, Z.; HALEVY, A.H.; SCHMUELI, E. The effect of growth-retarding chemicals on growth and transpiration of bean plants grown under various irrigation regimes. **Israel Jour. Agr. Res.**, v.14, p.153-158, 1964.
- ROWE, J.W. The common and systematic nomenclature of cyclic diterpenes. For. Prod. Lab. U.S.D.A., Madison, 1968.
- TOGNONI, F.; HALEVY, A.H.; WITTWER, S.H. Growth of bean and tomato plant as affected by root adsorbed growth substances and atmospheric carbon dioxide. **Planta**, v.72, p.43-52, 1967.
- TUNG, H.F.; RAGHAVAN, V. Effects of excised roots of *Dolichos lablab* in culture. **Annals of Botany**, v.32, p.509-519, 1969.
- VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Feijão irrigado-tecnologia e produtividade. FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Depto. de Produção Vegetal, ESALQ, USP**, p.73-100. 2003.
- WITTWER, S.H.; BUKOVAC, M.J. Gibberellin in higher plants: X. Field observations with certain vegetable crops. Mich. Agr. Expt. Sta. Quart. Bull. v.40, p.352-364, 1957.

PROBLEMAS NEMATOLÓGICOS NA CULTURA DO FEIJÃO IRRIGADO

Luiz Carlos C. B. Ferraz¹

1 Introdução

A cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), nos sistemas de cultivo de sequeiro e irrigado, está sujeita a diferentes tipos de problemas de ordem sanitária, causados por pragas (ácaros e insetos), agentes causais de doenças (bactérias, fungos e vírus) e nematóides. Muitas vezes, de modo a agravar a situação e provocar perdas ainda mais vultosas, tem-se ocorrência simultânea de vários desses organismos daninhos nas lavouras.

Dentre as fabáceas (leguminosas), o feijão é uma das espécies mais suscetíveis aos ataques por nematóides fitoparasitos em todo o mundo. No Brasil, em levantamento realizado em municípios produtores da Zona da Mata (MG) durante a década de 1970 (Freire & Ferraz, 1997), há mais de 30 anos, já se encontraram lavouras infestadas, entre outros, por espécies pertencentes aos gêneros *Cricanemella*, *Helicotylenchus*, *Hemicyclophora*, *Meloidogyne*, *Paratrichodorus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* e *Xiphinema*. Mais tarde, no início da década de 1990, uma outra espécie sabidamente parasita do feijoeiro foi introduzida no País, qual seja, *Heterodera glycines*, o chamado nematóide de cisto da soja. Nas Américas, os nematóides “de galhas”, do gênero *Meloidogyne*, e “das lesões radiculares”, do gênero *Pratylenchus*, têm sido considerados os de ocorrência mais comum na cultura, com registros de perdas no rendimento variáveis de 10 a 50% para *Pratylenchus* spp. e de 50 a 90% para *Meloidogyne* spp. (Agudelo, 1980).

No cultivo tradicional de sequeiro, em certas áreas nacionais de produção, a incidência de altas temperaturas associada a longo período de seca e uns poucos meses de chuvas durante o ano ajudou a mascarar, por décadas, os efeitos adversos decorrentes dos ataques por nematóides, principalmente por espécies de *Meloidogyne*. Nessas condições, esses nematóides conseguiam aumentar rapidamente seus níveis populacionais durante os meses chuvosos em que se tinha a cultura no campo, causando danos pequenos a moderados na maioria das vezes. No entanto, depois, no longo pousio que se seguia, imposto pela escassez ou ausência de chuvas, as populações voltavam a decrescer naturalmente, reduzindo-se a níveis baixíssimos no solo. Isso porque os nematóides são animais basicamente aquáticos, necessitando teores mínimos de umidade no ambiente para poderem sobreviver; nas lavouras, valem-se do filme de água existente entre as partículas do solo para poderem se estabelecer e subsistir. Nessas regiões, a prolongada e usual estiagem assegurava, portanto, um relativo, mas eficiente, controle natural dos nematóides. Com o advento do sistema de cultivo irrigado, em que se passou a dispor de suprimento de água regularizado ao longo de todo o ano, na medida das necessidades das plantas, a dificuldade experimentada pelos nematóides praticamente deixou de existir, as populações no solo estabilizaram-se em patamares elevados e os efeitos danosos resultantes de infestações severas tornaram-se bem mais evidentes.

¹ Engº Agrº, Ph.D., ESALQ/USP/Piracicaba – lccbferr@esalq.usp.br.

Na sequência, serão tratados objetivamente alguns dos aspectos mais relevantes dos problemas devidos a nematóides no cultivo do feijão irrigado no Brasil, destacando-se as nematoses causadas por *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. e *Heterodera glycines*.

2 Nematóides de galhas (gênero *Meloidogyne*)

Várias espécies do gênero *Meloidogyne* podem parasitar o feijoeiro comum, sendo *M. incognita* e *M. javanica* as mais importantes do ponto de vista econômico. Ataques por *M. arenaria* são menos frequentes, embora danos apreciáveis possam ocorrer; relativamente pouco se sabe sobre os efeitos adversos decorrentes de associações eventuais entre outras espécies – *M. hapla*, *M. paranaensis*, *M. mayaguensis* – e o feijoeiro até o momento.

Os nematóides de galhas predominam em solos arenosos, bem drenados e com temperatura média entre 25°C e 30°C (Ferraz & Santos, 1993). O ciclo biológico compreende ovo, quatro estágios juvenis e adultos (macho e fêmea), sendo a partenogênese a forma de reprodução prevalecente entre as espécies mais importantes; uma geração completa-se, sob condições favoráveis, em 18 a 25 dias e cada fêmea pode originar até 400-500 ovos, depositados no interior de massa gelatinosa. Por esses dados, pode-se avaliar o potencial de crescimento populacional desses nematóides, com 3 a 4 gerações durante um único ciclo de produção do feijoeiro. Apenas as fêmeas, globosas e esbranquiçadas, podem ser vistas a olho nu, quando removidas do interior das raízes parasitadas e colocadas sobre superfície de cor escura.

As espécies de *Meloidogyne* são endoparasitas sedentárias, ou seja, os seus juvenis infectantes, de corpo esguio, penetram totalmente nas raízes e fixam-se a um local apropriado para a alimentação, ali desenvolvendo-se até tornarem-se fêmeas obesas; com isso, perdem a capacidade de se movimentar. Como resultado da injeção de toxinas produzidas pelos nematóides, as raízes atacadas passam a exibir engrossamentos típicos referidos como galhas. O diâmetro das galhas pode variar muito, em função da espécie de *Meloidogyne* e da planta hospedeira envolvidas; no caso do feijoeiro comum, costumam ser grandes, bem visíveis. No interior das raízes, o parasitismo leva a deformações graves (principalmente tumores) no cilindro vascular, dificultando tanto a tomada inicial de água e nutrientes como a posterior translocação dos fotoassimilados. Além da presença de galhas, as plantas parasitadas no geral mostram sistema radicular pobre, com reduzido número de radículas. Na parte aérea, observa-se quadro de sintomas reflexos caracterizado por: (i) infestação na forma de manchas ou “reboleiras”, constituídas de plantas de tamanho desigual, devido ao fato de os nematóides distribuírem-se irregularmente no terreno; (ii) enfezamento ou nanismo de plantas; (iii) murcha nas horas mais quentes do dia; (iv) clorose ou outros indicativos de deficiências (desequilíbrios) nutricionais; e (v) queda progressiva de produtividade.

Os agentes ou meios mais comuns e relevantes de disseminação dos nematóides de galhas são a água (de chuvas, na forma de enxurradas, ou de irrigação), as práticas culturais que envolvem movimentação do solo (aração, gradeação), principalmente quando úmido, e o trânsito, excessivo e sem qualquer tipo de controle, de maquinaria agrícola e/ou veículos em geral através da propriedade.

As espécies *M. incognita* e *M. javanica* são polípagas, com largos círculos de plantas hospedeiras, inclusive daninhas, o que lhes dificulta bastante o controle. Relativamente poucas são as culturas de interesse econômico que não são atacadas por essas duas espécies (= plantas não hospedeiras), ou que lhes são resistentes, possibilitando a penetração, o desenvolvimento e a reprodução nas raízes, mas em níveis muito restritos. O amendoim e as crotalárias incluem-se nesse grupo muito seletivo; certas cultivares de milho também. Já o algodoeiro é resistente apenas a *M. javanica*.

3 Nematóides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)

No caso desse grupo, a espécie que tem sido normalmente associada ao feijoeiro causando danos e perdas, nos diferentes sistemas de cultivo, é *Pratylenchus brachyurus*. Outras, como *P. zaei*, embora identificadas muitas vezes em áreas de produção infestadas, no geral não parasitam o feijoeiro mas sim plantas eventualmente rotacionadas no local, em especial gramíneas.

Os nematóides das lesões radiculares também são mais freqüentes em solos arenosos, bem drenados e com temperatura média entre 25°C e 30°C. Na espécie *P. brachyurus*, o ciclo biológico compreende ovo, quatro estágios juvenis e adultos (fêmeas e raramente machos), sendo a partenogênese a forma usual de reprodução; uma geração completa-se, sob condições favoráveis, em 21 a 28 dias e cada fêmea origina de 70 a 100 ovos, depositados isoladamente no solo ou no interior das raízes atacadas. Tendo o corpo sempre esguio, vermiforme, e medindo apenas 0,6-0,8 mm de comprimento, os espécimes não podem ser vistos a olho nu.

As espécies de *Pratylenchus* são endoparasitas migradoras, ou seja, os seus exemplares (juvenis ou fêmeas), de corpo esguio, penetram totalmente nas raízes e movimentam-se constantemente ao longo do córtex alimentando-se sobre diferentes células ali ocorrentes; como conservam a forma esbelta e alongada por toda a vida (diferentemente de *Meloidogyne*), não perdem a capacidade de se movimentar e são encontrados tanto no solo como nas raízes. Como resultado da intensa movimentação e da injeção de toxinas pelos nematóides, muitas células morrem e as raízes atacadas passam a exibir áreas descoloridas, de tonalidade amarronzada ou enegrecida, conseqüentes à fusão das numerosas lesões necróticas decorrentes de tal ação patogênica. Embora normalmente o parasitismo fique limitado à camada cortical, a acentuada desorganização observada nas raízes severamente atacadas, aliada a infecções secundárias por fungos ou bactérias, acaba dificultando a absorção de água e nutrientes. Assim, as plantas parasitadas no geral mostram sistema radicular pobre, com reduzido número de raízes finas; as radículas comumente evidenciam áreas escurecidas em alternância com outras de aparência normal. Não há galhas! Na parte aérea, observa-se o mesmo quadro de sintomas reflexos descrito para o gênero *Meloidogyne*.

Pratylenchus brachyurus é espécie polífaga, desenvolvendo-se e multiplicando-se bem em grande número de plantas cultivadas, especialmente gramíneas (milho, milheto, sorgo). Tem sido associada também a prejuízos em cultivos de leguminosas, como soja e feijão, embora com menor freqüência. Na verdade, perdas expressivas nessas duas culturas parecem estar mais ligadas a situações de campo em que ocorrem níveis populacionais muito elevados do nematóide no solo antes do plantio. Crotalárias são imunes (*Crotalaria breviflora*, *C. grantiana*, *C. lanceolata*, *C. mucronata*, *C. pallida*, *C. paulina*, *C.*

retusa, *C. striata*) ou altamente resistentes (*C. juncea*, *C. spectabilis*) ao nematóide (Silva et al., 1989), estas últimas atraindo exemplares e permitindo-lhes a penetração nas raízes, mas muito raramente propiciando o desenvolvimento até fêmeas adultas e, conseqüentemente, a reprodução (Silva et al., 1989).

4 Nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*)

Este nematóide vem causando grandes prejuízos à sojicultura em países asiáticos (Japão, China e Coréia, entre outros) há quase um século e nos Estados Unidos desde meados da década de 1950. No Brasil, foi primeiro assinalado na safra 1991-1992, simultaneamente em três diferentes estados (MG, MS, MT); hoje, encontra-se disseminado em praticamente todas as áreas produtoras nacionais.

Trata-se de espécie também melhor adaptada a solos arenosos, com desenvolvimento adequado principalmente na faixa de 23 a 28°C. O ciclo biológico completa-se em 21 a 24 dias nessa faixa térmica (Tihohod & Santos, 1993). A reprodução ocorre por anfimixia, podendo uma fêmea ser fertilizada por vários machos durante o acasalamento. As fêmeas são sedentárias, como as de *Meloidogyne*, e têm também o corpo obeso, mas em forma de limão, ficando apenas com a parte anterior (afilada) presa à raiz e a posterior (alargada) fora dela. Pelo fato de terem coloração clara, esbranquiçada, são visíveis a olho nu até com alguma facilidade. Cada fêmea origina cerca de 400-450 ovos normalmente, sendo que apenas 10 a 15% deles são lançados para fora do corpo, no interior de pequena massa gelatinosa; os restantes, ao redor de 80 a 85% do total, ficam retidos nos dois úteros, que se expandem muito e acabam por causar a morte da fêmea. Tais fêmeas, já mortas e com os corpos repletos de ovos, são chamadas de cistos, desprendendo-se das raízes durante a colheita mecânica da soja e podendo permanecer no solo das áreas infestadas, como fontes de inóculo, por vários anos.

É chamado também de "nematóide do nanismo amarelo", pelo fato de as lavouras de soja atacadas apresentarem típicas reboleiras de plantas fortemente enfezadas, muito pouco crescidas, e com folhas bem amareladas. As perdas são dependentes dos níveis populacionais do parasito no solo e do grau de suscetibilidade das cultivares plantadas, podendo chegar a 70-80% em certos casos.

A razão de se incluir este nematóide entre as formas potencialmente daninhas ao feijão irrigado deve-se ao fato de que *H. glycines* tem círculo de hospedeiros considerado restrito, porém incluindo preferencialmente leguminosas e, dentre estas, quase todos os tipos de feijão de interesse comercial. Pesquisa inicial conduzida no Brasil (Becker, 1997) já possibilitou verificar que a grande maioria das variedades cultivadas de feijão (sequeiro ou irrigado) utilizadas mostrou-se suscetível ao nematóide, identificando-se umas poucas como moderadamente suscetíveis e apenas a linhagem L-2300, classificada como moderadamente resistente, como promissora do ponto de vista de melhoramento genético. Um outro estudo (Becker et al., 1998), envolvendo a cultivar Ouro, evidenciou com detalhes as severas deformações resultantes nas raízes das plantas parasitadas.

Portanto, em relação ao feijão irrigado, a maior preocupação está ligada à possibilidade eventual de implantação de novas lavouras em áreas antes destinadas à sojicultura e que tenham histórico recente de ocorrência de *H.*

glycines no local. Embora ainda não se disponha de dados no Brasil a respeito da extensão dos danos causados por essa espécie ao feijão irrigado sob condições de campo, a julgar pelo efeito devastador comumente apresentado nas plantações de soja deve-se cogitar ao máximo de medidas que visem a prevenir tais situações.

5 Medidas de controle

Resumindo o que foi até aqui tratado, tem-se os nematóides de galhas - *M. incognita* e *M. javanica* - como os mais sérios responsáveis por problemas à cultura do feijão em cultivos de sequeiro ou irrigado no País, seguindo-se o nematóide de lesões radiculares, *P. brachyurus*, como causador eventual de perdas expressivas e, por fim, o nematóide de cisto da soja, *H. glycines*, como espécie de importância potencial para a cultura no momento. Isso posto, vamos comentar resumidamente as possíveis medidas de controle desses nematóides.

5.1 *Heterodera glycines*

Com referência a *H. glycines*, o ideal será sempre evitar a formação de novas lavouras de feijão em locais que serviram recentemente ao cultivo de soja. Sendo de interesse muito grande o plantio em tais áreas, proceder então, obrigatoriamente, à coleta de amostras de solo no local visando à possível detecção e quantificação de cistos ou juvenis ativos do nematóide em laboratórios especializados. Caso a espécie esteja presente, evitar o plantio ou, em último caso, proceder ao cultivo preliminar na área, por dois a três anos, com hospedeiros comprovadamente muito desfavoráveis, resistentes, como milho, girassol, sorgo, amendoim, crotalárias, algodão, arroz, trigo ou fumo, entre outros (7). Vale acrescentar que o controle químico não é eficiente para essa espécie de nematóide porque os cistos representam barreira quase intransponível aos produtos nematicidas aplicados, oferecendo ótima proteção aos ovos.

5.2 Nematóides de galhas

Em relação aos nematóides de galhas, há várias técnicas de controle que poderiam ser mencionadas. Entretanto, em termos práticos, apenas algumas são empregadas no Brasil, podendo umas poucas serem cogitadas no caso da cultura do feijão irrigado.

Mais uma vez deve-se destacar que o ideal será sempre a adoção de medidas preventivas, ou seja, tentar implantar a cultura em áreas não infestadas, haja vista a reconhecida suscetibilidade do feijoeiro frente às espécies de *Meloidogyne*. Para tanto, a realização de análises nematológicas a partir de amostras de solo e/ou raízes coletadas no campo é essencial. Caso os nematóides não estejam presentes, o cultivo poderá ser iniciado, mas restará atentar, ainda, a medidas que objetivem evitar a introdução posterior deles na área. Por outro lado, a eventual identificação prévia de *M. incognita* e/ou *M. javanica* no local deve servir de alerta relevante, indicando claramente a ocorrência futura (muitas vezes apenas dois a três anos depois) de perdas nas safras de feijão irrigado, caso ali se implante sistema de produção que inclua a cultura. Se ainda assim for da conveniência do produtor estabelecer a cultura na área, deverá ocupá-la, preliminarmente, por pelo menos dois a três anos, com hospedeiros resistentes (amendoim, crotalárias, entre outros); se puder aguardar mais tempo, pastagem com braquiária poderia ser utilizada.

Infelizmente, não se dispõe, até o momento, de cultivares de feijão com alta resistência a nematóides de galhas, principalmente em relação a *M. incognita*, que pudessem sustentar um programa básico de manejo na cultura do ponto de vista de controle varietal. Há apenas indicação de que esparsas cultivares, como Aporé e POT 51, podem constituir boas fontes de resistência a *M. javanica*, embora a maioria das linhagens obtidas recentemente a partir delas tenha se mostrado suscetível (Carneiro et al., 2003). Em vista disso, quando, por diferentes razões, o produtor verifica tardiamente que está enfrentando sérias dificuldades com nematóides de galhas nas suas áreas de produção de feijão, resta apenas aprender a conviver com tais parasitos, pois erradicá-los é praticamente impossível. Na verdade, o que se busca nessas situações são alternativas que permitam manter as populações de *Meloidogyne* presentes no solo logo antes do plantio do feijoeiro tão baixas que não cheguem a afetar significativamente o crescimento e a produtividade da cultura. Considerando que o sistema de cultivo de feijão irrigado sob pivô central costuma incluir rotação com uma gramínea (comumente o milho, mas podem ser outras), a primeira ação deve estar dirigida à escolha de cultivares dessa cultura que sejam resistentes a(s) espécie(s) de *Meloidogyne* ocorrente(s) no local, o que será fundamental para se ter redução no nível populacional dos parasitos durante o período em que esteja ali plantada. Há dois aspectos importantes a serem aqui ressaltados em relação à associação milho-*Meloidogyne*. O primeiro refere-se ao fato de que plantas de milho, mesmo quando bem atacadas, no geral não evidenciam galhas visíveis nas raízes (Asmus et al., 2000), podendo tal infestação passar totalmente despercebida ao agricultor. O segundo diz respeito ao fato de que há muitas cultivares de milho que são tolerantes a *M. incognita* e/ou a *M. javanica*, isto é, mesmo sendo parasitadas pelos nematóides e permitindo a reprodução deles em suas raízes, conseguem produzir de modo bastante satisfatório, não mostrando sinais claros de declínio vegetativo; esse é um grande problema, pois o milho, nesses casos, tanto cumpre papel benéfico em termos de ciclagem de nutrientes no solo e por ser fonte de renda ao produtor, como atua de forma extremamente negativa do ponto de vista de hospedar e assegurar boa multiplicação aos nematóides de galhas em suas raízes. Em resumo, se o milho plantado (entre dois cultivos de feijão) for suscetível ou mesmo tolerante a *M. incognita* ou *M. javanica*, a população do nematóide no solo terá condições de se manter relativamente elevada e ser suficientemente alta, logo após a colheita, para determinar graves danos ao crescimento das plantas de feijão que ali vegetarem subsequentemente.

Dada a relevância de se conhecer o tipo de reação das cultivares de milho frente a *M. incognita* e *M. javanica* para fins de manejo, a partir da década de 1980 iniciaram-se os estudos no Brasil visando a caracterizar tal comportamento (Felli & Monteiro, 1987; Lordello et al., 1989; Brito & Antonio, 1989). Nos últimos anos, tais pesquisas intensificaram-se muito (Werlang et al., 1998; Medeiros et al., 2001; Manzotte et al., 2002; Moritz et al., 2003; Lordello et al., 2001). Na Tabela 1, estão incluídos alguns dados sobre o assunto, ilustrativos apenas de pequena parte do total de linhagens e cultivares já avaliadas experimentalmente. Para conhecimento das listas completas de reações mostradas pelos genótipos, deve-se consultar os trabalhos originais, que estão referidos na literatura citada. Os resultados já disponíveis revelam a

existência de várias cultivares resistentes a *M. javanica*, mas uma quase total falta de opções quando se trata de *M. incognita*.

Uma técnica cultural, que vem sendo chamada de "alqueive úmido" (Dutra et al., 2003, Dutra & Campos, 2003), tem-se mostrado promissora em avaliações iniciais de controle de *Meloidogyne* spp. em áreas de produção de alface, quiabo e feijão irrigado. Baseia-se na observação de que a aplicação de água (irrigação) no local de plantio na ausência do hospedeiro e sob temperaturas relativamente altas, pode ser usada para aumentar a mortalidade de juvenis dos nematóides de galhas no solo. Em resumo, numa área infestada sob estresse hídrico (por ser época não chuvosa ou suspensão intencional da irrigação), após certo tempo do término do último ciclo da cultura, existem muitos ovos do nematóide no solo em cujo interior os juvenis J₂ infectantes já conseguiram completar o desenvolvimento, mas que não eclodem, devido à falta de condições mínimas de umidade externamente. Se, nessa ocasião, for realizado revolvimento do solo (aração) seguido de imediata irrigação, deverá ocorrer maciça eclosão de juvenis, que ficarão migrando no solo em busca de raízes de plantas suscetíveis, sem sucesso. Tal condição, se mantida por duas semanas, no mínimo, tem-se mostrado suficiente para causar elevada mortalidade e/ou acentuada perda de infectividade dos juvenis, haja vista que consomem, durante esse período, grande parte das reservas de lipídios acumuladas no corpo movimentando-se ativamente no solo. O plantio de feijão irrigado (bem como alface e quiabo) após essas duas semanas, nos estudos de campo conduzidos, proporcionou produções bem superiores que em áreas experimentais contíguas onde o solo não foi revolvido nem irrigado. Tal prática ainda está sendo avaliada em condições mais variadas e, como qualquer técnica em que "prepara uma armadilha" aos nematóides, requer constante monitoramento e rigorosa aplicação dos procedimentos expostos pelo produtor para poder ter êxito.

Outra possibilidade é o uso de controle químico, pela utilização de nematicidas. Num raro estudo nacional a respeito, bem recente (Senô & Lusvarghi Sobrinho, 2001), envolvendo combate a *Meloidogyne* spp. em lavoura de feijão irrigado 'Pérola' em Guaira (SP), obtiveram-se acréscimos de produção variáveis entre 20 e 26% nas parcelas tratadas (aldicarbe, carbofuran e terbufós) em relação às testemunhas não tratadas. Aplicados nas épocas recomendadas e doses corretas, os produtos disponíveis no mercado brasileiro já mostraram ser eficientes no controle de nematóides de galhas. Há de se lembrar, no entanto, que protegem apenas temporariamente as plantas (no início do ciclo vegetativo, quando o sistema radicular está sendo formado) da ação patogênica dos nematóides, ocorrendo ressurgência rápida da população destes após o término da ação residual dos produtos no solo; como não ocorre erradicação ou eliminação dos vermes da área infestada, estabelece-se dependência de uso dos nematicidas a cada safra de feijão, ano após ano, o que demandará análises econômicas periódicas para avaliar a exequibilidade econômica do método. Outro aspecto a destacar, caso se pretenda implementar o controle químico, é a necessidade de verificar se o produto cogitado está com o registro para uso na cultura do feijão regularizado, em vigência e devidamente atualizado junto aos órgãos oficiais competentes.

Modernamente, tem sido enfatizado o uso do chamado "manejo integrado" visando ao controle de nematóides de galhas, ou seja, elaboração de estratégias de combate que priorizem o emprego de associações de

métodos em detrimento de medidas isoladas. É o que poderá ser feito no caso do feijão irrigado, combinando-se, de forma equilibrada, a utilização de métodos como a rotação, a resistência genética varietal (nos casos do milho e do próprio feijão), a incompatibilidade hospedeira (no caso de culturas antagonistas, como as crotalárias) e a aplicação de produtos com ação nematocida.

Tabela 1. Reação de cultivares de milho frente a *Meloidogyne incognita* e/ou *M. javanica* baseada em valores do fator de reprodução (FR) obtidos em estudos de casa de vegetação.

genótipo de milho	<i>Meloidogyne incognita</i> FR ¹ Reação ² Fonte ³	<i>Meloidogyne javanica</i> FR Reação Fonte
Tork	7,1 [r1] S (Moritz et al., 2003)	0,2 R (Manzotte et al., 2002)
Tork	25,1 [r3] S (Moritz et al., 2003)	
AG 7575	21,8 [r1] S (Moritz et al., 2003)	--
AG 7575	59,6 [r3] S (Moritz et al., 2003)	--
AG 5011	17,5 [r3] S (Lordello et al., 2001)	--
AG 5016	--	0,0 R (Manzotte et al., 2002)
AG 6016	--	1,8 S (Manzotte et al., 2002)
AG 9010	--	3,7 S (Manzotte et al., 2002)
Cargill 909	--	3,5 S (Medeiros et al., 2001)
BRS 1001	8,2 [r1] S (Moritz et al., 2003)	--
BRS 1001	23,7 [r3] S (Moritz et al., 2003)	--
CMS 35	--	3,7 S (Medeiros et al., 2001)
CMS 43	--	2,8 S (Medeiros et al., 2001)
DKB 350	15,7 [r3] S (Moritz et al., 2003)	--
BR 3123	--	0,3 R (Manzotte et al., 2002)
BR 3123	--	2,5 S (Medeiros et al., 2001)
BR 5037	--	3,1 S (Medeiros et al., 2001)
BR 206	4,9 [r3] S (Lordello et al., 2001)	--
Pioneer 3051	16,0 [r3] S (Lordello et al., 2001)	--
Premium	--	0,6 R (Manzotte et al., 2002)
XL 220	18,1 [r3] S (Lordello et al., 2001)	--
XL 221	--	0,6 R (Manzotte et al., 2002)
XL 340	--	4,0 S (Manzotte et al., 2002)
IAC Taiúba	5,9 [r3] S (Lordello et al., 2001)	--
PC 9502	3,6 [r1] S (Moritz et al., 2003)	--
Master	--	0,2 R (Manzotte et al., 2002)

1. FR = População final (ovos)/Pop. inicial (ovos); FR $\geq$ 1,0 = suscetível e FR < 1,0 = resistente.

2. S = suscetível; R = resistente.

3. Consultar a literatura citada.

*. Onde: r1 = raça 1 e r3 = raça 3.

5.3 *Pratylenchus brachyurus*

Finalmente, com relação a *P. brachyurus*, é preciso lembrar que tal espécie por vezes torna-se problema mais sério pelo fato de que tem tanto no feijão como no milho dois hospedeiros usualmente bastante favoráveis, ou muito suscetíveis, em especial o milho. Em função disso, seja sob condição de monocultivo com feijão ou em regime de rotação sob pivô, o nível populacional do parasito no solo pode crescer progressivamente e estabilizar-se em patamar tão alto em certas áreas, após algum tempo, que venha a comprometer, de

modo mais ou menos acentuado, a produtividade das culturas, em particular a do feijão. Como dito para os nematóides de galhas, uma opção possível seria o controle químico, com aplicação de nematicidas; os pontos positivos e negativos de tal técnica já foram mencionados. Outra alternativa, lembrada até com maior frequência, seria o plantio de crotalárias em lugar do feijão nas áreas identificadas como "problemáticas", de tempos em tempos. Tais plantas, embora no geral não possibilitem obtenção de renda, funcionam como adubos verdes e promovem reduções marcantes nas populações não apenas de *P. brachyurus* como também de *M. incognita*, *M. javanica* e até de certas raças de *H. glycines* (Schwan et al., 2003).

6 Referências bibliográficas

- FREIRE, F.C.O.; FERRAZ, S. Nematóides associados ao feijoeiro na Zona da Mata de Minas Gerais e efeitos do parasitismo de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* na cultivar Rico 23. Revista Ceres, v.24, n.132, p.141-149, 1997.
- AGUDELO, F.V. Nematodes. In: Schwartz H.F.; Galvez, G.E. (Ed.) Bean production problems. Cali, CIAT, 1980, p.315-326.
- FERRAZ, S.; SANTOS, M.A. Nematóides do feijoeiro. Informe Agropecuário, v.16, n.172, p. 46-48, 1992.
- SILVA, G.S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. Resistência de *Crotalaria* spp. a *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaeae*. Nematologia Brasileira, v.13, p.81-86, 1989.
- SILVA, G.S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. Atração, penetração e desenvolvimento de larvas de *Meloidogyne javanica* em raízes de *Crotalaria* spp.. Nematologia Brasileira, v.13, p.151-164, 1989.
- TIHOHOD, D.; SANTOS, J.M. *Heterodera glycines*: novo nematóide da soja no Brasil - detecção e medidas preventivas. Unesp, boletim técnico # 4, Jaboticabal, 1993, 23p.
- BECKER, W.F. O nematóide de cisto *Heterodera glycines* em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.): aspectos do parasitismo, reação de cultivares, herança da resistência e interação com outros microrganismos. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Tese de Doutorado, 1997, 101p.
- BECKER, W.F.; FERRAZ, S.; SILVA, E.A.M. Alterações histopatológicas em raízes de feijoeiro comum infectadas por *Heterodera glycines*. Nematologia Brasileira, v.22, n.2, p.26, 1998 (resumo).
- CARNEIRO, G.E.S.; DEL PELOSO, M.J.; OLIVEIRA, E.; SILVA, J.F.V. Avaliação da resistência de linhagens de feijoeiro a *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira, v.27, n.2, p.244-245, 2003.
- ASMUS, G.L.; FERRAZ, L.C.C.B.; GLORIA, B.A. Alterações anatômicas em raízes de milho parasitadas por *Meloidogyne javanica*. Nematropica, 30, n.1, p.33-39, 2000.
- FELLI, L.F.S.; MONTEIRO, A.R. Hospedabilidade de variedades de milho a *Meloidogyne incognita* raça 1. Nematologia Brasileira, v.11, p.6-7, 1987.
- LORDELLO, A.I.L.; LORDELLO, R.R.A.; SAWAZAKI, E. Resistência de milho a *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira, v.13, p.71-80, 1989.
- BRITO, J.A.; ANTONIO, H. Resistência de genótipos de milho a *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira, v.13, p.129-37, 1989.
- WERLANG, R.C.; SANTOS, M.A.; APPELT, J.R.; DO CARMO, A.L.B.; BARBIZAN, E.L. Reprodução de *Meloidogyne javanica* em cultivares de milho. Nematologia Brasileira, v.22, n.2, p.5-6, 1998.

- MEDEIROS, J.E.; SILVA, P.H.; BIONDI, C.M.; MOURA, R.M.; PEDROSA, E.M.R. Reação de genótipos de milho ao parasitismo de *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira, v.25, n.2, p.243-245, 2001.
- MANZOTTE, U.; DIAS, W.P.; MENDES, M.L.; SILVA, J.F.V.; GOMES, J. Reação de híbridos de milho a *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira, v.26, n.1, p.105-108, 2002.
- MORITZ, M.P.; SIMÃO, G.; CARNEIRO, R.G. Reação de genótipos de milho as raças 1 e 3 de *Meloidogyne incognita* e a *M. paranaensis*. Nematologia Brasileira, v.27, n.2, p.211-214, 2003.
- LORDELLO, A.I.L.; LORDELLO, R.R.A.; SAWAZAKI, E. Avaliação da resistência de milho a *Meloidogyne incognita* raça 3. Summa Phytopathologica, v.27, n.1, p.86-87, 2001.
- DUTRA, M.R.; CAMPOS, V.P.; TOYOTA, M. Manejo do solo e da irrigação para o controle de *Meloidogyne javanica* em alface. Nematologia Brasileira, v.27, n.1, p.29-34, 2003.
- DUTRA, M.R.; CAMPOS, V.P. Efeito do manejo do solo e da água na população de *Meloidogyne javanica* em quiabeiro em campo. Summa Phytopathologica, v.29, n.3, p.249-254, 2003.
- SENÓ, K.C.A.; LUSVARGHI SOBRINHO, M. Avaliação da eficácia de diferentes doses de Counter 150G no controle do nematóide *Meloidogyne* spp. na cultura do feijoeiro. Nematologia Brasileira, v.25, n.1, p.109-10, 2001 (resumo).
- SCHWAN, A.V.; GAVASSONI, W.L.; BACCHI, L.A.M.; ASMUS, G.L. Efeito antagônico de espécies de *Crotalaria* sobre *Heterodera glycines*. Nematologia Brasileira, v.27, n.2, p.238, 2003 (resumo).

MICRONUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO

José Laércio Favarin¹

1 Introdução

A composição química da planta é constituída, em média, por 96 % de substâncias orgânicas e 4 % de substâncias minerais. Entre as substâncias orgânicas o carbono responde por 45 %, oxigênio 45 % e hidrogênio 6 %, sendo os nutrientes separados, quantitativamente, em duas categorias, os macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) expressos em g.kg^{-1} ; e os micronutrientes: cloro (Cl), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo), cobalto (Co) e níquel (Ni) expressos em mg.kg^{-1} .

A classificação dos nutrientes de acordo com o papel fisiológico e bioquímico seria mais adequada, pois a denominação de macro e micronutrientes indicam somente a concentração relativa no tecido vegetal, sem qualquer significado biológico (Mengel & Kirkby, 1987).

O uso racional dos micronutrientes depende do conhecimento dos teores disponíveis no solo, das condições físico-químicas que afetam a sua solubilidade e o estado nutricional das plantas, avaliada por meio da análise foliar.

Do ponto de vista agrônomo o entendimento das condições que afetam a disponibilidade e as funções exercidas no metabolismo vegetal, são conhecimentos complementares que não implicam na desconsideração dos resultados das pesquisas e das observações "in loco", como as experiências acumuladas pelos técnicos e agricultores.

Ressalte-se que o uso dos micronutrientes pressupõe a correção e a manutenção dos teores dos macronutrientes e o controle de outros fatores abióticos e bióticos, que afetam a produção com intensidade superior aos micronutrientes. Como esperar "uso racional" em sistemas de produção que ainda não controlam, eficientemente, a competição pelo mato e os danos provocados pelos desequilíbrios biológicos? Quando a irrigação não atende a demanda da cultura, seria "racional" e haveria resposta aos micronutrientes? A resposta a estas e outras perguntas é simples - não é possível obter vantagens quantitativas ou qualitativas enquanto estas condições prevalecerem.

Feitas estas ponderações pode se afirmar que o fornecimento dos micronutrientes é uma técnica promissora, conforme evidenciam inúmeros trabalhos realizados sobre o assunto, e que serão apresentados neste trabalho.

Cabe mencionar que muitas vantagens advindas do fornecimento dos micronutrientes não são observadas, às vezes, por aumentos de rendimentos, mas na qualidade do produto colhido, na sanidade das plantas e na resistência às doenças (Fancelli, 2003).

¹ Engº Agrº, Ph.D., professor associado, ESALQ/USP, Departamento de Produção Vegetal, Av. Pádua Dias 11, caixa postal 09, 13418-900-Piracicaba-SP, e-mail: pjchrist@esalq.usp.br.

2 Diagnósticos dos micronutrientes no solo

Para uma interpretação adequada dos resultados da análise química de solo é fundamental o uso de extratores eficientes.

Deve ser ressaltado que não existe uma padronização oficial sobre extratores, havendo muitos entraves para a sua seleção, por falta de solos com teores variáveis desses nutrientes, compreendendo as diferentes faixas que possibilitem os estudos (Abreu et al., 1997).

Tabela 1. Limites para a interpretação dos teores de micronutrientes no solo para várias regiões do Brasil em razão dos extratores adotados.

teores	Boro	Cobre	Ferro mg dm ⁻³	Manganês	Zinco
	H ₂ O quente			DTPA ¹	
baixo	< 0,20	< 0,2	< 4	< 1,2	< 0,5
médio	0,20 – 0,60	0,3 – 0,8	5 – 12	1,3 – 5,0	0,6 – 1,2
alto	> 0,60	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2
	H ₂ O quente			MEHLICH ¹²	
baixo	< 0,5	< 0,3	-	< 2,5	< 2,0
médio	0,5 – 1,0	0,3 – 0,6	-	2,5 – 5,0	2,0 – 4,0
alto	> 1,0	> 0,6	-	> 5,0	> 4,0
	H ₂ O quente			MEHLICH ¹³	
baixo	< 0,20	< 0,4	-	< 1,9	< 1,0
médio	0,3 – 0,5	0,5 – 0,8	-	2,0 – 5,0	1,1 – 1,6
alto	> 0,5	> 0,8	-	> 5,0	> 1,6
	H ₂ O quente			MEHLICH ¹⁴	
muito baixo	< 0,15	< 0,3	< 8	< 2	< 0,4
baixo	0,16 – 0,35	0,4 – 0,7	9 – 18	3 – 5	0,5 – 0,9
médio	0,36 – 0,60	0,8 – 1,2	19 – 30	6 – 8	1,0 – 1,5
bom	0,61 – 0,90	1,3 – 1,8	31 – 45	9 – 12	1,6 – 2,2
alto	> 0,90	> 1,8	> 45	> 12	> 2,2

¹Raij et al. (1996); ²Thung e Oliveira (1998); ³Lopes (1999); ⁴Ribeiro et al. (1999).

A falta de concordância sobre os critérios de separação dos resultados em classes de teores para os macronutrientes dá uma idéia da dificuldade quando se tratam dos micronutrientes, pela dificuldade de conduzir, em condições de campo, ensaios para a calibração da análise de solo (Abreu et al., 1997). Por estas e outras razões devem ser consideradas os conhecimentos acumulados com os extratores e as respectivas classes de interpretação das diferentes regiões (Tabela 1).

3 Ação dos micronutrientes no metabolismo

Com base na preocupação do “uso racional de micronutrientes” será apresentada a ação desses nutrientes no metabolismo vegetal.

Esta abordagem será utilizada com a finalidade de entender a influência na produção e ou na qualidade do produto agrícola, bem como para avaliar a sua inclusão em programas de manejo do solo e nutrição mineral de plantas.

De acordo com Vale & Alcarde (1999) o critério atual com base no teor total permite que sejam usadas matérias-primas de baixa qualidade, prejudicando o agricultor e a idoneidade do setor de fertilizantes. Os autores

sugerem a adoção do critério de solubilidade em solução de ácido cítrico 20g.L^{-1} relação 1:100, por fervura durante cinco minutos, para expressar a garantia dos micronutrientes nos fertilizantes, devendo-se também informar a garantia do teor solúvel em água – semelhante ao método oficial de extração do fósforo.

3.1 Formação e germinação da semente

A hidratação das sementes em condições normais é rápida devido ao gradiente de potencial entre o solo e a semente, proporcionada pela concentração de carboidrato. Estes compostos aumentam com a transformação do amido (insolúvel) em sacarose (solúvel), a partir da reação catalizada pela amilase, assim que se dá a embebição das sementes.

A embebição sofre a competição da solução do solo abaixando o potencial hídrico, quando é aplicado adubo salino no sulco de semeadura.

As espécies que possuem sementes com pequena reserva de carboidrato são sensíveis à falta d'água e ao efeito salino. Portanto, quanto maior o teor de açúcar, maior será a capacidade da estrutura reprodutiva de reduzir o potencial hídrico, comparativamente às sementes com menor concentração dessa substância (Tabela 2).

Tabela 2. Composição das sementes de algumas espécies de plantas cultivadas.

Cultura	Carboidratos	Proteínas g.kg^{-1}	Lipídios
Soja	300	400	170
Feijão	560	200	120
Girassol	200	240	470
Trigo	700	130	20
Milho	730	100	50
Sorgo	730	110	30

A semente de feijão, por exemplo, é mais sensível à proximidade do adubo no sulco de plantio do que a semente de milho e menos sensível que a semente de soja.

O enriquecimento das sementes em carboidratos durante a fase de frutificação, em particular na granação depende da espécie e do estado nutricional em relação à nutrição com magnésio, potássio e boro – nutrientes que participam da translocação de açúcar.

Na literatura é comumente citado que não se deve usar quantidade superior a 50 kg ha^{-1} de K_2O no sulco de semeadura, em razão dos riscos de salinidade e desidratação das sementes. De acordo com os resultados de Vieira e Gomes (1961) essa quantidade é inferior a 40 kg ha^{-1} (Tabela 3).

Tabela 3. Estande relativo (%) da cultura do feijão devido ao efeito salino pela dose de K_2O próximo das sementes.

Superfosfato simples (kg ha^{-1})	K_2O (kg ha^{-1})		
	0	42	84
0	100	65	42
300	56	43	35

Fonte: Vieira e Gomes (1961)

Esses dados devem ser analisados com critério uma vez que o efeito salino depende da umidade do solo e da própria semente (Tabela 2). Este trabalho demonstrou também que a presença de superfosfato simples prejudica o estande da cultura, embora o índice relativo de salinidade dessa fonte (7,8) seja muito inferior ao índice salino do cloreto de potássio (116,3). Nesse caso, é possível que o efeito prejudicial do adubo fosfatado sobre o estande se deve ao abaixamento excessivo do pH, da ordem de 3, na área de dissolução do fertilizante fosfatado (Kinjo, 1986).

Do exposto, os fertilizantes contendo K_2O (cloreto de potássio) devem ser localizados em profundidade para que não afete o potencial osmótico (Tabela 4). Este procedimento agrônômico pode atenuar os efeitos da mistura sobre a capacidade de embebição da semente, sem prejuízo à germinação e ao estande da cultura em razão da salinidade e ou do abaixamento excessivo do pH. A desconsideração dessa medida pode ser agravada quando, após o plantio, sucede um período de estresse hídrico.

Tabela 4. Efeito da profundidade da adubação sobre o rendimento ($kg\ ha^{-1}$) do feijão de sequeiro e irrigado em razão do efeito salino.

Profundidade do adubo	Sequeiro	Irrigado
	$kg.ha^{-1}$	
Próximo da semente	536	1.156
Sulco de 15 cm	933	1.304
Sulco de 20 cm	848	1.203

Fonte: Kluthcoski et al. (1982)

As semeadoras com mecanismos distribuidores de adubos do tipo sulcador ou "botinha" são mais eficientes na distribuição dos fertilizantes em profundidade, principalmente se for considerado o incremento da área sob plantio direto, que em razão da presença de resíduos na superfície do solo dificulta a alocação do fertilizante nos solos argilosos. O uso de implementos que possibilite a colocação do fertilizante em profundidade promove em, consequência, um maior aprofundamento das raízes por atenuar a resistência à penetração radicular. Este fato favorece o desempenho das culturas quando ocorrem veranicos ou falhas na irrigação.

As sementes de soja com teor superior ou igual a $20mg.kg^{-1}$ de boro apresentaram 90 % de germinação e plântulas normais, enquanto teores próximos a $10mg\ kg^{-1}$ resultaram entre 50 a 80 % de plântulas normais e germinação inferior a 80% (Rekarsem et al., 1997). Esse problema pode estar relacionado com o aumento na concentração de fenóis, uma vez que sob deficiência de boro há acúmulo de eritrose-4P, açúcar precursor do ácido chiquímico, importante rota metabólica à produção de compostos fenólicos (Meyer et al., 1973; Amorim, 1985).

A peletização com boro provavelmente não inibe a produção de substâncias endógenas que prejudicam a germinação e ao desenvolvimento das plântulas, atribuída ao aumento da concentração de fenóis – por deficiência desse nutriente (B). A baixa concentração de boro na semente e a peletização em excesso (superior a $4g.kg^{-1}$) causa problema semelhante. Portanto, o mais indicado, agronomicamente, é o enriquecimento das mesmas durante a formação e granação, por meio da adubação via solo e ou suplementada, quando necessário, por aplicações foliares. Para tanto, tem se

que considerar a eficiência na absorção foliar e a redistribuição do nutriente na planta – aspectos pouco conhecidos.

As sementes devem apresentar teores adequados de molibdênio para maior eficiência biológica na redução de nitrogênio gasoso (N_2). Este objetivo, no entanto, pode ser comprometido quando é fornecido enxofre a cultura em razão da competição com o molibdênio, reduzindo a concentração do elemento (Mo) nas folhas das plantas que receberam o nutriente (S). O decréscimo na concentração de Mo no tecido foliar pelo S decorre da competição direta entre os íons sulfato e molibdato pelos sítios de adsorção na raiz, devido ao tamanho semelhante desses nutrientes (Singh & Kumar, 1974).

Tabela 5. Redução da concentração de Mo ($mg.kg^{-1}$) foliar em razão do fornecimento de enxofre.

Aplicação de molibdênio		Molibdênio foliar ($mg.kg^{-1}$)	
$g.ha^{-1}$	Método de aplicação	Sem enxofre	Com enxofre ($60 kg.ha^{-1}$)
0	-	2,3	1,7
50	semente	3,6	2,4
50	foliar	11,3	8,7

Fonte: Mac Leod & Gupta (1994)²

De acordo com Lantmann (1989) a maior parte do Mo, aproximadamente 70%, é redistribuída das folhas para as vagens na fase reprodutiva e, portanto, as plantas adequadamente nutridas possibilitariam a formação de sementes enriquecidas com Mo. Pode-se inferir também que a aplicação foliar contribuiria com o enriquecimento desse nutriente nas sementes em formação.

3.2 Fixação biológica de nitrogênio - FBN

A fixação biológica pelo feijoeiro, estimada pela técnica da redução do acetileno, inicia nos primeiros dias após a emergência (estádio V0), alcança uma taxa elevada aos 10 dias depois da emergência no estágio (V2) e mantém-se nesses patamares até 25 dias depois da emergência, caindo antes de iniciar a fase reprodutiva. Este comportamento difere daquele observado na cultura da soja, uma vez que a FBN nessa cultura aumenta significativamente na fase reprodutiva.

No intervalo entre a germinação (V0) e a emissão das folhas primárias (V2), praticamente não há produção de carboidratos pela fotossíntese, que se dá a partir do desdobramento dessas folhas (V2). Portanto, a energia utilizada na FBN é, em parte, proveniente da respiração das reservas da própria semente de feijão durante a germinação.

Esta tese é, parcialmente, confirmada por Stralio et al. (2002), os quais concluíram que o feijoeiro formado a partir de sementes graúdas, com maior teor de carboidratos, beneficiou a FBN. Nesse trabalho, os autores conseguiram com a inoculação rendimentos semelhantes a uma adubação com $65 kg.ha^{-1}$ de N.

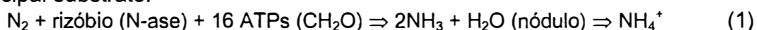
As plantas deficientes em boro apresentam menor crescimento das raízes e comprometimento da nodulação. Nesta condição, aumenta a sensibilidade da planta ao veranico, possivelmente, devido à morte das raízes secundárias. Tais constatações explicam a senescência precoce de nódulos, diminuindo, significativamente, a atividade da nitrogenase em razão da

² Citado por Mac Leod et al. (1997)

sensibilidade ao estresse hídrico (Peres et al., 1992). A deficiência de boro pode ter origem na semente e, posteriormente, aumentar pela falta no solo.

As pesquisas não estabeleceram uma relação causa e efeito entre a diminuição da FBN e a deficiência de água, uma vez que sob deficiência hídrica diminui também a disponibilidade de carboidratos (Durand et al., 1987; Penã-Cabriales & Castellanos, 1993). Esta constatação pode ser explicada pela realocação da sacarose, forma translocável de carboidrato, das folhas maduras, caule e ramos para as raízes, visando atender a demanda energética dos rizóbios, bem como para fornecer energia à manutenção e à renovação radicular. Uma explicação para a sensibilidade da FBN ao estresse hídrico foi dada por Campo & Hungria (2002), para os quais a dependência varia com a concentração de molibdênio nas sementes.

A fixação biológica de nitrogênio (N_2) pela atividade da enzima nitrogenase, que ocorre no interior dos nódulos pode ser descrita conforme a expressão 1. Este processo demanda grande quantidade de energia química (ATP), proveniente das rotas respiratórias, sendo o carboidrato (CH_2O) o principal substrato.



O processo de FBN é aeróbio e realizado por bactérias do gênero rizóbio, as quais são prejudicadas por alta concentração de oxigênio nos nódulos. A quantidade de oxigênio deve ser baixa para evitar a inativação da nitrogenase (Kusma et al., 1993). A leghemoglobina devido à alta afinidade com o O_2 , reage com esse gás e evita seu excesso, semelhante a um sistema tampão.

A presença de NH_4^+ pode causar toxidez aos bacterioides e inibir a FBN, por isso, esses íons são transportados para o citoplasma da célula vegetal até serem assimilados. O excesso de NH_4^+ prejudica as células vegetais, dissociando a formação de ATP do transporte de elétrons durante a respiração e a fotossíntese.

As leguminosas (fabáceas) de clima temperado como a ervilha, transformam o nitrogênio nas raízes no aminoácido asparagina, a soja produz ureída que é levada aos demais órgãos da planta, enquanto o feijoeiro produz parte em amida e ureída e parte continua como nitrato (Taiz & Zeiger, 2004).

As ureídas são transportadas para as folhas onde são transformadas em aminoácidos e, posteriormente, retornam, via vascular, para os rizóbios na forma de água, açúcares e aminoácidos. Nas plantas deficientes em manganês as ureídas que chegam às folhas não são assimiladas e retornam ao nódulo na forma original, sinalizando as bactérias (feedback) a paralisação da FBN.

O cobalto faz parte da cobalamina (vitamina B12), componente de várias enzimas nas plantas fixadoras de N, necessária à síntese da leghemoglobina, o que reforça a interdependência entre a FBN e os micronutrientes Mo e Co.

A utilização de concentrações crescentes de Mo afetou o crescimento, em meio de cultura, de quatro estirpes de *Bradyrhizobium* (Albino & Campo, 2001). Parece oportuno, salientar que a peletização das sementes deve ser realizada com fontes que não agridam as mesmas, como acontece com produtos formulados à base de sais. Outra possibilidade é a substituição da inoculação pela aplicação no sulco de plantio a ser confirmada pela pesquisa. Este procedimento diminuiria os riscos de prejuízos às bactérias pelo uso de defensivos e micronutrientes e, por extensão, a fixação biológica.

Na cultura do feijoeiro não é comum o fornecimento de cobalto (Co), entretanto pela sua importância para a FBN e a interação desse nutriente com os óxidos de ferro e manganês, reduzindo sua disponibilidade (Malavolta, 1980), bem como em razão das respostas obtidas na cultura da soja, seria conveniente avaliar o fornecimento no feijoeiro.

A aplicação de Mo (20 g.ha^{-1}) e Co (10 g.ha^{-1}) em sementes com baixa concentração de Mo ($0,73 \text{ mg.kg}^{-1}$) aumentou a eficiência da fixação biológica nas plantas de soja formada a partir dessas sementes (Campo & Hungria, 2002). Segundo os autores, o uso desses nutrientes aumentou em 57,4 % o rendimento de grãos, passando de 2.314 kg.ha^{-1} sem cobalto e molibdênio, para 3.643 kg.ha^{-1} com a aplicação de ambos (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito da aplicação de cobalto (Co) e molibdênio (Mo) em sementes de soja sobre o teor de N (kg ha^{-1}) nos grãos e rendimento (R, kg ha^{-1}) da cultura.

Tratamento	N	R
Sementes - Mo = $0,73 \text{ mg kg}^{-1}$	125	2.314
Sementes - Mo = $0,73 \text{ mg kg}^{-1}$ + 10 g ha^{-1} Co	133	2.419
Sementes - Mo = $0,73 \text{ mg kg}^{-1}$ + 20 g ha^{-1} Mo	203	3.441
Sementes - Mo = $0,73 \text{ mg kg}^{-1}$ + 10 g ha^{-1} Co + 20 g ha^{-1} Mo	216	3.643

Fonte: Campo & Hungria (2002)

3.3 Formação de raízes e absorção de água e nutrientes

A absorção dos nutrientes depende do tamanho da superfície radicular e da capacidade das raízes de aproveitar os íons em baixas concentrações na solução do solo. Para tanto, o acúmulo de açúcar favorece, dentro de limites, a absorção de água e nutrientes, mediante a diminuição do potencial osmótico, em particular, quando a transpiração é pouco significativa.

A concentração de açúcar influencia a disponibilidade de energia para o crescimento radicular, influxo de nutrientes e a manutenção do turgor dos vacúolos das células radiculares e foliares (Rufelt, 1956; Davis, 1961). Entretanto, o crescimento das raízes e o desempenho de suas funções variam, também, com o material genético, estímulo hormonal (auxinas), saldo de carboidratos, textura e estrutura do solo, umidade, pH (5,5 a 6,0) e com a concentração e localização dos nutrientes. A demanda por carboidratos pelas raízes em crescimento é contínua com intensidade variável durante o ciclo da cultura. Na fase vegetativa é elevada e diminui a medida que aproxima a fase reprodutiva.

Os açúcares são transportados até as raízes na forma de complexo açúcar - borato, por facilitar a passagem através das membranas (Gauch & Duggar Jr., 1953). A hipótese da ação direta do boro no transporte de açúcar foi contestada por Skok (1957), afirmando que o efeito é indireto, estando relacionado com a necessidade do nutriente para atender a atividade nos meristemas apicais. De qualquer maneira, existe uma interação entre a nutrição boratada e a demanda por sacarose nas regiões em crescimento dos vegetais.

Tabela 7. Dreno de carboidratos (MS, %) dos diferentes órgãos do feijoeiro de acordo com a fenologia da planta.

Fases da cultura	DAE	Folhas	Raízes	Flores	Vagens
V3 – emissão do 1º trifólio	20	50	50	-	-
V4 – emissão do 3º trifólio	30	50	50	-	-
R6 – 20 a 22 trifólios e antese	40/45	30	20	50	-
R7 – formação das 1 ^{as} vagens	50	20	5	-	75
R8 – granação das vagens	70/80	-	-	-	100

Fonte: Willenbring (1966), Wien et al. (1976) e CIAT (1990)

O crescimento das raízes, em geral, demanda, proporcionalmente, maior quantidade de carboidrato após a germinação e continua, prioritariamente, até que a parte aérea e, posteriormente, os órgãos reprodutivos sejam os drenos preferenciais (Tabela 7).

A eficiência da absorção depende da renovação radicular a qual diminui a partir da fase reprodutiva devido à pequena quantidade de carboidratos alocado, da ordem de 5 % na fase de granação das primeiras vagens – estágio R₇ (Tabela 7). Este fato poderá dificultar a absorção de nutrientes, em particular, daqueles que se movimentam por difusão como fósforo, manganês, zinco e cobre. De acordo com Kramer & Boyer (1995) a absorção de água nos primeiros 10 cm do ápice radicular é da ordem de $1,2 \times 10^{-6} \text{ L.h}^{-1}$, enquanto a partir da região mais suberizada, além dos 12 cm do ápice, a taxa é bastante reduzida, ao redor de $0,2 \times 10^{-6} \text{ L.h}^{-1}$.

Com base nesse conhecimento parece razoável admitir, por hipótese, que as plantas responderiam às aplicações foliares suplementares de macro e micronutrientes. Esse procedimento tem como finalidade ampliar a duração foliar (fonte de CH_2O), compensando a redução natural da absorção radicular (Tabela 8) nas fases de maior demanda de água e nutrientes. Este procedimento poderia ampliar a duração do sistema fotoassimilador, diminuindo os riscos de queda prematura de folhas.

Tabela 8. Eficiência das raízes na absorção de nutrientes em razão do ciclo fenológico do milho.

DAE	Fenologia da planta	N	P $\mu\text{mol.m}^{-1}.\text{dia}^{-1}$	K
20	vegetação	226,9	11,3	52,9
30		32,4	0,90	12,4
40		18,5	0,86	8,0
50	florescimento	11,2	0,66	4,75
60		5,7	0,37	1,63
70	início da granação	1,2	0,17	0,15

Fonte: Mengel & Barber (1974)

As raízes consomem O_2 do ar do solo, utilizando carboidrato como substrato à síntese de energia e compostos intermediários. A energia liberada é empregada para a elaboração de constituintes celulares, à manutenção, crescimento e formação das raízes e, também, para a absorção ativa de nutrientes. Portanto, muitas frustrações de rendimento, mesmo em solos corrigidos em profundidade, podem ser atribuídas à dependência das raízes da aeração do solo. Sob baixa aeração é afetada a absorção de nutrientes por

falta de energia metabólica, comprometendo o crescimento radicular. A aeração do solo é uma condição dependente dos atributos físicos, os quais são de difícil manejo – em particular nos solos argilosos, sob plantio direto.

O fluxo de sacarose até as raízes depende do estado nutricional (Gauch & Dugger Jr., 1953), os quais verificaram aumento da concentração de carboidratos nas regiões de produção (folhas) em plantas deficientes em boro (B).

Em muitas espécies a deficiência de B afeta, particularmente, as divisões e as expansões celulares dos meristemas primários e secundários (Neales, 1960), evoluindo para a morte das células apicais (raízes e caule), conforme o grau de deficiência. Essa constatação é atribuída à concentração de compostos fenólicos, cuja síntese aumenta sob deficiência de boro (Meyer et al., 1973). Ressalte-se que esse micronutriente (B) é, também, necessário para o transporte das substâncias reguladoras do crescimento (Mitchell et al., 1953).

O ácido indol acético (AIA) promove a expansão celular, aumenta o comprimento dos internódios e, por isso, tem grande influência no crescimento da parte aérea (Varner & Ho, 1976). A concentração de AIA é maior nos locais de síntese e de intenso crescimento como nas raízes (drenos) nos períodos de grandes demandas por carboidratos, quando constitui o dreno principal. Verificou-se, também, que a adição desse hormônio (AIA), em meio de cultura, estimula o crescimento radicular (Mendes et al., 1980).

O zinco é um micronutriente essencial para a síntese do triptofano, aminoácido precursor à síntese de auxina. A comprovação que o ácido indol acético (AIA) é sintetizado nas plantas, a partir de triptofano, foi demonstrada por Tsui (1948). A concentração do hormônio diminui nas plantas deficientes em zinco, além de estimular a atividade catalizadora da indolaceticooxidase, responsável pela degradação de AIA existente, formado anteriormente (Martinez, 1995).

A germinação de sementes de gramíneas foi favorecida pelo fornecimento de boro, fato que foi atribuído à sua ação na síntese de ácido giberélico (Sutcliffe & Baker, 1989). Essa constatação, possivelmente, incentivou a prática da peletização das sementes com zinco nas plantas dessa família, em razão da sua ação na síntese desse hormônio (GA). Nas sementes o embrião produz GA após a embebição, o qual promove a formação de enzimas hidrolíticas como exemplos, a amilase, protease e ribonucleases. O amido, a proteína e o ácido ribonucleico são hidrolisados produzindo açúcares, aminoácidos e nucleotídeos, nessa ordem, os quais serão, em parte, consumidos na respiração e, em parte, usados na síntese de novo e no desenvolvimento da plântula.

A dependência de boro e zinco para o crescimento de cada parte do vegetal (folhas, caule, raiz e ramos) varia com a intensidade de crescimento dos mesmos. De acordo com Cakmak et al. (1989) a redução do crescimento em expansão das folhas, pode ser explicada pelo envolvimento do zinco na síntese de proteínas e de AIA, enquanto o amarelecimento foliar indica que participa também da síntese de clorofila.

Uma grande proporção de boro nas plantas se encontra formando complexos na parede celular (Martinez, 1995) por ser requerido à estabilização da mesma e das biomembranas, em razão da complexação entre os compostos orgânicos com o ácido bórico (Romsheld, 2001). Nos vegetais o

boro atua também como regulador do crescimento e do metabolismo, fundamentalmente, na diferenciação do xilema e na lignificação celular por meio da formação de complexos estáveis com açúcares e difenóis (Martinez, 1995).

Tabela 9. Potenciais hídricos responsáveis pela absorção, ascendência e transpiração da água pelas plantas (Nobel, 1999).

Ambiente	Potencial hídrico (MPa)
Atmosfera – 50 % UR do ar externo	- 95,2
Espaço intercelular nas folhas	- 0,8
Vacúolo da célula da raiz	- 0,6
Solo adjacente às raízes	- 0,5
Solo a 10 mm das raízes	- 0,3

A superfície radicular responde pelos fenômenos de troca com a solução e a matriz do solo, possibilitando a absorção de água e nutrientes. A entrada de água na planta é regulada pela diferença entre o potencial hídrico no vacúolo da célula radicular (-0,6 MPa) e o potencial hídrico do solo adjacente às raízes (-0,5 MPa) (Tabela 9). A diminuição do potencial hídrico no vacúolo das células das raízes se dá pela ação de solutos dissolvidos como a sacarose, a qual reduz a energia livre da água (Nobel, 1999; Primavesi, 1999). Portanto, a água absorvida pelas plantas entra nos vegetais em resposta, fundamentalmente, a fatores físicos, não envolvendo gasto energético, exceto à manutenção das estruturas envolvidas na absorção e transporte (Tabela 9).

Os micronutrientes catiônicos como o Zn, Mn, Fe e Cu, o P e parte do K difundem até as raízes após a depleção na rizosfera (absorção), havendo dificuldades para a reposição a partir das áreas mais distantes das raízes, pois o movimento difusivo se dá a pequenas distâncias (2 mm). Portanto, para que a absorção não seja comprometida é indispensável o aumento do volume de solo explorado, alcançando locais onde o nutriente não foi deplecionado. Com base nessa informação conclui-se que os micronutrientes catiônicos, devem ser aplicados em sulcos pouco espaçados, semelhante à semeadura de trigo, de maneira que com tempo os mesmos ocorram em toda a área, semelhante a uma adubação a lanço – sem a perda de eficiência por fixação, que ocorreria intensamente quando são incorporados. Quando o solo contém teores médios desses nutrientes podem ser feitas aplicações foliares nas fases críticas de absorção como acontece no início do ciclo e na fase reprodutiva.

O câmbio vascular é um meristema secundário responsável pelo crescimento em espessura nas dicotiledôneas, cuja atividade é influenciada pelo boro, formando células que se dividem, expandem e se diferenciam em vasos xilemáticos e floemáticos. Portanto, como o floema é formado simultaneamente ao crescimento das raízes é fundamental a disponibilidade do nutriente (B) no plantio, podendo ser conveniente, também, aplicá-lo em cobertura nos solos de textura média a arenosa.

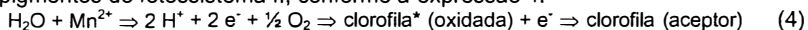
3.4 Fotossíntese e incorporação de CO₂

A assimilação de carbono depende de energia metabólica (ATP) e de agente redutor (NADPH₂), os quais são formados na fase fotoquímica. Para completar a reação há necessidade de cadeia carbônica para a incorporação do C proveniente do CO₂, que nas plantas C₃ (feijão) é o açúcar 1,5 ribulose-2P

e piruvato nas plantas C_4 . O agente redutor ($NADPH_2$) cederá os elétrons para a redução do CO_2 (oxidado), de baixo valor energético (número de oxidação do C = +4) para a formação de carboidratos (CH_2O), forma reduzida e altamente energética (nº de oxidação do C = 0).

Durante o fluxo de elétrons como na fotofosforilação acíclica, os elétrons emitidos pelo pigmento P_{680} (FSII, clorofila b) são recebidos pelo pigmento P_{700} (FSI, clorofila a), os quais são também energizados e deslocam os elétrons para níveis energéticos superiores, liberando energia - capturada pelo acceptor final NADP, reduzindo-o a $NADPH_2$ (agente redutor).

O pigmento $*P_{680}$ não pode permanecer nessa forma (*oxidada), pois seria inativado e perderia a coloração verde, típica da clorofila normal. Há bilhões de anos as plantas desenvolveram a habilidade de usar a água como fonte de elétrons, a qual repõe ao $*P_{680}$ evitando a oxidação definitiva desses pigmentos do fotossistema II, conforme a expressão 4.



A cisão oxidativa da molécula de água e a perda de elétrons na presença de luz denomina fotólise, um processo que depende do complexo enzimático responsável pela clivagem (fotólise) em cuja composição há manganês (Mn).

O manganês atua como cofator nesse processo, liberando oxigênio e elétrons para o pigmento P_{680} (clorofila), evitando sua oxidação e o amarelecimento entre as nervuras das folhas, comum em plantas deficientes do nutriente (Mn^{2+}) que se dá pela fotoxidação das moléculas de clorofila (P_{680}). O fluxo de elétrons da fase fotoquímica se dá por meio de reações de óxido-redução, utilizando várias substâncias transportadoras entre as quais a ferredoxina (Fe), plastoquinona e a plastocianina (PC, Cu).

Do total de cobre das folhas, 70 % são encontrados nos cloroplastos e, aproximadamente, 50% participam como constituinte da plastocianina, responsável pela transferência de elétrons durante o processo fotoquímico (reação de Hill).

Há relação entre a assimilação de CO_2 (ciclo de Calvin-Benson) e a disponibilidade de cobre, tese demonstrada pela redução da assimilação em plantas deficientes em cobre. Esse resultado foi interpretado como consequência da inibição do fluxo eletrônico entre os fotossistemas II e I, por insuficiência de plastocianina e plastoquinona (Martinez, 1995).

O cobre aplicado no solo sofre fortes interações com os minerais de argila, principalmente a goetita (Forbes et al., 1976), caulinita (Krauskopf, 1972) e a matéria orgânica (Harmsen e Vlek, 1985), dificultando a sua absorção. O fornecimento no solo é indicado quando os teores são insuficientes, abaixo do nível crítico – variável com o extrator (Tabela 1). As aplicações foliares e ou tratamento de sementes são alternativas indicadas o uso desse micronutriente (Cu).

O carboidrato é o principal substrato usado na respiração para a produção de energia no ciclo de Krebs e na via pentose fosfato, bem como para a redução assimilatória de N. Serve também como cadeia carbônica necessária à formação de aminoácidos, proteínas e lipídeos, além das substâncias do metabolismo secundário. Isto é fundamental, pois a energia proveniente, exclusivamente, da fase fotoquímica da fotossíntese (ATP), sintetizada nas partes verdes dos vegetais, não é suficiente para atender a demanda energética da planta toda.

Do exposto, são indispensáveis aos vegetais as reações que ocorrem durante o ciclo de Krebs no processo de respiração, em que o manganês é o íon metálico predominante, atuando como catalizador das reações que envolvem as descarboxilases (liberação de CO_2) e desidrogenases (liberação de H) (Devlin, 1976). Os vegetais são dependentes das reações que ocorrem nesse ciclo, durante a respiração, devida a liberação de energia metabólica (ATP), formação de agentes redutores (NADH, FADH) e para a produção de aminoácidos essenciais e compostos do metabolismo secundário.

O acúmulo de açúcar eritrose-4P em plantas ou órgãos deficientes em boro desencadeia a formação e acúmulo de fenóis (Meyer et al., 1973), cujo excesso pode degradar AIA e, em consequência, inibir o crescimento dos meristemas apicais (caule e raiz), levando, inclusive, à morte das gemas, prejudicar a germinação e afetar o desenvolvimento das plântulas. Ressalte-se que esse micronutriente (B) é, também, necessário para o transporte das substâncias reguladoras do crescimento (Mitchell et al., 1953).

O ácido fosfatídico é um fosfolípido constituinte das membranas dos cloroplastos, formado pela ação da fosfolipase ativada pelo manganês, a partir das substâncias como o ácido fosfórico, proteína e glicerol. As plantas deficientes em Mn apresentam má formação dessas organelas (cloroplastos) o que reflete em menor quantidade de clorofila e, assim, causa o amarelecimento das folhas e prejudica a fotossíntese.

3.5 Aspectos fisiológicos do estresse vegetal

As culturas, especialmente em sistemas de alta produtividade, dependem muito da capacidade das plantas de minimizar os efeitos do estresse ambiental. Para tanto, o estado nutricional é um dos fatores significativos que podem auxiliar a resposta adaptativa das plantas aos agentes estressores (Cakmak, 2003).

Há uma diferença da ordem de 70 % entre o potencial produtivo e a produção efetiva devida às perdas por fatores abióticos entre os quais, a elevada irradiância, temperaturas extremas, seca, salinidade e o estado nutricional das plantas – deficiência e a toxicidade (Bray et al., 2000). O ano de 2005, de acordo com previsões recentes, será o mais quente dos últimos anos (Folha Ciência, 2005).

Nas plantas em frutificação os assimilados são translocados na sua maioria (> 90 %) para os frutos, reduzindo a renovação radicular e, em consequência, a eficiência na absorção de água e nutrientes, comparativamente a fase vegetativa. A competição entre raízes e frutos explica porque as plantas são, geralmente, mais sensíveis ao estresse hídrico na fase reprodutiva. Em condições de estresse hídrico, para que o fluxo de sacarose não seja prejudicado, além do próprio fator hídrico, é fundamental o estado nutricional das plantas em relação ao fósforo e, principalmente, potássio, magnésio e boro.

A diminuição na demanda por sacarose (produto da fase bioquímica) inibe a fotossíntese sem que haja, concomitantemente, a paralisação do processo fotoquímico. Como resultado, acumula energia liberada dos elétrons que saíram do estado padrão nos pigmentos, enquanto os receptores encontram-se totalmente reduzidos, devido ao acúmulo de agente redutor (NADPH_2).

Essa energia livre eleva, sensivelmente, a temperatura foliar ocasionando a oxidação da clorofila, descrita como escaldadura foliar, comum

nas folhas expostas a irradiância, como se dá nas faces norte, noroeste e oeste (faces soalheiras).

Em condições de intensa irradiância, temperaturas extremas, salinidade e seca, as plantas produzem formas reativas de oxigênio (O_2^- , H_2O_2 e $OH^\cdot$), altamente tóxicas (Martinez, 1995) à clorofila, DNA, lipídeos e proteínas das membranas. A formação de radicais reativos de oxigênio depende, basicamente, da redução da carboxilação (assimilação de CO_2) e ao acúmulo de sacarose nas fontes (folhas fotossintetizantes).

A fotoinibição envolve danos nos centros de reação, em particular no FS II, quando são excessivamente energizados, levando a perda de proteínas relacionadas com a transferência de elétrons entre o P_{680} e a PQ (plastoquinona).

Em plantas deficientes em zinco os processos de oxidação são intensificados devido a menor atividade da superóxido dismutase (SOD), acumulando espécies reativas de oxigênio como O_2^- (superóxido). Entre os resultados da concentração de formas reativas tem-se a peroxidação de lipídeos das membranas (lipoprotéica: 40 % de lipídeos), comprometendo sua ação reguladora (semipermeabilidade) e a degradação de AIA – com prejuízos para o crescimento vegetal. A compartimentalização dos componentes celulares por meio das membranas é a razão da vida.

A enzima catalase também destoxifica a célula da ação das formas reativas por meio da formação de água e oxigênio, em reação catalizada por zinco e cobre, respectivamente. A superóxido dismutase (SOD) é uma enzima que possui um sítio ativo contendo cobre (Cu) e outro zinco (Zn), cuja função é a destoxificação celular e a eliminação das espécies reativas (Tabela 10).

As deficiências de zinco e boro potencializam o dano fotooxidativo, tornando as plantas altamente sensíveis a irradiância, as quais desenvolvem sintomas de clorose e necrose pelo aumento da intensidade luminosa (Marschner e Cakmak, 1989; Cakmak e Romheld, 1997). Em plantas de citrus a clorose devido à deficiência de Zn foi mais intensa nos ramos expostos à radiação luminosa (Chapman, 1966; Cakmak, 2000).

Tabela 10. Atividade da superóxido dismutase (SOD) em função da quantidade de radicais livres de oxigênio pelo fornecimento de zinco.

Dose de $ZnSO_4$ μmol	Taxa de O_2^- $\mu mol.mg^{-1}.min^{-1}$ (proteína)	Fosfolipídios $\mu g.g^{-1}$ MS
0,0	3,3	3.530
2,0	1,6	4.410

Fonte: Mohamed et al. (2000)

A ação do zinco é atribuída a uma forte inibição da NADPH oxidase, enzima geradora de radicais como O_2^- (Cakmak & Marschner, 1988a; Pinton et al., 1994). Na cultura de fumo Kawano et al. (2002) observou em culturas de células, forte inibição da NADPH oxidase e com isso diminui a geração de O_2^- em razão do fornecimento de Zn.

O papel do zinco e do cobre na destoxificação pela dismutase do superóxido, a qual contém cobre e zinco, foi atribuído à manutenção da integridade estrutural da membrana plasmática, regulando assim a absorção de sódio e outros íons tóxicos (Welch et al., 1982; Cakmak & Marschner, 1988b).

3.6 Metabolismo do nitrogênio

A incorporação dos nutrientes em substâncias orgânicas é denominada assimilação como, por exemplos, em pigmentos (N e Mg, clorofila), co-fatores enzimáticos (Mo, redutase do nitrato, oxidase do sulfato e nitrogenase; Mn, redutase do nitrito; Cu, desidrogenase glutâmica), em aminoácidos (N, S) e na parede celular (Ca, pectato e poligalacturonatos).

Na assimilação do nitrato (NO_3^-) o nitrogênio é convertido numa forma mais energética – o nitrito (NO_2^-) por meio da atividade da redutase do nitrato e depois noutra forma ainda mais energética – o amônio (NH_4^+), terminando em N-amida (glutamina). Na redutase do nitrato o molibdênio encontra-se ligado a uma molécula orgânica - a pterina (Mendel & Stallmeyer, 1995; Campbell, 1999), por isso, o aproveitamento do nitrogênio depende do molibdênio, cuja deficiência provoca sintomas semelhantes à carência de N.

Em plantas com deficiência de Mo o crescimento e o desenvolvimento do vegetal é afetado, assim como a qualidade do produto, em especial, daqueles que concentram proteínas nos grãos e frutos (Favarin & Camargo, 2002).

Em muitas plantas, quando a absorção de nitrato é pequena, o mesmo pode ser reduzido nas raízes. Com o aumento do suprimento de nitrato a demanda por energia é maior e por isso a redução ocorre, predominantemente, nas folhas (Marschner, 1995). Portanto, a exigência por molibdênio é variável, entre outros fatores, com a espécie, reação do solo (pH) e, principalmente, com a natureza química do nitrogênio presente nos exsudatos do xilema.

A diminuição na síntese da enzima redutase do nitrato pode chegar a 20 % quando a planta é submetida a pequenas deficiências hídricas e atinge até 50 % se a planta passar por estresses maiores (Hsiao, 1973). De acordo com Crocomo (1985) a menor atividade da R-NO_3^- em plantas sob estresse hídrico se deve ao decréscimo do fluxo de nitrato por falta de umidade – fator regulador da síntese da enzima. Outros fatores podem influenciar a atividade dessa enzima como a luz e o teor de nitrato sendo comum em várias espécies o aumento da atividade no período luminoso e decréscimo no escuro (Harper & Hageman, 1972; Lewis et al., 1982).

A redutase do nitrito (R-NO_2^-) é uma enzima ativada pelo manganês (Devlin, 1976; Martinez, 1985) e o nível de nitrogênio solúvel (aminoácidos e nitratos) se deve, em parte, a deficiência desses micronutrientes (Mo e Mn), indispensáveis ao processo de redução assimilatória de N. Nessas condições, as plantas apresentam baixa relação entre N – orgânico e N - mineral, com reflexos na suscetibilidade às pragas e doenças, em particular sob deficiência de Mn.

A síntese de proteína e a formação de cloroplastos são prejudicadas pela deficiência de molibdênio, aparecendo folhas deformadas e clorose das folhas maduras. A deformação das folhas novas, na forma de “ponta de chicote”, resulta, possivelmente, da inibição da síntese de proteína e ou por distúrbios no metabolismo dos fenóis (Homheld, 2001).

O nitrogênio é o elemento absorvido em maior quantidade, portanto o equilíbrio estequiométrico de cargas nas células depende, fundamentalmente, da forma química que esse nutriente é absorvido. A absorção de parte do nitrogênio na forma amoniacal (NH_4^+) leva a planta a excretar H^+ para manter a neutralidade do sistema (equilíbrio interno de cargas), provocando a acidificação da rizosfera e vice-versa, quando há absorção predominante de

NO_3^- . A FBN é um processo que também acidifica a rizosfera, com vantagens para a absorção de micronutrientes catiônicos em razão do aumento de formas solúveis em ambiente ácido (Tabela 11).

Tabela 11. Influência da forma do nitrogênio fornecido ao feijoeiro e a concentração de micronutrientes nas folhas.

Formas de N	pH rizosfera	Fe	Mn mg.kg ⁻¹ MS	Zn	Cu
Sem N	-	317	90	42	10
N- NO_3^-	alcalino	250	85	40	10
N- NH_4^+	ácido	297	174	73	14

Fonte: Thomson et al. (1993)

A via GOGAT utilizada para a incorporação de nitrogênio amoniacal em aminoácidos nas plantas superiores, como no feijoeiro, depende da enzima sintase do glutamato, catalizadora da transferência redutiva do grupo amidico da glutamina para α -cetoglutarico, produzindo duas moléculas de glutamato.

De acordo com Gutierrez & Crocomo (1978) a amônia presente nas raízes oriunda da absorção dessa forma química, pela redução do nitrato ou fornecida pela fixação biológica (NH_4^+) é incorporada em amida e ureída. Os autores detectaram maior atividade das enzimas desidrogenase glutâmica (GDH, Zn) e sintase do glutamato (GOGAT, Cu) nas raízes do feijoeiro, comparativamente ao que ocorre nas folhas (Tabela 12).

Tabela 12. Atividade da desidrogenase glutâmica (GDH) e sintase do glutamato (GOGAT) em folhas e raízes de feijão conforme a idade da planta.

Idade (dias)	GDH (Zn) - Cu*		GOGAT - Cu*	
	folhas	raízes	folhas	raízes
	$\mu\text{moles NADH hora}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$			
13	0,98	3,75	0,30	1,17
20	1,31	4,23	0,34	1,07
33	1,33	4,12	0,58	0,57
40	0,83	2,31	0,65	1,41
47 (flores)	1,03	2,45	0,50	1,48

Fonte: Gutierrez & Crocomo (1978) (parte da enzima) e * (ativador da enzima)

Os aminoácidos sintetizados a partir do carboidrato formado em plantas conduzidas em meio contendo ^{14}C são semelhantes aos aminoácidos supridos exogenamente (Bidwell et al., 1964). Parece viável, portanto, o fornecimento de aminoácidos por meio de aplicações foliares, particularmente, quando as plantas são submetidas a estresses. Essa prática agrônômica carece de pesquisas para a confirmação da sua eficiência.

Usando aminoácidos marcados com ^{14}C Haque et al. (1971) demonstraram que os aminoácidos exógenos podem ser absorvidos, o que implica em afirmar que os mesmos possuem dimensões que permite a passagem através dos poros foliares.

O cobre desempenha papel importante nas atividades enzimáticas, em processos de óxido-redução e, embora exigido em pequenas quantidades, a sua falta dificulta o aproveitamento de diversos nutrientes pelas plantas,

provocando distúrbios no metabolismo vegetal, como na síntese de proteínas (Epstein, 1975).

3.7 Reprodução e granação das sementes

O cálcio é um nutriente com papel fundamental na fertilidade das flores e na formação das vagens de soja (Konno, 1967). De acordo com o autor existe correlação entre o teor de Ca e os órgãos reprodutivos, ou seja, a diminuição da quantidade de cálcio diminui o número de flores e aumenta a quantidade de vagens abortadas.

Rosolem et al (1990) estudaram a aplicação de doses e fontes de cálcio foliar em várias épocas durante o florescimento do feijoeiro. Segundo os autores, não foi encontrada resposta para a produção de grãos, verificando, entretanto, aumento da qualidade fisiológica das sementes quando foi utilizado o Ca quelatizado ($3,2 \text{ kg.ha}^{-1}$).

A resposta à aplicação de cálcio e boro na fase anterior ou durante a reprodução pode variar com a cultivar, conforme foi constatado por Bevilaqua et al. (2002). Os autores encontraram resposta ao fornecimento de cálcio e boro para a aplicação na florada em relação ao número de vagens, grãos por vagem e grãos por planta na cultivar BR 16. Nas plantas da cultivar FT Cometa constatou diferença para o número de vagens (aplicação na florada) e grãos por vagem (aplicação na pós-florada) sem contudo detectar diferença para a quantidade de grãos por planta (Tabela 13).

Tabela 13. Aplicação foliar de Ca e B sobre o número de vagens, números de grãos por vagem e grãos por planta nas variedades cultivadas de soja BR 16 e FT Cometa.

Época aplicação	Número de vagens		Grãos por vagem		Grãos por planta	
	BR 16	Cometa	BR 16	Cometa	BR 16	Cometa
testemunha	6,6	6,2	1,1	0,8	11,9	11,2
Pré - florada	7,9 ^{ns}	6,3 ^{ns}	1,4 ^{ns}	1,1 ^{ns}	15,8 ^{ns}	11,3 ^{ns}
Florada	9,2*	6,9*	1,6*	1,2 ^{ns}	18,0*	13,1 ^{ns}
Pós - florada	9,0 ^{ns}	7,0 ^{ns}	1,4 ^{ns}	1,7*	16,4 ^{ns}	13,9 ^{ns}

Fonte: Bevilaqua et al. (2002) * significativo a 5 % de probabilidade

Para maior eficiência da fertilização é necessário cálcio e boro à germinação do grão de pólen e ao crescimento do tubo polínico (Meyer et al., 1973). Como o crescimento depende das divisões e expansões celulares (Biale, 1964) são fundamentais, também, a presença de auxinas, umidade e outros nutrientes, em especial, aqueles relacionados com a produção de AIA e citocininas (Das et al., 1956).

A polinização, o crescimento do tubo polínico e a fertilização contribuem para o aumento de auxina – responsável pelo desenvolvimento do fruto. A quantidade de auxina encontrada nos grãos de pólen, entretanto, não é suficiente para justificar a elevada concentração determinada no ovário após a fertilização (Devlin, 1976). Provavelmente, o crescimento do tubo polínico sintetiza a enzima que participa da formação da auxina, as expensas do seu precursor – o triptofano. Como a produção de AIA a partir do triptofano depende do estado nutricional, em particular de zinco, estima-se que as plantas deficientes sejam menos produtivas, devido aos prejuízos à polinização e à fertilidade dos órgãos reprodutivos.

Muitos grãos de pólen germinam em condições artificiais quando colocados em meio aquoso contendo sacarose-água e sacarose-ágar (1,5 % sacarose), variando com tipo de pólen de 5 a 25 %. A germinação em meio artificial acontece após alguns minutos e, nestes casos, o crescimento do tubo polínico pode ser muito rápido. A adição de cálcio e boro aumenta a porcentagem de germinação e a taxa de crescimento de vários tipos de pólen (Meyer et al., 1973). Talvez seja essa a razão que tem levado a prática da aplicação desses nutrientes (Ca e B) antes e durante a fase reprodutiva.

A concentração de boro nos meristemas, nas raízes, frutos e órgãos de reserva é inferior àquela verificada nas folhas, principalmente quando localizadas nas partes inferiores da planta. Assim, devido à importância do boro nas sementes para a germinação e formação de plântulas normais (Rekarsem et al., 1997), seria vantajoso em algumas situações à adubação no solo (semeadura e cobertura), bem como se necessária à suplementação foliar, na fase reprodutiva.

O rendimento agrícola pode ser comprometido pela deficiência de cobre uma vez que este micronutriente afeta a fertilidade do grão de pólen, como constatado em trigo (Galvão, 1988). A retranslocação de cobre é limitada, por isso os sintomas de deficiência ocorrem nas folhas novas na fase reprodutiva (Romsheld, 2001) podendo, em parte, ser aplicado nas folhas.

A deficiência de boro aumenta a queda de folhas e de frutos em desenvolvimento, afetando a formação dos mesmos pela inatividade da calose, prejudicando o crescimento do tubo polínico e a qualidade dos frutos – forma de cortiça (Romsheld & Marschner, 1991). A menor capacidade das plantas à formação das sementes também se dá sob deficiência de zinco (Meyer et al., 1973).

Antes da transformação da sacarose em amido nas sementes, o mesmo deve ser translocado das fontes (folhas fotossintetizantes, folhas maduras, ramos e caule) para os frutos e sementes, daí a importância do boro, potássio e magnésio, os quais influenciam significativamente o fluxo no floema (Cakmak, 2003).

O enriquecimento das sementes com carboidratos ocorre durante a fase de frutificação, em particular, na etapa de granação, por isso a qualidade das sementes (massa de endosperma) depende do estado nutricional em relação à disponibilidade de potássio, magnésio e boro, em razão da ação desses nutrientes como transportadores de carboidrato.

4 Adubação com micronutrientes

O acompanhamento do estado nutricional do feijoeiro é fundamental para orientar o manejo da adubação, em particular, no plantio subsequente. Para a análise foliar recomenda-se a coleta de trifólios do terço médio de trinta plantas por hectare, no florescimento.

A interpretação dos resultados pode ser feita por meio de fertigramas de resultados obtidos em talhões que apresentaram elevada produtividade em anos anteriores (padrão), bem como por comparação com tabelas publicadas por instituições de pesquisas (Tabela 14).

A comparação exclusiva de números entre os resultados da análise de solo e a classe de teores para fins de avaliação do estado nutricional deve ser feita com ressalvas, uma vez que esse procedimento pode incorrer em erros. Em plantas com baixa produção a concentração de nutrientes pode apresentar

teores semelhantes às plantas produtivas, exceto que no primeiro caso por devido ao crescimento limitado os teores são equivalentes, por menor efeito de diluição.

Tabela 14. Faixa de teores adequados de micronutrientes na folha de feijoeiro.

Fonte	Boro	Cobre	Ferro mg.kg ⁻¹	Manganês	Zinco
1	15 - 25	4 - 20	40 - 140	15 - 100	18 - 50
2	20 - 60	8 - 20	100 - 450	30 - 300	30 - 100
3	30 - 60	10 - 20	100 - 450	30 - 300	20 - 100
4	30 - 60	10 - 20	100 - 200	50 - 100	30 - 60

¹Ambrosano et al. (1996), ²Oliveira & Costa (1998), ³EMBRAPA (1998) e ⁴Junqueira Netto et al. (2001)

No cultivo do feijoeiro não deve desconsiderar a aplicação de boro, principalmente nas lavouras destinadas à produção de sementes, fornecendo-o no plantio, cobertura e se necessário nas folhas. No caso da adubação foliar a mesma precisa ser periódica, no mínimo duas vezes, para que as emissões foliares após a primeira aplicação, bem como os órgãos reprodutivos recebam o nutriente. Assim, o fornecimento antes do florescimento e durante a formação e o enchimento das vagens pode ser uma alternativa.

4.1 Adubação via solo

Para as condições dos solos de Cerrado, a qual pode ser estendida para outras regiões em razão do predomínio dos Latossolos a EMBRAPA-CNPAP (1996) recomenda: (i) para a adubação com boro, aplicar 1,0 kg.ha⁻¹ de B nos solos com teor muito baixo do nutriente (< 0,5 mg.dm⁻³) e 1,0 kg.ha⁻¹ nos solos com teor baixo, na faixa de 0,5 a 1,0 mg.dm⁻³; (ii) para o cobre pode ser aplicado 3,0 kg.ha⁻¹ e 1,0 kg.ha⁻¹ quando os teores encontrados no solo estiverem nas classes muito baixa (<0,3 mg.dm⁻³) e baixa (0,3 a 0,6 mg.dm⁻³) nessa ordem; (iii) em relação ao manganês aplicar 2,0 kg.ha⁻¹ (muito baixo: < 2,5 mg.dm⁻³) e 1,0 kg.ha⁻¹ (baixo: 2,5 a 5,0 mg.dm⁻³), enquanto o zinco pode ser fornecido 4,0 kg.ha⁻¹ (inferior a 2,0 mg.dm⁻³) e 2,0 kg.ha⁻¹ (2,0 a 4,0 mg.dm⁻³) nas respectivas classes de teores no solo.

4.2 Adubação via foliar

A suplementação de micronutrientes pode ser feita via foliar fornecendo os nutrientes na forma de sais na dose de 200 g.ha⁻¹ de Cu e 300 g.ha⁻¹ de Mn por aplicação, repetindo-a, se necessário, duas a três vezes. O uso da aplicação foliar pode ser eficiente quando os teores dos micronutrientes no solo estiverem próximos do nível crítico.

O zinco deve ser fornecido, no máximo, em duas aplicações de 300 g ha⁻¹ e o molibdênio em uma ou duas aplicações de 90 g.ha⁻¹. No caso de usar fontes que possui o micronutriente catiônico na forma de quelato a dose pode ser equivalente a 2/3 da dose na forma de sal.

Trabalhos sobre o uso de micronutrientes na cultura de feijão demonstraram a importância do Mo, particularmente, quando fornecido nas folhas. Araujo et al. (1994) verificaram resposta à aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N no plantio, complementado com o fornecimento de 20 g.ha⁻¹ de Mo foliar, 25 dias após a emergência da planta, comparada à aplicação exclusiva de N. O fornecimento foliar de 40 g.ha⁻¹ de Mo 25 dias após a emergência, substituiu 20

a 40 kg.ha⁻¹ de N na semeadura, aumentando o rendimento, sem prejuízos para a FBN (Berger et al., 1995; Diniz et al., 1995; Vieira et al., 1995).

Para Andrade et al. (1998) o fornecimento foliar de 40 g.ha⁻¹ elevou o número de vagens por planta, o peso de 100 sementes e, em consequência, o rendimento do feijoeiro. Coelho et al. (1998) constataram que a adição de 50 g.ha⁻¹ nas folhas aumentou em 30 % o rendimento da cultura, correlacionando com o aumento verificado na atividade da nitrogenase, 40 dias após a emergência.

Para Fullin et al. (1999) as maiores produtividades do feijoeiro foram obtidas com a aplicação de 10 kg.ha⁻¹ de N no plantio e 40 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, combinada com 20 g.ha⁻¹ de Mo nas folhas. Pessoa et al. (2000) testaram várias doses de Mo em adubações foliares, tendo constatado aumento na concentração do elemento que passou de 0,49 mg.kg⁻¹ (sem molibdênio) para 0,95 mg.kg⁻¹ com o uso de 120 g.ha⁻¹ de Mo, correlacionando com o rendimento, que foi superior nessa dose, como indica o aumento da produção de 500 kg.ha⁻¹ para 1.893 kg.ha⁻¹.

As respostas à aplicação foliar de molibdênio no feijoeiro podem ser explicadas: (i) pela ausência de injúrias às sementes e bactérias, (ii) pela mobilidade do Mo até as raízes, conforme trabalho de Campo & Hungria (2002) e, principalmente, (iii) devida à elevada concentração de nitrato que chega nas folhas da planta.

Nas aplicações foliares realizadas por Campo & Hungria (2002) foi usado até 1.600 g.ha⁻¹ dose superior àquelas, normalmente, aplicadas nas folhas (50 a 120 g.ha⁻¹). Nesse caso, não deve ser descartada a hipótese de ter acontecido à absorção de parte do produto do solo, devido à queda por deriva durante a aplicação, mesmo em culturas com elevado índice de área foliar.

4.3 Adubação via sementes

As sementes com teores adequados de molibdênio formam plantas com maior eficiência biológica na redução de nitrogênio gasoso (N₂). Este objetivo pode ser comprometido quando é fornecido enxofre (S) a cultura ou o teor desse nutriente no solo é alto, pois reduz a concentração de Mo nas folhas das plantas que receberam S em razão da competição entre ambos. A maior parte do Mo (67 %) é redistribuída das folhas para as vagens na fase reprodutiva e, portanto, as plantas adequadamente nutridas possibilitariam a formação de sementes enriquecidas com Mo.

O nível crítico de Mo determinado no feijoeiro foi igual a 3,5 µg.semente⁻¹ (Jacob Neto & Franco, 1986). Assumindo que a massa de 100 sementes de feijão é, em média, igual a 30 g, conclui-se que as sementes com teores superiores a 12 mg.kg⁻¹ de Mo (nível crítico) não responderiam ao fornecimento desse nutriente. Os resultados das análises das amostras de sementes de feijão, em diversas regiões brasileiras, apresentaram teores baixos (Franco & Muns, 1982; Jacob Neto, 1985; Jacob Neto & Franco, 1995), o que explica, em parte, as respostas obtidas com a aplicação foliar na cultura do feijoeiro. É razoável admitir que a quantidade de Mo fornecido por meio da peletização das sementes não seja suficiente quando a concentração desse nutriente (Mo) é muito baixa nas sementes, o que explicaria a falta de respostas ao seu fornecimento, bem como seria dispensável a sua aplicação nas sementes quando o teor nas mesmas for elevado, acima do nível crítico (12 mg.kg⁻¹).

O uso de sais de molibdênio, na forma de molibdato de sódio via sementes, provocou a morte de 99 % das células bacterianas, quatro dias após o tratamento, prejudicando a nodulação e a FBN na cultura da soja (Burton & Curley, 1966). Portanto, é fundamental a escolha das fontes para a peletização, devendo-se evitar aquelas a base de sais e ou com pH muito ácido, devido à sensibilidade das bactérias a pH inferior a 6.

4.4 Época de aplicação

Considerando: (i) a menor eficiência radicular no início do desenvolvimento da planta – menor volume de raízes absorventes e na fase reprodutiva – devido a queda da renovação radicular, (ii) que o contato dos micronutrientes com as raízes se dá por difusão – exceto o boro e (iii) que a duração do ciclo do feijoeiro é pequeno, cerca de três meses, conclui-se que os micronutrientes devem ser fornecidos na implantação da cultura, antes e durante a fase reprodutiva.

A localização desses nutrientes deve ser nas sementes (Mo e Co) e no sulco de semeadura (B, Zn, Cu e Mn) próximo às sementes, visando atender a demanda nas fases iniciais de crescimento e parte da vegetação do feijoeiro. Posteriormente, nas fases de intenso crescimento vegetativo, antes e durante a fase reprodutiva, deve ser aplicado boro (B) em cobertura, em solo com alto potencial para lixiviação (textura arenosa e média) e via foliar, molibdênio, manganês, cobre, zinco e boro, desde que seja necessário, com base nas ferramentas para a interpretação.

5 Referências bibliográficas

- ABREU, C.A. de; LOPES, A.S.; RAIJ, B. van; Análise de micronutrientes em solos brasileiros: situação atual e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVI. **Anais**. 1997. 20p.
- ALBINO, U.B.; CAMPO, R.J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio na soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35, n.3, p.527-534, 2001.
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 1996. p.187-203.
- AMORIM, H.V. de. Respiração. In: FERRI, M.G. (ed.). **Fisiologia Vegetal** 1. São Paulo: EPU. p.251-279. 1985.
- ANDRADE, M.J.B. de; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G. de; LIMA, S.F. de. Resposta da cultura do feijoeiro a aplicação foliar de molibdênio e as adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnia**. v.22, n.4, p.499-508. 1998.
- ARAÚJO, G.A. de A.; VIEIRA, C.; BERGER, P.G. Épocas de aplicação de Mo na cultura de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996. **Anais**. 1996. 160p.
- BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A.A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. **Resumos expandidos**. SBSCS/UFV, 1995. p.1219-1221.

- BEVILAQUA, G.A.P.; SILVA FILHO, P.M.S.; POSSENTI, J.C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**. v.32, n.1, p.31-34, 2002.
- BIALE, J.B. Growth, maturation and senescence in fruits. **Science**. v.145, p.880-888, 1964.
- BIDWELL, R.G.S.; BARR, R.A.; STEEWARD, F.C. Protein synthesis and turnover in cultured plant tissue: sources of carbon for synthesis and the fate of the protein breakdown products. **Nature**. p.230-367. 1964.
- BRAY, E.A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stress. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES R. (Ed.). Biochemistry and molecular biology of plants. **American Society of Plant Physiologists**. 2000. p.1158-1203.
- BURTON, J.C.; CURLEY, R.L. Compatibility of *Rhizobium japonicum* and sodium molybdate when combined in a peat carrier medium. **Agronomy Journal**. v.58, p.327-330, 1966.
- CAKMAK, I. Possible roles of zinc protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. **New Phytology**. v.146, p.185-205, 2000.
- CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Enhanced superoxid radical production in root of zinc deficient plants. **Journal of Experimental Botany**. v.39, p.1449-1460. 1988a.
- CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Increase in membrane permeability and exudation in roots of zinc deficient plants. **Journal of Plant Physiology**. v.132, p.356-361, 1988b.
- CAKMAK, I.; MARSCHNER, H., BANGERTH, F. Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of indole-3-acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal Experimental Botany**. v.40, p.405-412, 1989.
- CAKMAK, I.; ROMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**. v.193, p.71-83, 1997.
- CAMPBELL, W.H. Nitrate reductase structure, function and regulation: bridging the gap between biochemistry and physiology. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**. v.50, p.277-303. 1999.
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. **Importância dos micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio**. EMBRAPA. (Documento 180). p.355-366, 2002.
- COELHO, F.C.; VIEIRA, C.; MOSQUIM, P.R.; CASSINI, S.T.A. Nitrogênio e molibdênio nas culturas do milho e feijão, monocultivo e em consórcio. I. Efeito sobre o feijão. **Revista Ceres**. v.45, n.260, p.393-407, 1998.
- CROCOMO, O.J. Assimilação do nitrogênio pelas plantas. In: FERRI, M.G. (ed.). **Fisiologia Vegetal 1**. São Paulo: EPU. p.181-209. 1985.
- DAVIS, T.A. High root pressure in palms. **Nature**. v.192, p.277-78, 1961.
- DEVLIN, R.M. **Fisiologia vegetal**. Barcelona: Ediciones Omega S.A. 1976.517p.
- DINIS, A.R.; ANDRADE, M.J.B.; BUENO, L.C.S.; CARVALHO, J.G. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. **Resumos**. 1995. p.1225-1227.
- DURANT, J.L.; SHEEHY, J.E.; MINCIN, F.R. Nitrogenase activity, photosynthesis and nodule water potential in soybean plants experiencing water deprivation. **Journal of Experimental Botany**. v.38, p.311-321, 1987.

- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. EDUSP, 1975. 341p.
- FANCELLI, A.L. Influência da nutrição de plantas na ocorrência de doenças e pragas. In: FANCELLI, A.L. E DOURADO NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado – tecnologia de produtividade**. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ. 2003. p.1-29.
- FAVARIN, J.L.; CAMARGO, R.T. Rendimento e qualidade de grãos de milho em função da adubação foliar com cobre e molibdênio. **Revista de Agricultura**. v.37, n.2, p.183-194. 2002.
- FOLHA CIÊNCIA. **Clima – o ano de 2005 pode ser o mais quente**. p.13, 2005. ciencia@uol.com.br
- FORBES, E.A.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. The specific adsorption of divalent Cd, Co, Cu, Pb and Zn on goethite. **Journal of Soil Science**. v.27, p.154-166, 1976.
- FRANCO, A.A.; MUNNS, D.N. Acidity and aluminum restraints on nodulations, nitrogen fixation, and growth of *Phaseolus vulgaris* in solutions cultures. **Soil Science Society of American Journal**. v.46, p.296-301. 1982.
- FULLIN, E.A.; ZANGRANDE, M.B.; LANI, J.A.; MENDONÇA, L.F. de; DESSAUNE FILHO, N. Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, n.7, p.1145-1149, 1999.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de cobre e avaliação da disponibilidade para a soja num Latossolo Vermelho-Amarelo franco-argilo-arenoso, fase Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.23, p.265-272. 1999.
- GALRÃO, E.Z. Resposta do trigo à aplicação de cobre em um solo orgânico de várzea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.12, p.275-279, 1988.
- GAUCH, H.G.; DUGGER Jr, W.M. The role of boron in the translocation of sucrose. **Plant Physiology**. v.28 p.457, 1953.
- GUTIERREZ, L.E.; CROCOMO, O.J. Atividade de enzimas relacionadas com a assimilação de nitrogênio em raízes de feijoeiro durante o desenvolvimento. **Resumos**. Brasília: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica. 1978.
- HAQUE, M.Z.; KOBAYASHI, M.; FUJI, K. The incorporation of aminoacids and nucleic acid bases into the seedling, reproductive stage and young ear position of rice plants. **Plant and Soil**. v.1, p.17-24, 1971.
- HARMSEN, K.; VLEK, P.L.G. The chemistry of micronutrients in soil. **Fertilizer Research**. v.7, p.1-42, 1985.
- HARPER, J.E.; HAGEMAN, R.H. Canopy and seasonal profiles of nitrate reductase in soybeans (*Glycine max* L. Merr.). **Plant Physiology**. v.49, p.146-154, 1972.
- HOMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos sintomas de deficiência e toxicidade de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.van; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. CNPq, FAPESP, POTAFOS. 2001. p.71-86.
- HOMHELD, V.; MARSCHNER, H. Function of micronutrients in plants. In: MORTVDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Soil Science Society of America. 1991. p.297-328.

- JACOB-NETO, J. **Variação estacional, concentração nas sementes e níveis críticos de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. UFRRJ, 1985. 141p. (Dissertação de Mestrado).
- JACOB-NETO, J.; FANCO, A.A. Determinação do nível crítico de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba*. v.39, p.215-223, 1989.
- JUNQUEIRA NETTO, A.; JUNQUEIRA, A.D.A.; JUNQUEIRA, G.D.A. Micronutrientes: recomendações práticas. In: FANCELLI, A.L., DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Sistemas de produção de feijão irrigado**. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ, USP. p.43-62. 2001.
- KAWANO, T.; KAWANO, N.; MUTO, S.; LAPEYRIE, F. Retardation and inhibition of the cation-induced superoxide generation in BY-2 tobacco cell suspension culture by Zn^{2+} and Mn^{2+} . *Physiologia Plantarum*, v.114, p.395-404, 2002.
- KINJO, T. Química de solo - apontamentos de aula pós-graduação. Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes. 1986. 76p.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; TEIXEIRA, M.G.; et al. Profundidade de incorporação de adubos para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1. 1982. **Anais**. EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.142-143.
- KONNO, S. Physiological study on the mechanisms of seed production of soybean plant. I. Influence on the chemical composition and seed production of nutrient element deficiency at the flowering stage. **Proceeding Crop Science Society Japan**. v.36, p.238-247, 1967.
- KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. Water relations of plants and soils. Academic Press. 1995. 485p.
- KRAUSKOPF, K.B. Geochemistry of micronutrientes. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.). MICRONUTRIENTS IN AGRICULTURE. **Soil Science Society of America**. 1972. p.7-40.
- KUSMA, M.M.; HUNT, S.; LAYZELL, D.B. Role of oxygen in the limitation and inhibition of nitrogenase activity and respiration rate in individual soybean nodules. **Plant Physiology**. v.101, p.161-169, 1993.
- LANTMAN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; OLIVEIRA, M.C.N. Resposta da soja ao molibdênio em diferentes níveis de pH do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.13, p.45-49, 1989.
- LEWIS, O.A.M.; WATSON, E.F.; HEWITT, E.J. Determination of nitrate reductase activity in barley leaves and roots. **Annals of Botany**. v.49, p.31-37, 1982.
- LOPES, A.S. **Micronutrientes filosofias de aplicação e eficiência agrônoma**. ANDA. 1999.70p.
- MacLEOD, J.A.; GUPTA, U.C.; STANFIELD, B. Molybdenum and sulfur relationships in plants. In: GUPTA, U.C. (Ed.). **Molybdenum in agriculture**. 1997. p.229-244.
- MALVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Editora Ceres Ltda. 1980. 251p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 1995.
- MARSCHNER, H.; CAKMAK, I. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc, potassium and magnesium deficient bean

- (*Phaseolus vulgaris*) plants. **Journal of Plant Physiology**. v.134, p.308-315, 1989.
- MARTINEZ, F.G. **Elementos de fisiología vegetal**. Barcelona: Edições Mundi-Prensa. 1995.1147p.
- MENDEL, R.R.; STALLMEYER, B. Molybdenum cofactor (nitrate reductase) biosynthesis in plants: first molecular analysis. **Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture**. v.22. 1995.
- MENGEL, D.B.; BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy journal**. v.66, p.399-403, 1974.
- MENGEL, L.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. International Potash Institute. 1987.
- MEYER, B.; ANDERSON, D.; BOHNING, R. FRATIANNE, D. **Introdução à fisiologia vegetal**. Fundação Calouste Gulbenkian. 1973. 710p.
- MOHAMED, A.A.; KHALIL, I.; VARANINI, Z.; PINTON, R. Increase in NAD(P)H-dependent generation of active oxygen species and changes in lipid composition of microsomes isolated from roots of zinc-deficient bean plants. **Journal of Plant Nutrition**. v.23, n.3, p.285-295. 2000.
- NEALES, T.F. Some effects of boron on root growth. **Australian Journal Biology Science**. v.13, p.232-248, 1960.
- NOBEL, P.S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic Press. 1999.
- OLIVEIRA, E.F. de; COSTA, J.M. **Treinamento de fertilidade e nutrição de plantas**. COODETEC-COAMO, 1998, 59p.
- PENA-CABRIALES, J.J.; CASTELLANOS, J.Z. Effects of water stress on N₂ fixation and grain yield of *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**. v.152, p.151-155, 1993.
- PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; VARGAS, M.A.T. Fixação do N₂ em leguminosas cultivadas em solos de Cerrado. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Ed.). **Microbiologia do Solo**. p.213-218, 1992.
- PESSOA, A.C.S.; RIBEIRO, A.C.; CHAGAS, J.M.; CASSINI, S.T.A. Concentração foliar de molibdênio e exportação de nutrientes pelo feijoeiro "ouro negro" em resposta a adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.24, p.75-84, 2000.
- PINTON, R.; CAKMAK, I.; MARSCHENER, H. Zinc deficiency enhanced NAD(P)H-dependent superoxide radical production in plasma membrane vesicles isolated from roots of bean plants. **Journal of Experimental Botany**. v.45, p.45-50, 1994.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. Nobel. 1999. 549p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 1996. 285p.
- REKARSEM, B.; BELL, R.W.; LODKAEW, S.; LONERAGAN, J.F. Relationship of seed boron concentration to germination and growth of soybean. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v.48, p.217-223, 1997.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 1999. 359p.
- ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E.; NAGAWA, J. Adubação foliar do feijoeiro. VIII. Fontes e doses de cálcio. **Científica**. v.18, p.81-86, 1990.

- RUFELT, H. Influence of the root pressure on the transpiration of wheat plants. **Physiology Plantarum**. v.9, p.154-164, 1956.
- SINGH, M.; KUMAR, V. Sulfur, phosphorus and molybdenum interactions on the concentration and uptake of molybdenum in soybean plants (*Glycine max*). **Soil Science**. v.127, p.307-312, 1979.
- SKOK, J. Relationship of boron nutrition to radiosensitivity of sunflower plants. **Plant Physiology**. v.32, p.648, 1957.
- STRALIOTTO, R.; del PELOSO, M.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. et al. Avaliação da produtividade de linhagens de feijoeiro de diferentes tipos de grãos sob adubação nitrogenada ou inoculação. **Resumos**. Rio de Janeiro: SBCS, 2002. p.51.
- SUTCLIFFE, J.F., BAKER, D.A. **As plantas e os sais minerais**. EPU, 1989. 80p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TSUI, C. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. **American Journal Botany**. V.35, p.172, 1948.
- TUNG, M.D.T.; OLIVEIRA, I.P.de. **Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 172p.
- VALE, F.; ALCARDE, J.C. Solubilidade e disponibilidade dos micronutrientes em fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.23, n.2, p.441-451, 1999.
- VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Ensaio de adubação química do feijoeiro. **Revista Ceres**. v.11, p.253-264, 1961.
- VIEIRA, R.F.; CARDOSO, E.J.B.N.; VIEIRA, C.; CASSINI, S.T.A. Foliar application of molybdenum to common beans. II. Nitrogenase and nitrate reductase activities in a soil of low fertility. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS – THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION, 1995. **Resumos**. EMBRAPA-CNPBS, 1995. p.191-192.
- WELCH, R.M.; WEBB, M.J.; LONERAGAN, J.F. Zinc in membrane function and its role in phosphorus toxicity. In: SACÍFE, A. (Ed.). **Plant Nutrition Colloquium**, 9. 1982. p.710-715.

NOVAS TECNOLOGIAS DE FORMULAÇÃO PARA INOCULAÇÃO DE FEIJÃO VIA SULCO: EFICIÊNCIA E FACILIDADE

E.G.M. Lemos¹

L. M. Carareto Alves¹

E.H.N. Vieira¹

M.J.L. de Medeiros¹

A. S. Parducci¹

S. Parducci¹

1 Introdução

Uma das maiores fontes de proteínas da alimentação da população brasileira é o feijão, entretanto, sua produtividade no país é baixa. Este fato é atribuído à diferentes razões, como a baixa fertilidade dos solos brasileiros, onde tal cultura é desenvolvida; o baixo conteúdo de nitrogênio nos solos; estirpes nativas de rizóbios ineficientes e inoculantes de baixa qualidade apesar de formulados com estirpes de alta eficiência, selecionadas em programas nacionais de seleção de estirpes mais eficientes. Para aumentar a produtividade de feijão uma das possibilidades seria a utilização de adubos nitrogenados nos cultivos, porém isso causa um aumento nos custos de produção.

Por outro lado, o ideal seria o desenvolvimento de novas tecnologias que pudessem agrupar o baixo custo e a eficiência da fixação biológica do nitrogênio. Nesse sentido pode ser observado que os principais problemas no uso da tecnologia de inoculação de leguminosas são vários: a baixa qualidade dos inoculantes comercializados contendo poucos rizóbios viáveis e/ou muitos organismos contaminantes; o processo de inoculação das sementes é trabalhoso e pouco eficiente; além disso, o tratamento das sementes com fungicidas que podem diminuir o número de bactérias viáveis inoculadas.

Com relação ao feijão existem poucos trabalhos conclusivos da eficiência da inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio nessa planta. Portanto, esse trabalho tem como objetivo utilizar nova formulação de inoculante que assegurem a viabilidade das bactérias por um período maior e uma adequada metodologia na dinâmica de aplicação do produto a qual consiste na aplicação das bactérias diretamente sobre as sementes, no sulco durante a operação de plantio. Para isso áreas de plantio foram selecionadas, a inoculação das sementes foi realizada via sulco de plantio com o inoculante Biorhizo feijão (Bioarts) e equipamento Mecmaq com manta protetora de radiações e calor. Para a análise dos resultados foram coletados os nódulos para avaliação das bactérias (em execução); as folhas para análise vegetal do N e N da FBN; sendo avaliado também o número de sacas de feijão por hectare.

¹ FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; Embrapa CNPAF Goiânia – GO; Casa Agricultura Itai SAA-CATI – EDR Avaré Itai, SP.; IBRA Agrisciences & Bioarts Ind. de Biotecnologia

2 Produtividade Os resultados mostraram que na dose recomendada (400 a 900 mL de Biorhizo feijão por ha para produtividades de 2 a 3,5 t.ha⁻¹), a produtividade de feijão (sacas.ha⁻¹) nas áreas tratadas apenas com Biorhizo feijão foi semelhante às áreas cultivadas somente com nitrogênio (70 a 120 kg.ha⁻¹) ou com nitrogênio (70 a 120 kg.ha⁻¹) + inoculante.

3 Avaliações foliares Avaliações foliares realizadas durante o ciclo da cultura mostraram que os níveis foliares de N não diferiram entre si, seja em áreas com Biorhizo feijão, com nitrogênio ou com nitrogênio + Biorhizo feijão. Esses resultados mostram que a inoculação de feijão via sulco de plantio, com uma formulação que mantém a viabilidade das bactérias fixadoras de nitrogênio é uma tecnologia de fácil execução, eficiente e que proporciona maior lucratividade no cultivo do feijão.

CULTURA DE FEIJÃO: ESTRESSE E PRODUTIVIDADE

Antonio Luiz Fancelli¹

Durval Dourado Neto²

1 Introdução

O conhecimento da produtividade potencial da cultura de feijão é o primeiro passo para definir a estratégia de manejo e o limite de investimento.

A produtividade potencial depende apenas do genótipo, da radiação solar e da temperatura. A disponibilidade de radiação solar fotossinteticamente ativa é dependente da latitude, da época do ano (declinação solar) e da nebulosidade. A produtividade potencial é deplecionada por fatores abióticos e bióticos.

Dentre os fatores abióticos, destaca-se a disponibilidade de água no solo, a qual depende do regime de chuva, do manejo da irrigação e da capacidade de água disponível, que por sua vez está relacionada ao teor de argila e de matéria orgânica do solo. A disponibilidade de água determina profundidade efetiva do sistema radicular e fertilidade do solo.

Dentre os fatores bióticos, destacam-se a incidência e a severidade de doenças e a ocorrência de pragas e de plantas daninhas.

A relação entre estresse e produtividade é extremamente complexa. Porém, acredita-se que, de maneira geral, o estresse (biótico e abiótico) reduz área foliar e duração do ciclo e, conseqüentemente, a produtividade.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar princípios gerais, relacionados à fisiologia do estresse do feijoeiro, que nortearão ações de planejamento e de manejo, no intuito de minimizar estresse e de otimizar os recursos (naturais e insumos, principalmente) disponíveis para obtenção da produtividade máxima econômica.

2 Época de semeadura e população e distribuição de plantas

A população de plantas é definida (planejamento) com base nos seguintes critérios práticos: (i) o índice de cobertura do solo de ser 100% quando a cultura de feijão estiver com 50% das plantas com flores abertas (estádio fenológico R₆); e (ii) a cultura de feijão deve possuir pelo menos quatorze folhas (trifólios) completamente desenvolvidas quando 50% das plantas estiverem com pelo menos uma flor (estádio fenológico R₅).

Para que isso ocorra, deve-se levar em consideração os seguintes aspectos: (i) hábito de crescimento do genótipo utilizado (tipos I, II, III ou IV); (ii) temperatura média do ar; (iii) disponibilidade hídrica durante todo o ciclo da cultura: (a) fase vegetativa: definição do sistema radicular e da área foliar, (b) primeira metade da fase reprodutiva: definição do número médio de vagens por planta, e (c) segunda metade da fase reprodutiva: definição da massa média do

¹ Engenheiro Agrônomo. MSc. Dr. e Docente do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Caixa Postal: 09 – Piracicaba/SP – 13418-900 – fone: (19) 3429-4115 – ramal:25. e-mail: fancelli@esalq.usp.br

² Engenheiro Agrônomo. MSc. Dr. e Docente do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Caixa Postal: 09 – Piracicaba/SP – 13418-900 – fone: (19) 3429-4284. e-mail: dourado@esalq.usp.br

grão; (iv) fertilidade do solo; (v) adubação nitrogenada; (vi) espaçamento e (vii) população de plantas, principalmente.

3 Hábito de crescimento

No caso dos genótipos de crescimento determinado (tipo I), recomenda-se utilizar menores espaçamentos e maiores populações, quando se deseja efetuar a colheita mecanizada. Nesse caso, o planejamento visa obter menor número de vagens por planta, maior uniformidade de maturação das vagens e maior altura de inserção das vagens na planta.

Nos genótipos de crescimento indeterminado, de maneira geral, recomenda-se maiores espaçamentos. A população dependerá do risco de falta de água no florescimento e da uniformidade de maturação na colheita, principalmente.

Quanto maior o risco de estresse devido a pouca disponibilidade de água no solo, recomenda-se utilizar população mais próxima do limite inferior, no intuito de maximizar volume de solo por planta e, conseqüentemente, minimizar transpiração e deficiência hídrica durante o florescimento (período de máxima demanda hídrica e máxima sensibilidade da planta à deficiência de água no solo).

4 Temperatura do ar

Quanto maior for a expectativa de temperatura média do ar mais elevada, recomenda-se utilizar espaçamentos maiores (próximos ao limite superior) e menores populações (próximas ao limite inferior).

Temperaturas elevadas resultam na redução da fotossíntese líquida, conseqüentemente, a alocação de carboidratos aos diferentes órgãos da planta é reduzida, devido ao aumento da respiração ser superior ao aumento da fotossíntese bruta.

5 Disponibilidade de ar e de água no solo

A disponibilidade de água no solo é dependente basicamente do teor de argila e de matéria orgânica do solo.

Quanto maior o teor de argila e de matéria orgânica, maior a retenção de água no solo. O limite superior de retenção de água nos solos existentes na natureza é da ordem de 2,0 mm por cm ($2,0\text{mm.cm}^{-1}$) de solo explorado efetivamente pelo sistema radicular. Por outro lado, solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica retêm menos água. O limite inferior está em torno de $0,5\text{mm.cm}^{-1}$.

A disponibilidade de água no solo, do ponto de vista estático, pode ser quantificada através da seguinte expressão:

$$\frac{CAD}{Ze} = 10(\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \quad (1)$$

em que θ_{cc} e θ_{pmp} se referem aos teores de água no solo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) correspondentes à 'capacidade de campo' e ao 'ponto de murcha permanente'; CAD à capacidade de água disponível (mm) e Ze à profundidade efetiva do sistema radicular (cm), que corresponde à profundidade do solo no perfil que contribui com 95% da evapotranspiração máxima da cultura de feijão.

A porosidade livre de água (β , $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) ocupada com ar pode assim ser calculada:

qual só será a máxima (ET_m , mm.dia^{-1}) se a densidade de fluxo for da ordem de grandeza ou superior à ET_m .

A título de exemplo, supondo a cultura de feijão com índice de área foliar máximo ($IAF = 5 \text{ m}^2.\text{m}^{-2}$) e, conseqüentemente, máxima evapotranspiração máxima ($ET_m = 6,8 \text{ mm.dia}^{-1}$, p.e), a evapotranspiração real só será a máxima ($ET_r = 6,8 \text{ mm.dia}^{-1}$, nesse caso) se o teor de água no solo for superior à umidade crítica ($\theta_c = 0,17 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$) (Figura 2).

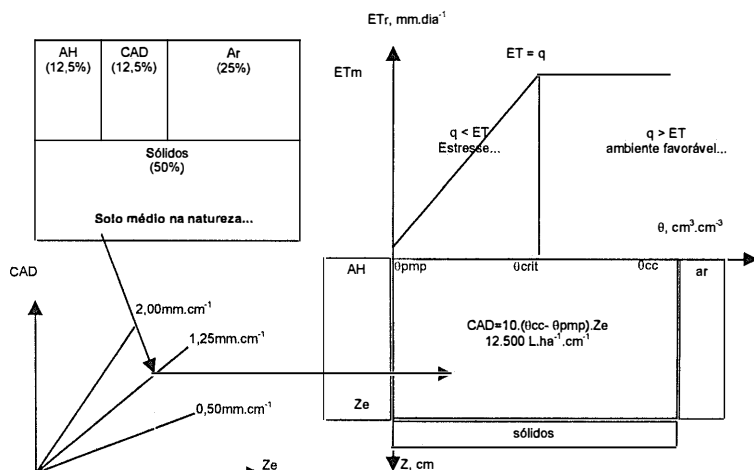


Figura 2. Relação funcional entre evapotranspiração real (ET_r , mm.dia^{-1}), evapotranspiração máxima (ET_m , mm.dia^{-1}) e conteúdo de água no solo (θ , $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

Associado à disponibilidade de água, é importante entender a disponibilidade de oxigênio, a qual é dependente da disponibilidade de ar, visto que o teor de oxigênio no ar do solo é da ordem de 16%, porém sempre inferior ao teor de oxigênio no ar da atmosfera. Como há consumo de oxigênio no solo pelos microorganismos e sistema radicular das plantas, é importante entender que o processo de renovação de oxigênio (difusão) ocorre apenas na parte porosa do solo, quando comparada à difusão do ar na água do solo.

Sendo assim, teoricamente a melhor oxigenação do solo, sem prejuízo à produtividade do feijoeiro, ocorre quando a umidade do solo é a umidade crítica, porque a evapotranspiração real ainda é a máxima e a difusão (renovação de oxigênio) de oxigênio no solo é maximizada.

O excesso de umidade causa estresse devido à redução da difusão de oxigênio (falta de oxigênio ao sistema radicular). A falta de água (quando a umidade atual é inferior à umidade crítica) causa estresse, porque uma célula em crescimento consome muito mais água que uma célula madura. A falta de água causa prejuízo ao crescimento celular. Dependendo do estágio, o prejuízo pode ser maior na raiz (até o V4), na folha e hastes (entre V4 e R6) ou nos órgãos reprodutivos (entre R6 e R9) (Figura 3).

Kg CH_2O alocado por 100 kg CH_2O oriundos da fotossíntese líquida

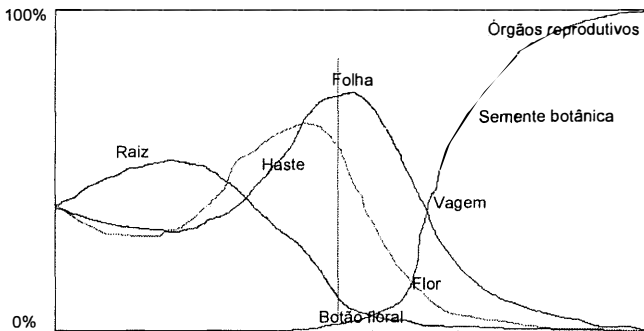


Figura 3. Alocação relativa (A_r , %) de carboidrato (oriundo da fotossíntese líquida) aos diferentes órgãos da planta, em função dos diferentes estádios fenológicos da cultura de feijão: (A) raiz, (B) folha e haste e (C) órgãos reprodutivos (FV: fase vegetativa e FR: fase reprodutiva).

Em função do sistema radicular ser 'dreno forte' (do ponto de vista de alocação de carboidrato) na primeira metade da fase vegetativa (Figura 3), a disponibilidade de água ($q > ET_m$) e de oxigênio é fundamental para que o volume de solo por planta seja maximizado, otimizando assim a disponibilidade dos nutrientes existentes no solo.

Sendo assim, torna-se imprescindível entender a disponibilidade de oxigênio no perfil de solo até a profundidade efetiva do sistema radicular (aqui adotada como 30 cm, a título de exemplo numérico) (Figura 4).

Em função da difusão (D) de oxigênio ocorrer na atmosfera para o ar do solo (Figura 4) e do maior teor de matéria orgânica na superfície, a disponibilidade de oxigênio no ar do solo decresce com o aumento da profundidade do solo. Assumindo que, quanto maior for a massa do sistema radicular, maior é a demanda por oxigênio, conclui-se que a massa de raiz diminui com a profundidade (Figura 5).

Sendo assim, teoricamente, a distribuição dos nutrientes no solo (fertilidade do solo) deveria levar em consideração a disponibilidade de oxigênio, principal fator que determina a distribuição de raiz no perfil do solo.

A lâmina líquida de irrigação (I , mm) deve ser aplicada para que umidade do solo esteja sempre entre a umidade crítica (valor mínimo) e a capacidade de campo (valor máximo) para que não haja estresse por falta ou por excesso de água, respectivamente. Sendo assim, tem-se que:

$$I = 10(\theta_{cc} - \theta_a)Ze \quad (5)$$

A complexa relação entre disponibilidade de água deve ser compreendida no intuito de melhor nortear as ações práticas de planejamento e de manejo.

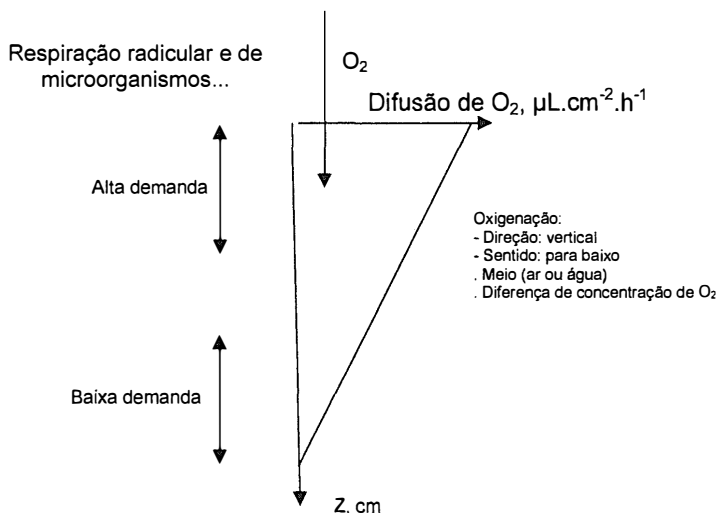


Figura 4. Disponibilidade de oxigênio no perfil de solo efetivamente explorado pelo sistema radicular da cultura de feijão.

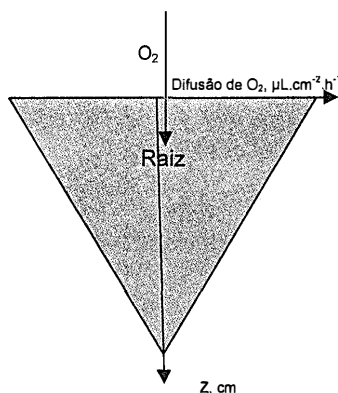


Figura 5. Distribuição do sistema radicular no perfil do solo.

5.1 Nitrogênio

A disponibilidade de nitrogênio no solo está intimamente dependente da atividade de microorganismos, que por sua vez depende da temperatura do solo e da disponibilidade de carbono (a matéria orgânica do solo é o fator mais limitante), de nitrogênio e de oxigênio (ar do solo), principalmente.

De maneira geral, o fator mais limitante é o teor de matéria orgânica (disponibilidade de carbono). Solos com alto teor de matéria orgânica proporcionam uma maior atividade (população) de microorganismos, tornando-o menos responsivo à adubação nitrogenada. Por outro lado, solos com baixo teor de matéria orgânica são altamente responsivos à adubação nitrogenada. A

responsividade é definida pelo teor de matéria orgânica do solo e pela produtividade almejada. Sendo assim, a oferta de nitrogênio pelo solo é dependente essencialmente do teor de seu matéria orgânica (Figura 6).

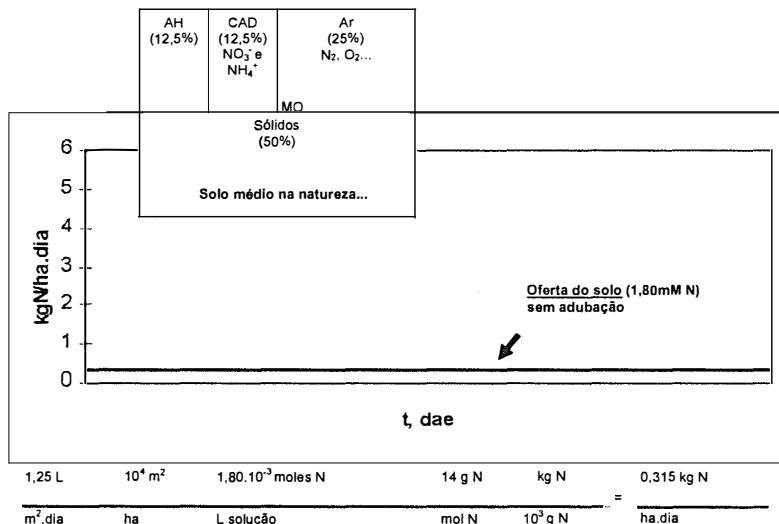


Figura 6. Disponibilidade de nitrogênio no solo em termos de taxa de oferta ($\text{kg} \cdot \text{ha} \cdot \text{dia}^{-1}$).

Considerando o teor médio de nitrogênio de 0,123% no solo, tem-se que o solo disponibiliza $4.428 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrogênio:

$$QND = \frac{0,123 \text{ kg}}{100 \text{ kg}} \cdot \frac{1,2 \text{ g}}{\text{cm}^3} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{\text{m}^3} \cdot \frac{10^4 \text{ m}^2}{\text{ha}} \cdot \frac{\text{kg}}{10^3 \text{ g}} = 4.428 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ N}$$

em que QND se refere à quantidade de nitrogênio disponibilizada no solo (de densidade de $1,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$), em função da atividade de microorganismos, até a profundidade de 30 cm (Figura 7).

Supondo, para a cultura de feijão irrigado, uma produtividade de $3.200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (13% de umidade), índice de colheita de 30%, teor de nitrogênio no grão de 1,3% e nas outras partes de 0,9%, eficiência da adubação nitrogenada (Ef, $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$) via fertirrigação de 41% e quantidade relativa de nitrogênio fornecida pelo solo de 65% (N_s , $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$), tem-se que: (i) produtividade de grãos secos (Pgs): $2.784 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, (ii) produtividade de outras partes (Pop): $6.496 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, (iii) exportação: $36,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrogênio, (iv) retorno com os restos culturais: $58,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, (v) extração: $94,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e adubação teórica recomendada teórica de $80,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Figura 8).

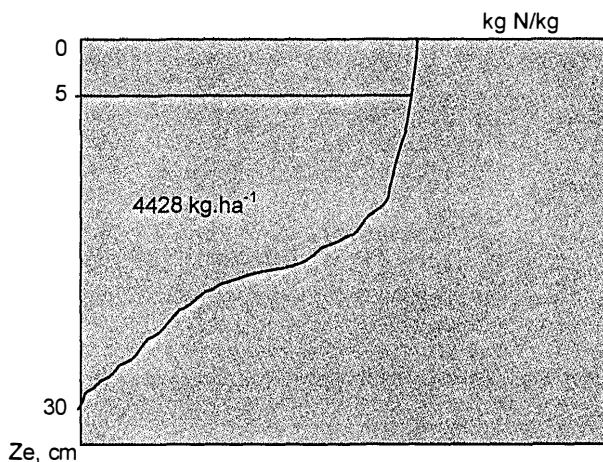


Figura 7. Quantidade de nitrogênio disponibilizado no solo até a profundidade de 30 cm.

A recomendação de adubação nitrogenada na cultura de feijão (Q_N , kg.ha^{-1}) pode ser efetuada através da seguinte equação:

$$Q_N = \frac{P_{gs}}{Ef.IC} [T_{Ng}.IC + (1 - IC)T_{Nop}] (1 - N_s) \quad (6)$$

em que a produtividade de grãos secos (P_{gs} , kg.ha^{-1}) e o índice de colheita (IC , kg.kg^{-1}) são assim definidos, respectivamente:

$$P_{gs} = Pg(1 - u) \quad (7)$$

$$IC = \frac{P_{gs}}{P_{gs} + P_{op}} \quad (8)$$

em que Pg se refere à produtividade de grãos (kg.ha^{-1}) com teor de água conhecido (u , kg.kg^{-1}).

A título de exemplo, tem-se que, em função da variação temporal da fitomassa seca total, a produção média diária é da ordem de $102,5 \text{ kg.ha}^{-1}$, considerando um ciclo de 90 dias e gasto de 60 kg.ha^{-1} de sementes (com 13% de umidade) (Figura 9).

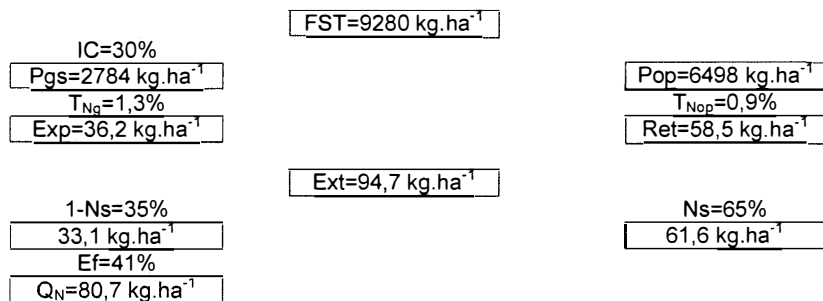


Figura 8. Fluxograma referente à recomendação de adubação nitrogenada na cultura de feijão: FST: fitomassa seca total, IC: índice de colheita, Pgs: produtividade de grãos secos, Pop: produtividade de outras partes, T_{Ng}: teor de nitrogênio no grão, T_{Nop}: teor de nitrogênio nas outras partes, Exp: exportação de nitrogênio, Ret: retorno de nitrogênio, Ext: extra.

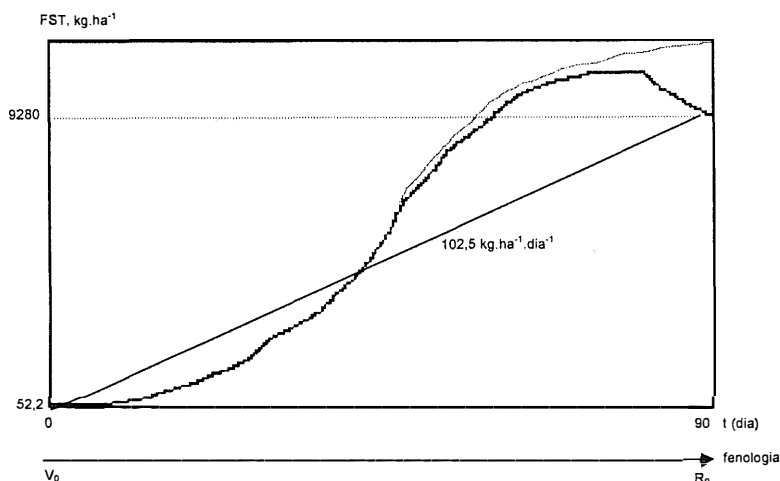


Figura 9. Variação temporal da fitomassa seca total da cultura de feijão.

Nesse caso específico, o teor médio de nitrogênio na planta é de 1,02%. Considerando a fitomassa seca total produzida de 9.280 kg.ha⁻¹, tem-se uma extração de 94,7 kg.ha⁻¹ (Figura 10), e uma taxa de absorção média de 1,05 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ de nitrogênio.

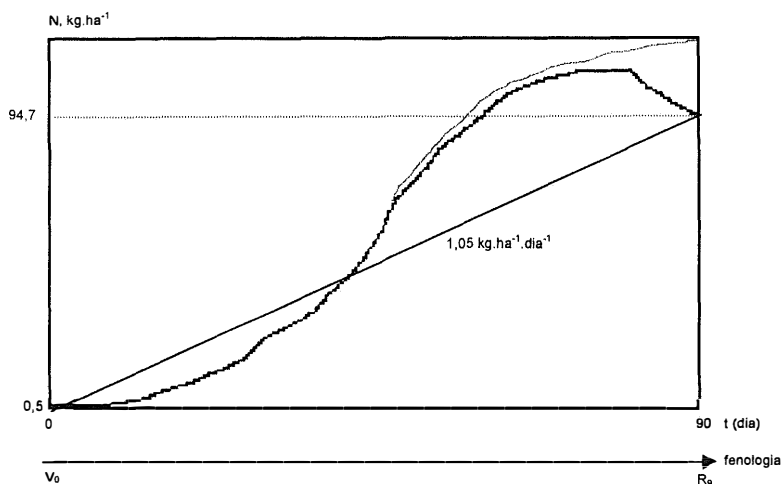


Figura 10. Marcha de absorção de nitrogênio.

Sendo assim, a taxa de absorção de nitrogênio pelo feijoeiro pode ser derivada, a qual define a demanda da planta, bem como quanto (recomendação de adubação nitrogenada) e quando aplicar (Figura 11).

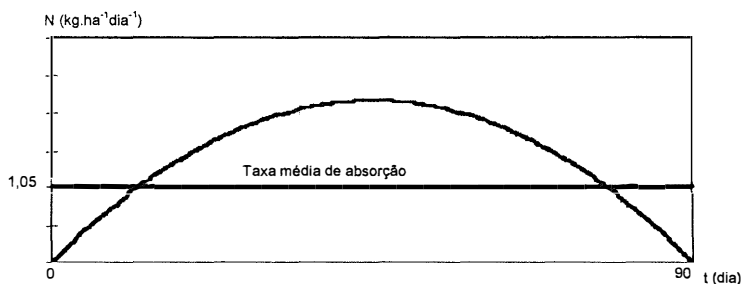


Figura 11. Demanda da planta caracterizada pela taxa de absorção de nitrogênio.

Em função da taxa de oferta de nitrogênio pelo solo e da taxa de demanda pela planta, pode-se melhor entender o porquê da adubação em semeadura e em cobertura, bem como definir quando e quanto aplicar em função da produtividade de grãos, do genótipo (teor de nitrogênio no grão e nas outras partes, bem como índice de colheita), da eficiência (fertilizante e forma de aplicação, principalmente), e da quantidade relativa de nitrogênio fornecida pelo solo (teor de matéria orgânica no solo) (Figura 12).

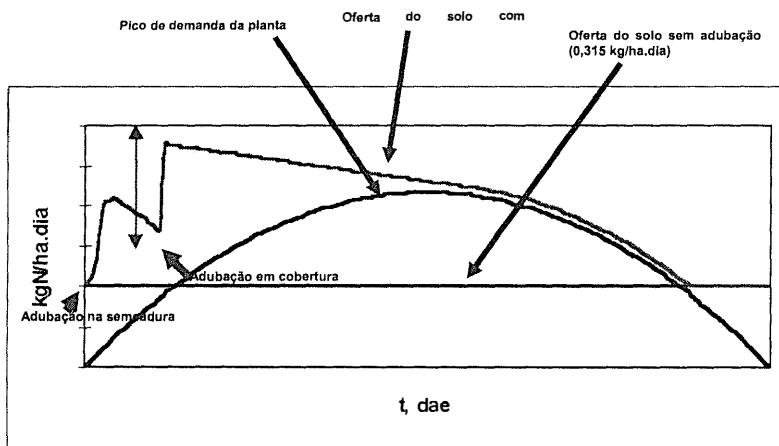


Figura 12. Recomendação de adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura em função da taxa de oferta do solo e da taxa de demanda pela planta.

Apesar da grande quantidade de nitrogênio total existente no solo, apenas cerca de 2% está disponível à cultura de feijão. O restante está imobilizado pelos microorganismos.

A título de ilustração, considerando o teor médio no perfil de 0,123% e uma camada superficial de 5 cm (devido a semente ser colocada a 3 cm de profundidade), tem-se no momento da semeadura $14,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrogênio disponível.

$$\frac{5\text{cm}}{30\text{cm}} \cdot \frac{2}{100} \cdot 4428 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} = 14,8 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$$

Sendo assim, $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na semeadura é praticamente o dobro da quantidade disponível. Recomenda-se aplicar nitrogênio na semeadura em função do efeito sinérgico, o qual pode ser observado em função da planta alocar mais carbono para fazer raiz no início do ciclo. Conseqüentemente, o volume de solo por planta é maximizado. Sendo assim, o solo fornece mais nitrogênio à cultura de feijão quando se aduba do que quando não se aduba.

O efeito sinérgico, bem como a quantidade relativa fornecida pelo solo e a eficiência da adubação nitrogenada, só pode ser determinado através da utilização de técnicas nucleares, como a utilização de nitrogênio marcado.

A título de ilustração, serão considerados os seguintes casos: (i) tratamento 1: sem adubação nitrogenada, (ii) tratamento 2: adubação nitrogenada com $94,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ utilizando uréia como fonte de nitrogênio, e (iii) tratamento 3: adubação nitrogenada com $94,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ utilizando uréia com nitrogênio marcado (a uréia nos dois casos possui 45% de nitrogênio, sendo que no tratamento 2 há apenas a abundância natural de ^{15}N , e no tratamento 3 a uréia foi enriquecida com ^{15}N , o que permite determinar a eficiência da adubação nitrogenada e a quantidade relativa de nitrogênio fornecida pelo solo).

No tratamento 1, sem adubação nitrogenada, a extração é a quantidade de nitrogênio fornecida pelo solo (Figura 13) e o índice de colheita diminui (para efeito de cálculo, serão considerados os mesmos teores de nitrogênio no grão e nas outras partes).

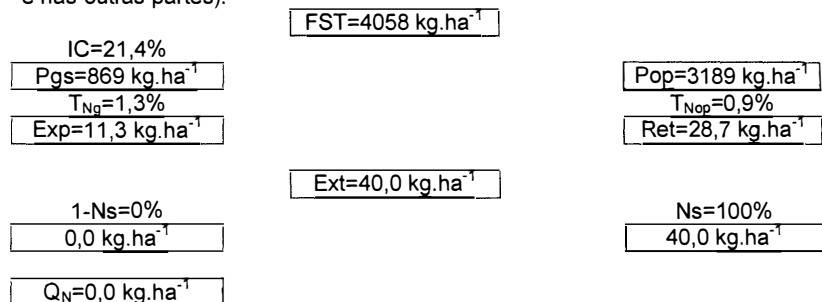


Figura 13. Fluxograma referente à produtividade de grãos de 999 kg.ha⁻¹ (u=13%) sem adubação nitrogenada (tratamento 1).

Se não houvesse o tratamento 3, o pesquisador poderia assumir que o solo havia fornecido 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio (em vez de 61,6 kg.ha⁻¹). Consequentemente, a eficiência seria superestimada para 68% (em vez de 41%).

A utilização de nitrogênio marcado permite verificar a correta eficiência e a correta quantidade de nitrogênio fornecida pelo solo. Isso permite verificar a economicidade das diferentes formas de aplicação. Sendo assim, ao fato do solo ter fornecido 61,6 kg.ha⁻¹ de nitrogênio quando se faz a adubação, quando comparado com 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio quando não se faz a adubação, dá-se o nome de efeito sinérgico da adubação nitrogenada, razão pela qual a adubação na semeadura é recomendada. A adubação em cobertura é recomendada no intuito de garantir que, durante todo o ciclo da cultura, a taxa de oferta do solo seja sempre superior à taxa de demanda pela planta.

6 População de plantas

O feijoeiro compensa a redução de população com o aumento do número médio de vagens por planta, dentro de uma certa faixa de população dependente da interação do genótipo com o ambiente.

A título de exemplo, considerar-se-á, como ordem de grandeza, a faixa de 180.000 plantas.ha⁻¹ (limite inferior) a 240.000 plantas.ha⁻¹ (limite superior) e 5 grãos por vagem com massa média de 0,26 g por grão (Figura 14).

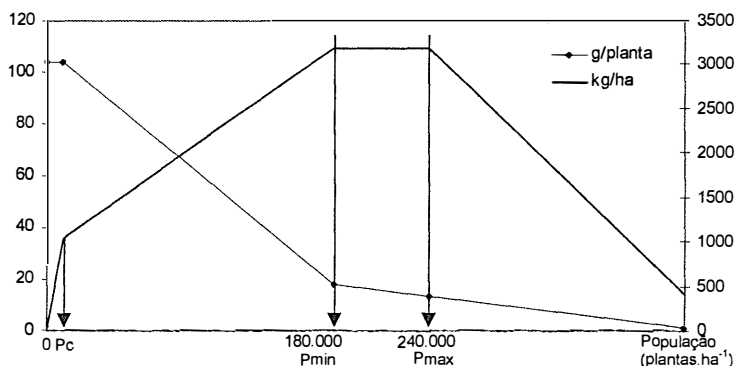


Figura 14. Produção de feijão por planta e por área em função da população.

Verifica-se que a produtividade de grãos é a mesma com a população variando de 180.000 a 240.000 plantas.ha⁻¹:

$$P_g = \frac{180.000 \text{ plantas}}{\text{ha}} \cdot \frac{13,6 \text{ vagens}}{\text{planta}} \cdot \frac{5 \text{ grãos}}{\text{vagem}} \cdot \frac{0,26 \text{ g}}{\text{grão}} \cdot \frac{\text{kg}}{10^3 \text{ g}} = 3.200 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$$

$$P_g = \frac{240.000 \text{ plantas}}{\text{ha}} \cdot \frac{10,2 \text{ vagens}}{\text{planta}} \cdot \frac{5 \text{ grãos}}{\text{vagem}} \cdot \frac{0,26 \text{ g}}{\text{grão}} \cdot \frac{\text{kg}}{10^3 \text{ g}} = 3.200 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$$

7 Considerações finais

Em função do exposto, tem-se que: (i) quanto maior for a profundidade efetiva do sistema radicular, menor será o risco de estresse hídrico; (ii) a maximização do volume de solo por planta depende da disponibilidade de água, de oxigênio e de nutrientes (fertilidade do solo), a qual visa otimizar os recursos disponíveis, minimizando estresse abiótico; (iii) a disponibilidade de oxigênio determina a máxima massa de raiz numa determinada camada do solo; (iv) a maior profundidade efetiva do sistema radicular e a maior disponibilidade de água no solo possibilita trabalhar com menores teores de nutrientes no solo (menores teores críticos); (v) a disponibilidade de água e de nutrientes deve ser entendida, no intuito de nortear as ações de planejamento e de manejo, do ponto de vista dinâmico. Porém, a quantificação da lâmina de irrigação é viabilizada pelo enfoque estático; e (vi) a responsividade do solo à adubação nitrogenada é tanto maior quanto menor for o teor de matéria orgânica no solo e maior for a produtividade almejada.

8 Referências bibliográficas

- FANCELLI, A.L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudo e discussão. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP, 1986. 131p.
- FANCELLI, A.L. Milho e feijão: Elementos para manejo em agricultura irrigada. Departamento de Agricultura/ESALQ/USP. Piracicaba. 14p. 1994.
- FANCELLI, A.L. A importância do enfoque sistêmico na produção agrícola. *Summa Phytopatologica*, v 20. p.61-63, 1994.
- FANCELLI, A.L.; Ecofisiologia: implicações práticas de manejo. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Sistemas de Produção de Feijão Irrigado.

- Piracicaba. Departamento de Produção Vegetal. ESAL/USP. p.196-211, 2001.
- FANCELLI, A.L. Enfoque sistêmico na adubação: guia para estudo e discussão. Departamento de Produção Vegetal. ESALQ/USP, 2003. 10p. (apostila).

ADUBAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Antonio Luiz Fancelli¹

Durval Dourado Neto²

Guy Mitsuyuki Tsumanuma³

1 Introdução

O solo sob vegetação natural encontra-se em equilíbrio dinâmico, em relação às propriedades que o caracterizam, pois está em conformidade com o clima, material de origem e posição ocupada no relevo. Assim, a retirada da vegetação natural, independentemente do método empregado para a sua remoção e da técnica utilizada para a implantação de projetos agropecuários, invariavelmente, produzirá mudanças significativas, que poderão acelerar as degradações químicas, físicas e biológicas do sistema.

Neste contexto, o estabelecimento de estratégias de manejo adequadas às condições locais, respeitando a aptidão agrícola, a capacidade de uso da terra e a capacidade suporte do meio, mostra-se imperiosa, objetivando a manutenção do potencial produtivo da área.

A estabilidade do sistema depende não somente da adoção de um conjunto de técnicas, mas, sobretudo, da compreensão das ações relativas à interação dos diferentes fatores de produção, no complexo solo-plantat-atmosfera (Fancelli, 1994).

Assim, em condições tropicais e subtropicais, a adoção de sistemas de produção que considerem as limitações locais, que promovam o revolvimento mínimo do solo e a assegurem a permanência de resíduos vegetais sobre a sua superfície, reduz sensivelmente os efeitos impactantes dos agentes de degradação do ambiente e de estresse de plantas (e animais) assegurando maior racionalidade na geração de recursos alimentares e de bens de sobrevivência.

2 A importância do enfoque sistêmico na produção agrícola

O planeta Terra é composto por inúmeros sistemas, apresentando complexidade diversa, dependendo do local estabelecido, através dos quais a vida flui, evolui e se mantém. Assim, um sistema ecológico característico de um determinado local é denominado de Ecossistema.

Os ecossistemas, através de seus componentes, 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).

¹ Engenheiro Agrônomo. MSc. Dr. e Docente do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Caixa Postal: 09 – Piracicaba/SP – 13418-900 – fone: (19) 3429-4115 – ramal:25. e-mail: fancelli@esalq.usp.br

² Engenheiro Agrônomo. MSc. Dr. e Docente do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Caixa Postal: 09 – Piracicaba/SP – 13418-900 – fone: (19) 3429-4284. e-mail: dourado@esalq.usp.br

³ Engenheiro Agrônomo. MSc. e Doutorando do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Caixa Postal: 09 – Piracicaba/SP – 13418-900 – fone: (19) 3429-4115. e-mail: guy@esalq.usp.br

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, esses organismos necessitam integrar suas populações, suas exigências alimentares e suas atividades diversas aos demais componentes do ecossistema, resultando em intrincadas relações de interação.

Todavia, a Agricultura (processo produtivo) provoca o rompimento desse estado de equilíbrio, devido ao fato de beneficiar (ou privilegiar) apenas determinados tipos de populações (espécies cultivadas), provocando conseqüente simplificação, unilateralidade e perda significativa da estabilidade biológica do sistema.

O sistema ecológico originado pela ação do Homem, mediante a transformação ou adaptação do ecossistema natural, apresentando como objetivos primordiais a geração de recursos alimentares e bens de sobrevivência, de forma localizada e abundante, é denominado de Agroecossistema (Fancelli, 1986).

O agroecossistema, face ao crescente contingente humano, segundo Fancelli (1994), assume determinadas características, tais como: (i) manutenção de extensas áreas em monocultura (especialização produtiva); (ii) plantas em níveis próximos à homozigose (pequena variabilidade genética dentro da população); (iii) alta densidade populacional; (iv) componentes selecionados para elevada produtividade (perda de genes e táticas de adaptabilidade); e (v) utilização de técnicas de manejo simplistas e padronizadas. Tais características fatalmente contribuirão para a instabilidade estrutural e funcional do sistema biológico considerado.

Contudo, a própria concepção da agricultura moderna, como atividade econômica, implica na exigência de simplificação e da especialização do sistema ecológico, pois o Homem necessita cultivar, manejar e colher de forma rápida, prática e eficiente.

O agroecossistema não apresenta mecanismo eficiente relacionado à resistência e equilíbrio, o que os torna um sistema inadequadamente moldado e extremamente frágil. Por essa razão, os ecossistemas simplificados (agroecossistemas) exigem para a sua regulação e funcionamento, contínuos subsídios ou aportes de energia, representados pela utilização de fertilizantes, inseticidas, fungicidas, herbicidas e combustíveis fósseis, principalmente.

Portanto, o reconhecimento da fragilidade, instabilidade e vulnerabilidade dos agroecossistemas, o emprego de técnicas e tecnologias apropriadas e energeticamente aceitáveis, bem como o desenvolvimento de atividades agrícolas fundamentadas em princípios científicos e no enfoque sistêmico, tornam-se imperiosos para a consolidação de uma agricultura racional, lucrativa e sustentável (Fancelli, 1986).

Neste contexto, o conceito de adubação de sistemas e de produtividade sustentável (e não de *máxima produtividade*), por se constituírem em estratégias de manejo muito mais apropriadas às nossas condições ecológicas, merecem especial destaque e consideração.

3 Definição e conceito de adubação de sistemas de produção

A adubação de sistemas de produção pode ser definida como sendo a estratégia de manejo que assegura, concomitantemente, a satisfação básica

das exigências nutricionais das espécies contempladas em um programa de rotação de culturas, o restabelecimento do equilíbrio biológico rompido pela monocultura intensiva e o respeito ao ritmo da natureza, quanto aos processos de mobilização, mineralização e ciclagem de nutrientes (Fancelli, 2003).

Portanto, esse novo conceito de fornecimento de nutrientes, não somente às plantas cultivadas, porém a todos os componentes do agroecossistema, implica na satisfação de suas necessidades com a redução significativa de carências, excessos e perdas.

Esse balanço, de equacionamento não muito simples, é função do sistema de rotação de culturas utilizado (seqüência e alternância de espécies vegetais), do ambiente de produção, das práticas de manejo adotadas (irrigação, plantio direto, adubação verde, além de outras) e das fontes de nutrientes empregadas.

Dentre as principais justificativas para a adoção de adubação com enfoque sistêmico, merecem especial menção: (i) assegurar o equilíbrio do sistema; (ii) garantir a manifestação do potencial produtivo do genótipo utilizado, minimizando as relações de estresse; (iii) melhorar a eficiência dos nutrientes fornecidos; (iv) melhorar o desempenho das plantas; (v) reduzir perdas de nutrientes; (vi) reduzir excesso de nutrientes, no tempo e no espaço; (vii) preservar a vida do solo e (viii) conservar o ambiente.

A definição ou a engenharia de um programa de adubação de sistemas deverá considerar sempre: (i) o programa de rotação de culturas apropriada para a região considerada, incluindo espécies comerciais e mantenedoras; (ii) o conhecimento satisfatório do clima e do tipo de solo da região ou da propriedade agrícola em questão; (iii) a seleção das técnicas necessárias para o cumprimento dos objetivos estipulados e (iv) a avaliação do impacto técnico, econômica, social e ambiental das ações a serem realizadas.

O conceito da adubação de sistemas deverá considerar aspectos de manejo envolvendo, de forma integrada (holística), principalmente, o solo, a rizosfera, os microrganismos, os nutrientes em si, o programa de rotação de culturas empregado e as espécies vegetais envolvidas no processo produtivo.

Tabela 1. Valoração dos principais elementos, de ordem prática, de um programa de adubação de sistemas de produção, com relação ao componente solo.

Matéria Orgânica	3 a 8 %
pH	5,0 a 5,7 (em água)
Água	Capacidade de campo ou disponibilidade mínima de 2 mm.dia ⁻¹
Temperatura de solo (*)	20 a 30 °C (mínima de 17°C)
Raiz	Abundante, profunda e ativa
Aeração (*)	Adequada (2 a 3 % de O ₂)
Organismos do solo	Diversidade apropriada para o local

(*) No ambiente radicular

Tabela 2. Principais implicações, de ordem prática, de um programa de adubação de sistemas de produção, com relação ao componente solo.

Matéria Orgânica	i) Fonte básica de nutrientes (principalmente micronutrientes); ii) Fonte de energia e de atividade para microrganismos; iii) Aumenta a disponibilidade e o desbloqueio de Fósforo; iv) Modula a disponibilidade e a imobilização de nutrientes em geral (principalmente o N) e v) Influencia o crescimento e a distribuição de raízes.
pH	i) Modula a taxa de fixação de fósforo; ii) Afeta a disponibilidade de nutrientes (principalmente micronutrientes); iii) Regula a taxa de decomposição da M.O.; iv) seleciona e afeta a vida de microrganismos; vi) Interfere na taxa de nitrificação e vi) interfere na permeabilidade de membrana e na taxa de infecção de patógenos, em geral.
Água	i) Extrema relevância para a vida (em geral); ii) Interfere no crescimento e desenvolvimento vegetal (inclusive raiz); iii) Interfere na vida do solo e na qualidade de exudatos e iv) Favorece e modula a absorção de nutrientes
Calor	i) Interfere no metabolismo de planta e na vida do solo e ii) Interfere no desempenho de raiz e absorção de nutrientes
Raiz	i) Determina a taxa de absorção e captura de nutrientes e água; ii) Responsável pelo rastreamento de água; iii) Responsável pela sustentação da Planta e iv) Interfere na vida do solo (exudatos radiculares)
Aeração	i) Interfere no crescimento e atividade de raiz ; ii) Influencia a vida do solo e iii) Interfere na disponibilidade e perdas de nutrientes
Organismos do Solo	i) Favorecem a obtenção e disponibilidade de nutrientes; ii) Podem estimular ou restringir o desenvolvimento vegetal (principalmente raízes) e iii) Diversidade garante processos de auto-regulação e equilíbrio

3.1 Solo

O solo, sob o ponto de vista agrônomo, é o substrato natural de plantas ou o produto da natureza resultante do intemperismo de rochas e da decomposição de resíduos orgânicos, aliado à ação de síntese e reorganização de partículas de natureza diversa. Para Buckman & Brady (1974), o solo pode ser definido como sendo um corpo natural, sintetizado em forma de perfil, composto de uma mistura variável de minerais, divididos em partículas, e de matéria orgânica em decomposição, que cobre a terra com uma camada delgada e que fornece, quando portadores de quantidades necessárias de ar e de água, amparo mecânico e nutricional para os vegetais.

Os solos, normalmente, são constituídos de quatro componentes principais como: minerais, matéria orgânica, ar e água; os quais, encontram-se tão intimamente interligados que torna extremamente difícil a sua plena separação. Esse fato favorece tanto as reações simples quanto as mais complexas; quer dentro dos grupos, quer entre si, possibilitando a criação de um ambiente ideal para o crescimento vegetal.

Inúmeros autores apresentam a sua composição volumétrica aproximada, baseando-se num solo barro-silteico, de superfície, com condições adequadas para o crescimento vegetal. Nesse tipo de solo, os minerais representam 45% de sua composição, enquanto que a matéria orgânica, ar e água, representam, respectivamente, cerca de 5%, 25% e 25% (Buckman & Brady, 1974).

Ainda, cumpre ressaltar que a composição volumétrica dos subsolos é, de certo modo, diferente das camadas superficiais (camada arável), pois apresentam teor mais reduzido de matéria orgânica e de cálcio, bem como quantidade reduzida de macroporos, resultando no maior adensamento e menor disponibilidade de ar. Por essa razão, o desempenho satisfatório das plantas cultivadas implica na construção de fertilidade em subsuperfície, bem como na facilitação do crescimento radicular em profundidade.

Neste contexto, Fancelli (2000) relata que o desenvolvimento, crescimento, arquitetura (*distribuição de raízes individuais no espaço tridimensional*) e funcionamento do sistema radicular poderão ser significativamente favorecidos por: (i) concentração de nutrientes (V%) nas camadas superficiais do solo não superiores a 65%, sobretudo se estiverem acompanhadas de baixa concentração de nutrientes em camadas mais profundas; (ii) redução do revolvimento excessivo do solo (*desestruturção do solo*); (iii) aeração satisfatória (*ou ausência de encrostamento elou compactação elou encharcamento do solo, resultando na baixa disponibilidade de oxigênio para as raízes*); (iv) baixa concentração de alumínio tóxico (*impedimento químico*); (v) temperaturas no ambiente radicular inferior a 39°C, aliadas a amplitudes térmicas não muito acentuadas (<15°C); (vi) disponibilidade satisfatória de fósforo ao longo do ciclo (*ênfase ao uso de fontes de fósforo com solubilidade gradual, em condições tropicais e em solos com alto teor de argila*); (vii) disponibilidade adequada de nitrogênio nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas (*principalmente na forma amoniacal*), inclusive para leguminosas (ou fabáceas); (viii) teores adequados de boro (*fornecidos via solo, mediante fontes de solubilidade média a baixa*); (ix) disponibilidade efetiva de cálcio ao longo do perfil do solo (*sobretudo na forma de sulfato de cálcio ou em meio a teores satisfatórios de enxofre*) e (x) baixos índices de salinidade de sulco (*proporcionado pelo uso de baixas quantidades de cloreto de potássio na semeadura, aliado ao seu correto posicionamento em relação às sementes*).

Ainda, o desenvolvimento e o crescimento vegetal exigem a disponibilidade satisfatória de todos os nutrientes, não apenas em quantidade, porém em relações específicas de equilíbrio, de forma a favorecer o seu pleno aproveitamento.

Quando os requerimentos nutricionais de natureza quantitativa e qualitativa não são atendidos, verifica-se nítida redução da área foliar e da eficiência de conversão da radiação interceptada, além de outros distúrbios, com conseqüente redução do potencial produtivo da cultura.

3.2 Rizosfera

No solo, uma camada exígua de acentuada interação com as raízes das plantas, denominada de rizosfera, pode ser considerada o palco de inúmeros processos bioquímicos, representados pela absorção e imobilização de nutrientes, síntese e decomposição de produtos orgânicos, bem como pela

troca ativa de materiais de natureza diversa entre os microrganismos e as raízes de plantas vasculares.

Em ecossistemas intactos, a mineralização e a decomposição da matéria orgânica encontram-se em equilíbrio dinâmico; ou seja, os minerais liberados são prontamente utilizados na construção de nova vida. Porém, a interferência indiscriminada no solo poderá afetar significativamente o funcionamento da rizosfera.

A taxa de mineralização da matéria orgânica pode variar mesmo em locais muito próximos, em função da composição da microflora, aeração, umidade e *pH* do solo, bem como da quantidade e do tipo de resíduo (relação C/N) presente no sistema.

A taxa de mineralização é mais elevada em solos úmidos, próximos à neutralidade (ou levemente básicos) e com adequado nível de material decomponível, aliado a épocas quentes. Ainda, a ausência de rotação de culturas também poderá contribuir significativamente para o incremento da taxa de decomposição, pois favorece a seleção de microrganismos específicos para o resíduo predominante.

Solos tropicais, permanentemente aquecidos, podem apresentar baixa disponibilidade de oxigênio, devido à intensa atividade microbiana. Esse fato poderá ser minimizado pela presença de cobertura morta recobrendo toda a superfície do solo. Por outro lado, a concentração de CO₂ da fase gasosa do solo, pode se apresentar, muitas vezes, superior em relação à atmosfera, sendo dependente da atividade biológica e de sua difusividade.

Assim, o balanço entre a disponibilidade de oxigênio e dióxido de carbono determina o ritmo de vida dos organismos presentes no solo, bem como afeta consideravelmente as reações e trocas entre o solo e as raízes.

As raízes mais finas absorvem água e nutrientes e, concomitantemente, cedem compostos orgânicos (produtos de excreção /secreção ou células mortas da rizoderme) ao solo, ao passo que as raízes mais grossas (1ª e 2ª ordem) apresentam a função rastreadora (bombeamento de água) e de sustentação.

As plantas são favorecidas por meio de troca recíproca com o rizoplane de material nutritivo (nutrientes, fontes de energia e bioestimulantes) e de secreções de antibióticos (substâncias de defesa) oriundos da atividade microbiana.

Na rizosfera encontra-se uma comunidade ativa de microrganismos, principalmente representada por bactérias e actinomicetos. Esta comunidade constitui o rizoplane, que atua intensivamente na atividade de raízes, a qual é favorecida pela presença de carboidratos solúveis, oligossacarídeos, ácidos orgânicos, enzimas, vitaminas, bioestimulantes e hormônios. Ainda, o muco que envolve a coifa das raízes, contém substância coloidal (*muscigel*), resultante da mistura de sua secreção com a massa de microrganismos mortos, que pode servir de substrato para a proliferação da microflora próxima às raízes, bem como para o aumento da estabilidade de agregados do solo.

O rizoplane é favorecido pela disponibilidade de oxigênio, água e *pH* (CaCl₂) em torno de 4,8 a 5,4; bem como pela ausência significativa de alternância de condições físico-químicas relacionadas à utilização indiscriminada de corretivos, fertilizantes e insumos, além de equívocos de manejo.

O pH ácido da rizosfera inibe diretamente o crescimento das hifas e a taxa de acidificação por fungos, em geral. Além disso, estimula o efeito das bactérias promotoras de crescimento das plantas, que têm o crescimento favorecido pelo N na forma amoniacal, além de promover o aumento da disponibilidade de manganês, zinco e de silício.

Portanto, reduzir a ação de bactérias nitrificantes mantendo o pH do solo (em água), abaixo de 5,5 (com saturação de bases entre 45 e 55), bem como evitar a lixiviação do nitrato, mediante a manutenção de palhada abundante (garantida, inclusive, pelo uso de adubação), constituem-se em inteligentes estratégias de manutenção do potencial produtivo do sistema.

3.3 Vida do solo e disponibilidade de nutrientes

A biologia do solo apresenta suma importância na oferta e na ciclagem de nutrientes, pois pode interferir diretamente no ciclo natural dos elementos minerais, nas características do solo, na incidência de pragas e doenças, bem como no desempenho vegetal. Portanto, o fornecimento de nutrientes em um programa de fertilização de solo, também deverá contemplar as exigências da meso e microvida presente no sistema solo.

Neste contexto, segundo Siqueira & Franco (1988), a maior relevância pode ser conferida ao carbono, ao nitrogênio e ao fósforo. Os dois primeiros, por terem acesso às plantas, via atmosfera e, o último, pelo baixo conteúdo total e pela disponibilidade restrita às plantas, característica da maioria dos solos tropicais.

Grande atenção tem sido destacada ao Nitrogênio, em razão desse nutriente ser requerido em maiores quantidades pelos vegetais, por ser o mais oneroso ao sistema, por necessitar da maior quantidade de energia para sua síntese e aplicação, por ser o mais poluente, por não possuir outras reservas no solo (a não ser a da matéria orgânica) e, principalmente, por apresentar um reservatório, praticamente, infinito, representado pela atmosfera.

Em relação ao carbono, o que mais preocupa é o excesso e sua franca disponibilidade, cuja acumulação na atmosfera, como resultado da queima de combustíveis fósseis, tem contribuído para a elevação da temperatura do nosso planeta em torno de 1,0 grau Celsius, nos últimos 80 anos.

O nitrogênio é o nutriente mineral mais abundante na matéria viva e, portanto, requerido em maior quantidade. A fixação biológica de nitrogênio (N_2) atmosférico é o processo pelo qual a maior parte desse elemento foi incorporada na matéria viva ao longo da história recente do planeta Terra. E, ainda hoje, o referido processo constitui o principal aporte desse nutriente ao solo.

Segundo Franco & Dübener (1994), o nitrogênio atmosférico é fixado por alguns microrganismos procarióticos, denominados microrganismos diazotróficos, incluindo diversos gêneros de bactérias, cianobactérias e actinomicetos do gênero *Frankia*, livre no solo ou associados às plantas e até aos animais. A simbiose de algumas leguminosas com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*; de cana-de-açúcar com alguns diazotróficos endófitos e a resposta de vários cereais, como o trigo, arroz e o milho, à inoculação com *Azospirillum spp.*, pode contribuir de forma efetiva para a sustentabilidade da agricultura tropical.

Estudos realizados em cilindros, sob condições de campo, usando o método de diluição isotópica ^{15}N , evidenciaram que a *Brachiaria decumbens* e

B. humidicola obtiveram, em média, 30 a 40% do nitrogênio, proveniente da fixação biológica, correspondendo a 45 e 29 kg/ha de N, respectivamente (Boddey & Victoria, 1986). Resultados semelhantes, têm sido obtidos com trigo e milho, mediante a associação das espécies mencionadas com bactérias do gênero *Azospirillum* e *Pseudomonas*, muito comuns em condições de solos brasileiros.

Os *Azospirillum* são microrganismos que apresentam a capacidade de fixação de nitrogênio, de forma livre, ao passo que as *Pseudomonas* são excelentes promotoras de crescimento de raízes. A sobrevivência e atividade desses microrganismos, na rizosfera, dependem do tipo de manejo imposto ao sistema de produção.

Da mesma forma, pesquisas com bactérias responsáveis pela nodulação do feijoeiro, têm demonstrado que a espécie *Rhizobium tropici*, apresenta acentuada eficiência na fixação biológica de nitrogênio, bem como possui maior tolerância a temperaturas elevadas. Ainda, a referida espécie de microrganismo, segundo Martinez-Romero et al. (1991) é mais adaptada a solos ácidos, além de se mostrar mais estável, sob o ponto de vista genético.

Para Stralio et al. (2002), variedades com sementes grandes apresentam maior potencial de fixação de N_2 do que linhagens com sementes pequenas. Da mesma forma, materiais precoces, como os do grupo Irai (maturação aos 75 dias), apresentaram maior potencial para a obtenção de nitrogênio simbiótico do que materiais de ciclo normal, como o Carioca (maturação aos 88 dias). Explicam os autores que, nos materiais com sementes graúdas e hábito de crescimento determinado e que paralisam o crescimento vegetativo após a floração, haveria a manutenção de um maior estoque de carboidratos na planta e, conseqüentemente, maior reserva energética para o processo simbiótico.

A abundante nodulação e a efetiva fixação biológica de nitrogênio deverão ser almejadas visando a maior eficiência, sustentabilidade e economicidade do processo. Para tanto, além da inoculação de sementes com bactérias altamente eficientes e do fornecimento de cobalto e molibdênio, também se recomenda o emprego de 15 a 25 kg/ha de nitrogênio, na semeadura (doses de arranque), apesar de essa medida parecer paradoxal.

Contudo, tem sido observado que as larvas de inseto do gênero *Ceratomyia* spp., principalmente *C. arcuata*, uma espécie de inseto vulgarmente denominado de "vaquinha", se alimenta dos nódulos de feijoeiro e que o prejuízo causado pela predação dos nódulos é muito maior que o dano provocado pelos adultos, em folhas (Teixeira, 1993). Assim, além do controle químico, mediante tratamento de sementes e pulverização no sulco de semeadura, o uso de *Beauveria bassiana*, nas duas modalidades de controle acima mencionadas, tem se mostrado promissor.

O papel das micorrizas (ecto e arbúsculo-vesiculares), na aquisição de nutrientes e água pelas plantas, tem sido amplamente estudado, por inúmeros pesquisadores. Micorriza é o resultado da associação da planta com um fungo micorrízico e tem papel fundamental na prospecção de fósforo e de outros nutrientes de baixa mobilidade em solos tropicais. Ainda, apresenta papel fundamental na otimização do crescimento das plantas, em condições de baixos insumos (Siqueira & Franco, 1988).

As micorrizas arbúsculo-vesiculares, também conhecidas como endomicorrizas, ocorrem, com raras exceções, de forma generalizada, em

solos tropicais, sendo influenciadas por fatores inerentes à planta, ao fungo, ao solo e ao clima. Não apresentam especificidade como na simbiose rizóbio-leguminosa, porém evidenciam respostas diferenciadas, em função solo e do fungo considerado.

As plantas vascularizadas que estabelecem uma relação associativa com fungos micorrízicos, podem ampliar significativamente a sua superfície de absorção em centenas a milhares de vezes. As *micorrizas* são capazes de complexar metais pesados, ligando-os as suas paredes celulares e mitigando o efeito desses elementos danosos na planta. O tipo mais importante de associação planta-fungos micorrízicos é representada pela micorriza vesicular-arbuscular (VA), produzidas por zigomicetos.

A *micorriza* é influenciada pelas condições de solo e de rizosfera, sendo significativamente reduzida pela presença de elevada concentração de fósforo solúvel (Cardoso, 1996) e por excesso de nitrogênio mineral (Larcher, 2000).

Devido à significativa exigência das leguminosas noduladas, em fósforo, a associação triplíce: planta-bactéria-fungo micorrízico mostra-se fundamental para liberação de nitrogênio e fósforo no processo produtivo, assegurando melhor desempenho vegetal.

Outro elemento que, normalmente é negligenciado no sistema de produção é o enxofre (S), que se mostra fundamental para o pleno funcionamento do complexo nódulo-planta. Resultados experimentais recentes apontam que as exigências mínimas relacionadas às culturas graminíferas e aos microrganismo do solo, oscilam entre o teor de 12 a 15 mg/dm³ de enxofre, no solo.

A falta ou a escassez de matéria orgânica no solo reduz a diversidade biológica, contribuindo para o incremento de microrganismos e nematóides parasitas de plantas.

Concomitantemente à decomposição da matéria orgânica, os microrganismos operam eficientemente a degradação dos compostos xenobióticos, promovendo a destoxificação e degradação de defensivos e de outros metabólitos, diminuindo a acumulação destes produtos no solo e na cadeia alimentar.

Finalmente, Mirkin et al. (2002), afirmam que a agricultura fundamentada apenas no uso indiscriminado de defensivos e fertilizantes objetivando produtividades máximas das plantas cultivadas, pode contribuir para a manifestação de efeitos colaterais significativos nem sempre avaliados em toda a sua extensão. Esses efeitos mencionados, normalmente, provocam a supressão de atividades saprofíticas e a redução da diversidade microbiana do solo, afetando a regulação da taxa de humificação e mineralização da matéria orgânica, acarretando distúrbios consideráveis ao ecossistema.

3.4 Manejo químico de nutrientes com enfoque sistêmico

O manejo racional da fertilidade do solo exige constantes investigações de comportamento dos fertilizantes e permanente observação da resposta da cultura às medidas corretivas impostas ao sistema. Portanto, é importante o desenvolvimento de pesquisas que simulem a condição de manejo do solo e da alternância de culturas passíveis de ser utilizada pelo produtor, bem como adequar o programa de adubação ao sistema de produção adotado.

No mundo globalizado, envolto à alta competitividade, deve-se sempre buscar a máxima eficiência econômica, pois “a máxima eficiência técnica,

representada pela obtenção da máxima produtividade, apenas alimenta o ego, enquanto a única que alimenta o bolso é a máxima eficiência econômica" (Altmann & Pavinato, 2001).

Dentre os nutrientes exigidos pelas plantas cultivadas, incluindo o feijão, o nitrogênio (N) merece especial destaque, em função de sua influência positiva ou negativa no metabolismo, desenvolvimento e produtividade vegetal.

Assim, o fornecimento tardio desse elemento, na lavoura de feijão, pode acarretar maior incidência de doenças e pragas, sobretudo ferrugem, mancha angular e mofo branco, além de mosca branca, trips e ácaros. Ainda, salienta-se que o fornecimento do nitrogênio em estádios avançados da cultura do feijão (próximo ao florescimento), sobretudo em variedades de crescimento indeterminado, poderá contribuir para redução da produtividade por favorecer a formação de um número excessivo de folhas.

O nitrogênio, devido ao seu efeito estimulador no desenvolvimento radicular, Garwood & Williams (1967) advertem sobre o risco potencial da ocorrência de elevada disponibilidade de nitrogênio apenas na superfície do solo, o que resultaria na concentração de raízes pouco profundas. Conclui-se, portanto, que a aplicação profunda de fertilizantes (10 a 15 cm), particularmente o nitrogênio, favorece o desenvolvimento das plantas, mesmo em condições de estresse hídrico, em função do aproveitamento da reserva de água presente nas camadas mais profundas do solo.

A forma química do nitrogênio, além de interferir nas perdas desse elemento, também afeta o desenvolvimento vegetal. O aumento da superfície específica do sistema radicular é, em geral, mais efetivo com o emprego de nitrogênio amoniacal quando comparado ao nitrogênio nítrico. (Marschner, 1995).

O nitrogênio promove o aumento da taxa de absorção de fósforo (P) por parte da planta, quando aplicados simultaneamente no sulco de adubação, sendo esse efeito mais evidente com o uso de nitrogênio amoniacal que com a sua forma nítrica. Esse fato pode ser explicado pelo abaixamento do pH na superfície da raiz devido a absorção de NH_4^+ , aumentando, assim a disponibilidade de fósforo para as plantas, conforme constatado por Blair et al. (1971).

O nitrogênio pode ser absorvido como cátion NH_4^+ ou ânion NO_3^- . A absorção de amônio provoca o abaixamento do pH, enquanto que a de nitrato resulta no efeito oposto. O nitrato é a principal forma disponível na maioria dos solos apresentando arejamento satisfatório. O fornecimento exclusivo de NH_4^+ às plantas pode causar inúmeros distúrbios devido a alterações na estrutura dos cloroplastos causadas pela toxicidade da amônia (NH_3). Todavia, em geral, o maior desenvolvimento das plantas é obtido com o suprimento conjunto e equilibrado de nitrogênio na forma de amônio e nitrato.

A diminuição da taxa de nitrificação, objetivando a manutenção do nitrogênio no solo, na forma amoniacal, é proporcionada pelo íon cloreto. Assim, o cloreto de potássio aplicado simultaneamente com a uréia ou com o sulfato de amônio, possibilita a manutenção, por maior intervalo de tempo, do nitrogênio na forma amoniacal, contribuindo para o crescimento do sistema radicular, para o aumento da absorção de fósforo do solo ou do adubo empregado, além de reduzir a taxa de lixiviação desse elemento.

O fósforo é caracterizado por apresentar elevada capacidade de formação de compostos de baixa solubilidade com o alumínio, ferro e cálcio,

além de se prender à argila. Esse fenômeno é denominado de fixação, o qual é influenciado pela superfície de contato entre o elemento considerado e os sítios de aprisionamento. Portanto, a redução do revolvimento do solo implica em menor superfície de contato entre o íon-fosfato, os elementos reativos e os colóides do solo, resultando em menor taxa de imobilização.

Assim, a maior disponibilidade de água em solo sob plantio direto, aliado ao acúmulo de fósforo nas camadas superficiais, e a sua menor taxa de fixação, promovem o aumento da disponibilidade desse nutriente para as plantas, podendo, em algumas situações, suscitar a possibilidade da redução da adubação fosfatada.

Todavia, recentes resultados experimentais evidenciaram a possibilidade de obtenção de incrementos de produtividade, inclusive para o feijão, quando o fósforo foi distribuído ao longo do perfil do solo, por 30 a 40 cm.

O Potássio também se encontra envolvido no transporte ascendente do nitrogênio das raízes para a parte aérea e descendente do malato para as raízes, assim como na síntese protéica, comprovando suas relações de interatividade.

A relação Nitrogênio:Potássio, objetivando a redução de estresse e distúrbios vegetais não deverá, de forma geral, exceder o valor correspondente a 1,5:1.

Com relação ao Cálcio, devido à sua imobilidade no floema, faz-se necessário o estabelecimento de estratégias que garantam a sua distribuição ao longo do perfil do solo, visto que não ocorre o crescimento de raízes na ausência desse nutriente. Desta feita, torna-se necessário o posicionamento do cálcio em maiores profundidades, que poderá ser obtido, diretamente, pelo uso criterioso do gesso agrícola, pela realização da calagem em duas etapas (antes da aração e gradeação), pela presença de matéria orgânica em decomposição e, indiretamente, pelos organismos do solo, que promovem a ciclagem desse elemento, notadamente, os anelídeos (minhocas).

Quanto aos micronutrientes, o manganês (Mn) e o cobre (Cu), exigem maior atenção em função da acentuada interatividade desses elementos com as mais diversas condições edafo-climáticas reinantes em ambiente tropical e subtropical.

Essa preocupação é corroborada por Altmann & Pavinato (2001), que mediante avaliações realizadas nas Fazendas Parnaíba e Planorte, constataram que os teores de manganês (Mn) e cobre (Cu) quase sempre se apresentavam baixos, exigindo a adubação foliar adequada para suprir deficiências freqüentes. Para os mesmos autores, o suprimento de Cu constitui-se em uma das maiores preocupações dos técnicos que atuam em toda a região do Cerrado, pois mesmo com aplicações anuais de mais de 1,5 kg/ha, o teor, no solo, desse elemento, continua baixo e, principalmente, o teor foliar dificilmente atinge o nível considerado suficiente (10 mg/kg).

Da mesma forma, os dados obtidos em avaliações realizadas por Leandro et al (2000), na cultura de soja, em sistema de plantio direto, indicaram que a limitação (*deficiência para excesso*) dos nutrientes foi: $Mn > Cu > Mg > N > K > P = S > Zn > Ca > Fe$. Concluíram, os autores, que os teores deficientes e baixos de Mn são conseqüência do uso de doses elevadas de corretivos agrícolas empregados na região e que a deficiência de cobre pode ser resultado das freqüentes aplicações de Zn nas formulações NPK e nas constantes aplicações foliares, mediante inibição competitiva.

Quanto ao Boro (B), em função de sua dinâmica no solo e na planta, esse micronutriente deverá ser fornecido, via solo, em pré-semeadura ou na semeadura, mediante o uso de fontes de solubilidade média a baixa.

Infelizmente, em função da limitação do atual tipo de extrator utilizado em análise de solo (água quente), o teor de boro resultante, normalmente, não tem permitido manejá-lo de forma correta e segura.

A elevação dos teores de ferro livre, de argila, de matéria orgânica e dos valores de equivalente de umidade, segundo Ferreira et al. (2001), reduzem significativamente a taxa de recuperação do B aplicado, pelos extratores estudados (água quente e CaCl_2 5mmol.L⁻¹), apesar do Ca Cl_2 ter se mostrado mais adequado para tal fim.

3.5 Rotação de culturas

Rotação de culturas ou Afolhamento consiste na alternância de espécies ou culturas, em um mesmo local, mediante o uso de seqüência racional e não arbitrária, de forma a assegurar ou restabelecer o equilíbrio biológico e a produtividade do sistema, debilitados pelo monocultivo intensivo (Fancelli, 1986).

A rotação de culturas não implica no emprego de um número determinado de espécies componentes do programa estabelecido e nem mesmo no número de anos relacionado à repetição de uma dada espécie. Um programa adequado de rotação de culturas está relacionado à ausência dos restos culturais da espécie a ser novamente implantada no local considerado.

A Rotação de Culturas apresenta como princípios básicos: (i) alternância de espécies apresentando exigências nutricionais distintas; (ii) alternância de espécies apresentando diferentes sistemas radiculares, quanto à arquitetura e profundidade de exploração; (iii) alternância de espécies não apresentando suscetibilidade aos mesmos patógenos e pragas e (iv) uso de uma ou mais espécies com elevada produção de resteva (ou restos culturais).

4 Estratégias básicas de manejo com enfoque sistêmico objetivando a obtenção de produtividade sustentável, redução de pragas e doenças e equilíbrio nutricional de plantas, com ênfase à cultura de feijão

Em função dos princípios ecológicos, da interação genótipo-ambiente e da nutrição no desempenho de plantas em sistemas agrícolas de produção, recomenda-se que o manejo seja sempre fundamentado na garantia do equilíbrio nutricional, na manutenção da matéria orgânica, na preservação da vida do solo 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 adaptabilidade e resistência inerente ao genótipo utilizado. Ainda, o manejo também deverá considerar as estratégias de minimização de estresses de natureza diversa, 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 também 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 e bioquímicas, melhor aproveitamento da água e favorecimento da síntese de fenóis e fitoalexinas. Ainda, imediatamente após o período de estiagem sugere-se a utilização de fósforo (ácido fosforoso ou fosfito), 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. No caso do feijoeiro, além da inoculação efetiva com *Rhizobium tropici*, em função da expectativa de produção, recomenda-se o fornecimento, na adubação de semeadura, de 15 a 25 kg/ha de N, bem como realizar a adubação de cobertura no estágio V4 (emissão do terceiro trifólio), quando necessário. O fornecimento do nitrogênio em cobertura, dentro do possível, deverá ser acompanhado de potássio e enxofre.

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 fúngicos e de insetos sugadores, deve-se evitar a aplicação tardia de fertilizantes nitrogenados, sobretudo em doses excessivas, distribuída em aplicação única. Da mesma forma, não se recomenda a aplicação foliar de nitrogênio, na forma de uréia, pois esse procedimento poderá afetar a integridade da cutina.

Com relação ao fósforo, em decorrência de suas funções na planta, aliado a 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 complementação foliar imediatamente após o final do florescimento.

Da mesma forma, visando evitar o enraizamento superficial e o "enovelamento" de raízes, o que poderia facilitar a interceptação do sistema radicular por patógenos, insetos e nematóides, bem como amplificar o efeito de veranico, recomenda-se 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 adequado 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, boro e manganês (com o auxílio do silício) e de baixas concentrações de alumínio, porém sem a exigência de sua ausência completa.

O potássio, visando contribuir com o uso eficiente da água por parte das plantas (minimização de estresse), favorecer a frutificação, bem como reduzir a

incidência de doenças e pragas, deverá sempre estar presente nos programas de adubação e, preferencialmente, ser aplicado a lanço e em pré-semeadura. Todavia, se o teor desse elemento for correspondente a participação na CTC inferior a 1,5%, não deverá ser dispensado o fornecimento de 20 a 30 kg/ha de K, na semeadura. No entanto, a definição da dose e época de fornecimento desse elemento exigirá criteriosa análise, fundamentada na sua disponibilidade e no 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, com baixo potencial produtivo e alta suscetibilidade a doenças e pragas, de forma geral.

O Cálcio, Magnésio e Enxofre, em decorrência de seus benefícios no metabolismo vegetal e 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 no aprofundamento de raízes e na produtividade refere-se ao uso de 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 (superior a 6,2 – em água), favorecendo a proliferação de estrategistas “r” (organismos oportunistas), que estão afeitos às mudanças bruscas de condições físico-químicas (ambientes instáveis) e contribuir para a diminuição considerável da população de organismos antagonistas.

Para o Magnésio (Mg), quantidades ou concentrações excessivas podem afetar a disponibilidade de cálcio e potássio, bem como contribuir para a restrição do crescimento radicular e alteração da composição dos exudatos, reduzindo o potencial produtivo das plantas e predispondo-as ao ataque e proliferação de muitas espécies de fungos patogênicos. Ainda, como o magnésio possui participação direta na fotossíntese e pode interferir decisivamente na absorção de fósforo e manganês (elemento fundamental para a defesa vegetal), a sua participação no equilíbrio de bases e a sua disponibilidade mínima ($5 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$), no solo, deverão ser continuamente monitoradas.

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 produtividade do feijoeiro e prevenção de pragas e doenças e que, normalmente, são negligenciados em sistema de produção, destacam-se o Cobre, o Boro e o 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 a baixa; ao passo que o Cobre e o Manganês, deverão ser aplicados, via foliar, no início da fase vegetativa e em pré-florescimento.

A predominância de tempo nublado e excesso de chuva próximo ou durante o período florescimento de leguminosas, principalmente de soja e de feijão, exigirá o fornecimento de B e Ca, via foliar (*pulverização visando flores e vagens jovens*), pois a condição edafoclimática resultante dificultará o

bombeamento desses elementos do solo para a planta, mesmo que estes se apresentem no solo em teores adequados.

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, principalmente do cobre, bem como favorecer o crescimento e a produção de metabólitos (micotoxinas) de fungos, além de poder contribuir para o aumento da população de afídios, principalmente.

5 Exemplo de cálculo de adubação de sistemas de produção com ênfase a fósforo (P)

Como exemplo de cálculo básico para o manejo de fósforo (P), mediante o conceito de adubação de sistema de produção, em um terreno, sob plantio direto, apresentando originalmente, 6 mg.dm^{-3} de P, visando a semeadura de feijão, após a cultura de milho, sem o fornecimento desse elemento, propõe-se:

(i) adubação (exportação) de milho (1º Ano):

(a) produtividade almejada = 8000 kg/ha ;

(b) necessidade de Fósforo = $8 \times 2,5 = 20 \text{ kg.ha}^{-1}$ de P = 45 kg.ha^{-1} de P_2O_5 ;

(c) considerando 50% de eficiência = necessidade real = 90 kg/ha de P_2O_5 (valor calculado sem considerar o conteúdo desse elemento no solo). Imediatamente após a lavoura de milho será utilizada a aveia preta (sem adubo), durante 60 dias, visando a reciclagem, a imobilização orgânica e distribuição de nutrientes ao longo do perfil do solo (principalmente P);

(ii) adubação (exportação) de feijão (1º Ano):

(a) produtividade almejada = 3000 kg.ha^{-1} ;

(b) necessidade de Fósforo = $3 \times 5 = 15 \text{ kg.ha}^{-1}$ de P = 34 kg.ha^{-1} de P_2O_5 ;

(c) considerando 50% de eficiência = necessidade real = 68 kg/ha de P_2O_5 (valor calculado sem considerar o conteúdo desse elemento no solo). Como não será realizada a adubação na implantação da cultura de feijão após a lavoura de milho, a quantidade de fósforo (P_2O_5) calculada para a produtividade almejada, deverá ser adicionada à adubação de semeadura do referido cereal.

Em função da quantidade de fósforo necessária, para se atingir o objetivo proposto, com redução de custos e aumento de eficiência, pode ser usada parte do P (40 a 30%), na forma de fosfatos reativos, principalmente em solos argilosos.

(iii) quantidade de fósforo (P_2O_5) empregada na semeadura do milho:

(a) quantidade Total = $90 + 68 = 158 \text{ kg.ha}^{-1}$ de P_2O_5 ;

(b) estratégia utilizada: 90 kg.ha^{-1} de P solúvel (semeadura) + 70 kg.ha^{-1} de P reativo (em pré-semeadura);

(iv) balanço parcial:

(a) fósforo total aplicado = 160 kg.ha^{-1} ;

(b) fósforo total exportado = 45 kg.ha^{-1} (Milho) + 34 kg.ha^{-1} (Feijão) = 79 kg.ha^{-1} ;

(c) saldo = 81 kg.ha^{-1} P_2O_5 .

Como o fósforo aplicado, em média, apresentará efeito residual de 30%, com base na discussão apresentada nos itens anteriores, tem-se: ($81 \times 0,3$) = $24,3 \text{ kg/ha}$ de P_2O_5 (Quantidade disponível para a próxima cultura, principalmente se o sistema de produção valorizar o plantio direto e a matéria orgânica); e

(v) balanço Final:

24,3 kg.ha⁻¹ P₂O₅ (Fósforo remanescente mínimo), 27,0 kg.ha⁻¹ P₂O₅ (conteúdo original de fósforo no solo) e 51,3 kg.ha⁻¹ P₂O₅ (disponível para a próxima cultura).

Sendo assim, em função dos cálculos efetuados e da implementação das medidas discutidas ao longo do presente texto, conclui-se que é possível, no próximo ano, continuar cultivando feijão somente com o emprego da adubação de milho.

6 Considerações finais

A agricultura tem experimentado, na última década, profundas transformações relacionadas aos aspectos técnicos, econômicos, políticos e sociais. Assim, o advento da agricultura de precisão, a modernização dos métodos de aplicação de insumos, a reorganização do setor produtivo e da agroindústria, a valorização da qualidade dos alimentos, a utilização de plantas transgênicas, o emprego cada vez maior da informática no processo produtivo, bem como a participação da sociedade no contexto conservacionista, têm contribuído para o desencadeamento da necessidade de revisão de conceitos e paradigmas no campo do conhecimento agrônomo. Da mesma forma, as estratégias de manejo também deverão ser submetidas à significativa remodelação, face às novas informações, tendências e conhecimentos recentemente gerados dentro do enfoque sistêmico de produção. E, nesse contexto, a adubação de sistemas aliada ao plantio direto, contribuirá significativamente para tal feito, pois envolvem a consideração das limitações locais e as relações de interação entre os nutrientes, o solo, o clima, a planta, a atmosfera e todos os demais elementos presentes no sistema.

7 Referências bibliográficas

- ALTIERI, M.A. Agroecology: Scientific basis of alternative agriculture. Westview Press, Boulder, CO. 254 p., 1987.
- ALTMANN, N.; PAVINATO, A. Experiências da SLC Agrícola no manejo da fertilidade do solo no cerrado. Informações Agrônomicas. n.94, p.1-4, 2001
- BLAIR, G.J.; MAMARIL, C.P.; MILLER, M.H. Influence of nitrogen source on phosphorus uptake by corn from soils differing in pH. **Agronomy Journal**, v.63, p.235-238, 1971.
- BODDEY, R.M.; VICTORIA, R.L. Estimation of biological nitrogen fixation associate with *Brachiaria* and *Paspallum* grasses using 15N labelled organic matter and fertilizer. **Plant Soil**, v.90, 265-292, 1986
- BUCKMAN, H. O.; BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos: Compêndio universitário sobre edafologia. Rio de Janeiro. Livraria Freitas Bastos. 594p. 1974
- FANCELLI, A.L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudo e discussão. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP, 1986. 131p.
- FANCELLI, A.L. Milho e feijão: Elementos para manejo em agricultura irrigada Departamento de Agricultura/ESALQ/USP. Piracicaba. 14p. 1994.
- FANCELLI, A.L. A importância do enfoque sistêmico na produção agrícola **Summa Phytopatologica**, v 20. p.61-63, 1994.
- FANCELLI, A.L.; Ecofisiologia: implicações práticas de manejo. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Sistemas de Produção de Feijão Irrigado.

- Piracicaba. Departamento de Produção Vegetal. ESAL/USP. p.196-211, 2001.
- FANCELLI, A.L. Enfoque sistêmico na adubação: guia para estudo e discussão. Departamento de Produção Vegetal. ESALQ/USP, 2003. 10p. (apostila)
- FRANCO, A.A.; DÜBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. **Summa Phytopatologica**, v 20. p.68-74, 1994.
- FERREIRA, G. B.; FONTES, R.L.F.; FONTES, M.P.F.; ALVAREZ, V.V.H. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.91-101, 2001.
- GARWOOD, E.A.; WILLIAMS, T.E. Growth, water use and nutrient uptake from the subsoil by grass swards. **Journal of Agric.Sci.**, v.69, p.125-130, 1967.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. Editora Rima Artes e Textos. São Carlos. 531p. 2000.
- LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P. de; OLIVEIRA, S.A.; CHITOLINA, J.C.; NAVES, M.A.T.; LIMA, A dos S. Avaliação do estado nutricional da soja, em sistema de plantio direto, na região de Rio Verde, GO, pela análise foliar. In: FERTBIO-2000 – Biodinâmica do Solo, Santa Maria, 2000. Resumos. 2000. p.138-139.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2ed. London: Academic Press Limited, 674p. 1995
- MARTINEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A.; GRAHAM, P.H.; PARDO, M.A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena sp* trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.41, p.417-426, 1991.
- MIRKIN, B.M.; KHAZAZIEV, F. Kh.; SUYUNDUKOV, Y.T.; KHAZIACHMETOV, R.M. *Soil fertility Management: an Agroecosystem Approach*. **Eurasian Soil Science**, v.35, n.2, p.203-209. 2002.
- MONTALDO, P. *Agroecologia del tropico americano*. Costa Rica. IICA. 207p. 1982.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. *Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília. MEC/ABEAS. Lavras/ESAL/FAEPE, 1988. 235p. (série Agronomia).
- STRALIOTTO, R; DEL PELOSO, M.J.; ZIMMERMANN, F.J.P.; ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. Avaliação da produtividade de linhagens de feijoeiro de diferentes tipos de grão sob adubação nitrogenada e inoculação. In: Reunião Brasileira de Fertilidade de Solo e Nutrição de Plantas, Rio de Janeiro, 2002. Resumos. SBCS, 2002. p.51.
- TEIXEIRA, M.L.F. Efeito de *Ceratomyxa arcuata* Olivier (Coleoptera: Chrysomelidae) na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Itaguaí. UFRRJ, 1993. 176p. (Dissertação de Mestrado).

A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA IRRIGADA

José Machado¹

Devanir Garcia dos Santos²

Antônio Félix Domingues³

1 A questão da disponibilidade hídrica

Essencial à vida, a água é elemento necessário às diversas atividades humanas, constituindo componente fundamental da paisagem e do meio ambiente. Recurso de alto valor que apresenta múltiplos usos, como geração de energia elétrica, abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação, recreação, aquicultura, piscicultura, pesca e assimilação e condução de efluentes. Entretanto, a quantidade de água é finita, e sua disponibilidade diminui gradativamente devido à degradação do meio ambiente, crescimento populacional e expansão da fronteira agrícola.

Apesar de estar sempre se renovando, a água é um recurso escasso, principalmente para aqueles mananciais com altas demandas, que acabam por não dispor de capacidade para atender às crescentes derivações. A conciliação de demandas cada vez maiores com limitada oferta é um problema atual que tende a agravar-se. Assim, não é a capacidade de satisfazer necessidades básicas de seres humanos e animais que confere à água o atributo de bem econômico, mas sim a sua disponibilidade menor que a quantidade total demandada, considerados qualidade, local e períodos específicos.

No passado, necessidades de recursos hídricos podiam ser atendidas pelas disponibilidades naturais sem maiores investimentos que aqueles necessários à captação, ao transporte, tratamento e distribuição d'água. O aumento populacional e o desenvolvimento econômico, mais intenso nas regiões de relativa abundância de água, acabaram, de um lado, por reduzir suas disponibilidades em alguns locais e, de outro, por tornar atraentes regiões com menor disponibilidade desse recurso, exigindo, entretanto, maiores investimentos para obtê-la.

A sociedade moderna ampliou consideravelmente a diversidade de usos das águas, tornando o quadro complexo com o aparecimento de demandas conflitantes. Nas regiões industrializadas, de exploração mineral e de concentração populacional, ocorre a degradação das águas, estabelecendo conflitos com usuários que necessitam de água de boa qualidade.

¹ Graduado em Ciências Econômicas pela Faculdade de Economia e administração da Universidade de São Paulo – USP, Pós Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Professor de Economia na UNIMEP, Deputado Estadual, Deputado Federal, Prefeito de Piracicaba-SP e atualmente exerce o cargo de Diretor Presidente da ANA.

² Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal de Lavras, mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente pela Universidade de Brasília, atualmente Gerente de Conservação de Água e Solo da ANA

³ Engenheiro Agrônomo formado pela ESALQ-USP, Secretário de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (90/91), Secretário de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (94), atualmente Superintendente de Conservação de Água e Solo da ANA

2 Características da água no mundo⁴

1,4 bilhão de pessoas no mundo não têm acesso regular à água potável. 6 mil crianças morrem por dia porque não têm acesso à água potável. 4 milhões de pessoas morrem por ano de doenças de veiculação hídrica. 50% da população mundial terá problemas de acesso a água potável em 2005. A Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, realizada em 1992, em Dublin, definiu um conjunto de princípios estratégicos para a questão da oferta de água, sendo que dois deles destacam a importância desse recurso: (i) a água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para a sustentação da vida, desenvolvimento e meio ambiente; e (ii) a água possui valor em todos os seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

A crescente escassez de recursos hídricos e a degradação dos corpos d'água conduziram inúmeros países à introdução dos mais variados sistemas de cobrança pelo uso da água e pela poluição hídrica. A utilização de instrumentos econômicos tem-se revelado mais eficiente no controle da poluição hídrica do que os tradicionais instrumentos de comando e controle. Além disso, os instrumentos econômicos possibilitam a obtenção de melhores resultados com menores custos. O princípio do usuário-pagador tem sido o principal mecanismo econômico de gestão dos recursos hídricos e de controle da poluição ambiental.

De acordo com este princípio, os usuários dos recursos hídricos são os responsáveis pelas despesas necessárias à manutenção dos corpos d'água dentro de certos padrões de qualidade e quantidade. Assim, todos os usuários de água devem ser chamados a efetuar o pagamento. Os recursos financeiros decorrentes da cobrança têm por finalidade financiar investimentos que visam ao aumento da disponibilidade dos recursos hídricos e à manutenção dos corpos d'água dentro de certos padrões de qualidade.

O Brasil é um país com uma considerável disponibilidade de recursos hídricos, 12% da água doce do mundo, sendo seu volume de águas superficiais estimado em 5.330 km³/ano, representando uma média "per capita" de aproximadamente 32.000 m³/hab/ano. Entretanto, a distribuição regional é bastante heterogênea e essa média cai para 4.800 m³ por habitante/ano no Sudeste, 4.000 m³ por habitante/ano no Nordeste chegando alguns estados brasileiros a disporem de menos de 2.000 m³ por habitante/ano.

O crescimento demográfico e o desenvolvimento sócio-econômico são freqüentemente acompanhados de um rápido aumento na demanda mundial de água, especialmente nos setores industrial e doméstico. O uso industrial, por exemplo, é previsto dobrar até 2025 se a atual tendência de crescimento se mantiver.

Da mesma forma, observa-se forte tendência de crescimento da demanda para abastecimento humano, tendo em vista não apenas o crescimento populacional, mas principalmente a melhoria da qualidade de vida das populações, que guarda relação direta com o consumo de água nos centros urbanos.

A alimentação humana e animal têm sua origem na agropecuária e as expectativas mundiais apontam para uma necessidade crescente de produção

⁴ FONTE : Conselho Mundial da Água, Federação Internacional de Sociedade da Cruz Vermelha

de alimentos, com uma projeção de duplicação dessa demanda até o ano de 2025. Isso implica na possível ampliação da área agrícola e/ou no aumento da sua eficiência de produção, demandando um maior consumo e uso eficiente da água.

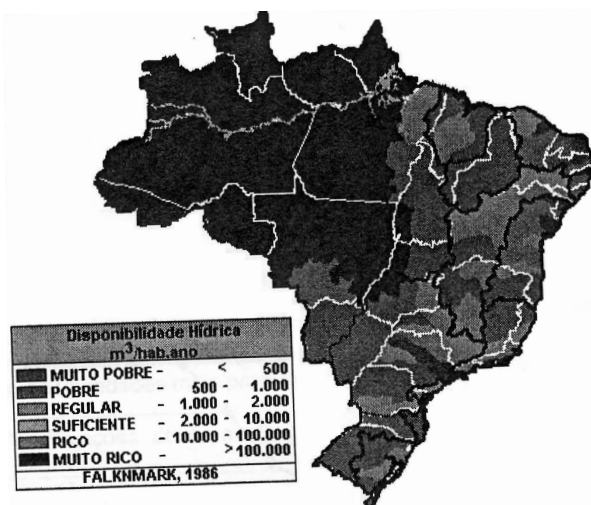


Figura 1. Evolução da demanda hídrica.

Para preservar e garantir acesso à suas reservas e corpos hídricos, nos diversos pontos do território brasileiro, às gerações atuais e futuras, o Brasil deverá promover uma gestão eficiente, que busque uma equalização intertemporal e qualitativa da água.

O cenário existente aponta para uma necessidade de focar a água como insumo estratégico e recurso natural limitado. Do ponto de vista de insumo estratégico, a ênfase maior deve ser colocada no seu uso e, portanto, requer-se uma racionalização desse uso para evitar perdas em quantidade (desperdício) e qualidade (contaminação). Do ponto de vista do recurso natural limitado, o foco deverá ser centrado na conservação e revitalização das bacias hidrográficas e na preservação de água de boa qualidade.

Essa indispensável visão holística em relação à água faz da agricultura irrigada brasileira, setor que demanda ações coordenadas e integradas, principalmente no âmbito interministerial e das instituições vinculadas, o principal foco de intensificação de trabalhos em favor de um programa nacional para o uso racional da água, com articulações entre os setores público e privado, para que o crescimento seja compatível com as expectativas demográficas, com manejo sustentável dos recursos hídricos e com os programas voltados para o abastecimento interno e exportações.

Nas últimas décadas tem crescido a área irrigada no Brasil, cabendo destacar o seguinte: (i) os agricultores sempre têm respondido positivamente aos programas governamentais de incentivos à expansão da agricultura

irrigada; (ii) no fim da década de 1960, o país dispunha de 400.000 ha irrigados, a maioria concentrada no sul do país.

Na década de 1970 instituiu-se o sistema de planejamento do setor, capacitaram-se recursos humanos e atingiu-se os primeiros 500.000 ha irrigados; (iii) na década seguinte, através do PROVÁRZEAS e PROFIR, foram implantados 1,58 milhões de hectares; (iv) o PRONI e o PROINE, em 1986, permitiram que se entrasse na década de 1990 com cerca de 3,0 milhões de ha irrigados, cifra que prevalece até o presente; e (v) a partir dos anos 90, tem-se observado uma tendência à desativação dos programas de incentivo a irrigação privada instituídos pelo Estado.

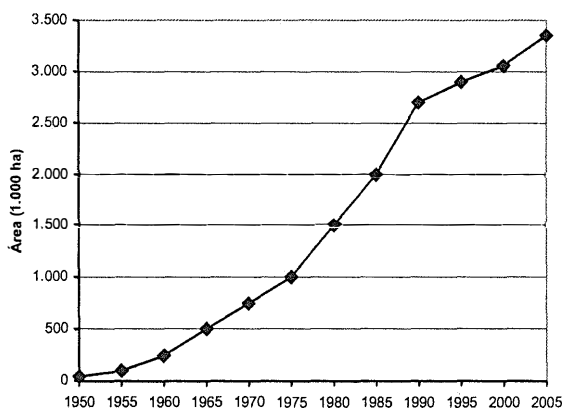


Figura 2 Evolução da área irrigada no Brasil (adaptado de Christofidis, 2002).

Estudo recente em apoio à formulação do Plano Nacional de Recursos Hídricos informa que a irrigação é responsável pela retirada de 56% da água total retirada dos corpos de água.

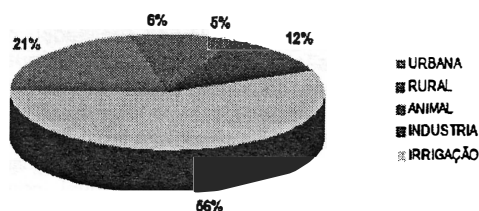


Figura 3. Totais percentuais de retirada de água por setor usuário de recursos hídricos no Brasil em 2002.

A dotação média unitária de água para irrigação, no Brasil, é $0,39 \text{ L.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$, considerando operação 24 horas por dia, 365 dias por ano, que equivale à dotação de $12.300 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, fazendo com que a demanda média de água para irrigação atinja algo em torno de $1.290 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

Estimativas feitas pela ANA apontam para um crescimento relativo da agricultura irrigada mais significativo em áreas de cerrado da região Centro-Oeste e nos estados de Minas Gerais, Bahia, Tocantins, Roraima, e até mesmo no sul do Maranhão e do Piauí, dependendo de melhoria na infra-estrutura viária, energética e de armazenamento.

Com relação ao restante da região Nordeste, a expansão somente será possível, com a ampliação na infra-estrutura (construção de grandes obras hidráulicas) de iniciativa governamental e de outros arranjos institucionais de apoio à atividade.

Quanto às regiões Sul e no restante da região Sudeste o crescimento será com a implantação de sistemas de irrigação localizada em café e na fruticultura e menor expansão relativa das áreas de grãos irrigadas por aspersão. Ou seja, os agricultores buscarão explorar culturas com maior valor econômico. As áreas de arroz irrigado não devem crescer no mesmo ritmo no Rio Grande do Sul, pois a preferência será dada à manutenção das áreas com utilização de variedades mais produtivas.

Tabela 1. Projeções de áreas (ha) irrigadas para as diferentes regiões do Brasil.

Região	2010	2020
Norte	152.500	377.500
Nordeste	805.000	955.000
Sudeste	1.065.000	1.215.000
Sul	1.445.000	1.695.000
Centro-Oeste	402.500	577.500
Brasil	3.870.000	4.820.000

Fonte: Estudos Técnicos de apoio ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, MMA/ANA

Verifica-se que é projetada para 2010 uma área média irrigada no Brasil de 3,8 milhões de hectares. Para 2020, por sua vez, estima-se a área irrigada brasileira de 4,8 milhões de hectares.

Considerando os resultados esperados nos programas de racionalização do uso da água na irrigação, obtêm-se valores de demanda unitária conforme apresentados a seguir.

Tabela 2. Projeções de demandas unitárias de água para irrigação, para as diferentes regiões do Brasil.

Região	Demandas Unitárias ($\text{L.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$)		
	2002	2010	2020
Norte	0,35	0,333	0,298
Nordeste	0,45	0,428	0,383
Sudeste	0,30	0,285	0,255
Sul	0,40	0,380	0,340
Centro-Oeste	0,35	0,333	0,298

Fonte: Estudos Técnicos de apoio ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, MMA/ANA

Tabela 3. Projeções de demandas de água para irrigação nas diferentes regiões do Brasil.

Região	2010 (m ³ /s)	2020 (m ³ /s)
Norte	50,7	112,3
Nordeste	344,1	365,3
Sudeste	303,5	309,8
Sul	549,1	576,3
Centro-Oeste	133,8	171,8
Total	1.381,2	1.535,5

Fonte: Estudos Técnicos de apoio ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, MMA/ANA

3 A necessidade da gestão e do planejamento (uso racional)

Estima-se que, em âmbito mundial, apenas 45% da água captada nos mananciais para irrigação é efetivamente utilizada pelas plantas, 15% é perdida nos sistemas de distribuição, 25% na aplicação e 15% nos sistemas de condução (Serageldin, 1995). No Brasil, a situação é um pouco melhor, estima-se que o aproveitamento ou a água efetivamente utilizada pelas plantas é de 50%. A racionalização da água na agricultura irrigada tem como principal objetivo reduzir o desperdício da água utilizada e abrange desde a captação até a aplicação na cultura.

Para fazer o uso racional da água, nessa atividade, diferentes ações podem ser desenvolvidas como, evitar perdas na captação, no armazenamento, na distribuição, fazer impermeabilização de canais, fazer manutenção preventiva e corretiva de equipamentos e tubulações, substituir métodos e sistemas de irrigação por outros mais eficientes, dimensionar o sistema de irrigação adequado à cultura e às condições de solo e clima, conduzir a irrigação em condições climatológicas adequadas, fazer manejo de irrigação entre outras.

A escolha adequada do método e sistema de irrigação leva em consideração fatores de solo, clima, disponibilidade hídrica, tipo de cultura, disponibilidade financeira e nível de instrução do irrigante. Existem vários métodos e sistemas de irrigação e para cada um desses, uma vasta gama de acessórios que atendem as mais diversas necessidades.

O manejo da irrigação é o processo que estabelece a necessidade de água com volume apropriado para garantir o balanço hídrico do solo, de modo a viabilizar os níveis de produtividade exigidos. Permite identificar, com base em critérios técnicos, o melhor momento de irrigar e define a quantidade de água adequada para atender as necessidades hídricas da cultura. Para conhecer a quantidade de água disponível no solo e para fazer o manejo de irrigação também existem diferentes equipamentos, softwares e metodologias disponíveis.

O uso da água na agricultura irrigada também pode ser otimizado fazendo-se opções por culturas que dão maior retorno econômico por unidade de área ou unidade de água consumida. Também é aconselhável que os produtores adotem cultivares adequados à irrigação.

Existem, portanto, inúmeras possibilidades de racionalização do uso da água na agricultura, para diferentes níveis de investimentos, restando ao técnico, juntamente com o agricultor escolher a melhor metodologia para cada situação.

Em todos os casos, as grandes motivações para a mudança de paradigma serão sempre de cunho econômico e ambiental. Do ponto de vista econômico, a racionalização possibilita significativas reduções no volume de água utilizado na irrigação ao maximizar a eficiência de uso da água, reduzindo os gastos com energia e os custos para o usuário. Do ponto de vista ambiental, além de manter favoráveis as condições de umidade do solo e de fitossanidade da planta, com acréscimos na receita do usuário em função do aumento da produtividade, amplia em muito a sustentabilidade dos empreendimentos ao reduzir, significativamente, a pressão sobre o maior insumo da agricultura irrigada que é a água.

A aplicação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos introduzidos pela Lei 9.433/97 é de grande importância para a racionalização do uso da água na agricultura irrigada. Por essa razão, é fundamental que esta atividade, como maior usuária de água, ajuste-se aos instrumentos de gestão de recursos hídricos e às novas diretrizes do setor para garantir a sua sustentabilidade, atender a demanda de produtos agrícolas e compatibilizar sua demanda de água com os múltiplos usos dos recursos hídricos.

4 A legislação

As iniciativas do Governo para o ordenamento da gestão de recursos hídricos, decorrente da criação da Secretaria de Recursos Hídricos - SRH (1995) no âmbito do Ministério do Meio Ambiente e da Agência Nacional de Águas – ANA (2000), representam os grandes marcos para o início da reversão desse processo. Estes novos marcos institucionais chegam em um momento crítico. Os problemas vêm-se acumulando e requerem atenção especial para se alcançar o desenvolvimento econômico e social de uma maneira sustentável e proporcionar a gestão dos recursos hídricos observando: (i) conservação, (ii) preservação, (iii) uso eficiente, (iv) equidade econômica e social na alocação dos recursos hídricos entre usuários, (v) melhoria na operação dos reservatórios de águas superficiais, e (vi) melhoria na monitoria da quantidade e qualidade e na prospecção de águas subterrâneas. É essencial a implementação de ações direcionadas a resolver, ou pelo menos mitigar estas questões, para poder-se promover o desenvolvimento sustentável do uso desses recursos.

Os objetivos do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil devem ser consistentes com as políticas econômicas e institucionais do país e com a estratégia setorial dos recursos hídricos. Os principais objetivos são: promover condições para o uso sustentável e alocação intersetorial dos recursos hídricos progressivamente escassos, oferecer processos, informações confiáveis e ferramentas eficazes para tomada de decisão dentro de um marco legal (regulamentar – institucional) justo e moderno que considere a participação de todos os agentes envolvidos na tomada de decisão.

O Código das Águas, estabelecido pelo Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934, consubstancia a legislação básica brasileira de águas. Ele assegura uso gratuito de qualquer corrente ou nascente de água para as primeiras necessidades da vida e permite a todos usar águas públicas, conformando-se com os regulamentos administrativos. Impede a derivação das águas públicas para aplicação na agricultura, indústria e higiene, sem a existência de concessão no caso de utilidade pública e de autorização nos outros casos.

Estabelece, também, que a ninguém é lícito conspurcar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízos a terceiros e ressalta que os trabalhos para salubridade das águas serão realizados à custa dos infratores que, além da responsabilidade criminal, se houver, responderão pelas perdas e danos que causarem.

O Código de Águas apesar de representar um grande avanço na gestão dos recursos hídricos no Brasil, tinha ainda uma visão de gestão setorial e de domínio sobre o bem água que dificultava a maximização de sua alocação, criando privilégios para alguns setores usuários.

A Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988, iniciou um novo processo de gestão de recursos hídricos no Brasil, apesar de ter tratado de águas apenas no que diz respeito à competência para legislar sobre elas e também no que tange a seu domínio, nada dispondo sobre a disciplina de seu uso.

Para disciplinar o adequado uso da água, iniciou-se uma ampla discussão no âmbito do legislativo que culminou com a promulgação da Lei 9.433/97, chamada "Lei das Águas", a qual baseia-se nos seguintes fundamentos: (i) a água é um bem de domínio público; (ii) a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; (iii) em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; (iv) a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; (v) a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; (vi) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

Ao instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos, essa Lei definiu claramente seus objetivos, as diretrizes gerais de ação e os instrumentos necessários à sua execução.

5 Plano de Recursos Hídricos (PRH)

São planos de longo prazo que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos Recursos Hídricos. São elaborados por bacia hidrográfica, contém o diagnóstico da situação atual, o balanço hídrico da bacia, a prioridade de outorgas, os critérios de cobrança e as restrições de uso dos recursos hídricos com vistas a sua preservação.

O PRH contribui para a racionalização do uso da água na medida que, de comum acordo com os estudos técnicos e as aspirações dos habitantes da bacia hidrográfica, define quanta água poderá ser utilizada em cada setor usuário. Uma vez feita essa definição, o órgão gestor responsável por aquela bacia só outorgará até aquele limite, para aquele setor.

No caso da agricultura irrigada, quando o limite estabelecido para esse setor for inferior à disponibilidade de solos irrigáveis, haverá uma limitação da quantidade de água outorgada por irrigante. Nesses casos, se o agricultor quiser produzir mais com a quantidade de água outorgada, necessariamente, terá que otimizar sua irrigação, evitar desperdícios e adotar métodos e sistemas mais eficientes, ou seja, ele terá que racionalizar o uso da água.

O PRH também define as áreas aptas à irrigação, considerando disponibilidade hídrica e classes de uso do solo.

6 Enquadramento

Refere-se ao enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água. Esse procedimento visa assegurar às águas a qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Alguns métodos e sistemas de irrigação permitem o retorno da água utilizada na irrigação para os corpos de água. Essa água de retorno carrega adubos e agrotóxicos utilizados nas culturas contaminando os mananciais onde é recebida. O enquadramento zela pela qualidade das águas, apontando em que classe as águas de um manancial deverão se enquadrar, para que no futuro possa atender ao uso mais limitante. Se um sistema de irrigação tiver água de retorno em quantidade e qualidade que vá alterar significativamente a qualidade da água de um rio, a ponto de causar problemas ambientais, o irrigante estará infringindo a lei e poderá ser autuado pelos órgãos ambientais. Diante dessa exigência, o agricultor terá que utilizar métodos e sistemas de irrigação mais eficientes, evitar perdas por vazamentos e infiltrações em canais e ficar atento à qualidade da água de retorno.

7 Outorga

A outorga é um ato administrativo discricionário que faculta a particulares e a prestadores de serviços o uso do recurso hídrico em condições pré-estabelecidas. Tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Os usos sujeitos a outorga são: derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água; extração de água de aquífero subterrâneo, lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, aproveitamento dos potenciais hidrelétricos, outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água em um corpo de água.

A outorga está condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos PRH, respeita a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e preserva a multiplicidade dos usos dos recursos hídricos. É efetivada por ato da autoridade competente, seja do Poder Executivo Federal, dos estados ou do Distrito Federal. A ANA é o órgão responsável pelas outorgas nos corpos de águas de domínio federal, enquanto que os órgãos gestores de recursos hídricos estaduais são os órgãos responsáveis pelas outorgas em rios de domínio dos estados.

8 Cobrança pelo uso da água

A cobrança pelo uso de recursos hídricos tem como objetivo reconhecer a água como bem econômico dando ao usuário uma indicação de seu real valor, incentivar a racionalização do uso e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. Os valores arrecadados com a cobrança serão aplicados na bacia hidrográfica em que foram gerados, e serão cobrados aqueles usos sujeitos a outorga.

A água é um bem público e como tal, todos têm direito ao uso, mas também é um bem limitado, e quando alguém se apropria desse bem para utilizar em sua atividade, ele deixa de estar disponível para outras pessoas ao longo da bacia. Sendo assim, é razoável que aqueles que dele se utilizar façam uma compensação à sociedade para amenizar os prejuízos. Esse é o princípio da cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica, que aqueles que usam paguem para gerar recursos que serão aplicados em melhorias da bacia que beneficiará toda sociedade, reduzindo assim os prejuízos sociais causados pelo uso individual.

Cabe aos comitês de bacia definir o preço da água a ser cobrado dos usuários, a forma de aplicação dos recursos e as ações prioritárias a serem implementadas na bacia, ou seja, é o comitê quem decide o quanto cada usuário deve investir para ter os benefícios inerentes a seus recursos hídricos bem cuidados. A cobrança não é mais um imposto aplicado pelo governo, é sim, um valor pago pelos usuários de água de uma bacia hidrográfica (como fazem os condôminos) para terem certos benefícios.

A cobrança pelo uso da água contribui para a racionalização do uso da água na agricultura de duas formas basicamente: (i) como a cobrança implica em uma saída de recursos financeiros da conta do irrigante, é de interesse dele que a quantia paga seja a menor possível. Mas não interessa a ele fazer essa economia reduzindo a área irrigada, senão a receita dele também será menor, então naturalmente, o agricultor vai procurar evitar desperdícios e melhorar a eficiência da sua irrigação. Cada vez mais, ele vai procurar produzir mais gastando menor quantidade de água; e (ii) o comitê de bacia pode decidir que as ações prioritárias em que serão aplicados os recursos arrecadados são ações que resultem em maior disponibilidade de água para a bacia, como programas de conservação de água e solo, proteção de mananciais, proteção de áreas de recarga, campanhas educativas para a população, programas de educação ambiental em escolas, promoção de cursos de treinamento para irrigantes, e tantas outras ações que resultem em otimização do uso dos recursos hídricos, melhorando a qualidade e aumentando a disponibilidade para todos os usuários.

9 Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH)

SIRH é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Tem como objetivos reunir, consolidar e divulgar os dados, manter atualizadas as informações sobre Recursos Hídricos e fornecer subsídios à elaboração dos planos de recursos hídricos. Fornece a disponibilidade hídrica nacional e regional, dando subsídios para outorga do direito de uso das águas superficiais e subterrâneas.

O SIRH contribui para a racionalização de água na agricultura ao fornecer informações sobre a disponibilidade hídrica da bacia o que subsidia os processos de outorga.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos foi criado com as finalidades de coordenar a gestão integrada das águas, arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos, implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos e promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Sua denominação foi dada ao conjunto de órgãos e entidades que atuam na gestão dos recursos hídricos no Brasil.

A Lei 9.433/97 estabeleceu um arranjo institucional claro para a gestão compartilhada do uso da água. Descreve-se a seguir os organismos criados a partir da instituição do novo sistema.

9.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)

CNRH é o órgão mais elevado da hierarquia do sistema em termos administrativos, a quem cabe decidir sobre as grandes questões do setor, além de dirimir as contendas de maior vulto.

O CNRH criado pelo Decreto N.º 2.612, de 03 de junho de 1998, é o órgão máximo normativo e deliberativo.

9.2 Agência Nacional de Águas (ANA)

A ANA é uma autarquia federal com autonomia administrativa e financeira vinculada ao Ministério de Meio Ambiente - MMA.

A ANA tem como missão regular o uso da água dos rios e lagos de domínio da União, assegurando quantidade e qualidade para usos múltiplos, e implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - um conjunto de mecanismos, jurídicos e administrativos, que visam o planejamento racional da água com a participação de governos municipais, estaduais e sociedade civil. Tais mecanismos são parte da Lei 9.433/97, que instituiu o princípio dos usos múltiplos. Além de criar condições técnicas para implantar a Lei das Águas, a ANA contribui na busca de solução para dois graves problemas do país: as secas prolongadas, especialmente no Nordeste, e a poluição dos rios.

É sua atribuição também a responsabilidade pela execução da Política Nacional de Recursos Hídricos, e a implementação, em sintonia com os órgãos e entidades que integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, os instrumentos de gerenciamento. Dentre eles, a outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água, a fiscalização destes usos, a promoção do uso racional dos recursos hídricos e a conservação de água e solo.

9.3 Conselhos estaduais de recursos hídricos

Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos são instâncias recursais com referência às decisões tomadas pelos Comitês de Bacias Hidrográficas de rios de domínio estadual.

9.4 Comitês de bacias hidrográficas

Tipo de organização inteiramente novo na administração dos bens públicos, contando com a participação dos usuários, das prefeituras municipais, da sociedade civil organizada, das administrações estaduais e federal, e destinados a agir como o "parlamento das águas da bacia", pois são os comitês os fóruns de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica.

9.5 Agência de água

Agência de Água – (mais conhecida como Agência de Bacia) também um tipo de organização inteiramente novo, que serve como o braço executivo técnico de seu(s) correspondente(s) comitês, destinada a gerir os recursos oriundos da cobrança pelo uso da água, desenvolvendo a chamada engenharia do sistema.

Exercerão a função de Secretaria Executiva do respectivo Comitê e a sua criação está condicionada, em cada bacia, à prévia existência do

respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica e à viabilidade financeira, a qual poderá ser assegurada pela cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

10A experiência do Paraíba do Sul

Embora a cobrança pela utilização dos recursos hídricos já estivesse prevista na legislação brasileira desde os anos trinta, a efetiva implementação da cobrança só se inicia em 2001 no Vale do Jaguaribe, no Ceará, e, em 2002 no Paraíba do Sul. O uso perdulário da água, principalmente no abastecimento, na indústria e na irrigação, e a ocorrência de níveis elevados de poluição, são decorrências diretas da falta de preços sinalizadores.

O grande desafio à implantação do novo sistema de Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil é o de viabilizar a cobrança pelo uso da água e superar a dicotomia hoje existente, em que o controle da quantidade e a qualidade do recurso são feitos por instrumentos e órgãos distintos.

A aplicação dos recursos oriundos da cobrança pelo uso da água no aumento da sua disponibilidade e na melhoria da sua qualidade possibilitará a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental, pois os parâmetros que definem o valor dessa cobrança decorrem sempre do volume utilizado, seja na forma de captação ou de lançamento de efluentes. Sendo assim, a implementação da cobrança poderá servir como instrumento de apoio à superação da dicotomia referida anteriormente, se for baseada em critérios adequados e instalada de forma integrada.

A cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul possibilitou o início efetivo da gestão de uma bacia nacional. Foi uma proposta conjunta da ANA e do Comitê para a Integração da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul - CEIVAP e que suscitou importante processo de discussão e negociação em torno da metodologia e dos critérios de cobrança. Esse processo, que foi amplamente divulgado, foi iniciado em fevereiro de 2001 e teve suas propostas concluídas em novembro de 2002, com a aprovação do CNRH. A cobrança iniciou efetivamente em março de 2003.

A proposta tinha como pressuposto principal a simplicidade conceitual e operacional para que possibilitasse sua aplicação a curto-prazo na Bacia do Paraíba do Sul. A cobrança instituída tem caráter educativo e transitório, dada a sua necessidade de aperfeiçoamento e por se tratar de assunto ainda não regulamentado em nível nacional. A metodologia e os critérios de cobrança adotados irão vigorar por três anos a partir do início efetivo da cobrança.

Na construção do pacto em torno da cobrança o Laboratório de Hidrologia da COPPE/UERJ desenvolveu as propostas técnicas colocadas na mesa de negociação. As negociações compreenderam seminários, eventos técnicos e reuniões formais do CEIVAP e contando sempre com a participação intensa dos diferentes atores envolvidos, em particular do setor usuário da iniciativa privada.

O pacto condensado ao longo do processo de discussão é que a cobrança na fase inicial deveria ser universal e aplicável a todos os usuários da bacia ficando isento somente os usos considerados insignificantes para efeito de outorga de direito de uso, definidos nessa fase inicial pelo CEIVAP como aqueles cuja captação ou derivação não exceda um litro por segundo, com seus efluentes correspondentes, e PCHs com potencia instalada de até 1 Mw.

A metodologia de cobrança adotada pelo CEIVAP é simples e envolve a quantificação dos volumes captados, consumidos e efluentes lançados,

signalizando a importância do uso racional de recursos hídricos nos aspectos de quantidade e qualidade, pois, quanto melhor a qualidade dos efluentes lançados, maior é o desconto. Uma outra simplificação foi a adoção de um único parâmetro de poluição, indicativo de tratamento ou não dos efluentes baseado na demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias (DBO₅).

Os critérios de cobrança definidos pelo CEIVAP variam de um setor para outro, e essa diferença tem como objetivo minimizar o impacto econômico nos custos de produção das diferentes atividades econômicas. Para o caso de indústrias e saneamento básico onde o preço público unitário (PPU) foi fixado em R\$ 0,02 por m³, o preço final de cobrança para cada elemento gerador de cobrança é de: (i) R\$ 0,008 por m³ de água captada; (ii) R\$ 0,02 por m³ de volume consumido; (iii) R\$ 0,0002 por m³ de água captado para a irrigação e (iv) variando entre R\$ 0,00 (100% de remoção de DBO) a R\$ 0,02 (sem nenhuma remoção) por m³ de efluentes lançados.

Para se ter uma idéia do valor pago pela agricultura irrigada, um pivô central de 100 há, com lâmina anual de irrigação igual a 500 mm, gasta um volume de 500.000 m³ por ano de água e paga por essa água, na Bacia do Paraíba do Sul, R\$ 100,00.

Como se observa no quadro a seguir, a ANA tem repassado ao Comitê da bacia do rio Paraíba do Sul a totalidade dos recursos arrecadados.

Tabela 4. Repasse do dinheiro arrecado.

Balanco financeiro		
Fluxo de caixa		
Histórico	Crédito	Débito
Arrecado em dez/2003	704.423,91	
Arrec. 2004	5.943.892,77	
Repasse-Mar	-	2.004.123,73
Repasse-Abr	-	527.168,11
Repasse-Mai	-	679.299,87
Repasse-Jun	-	634.017,71
Repasse-Jul	-	491.084,24
Repasse-Ago	-	447.090,75
Repasse-Set		390.260,51
Repasse-Out		501.416,98
Repasse-Dez		446.156,27
Soma	6.648.316,68	6.622.356,50
Recursos disponíveis		25.960,18

Fonte: ANA

Os valores arrecadados serão empregados nos investimentos previstos no plano de bacia, que abrange e trata a Bacia do Paraíba do Sul como um todo. Os interesses locais, regionais e estaduais na aplicação dos recursos arrecadados deverão ser negociados e pactuados no âmbito do CEIVAP e do planejamento global da bacia, condição essencial para construção da identidade da bacia do Paraíba do Sul.

11 Desafios para a irrigação

A área irrigada no mundo é de aproximadamente 260 milhões de hectares, o que representa em torno de 17% da área cultivada. Esse pequeno

percentual é responsável por 40% da produção de alimentos, ou seja, a produtividade da agricultura irrigada mundial é de 2,4 vezes a da agricultura de sequeiro.

No Brasil, a área irrigada está estimada em torno de 3,3 milhões de hectares, que corresponde a cerca de 5% da área total cultivada no país. Essa área irrigada gera 16% da produção agrícola e representa 35% do valor total da produção. Portanto, no Brasil, cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro, em produtividade agrícola, e a sete hectares de sequeiro em produtividade econômica. Esses dados mostram que agricultura irrigada brasileira tem uma produtividade superior à média da agricultura irrigada mundial.

O Brasil tem uma área potencialmente irrigável de 30 milhões de hectares, o que representa um enorme potencial de terras agrícolas aptas à irrigação.

Por outro lado, a expansão da área irrigada no mundo é cada vez mais problemática não só devido à indisponibilidade crescente dos recursos hídricos (qualitativa e quantitativa) como a rigidez cada vez maior da legislação ambiental, restrições econômicas, salinização e outras formas de depredação, inclusive a desertificação.

De qualquer forma, mesmo países com abundância de água doce, devem encarar a água como um recurso escasso, de vez que é finito e facilmente poluível, dependendo de um controle diversificado, com destaque para a proteção do solo.

A irrigação permite ampliar a oferta de alimentos com menor expansão da fronteira agrícola, possibilitando a preservação ambiental das áreas não ocupadas. Além desse ponto positivo, a agricultura irrigada gera grande quantidade de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva do agronegócio e, principalmente, cria empregos para a mão-de-obra sem qualificação do meio rural, permite a fixação do homem no campo, leva o desenvolvimento para diferentes regiões, contribui para melhoria da distribuição de rendas e gera divisas para o país, ajudando a equilibrar a balança comercial brasileira.

De acordo com as previsões de crescimento populacional, a produção agrícola de hoje precisa ser dobrada até o ano 2020 para atender a demanda de alimentos. Com essa perspectiva, a agricultura irrigada é essencial para atender a demanda alimentícia atual e futura. No entanto, essa atividade tem que ser conduzida de forma responsável e sustentável do ponto de vista econômico, social e ambiental.

Toda atividade econômica causa impactos negativos ao meio ambiente, não sendo a agricultura irrigada uma exceção à regra. O crescimento da área irrigada apresenta inúmeros riscos para o meio ambiente, os quais poderão ser agravados, reduzidos ou até mesmo eliminados, dependendo dos cuidados observados na condução da atividade.

Um dos principais problemas do setor refere-se à magnitude dos volumes de água necessários ao desenvolvimento da atividade e a sua característica de ser um uso eminentemente consuntivo. Conforme já observado anteriormente, existe hoje tecnologia, que nem sempre eleva os custos para os usuários, mas que são extremamente eficientes para restringir esse uso ao estritamente necessário ao desenvolvimento das culturas.

Com relação a outras formas de degradação como a poluição difusa (qualidade da água) e a erosão (quantidade) o grande problema é que a

população local tem uma cultura acomodatória sobre estes problemas, sendo necessário estimular e orientar a discussão, inclusive para demonstrar que são as atividades locais que geram os problemas, requerendo, portanto, iniciativas também locais para a sua solução.

No caso da erosão e poluição difusa causadas por manejo inadequado do solo na agricultura irrigada, todo esforço de preservação ou recuperação será insuficiente se no processo já instalado de produção (que tende a se ampliar e intensificar) não forem incorporadas tecnologias, processos ou práticas de conservação de solo e água que tenham aplicação ampla no processo produtivo, de pequenos, médios e de grandes produtores em todo o território da bacia.

Um bom exemplo é o do plantio direto que substitui práticas mecânicas (aração e gradagem para o revolvimento), que desprotegem o solo, por método que utiliza e valoriza princípios físicos, orgânicos e biológicos (cobertura com restos de cultura) que protege o solo, acolhendo e conservando a água das chuvas e de irrigação e evitando a erosão. Nas condições brasileiras, para cada 1kg de grão produzido, em média, perdemos 10kg de solo, sendo que essa perda se reduz para 1kg com a técnica do plantio direto, que hoje já ocupa uma área de 17 milhões de ha e que precisa ser ampliada para uma diminuição dos sedimentos depositados nos corpos hídricos. E isso pode ser feito sem investimento direto do governo, mas apenas com mobilização, apoio à organização, treinamento, e adequação de linhas de crédito.

Trata-se, pois, de uma ampla oportunidade para os profissionais da área de contribuir para vencer o complexo desafio, presente e futuro, de garantir os recursos hídricos e ambientais para a humanidade.

12Notas finais para a cultura do feijão

É inquestionável a importância do feijão na alimentação do brasileiro. No entanto, por razões diversas e não claramente investigadas, seu consumo no Brasil tem-se reduzido significativamente, o que tem provocado algumas incertezas quanto ao futuro da produção e do consumo desse alimento.

Esse cenário leva à reflexão: pairam-se contradições sobre a cultura, havendo até mesmo receio de segurança alimentar caso falte feijão no prato do brasileiro, não há explícita preocupação, por parte dos planejadores da política, em se entender a organização e tentar resolver as dificuldades dos segmentos da cadeia produtiva desse produto.

Vale lembrar que apesar da forte concorrência de produtos mais voltados para o mercado externo, o feijão continua numa posição de destaque no agronegócio brasileiro, pois, no período de 1990 a 2002, respondeu por 5,2% da renda agrícola total, sendo o oitavo produto em renda, ficando atrás da soja (17,1%), milho (13,9%), cana de açúcar (13,5%), café (8,1%), laranja (7,4%), banana (7,08%) e arroz (7,05%).

A oferta de feijão no Brasil pode ser considerada presente em todas as épocas do ano. Em função desta característica, é comum os agentes de mercado referirem-se à cultura como uma hortaliça. Distinguem-se três tipos de sistemas produtivos: feijão das águas, o feijão da seca e o feijão de inverno.

O feijão da primeira safra ou das águas é o mais afetado pelo clima e por isto apresenta maiores oscilações na produtividade, representando cerca de 33% da produção nacional. O feijão da segunda safra ou da seca representa a maior parcela de produção nacional (55% do total) e apresenta a

menor produtividade. O último, menos cultivado (10% do total) é o feijão da terceira safra ou de inverno. Sua parcela na produção nacional, apesar de pequena, vem ganhando espaço a cada ano. Por utilizar alto nível tecnológico apresenta elevada produtividade (2.000 kg/ha), graças principalmente ao uso da irrigação.

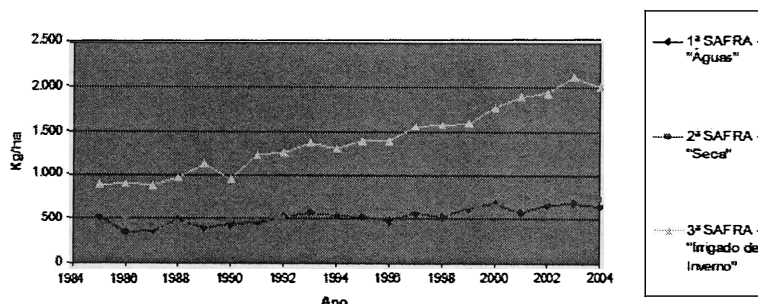


Figura 4. Produtividade de feijão no Brasil (Fonte: IBGE - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola).

Até 1994 a produção brasileira manteve-se estável mesmo com a redução da área cultivada em decorrência do aumento da proporção do plantio de feijão irrigado (terceira safra) bem mais produtivo e de menor risco, principalmente na região Centro-Oeste. Nos últimos anos, entretanto, a 2ª safra dá sinais de queda em área e produtividade, diminuindo a produção brasileira nesse período, devido principalmente a problemas climáticos no nordeste, região de maior produção.

Como se observa, são inúmeros os estados brasileiros com possibilidades de cultivo da chamada 3ª safra, estados esses que apresentam alta produtividade.

O valor da água foi obtido aplicando-se a fórmula: $(\text{receita bruta} - \text{custo de produção}) / \text{consumo de água}$ e representa o lucro obtido por unidade de m^3 de água utilizado na irrigação de cada cultura. Quando a cultura é produzida numa região ou numa época em que não é possível qualquer colheita sem irrigação, esse valor representa, economicamente, o valor máximo que um usuário estaria disposto a pagar pela água para utilizá-la naquela cultura.

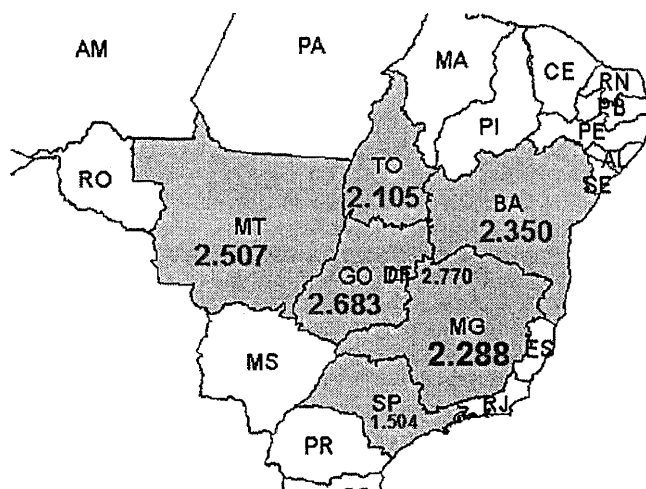


Figura 5. Produtividade ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de feijão na terceira safra.

Tabela 5. Produtividade física, valor unitário, consumo médio de água, receita bruta, custo de produção e receita por volume unitário de água aplicado em irrigação, para diferentes culturas.

Produto	Produtividade e Física (V/ha)	Valor Unitário do Produto (R\$/t)	Consumo Médio de Água (m^3/ha)	Receita Bruta (R\$/ha.ano)	Custo de Produção (R\$/ha.ano)	Valor da Água (R\$/ m^3)
Arroz - Sul	5,5	600	12.000	3.300	1.700	0,13
Arroz - Nordeste	4	600	18.000	2.400	1.200	0,07
Banana	24	450	20.680	10.800	2.930	0,38
Batata	30	800	7.850	24.000	11.297	1,62
Coco Verde	27 mil unidades	0,15 por fruto	12.750	4.050	3.560	0,04
Feijão	1,8	1.440	4.580	2.592	1.108	0,32
Goiaba	19,3	1.820	12.000	35.126	2.900	2,69
Manga	11,5	730	11.500	8.395	3.800	0,40
Melão	15	520	6.500	7.800	2.487	0,82
Maracujá	11,7	1.100	7.000	12.826	3.900	1,28
Tomate de Mesa	88	500	5.250	44.000	25.951	3,44
Uva	26,25	1.260	12.750	33.075	14.800	1,43

Fonte: - Custo de produção e produtividade das culturas: arroz NE, banana, batata, coco verde, feijão, goiaba, manga, melão, maracujá e uva - CODEVASF; arroz Sul - EMATER-RS; tomate - EMATER-DF. Preços: , batata, goiaba e maracujá: CEASA DF - 70% do preço médio no atacado, de 1995 a 2002, corrigido pelo IGP-DI; tomate de mesa: CEASA DF - 45% do preço médio no atacado, de 1995 a 2002, corrigido pelo IGP-DI; melão, manga e uva Itália: CEAGESP - 70% do preço médio no atacado; arroz e feijão: EMBRAPA - preço médio dos últimos 10 anos, corrigido pelo IGPm; banana: EMBRAPA Janaúba - preço médio anual.

Com relação ao uso da água, a cultura do feijão utiliza em torno de 4.600 m^3 de água e apresenta um ganho médio de R\$ 0,32 por m^3 de água utilizada. Apesar de comparativamente ser melhor apenas do que o coco e o arroz há de se considerar tratar-se de uma cultura de ciclo muito curto, com amplas possibilidades de plantio na entressafra de outras culturas, além de ser estratégico do ponto de vista da segurança alimentar, razões que certamente determinarão o crescimento contínuo de sua área plantada sob irrigação.

13 Referências bibliográficas

- DOMINGUES, A. F.; SANTOS, D. Garcia dos. Considerações sobre a formação de preços, A cobrança pelo uso da água na agricultura. São Paulo, IQUAL Editora, 2004. 270p.
- FERREIRA, C. M., DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. de. Feijão na economia nacional. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. 47p. (Documentos 135)
- ITABORAHY, C. R. et al. Agricultura irrigada. In: Estudos Técnicos de apoio ao Plano Nacional de Recursos Hídricos. MMA/ANA, Brasília, 2004. 110p.
- ITABORAHY, C. R. et al. Agricultura irrigada e o uso racional da água. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2004. 30p.
- PEREIRA, D. S. P. (Org.). Governabilidade dos Recursos Hídricos no Brasil: A implementação dos instrumentos da gestão na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. 82p.
- REBOUÇAS, A. da C., BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo, Escrituras Editora, 1999. 717p.
- SANTOS, D. G. dos et al. Água e Meio Ambiente. Brasília, Agência Nacional de Águas, 2001. 19p.
- SANTOS, D. Garcia dos, A Cobrança pelo uso da água, Brasília, UnB – Departamento de Economia, 2000. 105p.
- SPERS, E. E.; NASSAR, A. M. Competitividade do sistema agroindustrial do feijão. Disponível em: http://www.fia.com.br/pensa/pdf/relatorios/ipea/vol_III_feijao.PDF. Acesso em: 16 fev. 2005.

MANEJO DA MATÉRIA ORGÂNICA E SILICATAGEM NA CULTURA DE FEIJÃO IRRIGADO

Godofredo César Vitti¹

Alexandre de Melo Lemos Neto²

Thiago Aristides Quintino²

Giovana Segatti³

1 Introdução

O cultivo do feijão ocorre em praticamente todo o território nacional, confirmando a importância econômica e social desta cultura no Brasil, que se constitui juntamente com o arroz como base da alimentação da população brasileira.

A cultura do feijão está presente hoje, segundo CONAB 2004, em aproximadamente 4 milhões de hectares. O avanço da área cultivada está praticamente estagnado nestes últimos anos, possivelmente devido a diminuição das vendas do grão associada a significativas alterações dos hábitos alimentares e reduções no poder aquisitivo da população brasileira, além de aumento no custo de produção, preços de mercado desestimuladores e conseqüentes diminuições da renda líquida do produtor.

A produção que atinge anualmente cerca de 3,0 milhões de toneladas, está distribuída em três safras distintas, águas, seca e inverno (CONAB, 2004). A mesma se concentra em 10 estados, PR, MG, BA, SP, GO, SC, RS, CE, PE e PA, responsáveis, por praticamente 85% da produção nacional, sendo que esta tem registrado crescimento nos últimos anos. Esse fato se deve a introdução de variedades mais produtivas e mais resistentes, e também pela inserção do maior número de produtores usando tecnologia de ponta, principalmente na safra de inverno, como irrigação, aliada a melhores estratégias de nutrição mineral, manejo adequado dos solos e controle de pragas e doenças.

Quanto a produtividade média no Brasil, o feijoeiro continua apresentando baixos níveis, em torno de 722 Kg.ha⁻¹ (CONAB, 2004), devido principalmente a fatores que limitam a produção da cultura como indisponibilidade de cultivares melhorados, uso reduzido de insumos e falta de controle de pragas e doenças, todos relacionados principalmente ao fato da atividade estar concentrada nas mãos de pequenos produtores pouco tecnificados.

No contexto deste cenário, surge a necessidade da adoção de práticas culturais "simples", que possibilitem melhorias no sistema de produção e que resultem em maiores produções sem necessariamente aumentar os custos, como, entre outras, o manejo correto da matéria orgânica e o uso da silicatagem no processo produtivo da cultura do feijão.

¹ Engº Agrº, Ph.D., Prof. Titular do Depto de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ-USP.

2 Silicatagem

2.1 Histórico

Os principais silicatos utilizados via prática da silicatagem são os silicatos de cálcio e magnésio, provenientes das escórias da produção de aço.

A silicatagem é utilizada para fins agrícolas na correção de solos, como fonte de Si, Ca e Mg e visando aumento de resistência das plantas às pragas e doenças. Esta prática está associada a diversos benefícios proporcionados às plantas e aos solos, tais como: a) nas plantas, melhoria na estado nutricional, resultado do maior fornecimento e absorção de silício, cálcio e magnésio e maior resistência ao ataque de pragas e doenças; b) nos solos, correção de acidez (aumento de pH), aumento nos teores de silício, cálcio e magnésio, maior disponibilidade de P e redução na toxidez de manganês. (Korndörfer et al., 2004).

De modo geral, a sua utilização resulta em aumentos significativos no crescimento e na produtividade de muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milheto, aveia, trigo, milho, grama kikuyu, grama bermuda, etc.) e em algumas espécies não gramíneas (feijão, alfafa, tomate, alface, pepino e repolho) tendo sido observados aumentos de produtividade com o aumento da disponibilidade de Si no solo (Elawad et al., 1979).

2.2 Dinâmica do Silício no Solo

O Si nunca é encontrado naturalmente em seu estado puro, ocorrendo na natureza nas formas de sílica e silicatos. Os chamados minerais do grupo da sílica, dos quais o quartzo é o mais conhecido, são o segundo em abundância na crosta terrestre, sendo excedidos somente pelos minerais do grupo dos silicatos, representado principalmente pelos feldspatos (Lepsch, 2004).

Tanto os minerais do grupo da sílica, como do grupo dos silicatos, são importantes componentes da fração sólida dos solos. Eles se tornam constituintes do solo através de vários processos pedogenéticos que envolvem desintegração *in situ* das rochas, sedimentação de partículas (carregadas pelos ventos e pela água) e por precipitados de solução saturadas em sílica solúvel, que são os ácidos silícicos (Lepsch, 2004).

A sílica solúvel na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) representa, juntamente com o Si adsorvido ou precipitado com óxidos de ferro e alumínio e o Si presente nos minerais silicatados (cristalinos ou amorfos), do ponto de vista agronômico, uma das mais importantes formas de Si presentes na solução do solo (Raij & Camargo, 1973 citados por Korndörfer et al., 2004). Entretanto, segundo Marschner (1995), na solução do solo o ácido monossilícico apresenta solubilidade em água (a 25°C) equivalente a 56 mg Si.l^{-1} e está normalmente contida na mesma em concentrações entre 14-20 mg Si.l^{-1} , com tendência a diminuir sua concentração em pH >7 (pH alto), quando quantias maiores de sesquióxidos estão presentes nos solos ou quando a adsorção de ânions é dominante (Jones e Handreck., 1967). Tais condições são típicas de solos sob vegetação de cerrado que apresentam alto grau de intemperismo, alto potencial de lixiviação, baixa saturação por bases, baixos teores de Si-trocável e baixas relações $\text{K}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ e $\text{K}(\text{Si}/\text{Sesquióxidos de Fe e Al})$, apresentando, portanto, baixa capacidade de fornecimento de Si disponível para as plantas (Silva, 1973; Brandy, 1992).

Em relação à disponibilidade do Si no solo, a textura (teor de argila) tem sido considerada um dos principais parâmetros para prever a necessidade de fornecimento de Si para as plantas (Korndörfer et al., 2004), isto é, segundo Pereira (2004), solos arenosos ricos em quartzo não significam solos com altas concentrações em Si. O mesmo autor cita que o teor de matéria orgânica, a umidade e o potencial de oxidação-redução do solo são outros fatores alteradores da disponibilidade de Si-solúvel.

Pode-se então, concluir que em condições de solos sob cerrado e de lavouras irrigadas, como é o caso de Unai-MG e Guairá-SP, o uso da silicatagem visando fornecimento de silício através dos silicatos pode vir a ser alternativa para compensar a indisponibilidade e as perdas lixiviativas de silício solúvel no sistema.

2.3 Dinâmica do silício na planta

Quando ressalta-se a importância de Si na forma solúvel no solo é porque é nesta forma que este nutriente penetra na planta (Yoshida, 1975; Takahashi, 1996).

No interior das plantas a maior parte do silício é acumulada na forma de ácido silícico polimerizado, podendo também se acumular na forma iônica e na forma de sílica amorfa (opala) (Yoshida, 1975; Marschner 1995).

Segundo Jones & Handreck (1967), quanto ao mecanismo pelo qual o silício é absorvido pela plantas, em especial gramíneas acumuladoras, teorias consideram como sendo por absorção passiva, ou seja, através do fluxo de massa, diretamente relacionada a absorção de água pela planta. Ao ser absorvido, o silício, é facilmente transportado (raiz-parte aérea) através do xilema (Barber & Shone, 1966), e segundo Balasta et al., (1989), durante o transporte, grandes quantidades de silício são depositadas nas paredes das células desses vasos, onde deve ser importante na prevenção da compressão excessiva dos mesmos em condições de altas taxas de transpiração (Raven, 1983). Korndörfer & Datnoff (2000) citam que o silício é pouco móvel no interior das plantas, concordando com Barber & Shone (1966) que compararam a baixa translocação do silício com a também apresentada com o cálcio.

De forma geral o Si concentra-se nos tecidos de suporte/sustentação do caule, nas folhas e em menores quantidades nas raízes. Nas folhas está envolvido em funções relacionadas a transpiração já que é capaz de se concentrar na epiderme destas formando uma barreira mecânica à invasão de fungos no interior das células, e dificultando o ataque de insetos sugadores e mastigadores (Epstein, 1999).

A influência do silício no mecanismo da transpiração dá-se pelo acúmulo de silício nos órgãos relacionados a mesma e pela formação de uma dupla camada de sílica cuticular, a qual, pela redução da transpiração, pode fazer com que a exigência de água pelas plantas seja menor (Korndörfer et al., 2004). Entretanto, esses mecanismos de absorção, distribuição e acumulação estão mais intimamente ligados a gramíneas, que apresentam maiores tendências ao acúmulo de sílica em seus tecidos.

Nas leguminosas, por sua vez, a absorção de Si ocorre de forma "rejeitiva", onde as plantas absorvem o elemento sem translocá-lo (Ma et al., 2001). Este fato é reforçado pelo trabalho realizado por Marschner (1995) com as culturas do arroz, trigo e soja, no qual o autor conclui que a absorção e distribuição radial de silício através das raízes da soja para os vasos do xilema são mais restritas a altas concentrações de silício, indicando um mecanismo

efetivo de exclusão. Fato este que foi elucidado pelo trabalho de Pereira et al.(2004), no qual a soja depositou mais silício nas raízes do que na parte aérea, ao contrário do arroz que depositou mais na parte aérea, novamente confirmando que o transporte de Si ocorre até certo ponto, a partir do qual ocorre apenas acúmulo nas raízes, não sendo observado o mesmo para a parte aérea, o que concorda com Grothge-Lima (1998).

Segundo Marschner (1995), outra diferença entre culturas acumuladoras (gramíneas) e leguminosas como feijão, soja e outras dicotiledôneas, que acumulam quantidades pequenas de silício em seus tecidos ($< 5 \text{ g kg}^{-1}$ de SiO_2) é quanto a não formação de uma camada de silício abaixo da cutícula que dificulta fisicamente a penetração de hifas de fungos no tecido vegetal. Entretanto, existem divergências de opiniões devido a grande variação deste elemento entre espécies vegetais, o que gera controvérsias e incertezas (Richmond & Sussman, 2003) sob sistemas de classificação das plantas em: (i) altamente, (ii) medianamente, e (iii) não acumuladoras de Si e sobre relações solo-silica-planta.

Outro aspecto benéfico para plantas é o aumento da tolerância destas ao Mn^{+2} relacionado à maior absorção e distribuição do Si no interior das mesmas (Foy et al., 1978). Fato mais tarde reafirmado por Epstein (1994) que considera a influência do elemento na absorção e translocação de vários macros e micronutrientes e freqüentemente diminui ou elimina os efeitos adversos do excesso de metais sobre as plantas, especialmente o Mn^{+2} . O mesmo autor ressalta também a importância do seu papel indireto na nutrição e desenvolvimento das plantas cultivadas em solução de nutritiva.

Horst & Marschner (1978) em trabalho realizado com plantas de feijão cultivadas em solução nutritiva contendo Si utilizando o Mn marcado observaram que na presença de Si, o Mn apresentou distribuição mais uniforme na lâmina foliar, não formando pontos localizados com altas concentrações, que resultariam nas lesões típicas da toxidez. Neste caso o nível crítico superior de Mn nas folhas foi de 100 mg kg^{-1} sem adição de Si, enquanto que na presença de 40 mg kg^{-1} de silício o limite foi aumentado para mais de 1000 mg.kg^{-1} . Kluthcousky & Nelson (1973) também observaram que a presença de Si diminuiu a concentração de Mn em folhas novas de soja.

É importante ressaltar que o fato de estarmos levando em consideração trabalhos realizados com a cultura da soja se deve as "similaridades" com a cultura do feijão e porque não há muitos trabalhos na prática ou na literatura que trate do uso da silicatação e adubação silicatada nessa cultura.

2.4 O uso do silício na proteção das plantas

Fatores de resistência e tolerância das plantas às doenças e pragas são bastante influenciados por fatores ambientais (Tsai et al., 2004). O fator ambiental, nutrição mineral, pode ser manipulado de modo relativamente fácil, tornando-se componente importante no controle de doenças (Marschner 1995).

A proteção natural das plantas, atribuída ao silício, está baseada em dois tipos de resistência. A primeira, denominada resistência constitutiva, é aquela relacionada às barreiras de defesa químicas e físicas presentes antes do ataque de microorganismos patogênicos ou pragas (Tsai et al., 2004).

Quando se fala de barreiras mecânicas voltamos a nos referir a deposição de silício nas células epidérmicas, que ocasionam mudanças anatômicas como engrossamento, maior grau de lignificação e/ou silificação. Este acúmulo ou deposição do silício nas camadas epidérmicas pode ser visto

como barreira física efetiva na penetração das hifas (Epstein, 1994). Sendo assim o papel do silício incorporado a parede celular é análogo ao da lignina, que é um componente estrutural resistente à compressão. Esta incorporação ainda apresenta vantagens do ponto de vista energético, sendo elas: custo de 3,7% daquele relativo a incorporação de lignina; e a melhoria na arquitetura foliar que favorece a interceptação da luz solar favorecendo, conseqüentemente, a fotossíntese (Raven, 1983). Entretanto este mecanismo físico de proteção é realmente efetivo apenas em plantas que conseguem acumular quantidades maiores de silício nos seus tecidos como é o caso de gramíneas. Já as leguminosas, no presente caso o feijão e a soja, provavelmente não possuem este mecanismo, uma vez que não acumulam quantidades suficientes de silício em seus tecidos para tal função.

O segundo mecanismo se dá quando a planta ativa o mecanismo de defesa após o contato com o patógeno (praga) potencial, e é denominada Resistência Sistêmica Adquirida (RSA) (Sticher et al., 1997). Esta implica na produção de um sinal a partir do local de aplicação do indutor, e sua posterior translocação para outras partes da planta, impedindo uma infecção posterior do patógeno (Madamanchi e Kuc, 1991).

O silício age no tecido da planta hospedeira afetando sinais entre este e o patógeno. Estes sinais resultam em ativação mais rápida e extensiva do mecanismo de defesa da planta (Samuels et al., 1991b; Chirif et al., 1992^a, b; Cherif et al.) ativando também genes que induzem a produção de fitoalexinas (Cherif et al., 1994 a; Belanger et al., 1995). A partir desta ocorre então acúmulo de compostos fenólicos e Si nos sítios de infecção, cuja causa ainda não está esclarecida.

O silício pode também formar complexos com os compostos fenólicos e elevar a síntese e mobilidade destes no apoplasma. Segundo Koga et al. (1988), estes compostos são liberados pela descompartimentação que se segue após a morte da célula, acumulando-se nas paredes das células mortas. Após estes relatos, pode-se concluir que, na cultura do feijão, resultados de trabalhos de pesquisas sobre a ação de supressão de doenças e pragas na cultura devido ao efeito do silício estariam mais intimamente ligados ao segundo mecanismos de resistência.

Dutra et al. (2004) em trabalho sobre o efeito de doses de silicato de cálcio aplicados via solo no controle de nematóide *Meloidogyne javanica*, mostra redução em função das doses de silício, no número de galhas, massa e número de ovos no sistema radicular do feijoeiro inoculado com o nematóide. Os mesmos autores concluíram outro trabalho semelhante, embora em sementes inoculadas com *Meloidogyne incognita* ou *Meloidogyne javanica*, que também resultou em redução significativa de galhas para ambas espécies de nematóides devido adição de Si no substrato, com redução de 46,7 e 54,7% para as espécies *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* respectivamente. Os autores também realizaram trabalho no qual avaliaram o efeito de fontes e doses de produtos silicatados na mobilidade de nematóide *Meloidogyne javanica*, que mostrou maior imobilização nos tratamentos utilizando silicato de potássio. Estes resultados nos remetem a questão do acúmulo de silício nas raízes das leguminosas levantado anteriormente.

Quanto a doenças Dutra et al., (2004) apresentou trabalho sobre o silício no controle de *Rhizoctonia solani* do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) sob

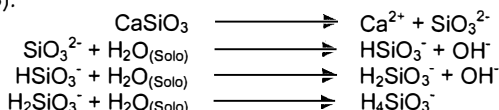
diferentes temperaturas, no qual a adição de silicato de cálcio no substrato controlou significativamente a doença.

2.5 Silicatagem: correção da acidez do solo

A correção da acidez do solo é efetuada com a aplicação de produtos que liberam ânions, capazes de neutralizar os prótons que promovem a acidificação (H^+ e Al^{3+}) da solução do solo. Assim, é necessário que sejam utilizados corretivos que possuam componentes básicos para gerar ânions e promover a neutralização da acidez (Alcarde & Rodella, 2003).

Os materiais empregados como corretivos de acidez são basicamente os óxidos, hidróxidos, escórias e carbonatos de Ca e Mg (Malavolta, 1980), sendo calcário o material mais usado para tal fim.

Da mesma forma que o calcário, alguns resíduos siderúrgicos, têm sido usado com sucesso na correção da acidez do solo. Seus constituintes são o silicato de cálcio - $CaSiO_3$ e o silicato de magnésio- $MgSiO_3$. O mecanismo de correção da acidez pela escória resulta na formação de ácido monossilícico (H_4SiO_4), que se dissocia menos que os H^+ adsorvidos ao complexo de troca, e por isso, o pH do solo se eleva, conforme a equação descrita por Alcarde & Rodella (2003):



As escórias utilizadas na agricultura liberam cálcio e/ou magnésio em solução, além de ânions (SiO_3^{2-}) que apresentam a mesma valência que o carbonato (CO_3^{2-}) proveniente do calcário. Assim, percebe-se que a utilização de escórias apresenta o mesmo potencial corretivo da acidez do solo que o calcário. No entanto, conforme observado na Tabela 1, o silicato de cálcio apresenta capacidade de neutralização de acidez da ordem de 86% em relação ao carbonato de cálcio puro (Alcarde & Rodella, 2003).

Tabela 1. Capacidade de neutralização das diferentes espécies neutralizantes, em relação ao $CaCO_3$ (Alcarde & Rodella, 2003).

Espécie neutralizante	Capacidade de neutralização relativa ao $CaCO_3$ (Eq_{CaCO_3})
$CaCO_3$	1,00
$MgCO_3$	1,19
CaO	1,79
MgO	2,48
$Ca(OH)_2$	1,35
$Mg(OH)_2$	1,72
$CaSiO_3$	0,86
$MgSiO_3$	1,00

Da mesma forma que o calcário, os silicatos apresentam efeito residual dependente do clima, da granulometria, do tipo de manejo adotado e do tempo de contato do produto com o solo (Piau, 1991; Alcarde, 1992; Bohnen, 2000; Alcarde & Rodella, 2003).

De modo geral, a capacidade corretiva da acidez do solo das escórias é semelhante ao potencial do calcário. Entretanto, é importante observar que

esses dois tipos de corretivos diferem quanto à superfície específica (área de contato) e quanto ao poder de neutralização (PN). O poder corretivo das escórias pode ser superior em função da característica de suas partículas, que apresenta maior superfície específica, e, teoricamente, maior reatividade. Porém, segundo Louzada (1987) quando se aplica calcário e escória com granulometrias semelhantes (mesma reatividade - Re), as escórias são pouco menos eficientes na elevação do pH do solo, sendo essas pequenas diferenças de eficiência atribuídas ao valor neutralizante mais baixo da escória (Tabela 1).

Pereira (1978) estudando o poder corretivo de uma escória, comparada com 7 calcários de origens distintas, observou que não ocorreu diferença estatística entre os corretivos, quanto à correção do pH de dois latossolos.

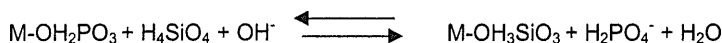
Deve-se destacar que a aplicação de silicatos de Ca e Mg como corretivo de acidez não difere do uso de calcário, porque a quantidade de silicato necessária para corrigir a acidez do solo de um determinado tipo de solo é a mesma do calcário. Por isso, a recomendação da dosagem de calcário a ser aplicada no solo são iguais à dosagem de silicato, e devem seguir os critérios de correção de acidez estabelecidos para a área considerada. Para Minas Gerais e São Paulo, a necessidade de silicatagem (NS) devem seguir as fórmulas apresentadas abaixo (Tabela 2): a época, a forma de aplicação (lanço e incorporado) e os critérios de reaplicação seguem a mesma orientação do calcário. Assim como o calcário, os silicatos também apresentam efeito residual longo (3 - 5 anos).

Tabela 2. Fórmulas utilizadas para a determinação da necessidade de correção da acidez do solo em São Paulo e Minas Gerais.

Estado	Fórmula para a necessidade de Silicatagem
Minas Gerais	$NS=NC=\{[Y.(Al^{+3} - (m_t \cdot t/1000))] + [x - (Ca^{+2} + Mg^{+2})]\}$
São Paulo	$NS=NC= T(V_2-V_1)/10.PRNT$

OBS: NS=Necessidade de silicatagem; NC=Necessidade de calagem; Y= valor variável em função da capacidade tampão do solo; m_t = saturação por alumínio máxima tolerada por determinada cultura; t =CTC efetiva em $cmol_c \cdot dm^{-3}$; x = valor variável - requerimento Ca e Mg pela planta; T= capacidade de troca de cátions a pH 7, 0, obtida pelo somatório entre Ca + Mg + K + (H+ Al) em $mmol_c \cdot dm^{-3}$; V_1 = saturação por bases atual no solo e V_2 = saturação por bases que se pretende alcançar.

Além de possuir o mesmo poder corretivo do calcário, é importante observar que o silicato de cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio ($CaCO_3 = 0,014 \text{ g } dm^{-3}$ e $CaSiO_3 = 0,095 \text{ g } dm^{-3}$), de modo que a ação neutralizante do calcário é menor que dos silicatos porque a sua base (CO_3^{2-}) é mais fraca ($kb1 = 2,2 \times 10^{-4}$) que a base dos silicatos (SiO_3^{2-} - ($kb1 = 1,6 \times 10^{-3}$)), ou seja, apresenta liberação mais lenta dos OH^- no meio (Alcarde & Rodella, 2003). Além da correção da acidez do solo, a silicatagem promove redução da adsorção e aumento na disponibilidade de fosfatos em solução, devido a competição de anion silicato com o ânion fosfato pelos sítios de adsorção (Lopes, 1977; Smyth & Sanchez, 1980), conforme observado na reação a seguir.



Segundo Baldeon (1995) e Carvalho et al. (2000), o aporte de fósforo em função da aplicação de silicatos ocorre devido ao somatório de dois fatores: o

poder corretivo (alcalinizante) dos silicatos e a competição Si x P pelos mesmos sítios de adsorção no solo, interação que não ocorre quando se utiliza o calcário, e que poderia ser um dos fatores responsáveis pelos maiores rendimentos das culturas obtidos quando se aplica silicato (Dalto, 2003; Uitdewilligen et al., 2004). Segundo Carvalho (1999) a interação entre Si e P em Cambissolo indica a possibilidade de aumentar a absorção de fósforo pelos vegetais, quando se aplica silicato no solo após a adubação fosfatada. Isso ocorre porque o H_3SiO_4^- pode deslocar o H_2PO_4^- adsorvido aos sítios de troca, aumentando sua disponibilidade na solução do solo (Baldeon, 1995). Comparando a redução na adsorção de fósforo pelo calcário e silicato de cálcio, Smyth & Sanchez (1980) observaram que após seis meses de incubação, ocorreu redução na adsorção de fósforo de 18 e 24%, respectivamente. Entretanto o tema da correção da acidez do solo utilizando silicatos é tratado com maior grau de detalhamento em Nolla (2004).

2.6 Silicatagem: Fontes e características

As características consideradas ideais para uma fonte de Si ser eficiente no uso agrícola são: alto conteúdo de Si-solúvel disponível para as plantas, boas propriedades físicas, facilidade para a aplicação mecanizada, disponibilidade no mercado, relações e quantidades adequadas de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), ausência de potencial de contaminação do solo com metais pesados e baixo custo. (Korndörfer et al., 2004)

Muitas fontes de Si têm sido avaliadas para uso na agricultura, certamente, várias características podem ser listadas para que fontes específicas sejam eficientes para a agricultura. Em todas as fontes, provavelmente, irá faltar algumas das características ideais. O objetivo na obtenção da melhor fonte dependerá de uma determinada situação e localização (Pereira 2004).

2.6.1 Solubilidade

O propósito da aplicação de Si é fornecê-lo para a planta na forma solúvel, na qual ela possa absorvê-lo. Dessa forma, uma boa fonte deve fornecer, em quantidade suficiente, Si realmente disponível para a solução do solo. Esta característica se destaca como a mais importante e uma das mais difíceis de ser obtida. Tanto é verdade que o número de fontes contendo Si é enorme, mas as com boa solubilidade é muito pequena (Pereira 2004).

Outro comportamento também observado é a velocidade de liberação do Si, assim pode-se ter também, fontes com o Si prontamente disponível, sendo liberado rapidamente para a solução do solo, enquanto que outras fontes podem apresentar liberação mais lenta, que vai aumentando ao longo do tempo. O comportamento das fontes pode corresponder a uma variação destas formas de liberação (rápida, lenta e gradativa) de Si, de modo que fontes com liberação mais lenta apresentem efeito residual mais longo (Pereira 2004)

Existem muitas variações nos teores e solubilidade do Si das escórias de aciaria. Entretanto as escórias advindas da produção de aço inox são as que vem apresentando as maiores concentrações de Si na forma solúvel (Pereira 2004).

2.6.2 Propriedades físicas

Muitos materiais apresentam condições satisfatórias para aplicações uniformes como calcários e/ou fertilizantes com esparramador pendular ou centrífugo. Em muitos casos o material deve ser granulado ou peneirado para

uniformizar o tamanho de suas partículas. A redução no tamanho das partículas aumentam a extração de Si, mas aumentam a dificuldade de uniformidade na aplicação com precisão, pois o mesmo fica mais sujeito as condições de empedramento no armazenamento e deriva na aplicação. Porém, para obter rápida dissolução da fonte, muitas são finamente moídas. Ainda não há trabalhos que indicam, entre as fontes, qual tamanho de partícula é ideal e como ela deve ser aplicada para fornecer o Si prontamente disponível as plantas e promover efeito residual prolongado. Pesquisas e desenvolvimento de melhores propriedades físicas, como foi feita para os calcários, poderão alavancar a tecnologia de aplicação dos silicatos (Pereira, 2004).

Atualmente, a maioria das fontes contendo Si são comercializados na forma sólida em pó. Isso acontece principalmente por dois motivos: baixo custo dos produtos em pó (escórias) e a necessidade de aumentar o contato do produto com o solo, principalmente quando utilizado como corretivo de acidez (Pereira 2004).

Sob o ponto de vista agrônomo as características físicas (granulometria) são determinantes para o desempenho dos fertilizantes, corretivos e condicionadores de solo em geral. No entanto, a umidade do produto (corretivo) é a característica que mais traz problemas para a aplicação no campo. O excesso de umidade pode ocasionar aos produtos tendência de aderir aos mecanismos de distribuição, alterando a vazão e prejudicando a sua fluidez.

O material contendo Si (fonte de Si) deve ser aplicado na forma de pó (bem moído), porque o produto pouco moído *coarse* possui menor eficiência. Quanto mais fino o produto, maior a superfície de contato das partículas com o solo e mais reativo é o silicato.

Portanto, quanto mais fino for o silicato, maior é a disponibilidade do Si no solo e maior a absorção pelas plantas.

Um produto que apresenta grande variação granulométrica, quando submetido à aplicação, ficará sujeito à segregação. Assim, quanto mais uniforme for a granulometria menos sujeito o produto fica a esse tipo de efeito. É preciso salientar que a superfície específica de uma partícula de calcário é menor do que a de uma escória para uma mesma fração granulométrica. Isto se deve ao fato de que o calcário é moído mecanicamente até a granulometria desejada enquanto que a granulometria da escória é obtida por resfriamento a partir do processo de fusão. As partículas de calcário são mais uniformes e regulares enquanto que as partículas de escórias são mais irregulares e porosas.

2.6.3 Contaminantes

Algumas fontes de silício apresentam níveis elevados de metais pesados, associados a sua origem ou processamento. A elevada taxa necessária para suprir adequadamente as plantas com Si pode resultar em elevação na concentração de metais pesados a níveis tóxicos e inaceitáveis no solo. Em alguns casos, os solos podem se tornar inúteis para uso na agricultura, devido à concentração de metais pode ocorrer impossibilidade de remoção por algum método economicamente viável (Pereira 2004).

Entretanto, existem materiais derivados da indústria siderúrgica que apresentam baixos teores de metais podendo, em alguns casos, apresentar níveis inferiores ao de calcários comercializados (Tabela 3). Isto é possível devido principalmente à recuperação da parte metálica que contamina as

escórias. Muitas siderúrgicas já vêm tendo a preocupação de instalar em suas unidades industriais empresas para a recuperação do aço, que no processo de separação acaba acompanhado a escória. No aço é que se encontra a maior parte dos metais pesados contaminantes das escórias.

Tabela 3. Teores de alguns metais presentes em calcário e agregados siderúrgicos processados (escórias) (Korndörfer et al., 2004).

Materiais	Ni	Cd	Pb	Cr	Mn	Cu
	mg.kg ⁻¹					
Calcário Unai	16	3,2	23	0,4	91	4,8
Calcário Pote	19	2,6	23	0,3	149	11,0
Calcário Coromandel	17	3,1	28	0,6	188	4,8
Calcário Formiga	11	2,3	25	0,3	221	2,5
Calcário Arcos	8	2,4	27	0,3	53	2,6
Silicato de Ca e Mg	1	0,05	0,09	0,5	5	0,6

[†] Recmix Agrosilício

2.6.4 Disponibilidade

Uma fonte, para ser candidata ao uso na agricultura, deve ser obtida dentro de uma razoável distância do ponto de aplicação em condições de baixo custo e alto potencial de benefícios. Nesta condição, a agricultura tem condições limitadas na escolha de fontes solúveis.

Um número grande de materiais tem sido proposto para a utilização como fonte de Si para as plantas: escórias de siderurgia (escórias de alto forno (AF) e escórias de aciaria), silicato de cálcio (wollastonita), sub-produtos da produção de fósforo elementar em fornos elétricos, metassilicato de cálcio, metassilicato de sódio, cimento, termofosfato, silicato de magnésio (serpentinó) e argilas moídas.

De norte a sul, pode-se encontrar siderúrgicas no Brasil, mas a grande concentração encontra-se no triângulo entre Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro, sendo que em raio de 250 km ao redor de Belo Horizonte, é onde se encontra a maior parte da produção siderúrgica do Brasil. Desta forma pode-se concluir que a disponibilidade de silicatos (escórias) está concentrada no pólo siderúrgico mineiro. Este fato pode vir a limitar o uso dos mesmos em localidades distantes deste pólo (Pereira 2004).

2.6.5 Baixo custo

Quando se pensa em custo de um produto, não se deve analisar o seu preço real, mas o seu custo:benefício. Deve-se levar em consideração a soma de seus efeitos para as culturas no que diz respeito a efeito fertilizante do Si para a cultura, efeito corretivo do solo; fornecimento de outros nutrientes; redução no uso de fungicidas e inseticidas; e redução de gastos, até com irrigação.

Outro aspecto importante neste contexto é à distância entre o local de produção e o local de consumo, pois como já citado o transporte (frete) é um dos fatores mais limitante para o consumo em larga escala dos silicatos. A análise final da taxa custo: benefício de uma fonte, será determinado pelo seu uso.

Uma vez que o lucro local potencial para aplicação de Si é determinado, muitas propriedades irão avaliar qual fonte com Si solúvel e de baixo custo é a mais adequada (Pereira 2004).

3 Matéria Orgânica

3.1 Importância em solos tropicais

Em solos tropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica possui grande importância aos mesmos. Os efeitos da matéria orgânica nos solos são de ordem química, física e biológica, sendo seu conteúdo, em quantidade significativa, indispensável para as correlações entre estas propriedades. Entretanto, o uso agrícola altera esse conteúdo, sendo observada redução acentuada quando são utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas com baixa adição de resíduos vegetais, propiciando nessa situação, processos de degradação destas mesmas propriedades químicas, físicas e biológicas e conseqüentemente queda de produtividade das culturas e manejo não sustentável.

Neste sentido a manutenção ou recuperação dos teores de matéria orgânica nos sistemas de cultivo irrigado de feijão é medida de extrema importância para a manutenção da capacidade produtiva dos mesmos e manutenção de sistema sustentável.

3.2 Efeitos químicos

Entre as características químicas afetadas pela matéria orgânica, destacam-se disponibilidade de nutrientes para as culturas, a capacidade de troca de cátions e a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, fundamentais em solos tropicais (Bayer & Mielniczuk, 1999).

A matéria orgânica é uma fonte fundamental de nutrientes para as plantas, disponibilizando principalmente elementos como nitrogênio, fósforo e enxofre.

Em solos tropicais, a CTC da matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total do solo. Desta forma é fundamental para a retenção de nutrientes e na diminuição da lixiviação dos mesmos.

Quanto à complexação de micronutrientes metálicos por substâncias húmicas (Canellas et al., 1999), a diminuição da toxidez de elementos tóxicos (Miyasava et al., 1992) e o aumento da disponibilidade de micronutrientes são muito influenciados pela presença de ácidos orgânicos de baixo peso molecular na solução do solo.

Em relação aos micronutrientes, a formação de complexos com compostos orgânicos reduz a possibilidade da precipitação como óxidos nos solos. Dessa forma, a complexação (quelatção) de zinco e cobre, entre outros, por ácidos orgânicos de baixo peso molecular aumenta a sua disponibilidade, pois o quelato torna-se uma forma de depósito desses elementos. A meia-vida muito curta do quelato, decorrente da rápida decomposição do composto orgânico pelos microorganismos, resulta na liberação de forma contínua e gradativa dos micronutrientes para as plantas. (Bayer & Mielniczuk, 1999)

3.3 Efeitos físicos

A principal característica física do solo influenciada pela matéria orgânica é a agregação. A partir do seu efeito sobre a agregação do solo, indiretamente são afetadas as demais características físicas do solo, como a densidade, a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção e a infiltração

de água, entre outras, que são fundamentais para a capacidade produtiva do solo. (Bayer & Mielniczuk, 1999)

Uma vez sendo os agregados, unidades básicas da estrutura do solo, a matéria orgânica por sua vez tem papel fundamental nos fatores que regem a estabilização destes agregados.

3.4 Efeitos biológicos

A matéria orgânica atua diretamente nas características biológicas do solo, pois atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos quimioheterotróficos e, através da mineralização do nitrogênio e enxofre orgânico atua como fonte de energia aos microrganismos quimioautótrofos. Esses dois tipos de microrganismos sobressaem em quantidade e importância no solo. O efeito da matéria orgânica sobre os microrganismos pode ser avaliado a partir da biomassa e atividade microbiana, parâmetros que representam uma integração de efeitos desta sobre as condições biológicas do solo. (Bayer & Mielniczuk, 1999)

4 Manejo da matéria orgânica

Como dito anteriormente, em regiões tropicais, a degradação da fração orgânica do solo em condições inadequadas de manejo é rápida e vem acompanhada de processo global de degradação de características químicas, física e biológica dos solos. Sendo assim nessas regiões, o manejo adequado para conservação do solo e produtividade das culturas deve ter como premissa a utilização de métodos de preparo com mínimo ou nenhum revolvimento (plantio direto) e sistemas de rotação/sucessão de culturas que incluam plantas leguminosas e culturas com alta produção de resíduos vegetais. (Bayer & Mielniczuk, 1999).

4.1 Sistema de plantio direto

O Sistema Plantio Direto pressupõe três requisitos básicos: semeadura sobre os restos de culturas anteriores (cobertura morta), ou seja, sem a prévia destruição e incorporação ao solo; a não movimentação do solo, exceto nos sulcos de semeadura; o emprego de herbicidas para controle das plantas. (Muzilli, 1985).

No contexto do sistema plantio direto, segundo Sanchez & Logan (1992), a cobertura morta na superfície do solo é o principal componente de sucesso do mesmo, atuando como: reguladora de temperatura, retenção de água no solo, enriquecimento de matéria orgânica, barreira física a algumas plantas daninhas, prevenção das diversas modalidades de erosão e na redução do ataque de doenças fúngicas. Entretanto, os mesmos autores apontam que a formação e manutenção de cobertura morta nos trópicos foram e são alguns dos principais obstáculos encontrados para o estabelecimento deste sistema, devido as altas temperaturas e alta umidade que propiciam rápida decomposição de resíduos vegetais e rápida mineralização da matéria orgânica.

Não diferente é a questão da adoção do plantio direto em sistemas irrigados, onde se tem favorecimento no que se diz respeito a formação de cobertura morta, mas em compensação se tem um ambiente muito mais favorável a decomposição desta cobertura dificultando sua manutenção.

Neste sentido, no caso da cultura do feijão a alternativa é utilizar culturas como fonte de cobertura morta que ofereçam adequada proteção da superfície

do solo. Seguindo esta linha de raciocínio Aidar et al., (2000) observaram em trabalho de avaliação de fontes de palhadas em área cultivada com feijão que a palhada de braquiária, associada aos restos culturais do milho obtiveram maior produção de matéria seca, mantendo-se suficiente para a proteção plena da superfície do solo por mais de 107 dias (Tabela 3).

Tabela 4. Matéria seca de diferentes fontes de palhada, remanescentes na superfície do solo, em área cultivada com feijão, no período de 107 dias.

Fonte de resíduo	Matéria seca (t/ha)		
	Antes do plantio ¹	Após a colheita ²	% redução
Soja	4,06 c ³	1,62 c ³	60
Milho	14,49 bc	6,30 bc	57
Arroz	6,02 c	4,22 c	30
Milho + <i>B. brizantha</i>	16,02 ab	8,81 ab	46
Milho + <i>B. ruziziensis</i>	17,58 a	9,27 a	47
CV (%)	28	25	-

Médias seguidas da mesma letra, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey, no nível de 5%.

¹ Semeadura do feijão em 23/05/1999

² Colheita em 05/09/1999

Fonte: Aidar et al. (2000)

Estes bons resultados da utilização de brachiárias como fonte de palhada nos remetem ao Sistema Santa Fé, que consiste na utilização dessas gramíneas em consórcio com outras culturas a fim de fornecer grandes quantidades de resíduos vegetais para o Sistema Plantio Direto.

No caso específico do feijoeiro o Sistema Santa Fé também tem mostrado resultados satisfatórios no controle de plantas daninhas, como: leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), caruru (*Amaranthus hybridus*) e capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) (Cobucci et al., 2001) e no controle de fungos patogênicos do solo, como: *Fusarium solani*, *Rizoctonia solani* e *Sclerotinia Sclerotiorum* (Aidar et al., 2000, Costa, 2002).

4.2 Rotação de culturas

A rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais, no decorrer do tempo, numa mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter propósito comercial e de recuperação do meio ambiente (Embrapa, 2001).

As vantagens da rotação de culturas são inúmeras, constituindo em um processo de cultivo capaz de proporcionar a produção de alimentos e outros produtos agrícolas, com mínima alteração ambiental. Se adotada e conduzida de modo adequado e por um período longo, essa prática preserva ou melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo; auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas; repõe matéria orgânica e protege o solo da ação dos agentes climáticos; e ajuda a viabilização da semeadura direta e a diversificação da produção agropecuária (Embrapa, 2001).

Pode-se concluir que as técnicas de rotação de culturas andam juntas com as técnicas do Sistema Plantio Direto, ou seja, uma depende da outra e juntas são responsáveis pela manutenção da matéria orgânica do solo e da produtividade sustentável da cultura do feijão.

5 Referências bibliográficas

- AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVAEIRA, I.P. de; KLUTHCOUSKI, J.; CARNEIRO, G.E.S.; SILVA, J.G. da; DEL PELOSO, M.J. Bean production and white mould incidence under no-till system. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, East Lansing, v.43, p.150-151, 2000.
- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos:** características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA. 1992. (Boletim Técnico, 6).
- BALASTA, M. L. F. C.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLAREAL, C. P.; LOTT, J. N. A.; ROXAS, D.B. Effect of silica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hull. Can. J. Bot., v.67, p.2356-2363, 1989.
- BALDEON, J.R.M. Efeito da ação alcalinizante e da competição entre silicato e fosfato na eficiência do termofosfato magnésiano em solos ácidos. Piracicaba. 1995. 88 p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BARBER, D.A.; SHONE M.G.T. The absorption of silica from aqueous solutions by plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 17, p. 569-578, 1966.
- BAYER, C; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.
- BÉLANGER, R.R.; BOWEN, P.A.; EHRET, D.L.; MENZIES, J.G. Soluble silicon – its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**, v.79, n.4, p.329-336, 1995.
- BOHNEN, H. Acidez do solo: Origem e correção. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul, 2000. p. 9-19. (Boletim Técnico, 4).
- BRADY, N.C. The nature and properties of soil. 10. ed. New York: Macmillan, 1992, p.179-200.
- CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; BRASIL SOBRINHO, N.M. Reações da matéria do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e sub-tropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.69-90.
- CARVALHO, R. Interações silício-fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro e Cambissolo cultivados com mudas de eucalipto. Lavras. 1999. 89p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N. et al. Dessorção de fósforo por silício em solos cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.69-74, 2000.
- CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R.R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. **Phytopathology**, v.84, n.3, p.236-242, 1994a.
- CHÉRIF, M; BENHAMOU, N.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER, R.R. Silicon induce resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.41, p.411-425, 1992a.
- CHÉRIF, M; MENZIES, J.G.; BENHAMOU, N.; BÉLANGER, R.R. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.41, p.371-385, 1992b.

- COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: produção forragem na entressafra. In: workshop internacional programa de integração agricultura e pecuária para o desenvolvimento sustentável das savanas tropicais sulamericanas, 2001, Santo Antônio de Goiás. Anais, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p.125-135. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 123).
- COMPANIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. Levantamento feijão total (1º safra, 2º safra e 3º safra). Brasília: CONAB, 2004.
- COSTA, J.L. da S. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: Integração Lavoura-Pecuária, 1. edição, 2003, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.523-533.
- COSTA, J.L.S. Reconstrução do solo e manejo de culturas no controle de podridões radiculares em feijoeiro. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 27, p.S37-S38, ago. 2002. Suplemento. Edição de Resumos do XXXV Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Recife, PE, ago. 2002.
- DALTO, G. **Manejo de silicato e calcário em soja cultivada sobre palhada de cana-de-açúcar.** Uberlândia, 2003. 90 p. Tese (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.
- DUTRA, M.R.; LEONEL, C. L.; PAIVA, B.R.T.L.; CAMPOS, V.P. Silício no controle do nematóide de galhas (*Meloidogyne javanica*) em feijoeiro In: SIMPOSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 2, Lavras, 2003.
- DUTRA, M.R.; PAIVA, B.R.T.L.; CAMPOS, V.P. Efeito de fontes e doses de produtos silicatados na mobilidade do nematóide de galhas (*Meloidogyne javanica*) In: SIMPOSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 2, Lavras, 2003.
- DUTRA, M.R.; SALOME, A. J.; OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. A.; MIRANDA, J.C.; SOUZA, P.E. Silício no controle de *Rhizoctonia solani* do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) sob temperatura de 28°C In: SIMPOSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 2, Lavras, 2003.
- DUTRA, M.R.; SALOME, A. J.; OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. A.; MIRANDA, J.C.; SOUZA, P.E. Silício no controle de *Rhizoctonia solani* do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) sob temperatura de 20°C In: SIMPOSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 2, Lavras, 2003.
- DUTRA, M.R.; LEONEL, C. L.; CAMPOS, V.P. Silício no controle de nematóides de galhas em feijoeiro In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 2, Lavras, 2003.
- EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja – Região central do Brasil – 2001/2002.** 1 ed. Londrina: Embrapa Soja (Documentos 167), 2001. p.68-72; 142-148.
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**, v.91, p.11-17, 1994.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641-664, 1999.
- FAWE, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER, R.R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. **Biochemistry and Cell Biology**, v.88, n.5, p.396-401, 1998.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 29, p. 511-566, 1978.

- GROTHGE-LIMA, M.T. Interrelação cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja [*Glycine Max* (L.) merrill]. Piracicaba, 1998. 58p. Tese (Doutorado), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- HORST, W. J.; MARSCHNER, H. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and soil**, v. 50, p. 287-303, 1978.
- JONES, L.H.P.; HANDRECK, K. A. Sílica in soils, plants, and animals. *Advances in Agronomy*, San Diego, v. 19, p. 107-149, 1967.
- KLUTHCOUSKI, J.; NELSON, L.E. Variations in the manganese concentrations in soybean trifoliate. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.10, p.1299-1310, 1979.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: Integração Lavoura-Pecuária, 1. edição, 2003, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.499-522.
- KOGA, H.; ZEYEN, R.J.; BUSHNELL, W.R.; AHLSTRAND, G.G. Hipersensitive cell death, autofluorescence and insoluble silicon accumulation in barley leaf epidermal cells under attack by *Erysiphe graminis* f. sp. hordei. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.32, n.3, p.395-409, 1988.
- KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L. E. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. In: SECAP200, SEMINÁRIO DE CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 5, Piracicaba. Julho/2000.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura. 3.ed. Uberlândia, GPS/ICIAG/UFU, 2004. 28p. (**Boletim Técnico**, 1).
- LEPSCH, I. F. O silício no solo. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., Uberlândia, 2004.
- LOPES, M.S. Relações entre pH e adsorção de P e Si em solos. Porto Alegre 1977. 117 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- LOUZADA, P.T.C. Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante de solo. Viçosa, 1987. 52f. Tese (Magister Scientiae /Solos e Nutrição de Plantas) –Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa.
- MADAMANCHI, N.R.; KUC, J. Induced systemic resistance in plants. In: COLE, G.T.;HOCH, H.C. (eds). **The fungal spore and disease initiation in plants and animals**. New York: Plenum Press, 1991, p.347-362.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980, 251p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 887p.
- MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. Atualização em plantio direto. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.3-16.
- NOGUEIRA, M.A. Interações entre micorriza arbuscular, rizobactérias, fósforo e silício na manifestação da toxidez de manganês em soja. Piracicaba, 2001. 207 p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- NOLLA, A. Correção da acidez do solo com silicatos. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA. 3., Uberlândia, 2004.
- PEREIRA, J.E. Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno. Viçosa, 1978. 84 f. Tese (*Magister Scientiae*) Universidade Federal de Viçosa.

- PEREIRA, A. C.; OLIVEIRA, L.A.; NOLLA, A. Acumulação de silício na cultura de arroz e soja. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3, Uberlândia, 2004.
- PEREIRA, H.S. Características agrônômicas e eficiência de fontes de silício. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., Uberlândia, 2004.
- PIAU, W.C. Viabilidade do uso das escórias como corretivos e fertilizantes. Piracicaba, 1991, 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- SMYTH, T.J.; SANCHEZ, P.A. Effects of lime, silicate, and phosphorus applications to an Oxisol on phosphorus sorption and ion retention. **Soil Science society of American Journal**, v. 44, p. 500-505, 1980.
- RAIJ, B. van; CAMARGO O. A. Silica solúvel em solos. **Bragantia**, Campinas, v.32, p. 223-236, 1973.
- RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v.58, p.179-207, 1983.
- RICHMOND, E.R.; SUSSMAN, M. Got silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. *Current Opinion in Plant Biology*, v.6, p.268-272, 2003. Disponível em: <http://www.current-opinion.com>. Acesso em: 17/02/2005.
- RODRIGUES, F. A.; Mecanismos de resistência de plantas a patógenos mediados pelo silício. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., Uberlândia, 2004.
- SAMUELS, A.L.; GLASS, A.D.M.; EHRET, D.L.; MENZIES, J.G. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant, Cell and Environment**, v.14, p. 485-492, 1991b.
- SANCHEZ, P.A.; LOGAN, T.J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A. (Ed.). *Myths and science of soil of the tropics*. Madison: SSSA, 1992. p. 35-46 (SSSA. Special Publication, 29).
- SILVA, J.A. Plant, mineral nutrition: Yearbook of Science and technology. McGraw-Hill Book. 1973.
- STICHER, L.; MAUCH-MANI, B.; MÉTRAUX, J.P. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v.35, p.235-270, 1997.
- TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: *SCIENCE OF THE RICE PLANT: Physiology. Food and Agric. Policy Res. Center*, Tokyo, v.2, p. 420-433, 1240p, 1996.
- TSAI, S. M.; FONTÃO-FILHO, O.; GROETHE-LIMA, T.; FAGGIANI, E.P.; SALOMÃO, R.; MARTINATI, J.; GUZZO, S.; STAFFOCKER, A.; Interações do silício com patógenos e resistência sistêmica induzida em plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., Uberlândia, 2004.
- UITDEWILLIGEN, G.S. A Produção de milho submetido a aplicação de calcário e silicato de cálcio e magnésio. Uberlândia. 2004. 25 f. Monografia (Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia.
- YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. *Bulletin National Institute of Agriculture and Science*, Ser. B. v.15, p.1-58, 1975.

ECOFISIOLOGIA E FENOLOGIA DO FEIJOEIRO COMUM

Antonio Luiz Fancelli¹

1 Introdução

Infelizmente, apesar do conhecimento acumulado e das informações disponíveis concernentes ao crescimento e desenvolvimento da espécie *Phaseolus vulgaris*, ainda o produtor e, mesmo alguns técnicos, tem insistido em utilizar recomendações de manejo baseadas em simples escala de tempo, representada pelo número de dias transcorridos após a semeadura, emergência, florescimento e outros eventos relacionados à lavoura de feijão. Tal procedimento, com certeza tem contribuído para a redução da eficiência no uso de fertilizantes, defensivos e água, bem como tem ocasionado equívocos na preservação de etapas importantes de definição de produção e rendimento por parte da planta.

Nesse contexto, objetivando o desenvolvimento de uma agricultura mais racional e científica torna-se imprescindível o emprego de conhecimentos de Fenologia.

Fenologia é o estudo da duração e sincronismos das etapas de desenvolvimento da planta em função da sua reação às condições de ambiente.

Pela definição acima, pode-se inferir que Fenologia engloba o conhecimento de todas as etapas da vida vegetal desde a germinação até a sua plena maturidade. A reunião ordenada dessas informações permite avaliar o grau de influência dos fatores envolvidos no processo produtivo, bem como estabelecer estratégias de manejo condizentes com os estádios de desenvolvimento vegetal.

A utilização prática da Fenologia é assegurada por inúmeros estudos que permitiram o estabelecimento de correlações entre a ocorrência de eventos fisiológicos e bioquímicos na planta com seus aspectos morfológicos, tais como número e tipo de folhas, presença de botões florais e aparecimento de flores e vagens. Esses estudos e correlações resultaram em uma escala de reconhecimento de estádios fenológicos denominada de *Escala Fenológica*.

Assim, o uso de uma escala baseada nas mudanças morfológicas da planta e nos eventos fisiológicos que se sucedem no ciclo de vida do feijoeiro oferece maior segurança e precisão nas ações de manejo. Para a cultura do feijão, a escala fenológica mais utilizada é aquela proposta por GEPTS & FERNÁNDEZ (1982), conforme apresentado na Tabela 1.

Nesta escala, o ciclo biológico do feijoeiro é constituído de 10 etapas de desenvolvimento, sendo que a designação de cada etapa é baseada em um código que consta de uma letra e um número. A letra significa a fase dentro do ciclo, ou seja, a letra V refere-se à fase vegetativa e a letra R, à fase reprodutiva. Os números indicam a posição da etapa de desenvolvimento da planta dentro da escala.

¹ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Dr. e Docente do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, Piracicaba-SP, 13.418-900. Fone: (19)3429-4115, ramal 25. e-mail: fancelli@esalq.usp.br.

Tabela 1. Escala fenológica do feijoeiro comum (Gepts & Fernández, 1982).

Estádio	Descrição
Fase vegetativa	
V0	Germinação/emergência
V1	Cotilédones ao nível do solo
V2	Folhas primárias expandidas
V3	Primeira folha trifoliada
V4	Terceira folha trifoliada
Fase reprodutiva	
R5	Botões florais
R6	Abertura da primeira flor
R7	Aparecimento das primeiras vagens
R8	Primeiras vagens cheias
R9	Mudança significativa da coloração das vagens (maturidade fisiológica)

* Em uma comunidade vegetal o estágio fenológico é determinado quando mais de 50% das plantas presentes na área apresentam a sua respectiva caracterização

1.1 Duração das etapas de desenvolvimento

A duração das etapas de desenvolvimento do feijoeiro (estádios fenológicos) pode ser afetada por alguns fatores, dentre os quais merecem especial destaque o genótipo, o qual determina o hábito de crescimento e a precocidade das plantas, o clima e as condições de fertilidade do solo.

Com relação ao hábito de crescimento as principais diferenças relacionadas à duração das etapas de desenvolvimento do feijoeiro estão concentradas no período para florescimento e no período de florescimento. Plantas de crescimento determinado (Tipo I) apresentam fases iniciais e período de florescimento mais curtos que plantas de crescimento indeterminado. Porém, dentre as plantas de hábito de crescimento tipo II, III e IV (indeterminado), as diferenças relacionadas à duração das fases iniciais de desenvolvimento são pouco significativas, as quais se pronunciam no período de floração (abertura da primeira e da última flor). Assim, planta do tipo IV apresenta maior período de florescimento quando comparada à do Tipo III, que por sua vez é maior que a do Tipo II.

A precocidade, determinada pelo genótipo, pode afetar significativamente a duração das etapas de desenvolvimento do feijoeiro, principalmente aquelas antecedentes ao florescimento. Alguns trabalhos de pesquisa corroboram essa afirmativa, visto que diferentes variedades pertencentes ao mesmo tipo de hábito de crescimento podem apresentar distintos intervalos de tempo entre a emergência e o início da abertura das flores.

Dos elementos de clima que interferem significativamente na duração dos estádios fenológicos do feijoeiro destacam-se a temperatura e a água. Estresses hídricos na fase inicial de desenvolvimento da planta podem provocar o encurtamento acentuado do período para florescimento, o mesmo ocorrendo, em menor grau, em estágios fenológicos mais avançados. Quanto à temperatura, valores abaixo de 15°C podem prolongar o ciclo da planta, principalmente a duração das etapas iniciais de desenvolvimento; ao passo que, temperaturas elevadas (>30°C) afetam, principalmente, os estádios reprodutivos.

O feijoeiro quando cultivado em condições de alta fertilidade de solo, manifesta a tendência de alongamento de seu ciclo de vida. Em meio a elevado teor de matéria orgânica ou acentuada disponibilidade de nitrogênio, a mencionada espécie alonga sua fase vegetativa e, conseqüentemente, a duração dos estádios de desenvolvimento relativos à essa fase, bem como promove maior taxa de retenção foliar, notadamente quando submetida a regime hídrico favorável.

2 Descrição dos estádios fenológicos

As fases de desenvolvimento, na cultura do feijão não apresentam nítida separação, principalmente quando consideradas plantas de hábito de crescimento indeterminado, constatando-se sobreposições representadas pela possibilidade de emissões simultâneas de folhas, flores e vagens. Esse fato deve ser considerado por ocasião da elaboração de recomendações técnicas e de manejo.

Da mesma forma, cumpre salientar que o pleno conhecimento e a facilidade na identificação dos estádios fenológicos mencionados, favorecem o estabelecimento de estratégias efetivas de manejo, objetivando a obtenção de rendimentos satisfatórios e lucrativos. Para tanto, a descrição e as implicações práticas dos estádios fenológicos do feijoeiro comum serão apresentadas a seguir.

2.1 Estádio V_0 (Germinação)

Após a absorção de água pela semente, inicia-se o processo de germinação, caracterizado pelo aparecimento da radícula (pelo orifício chamado micrópila, situado na extremidade do hilo).

O feijão possui grande sensibilidade à falta e/ou excesso de água após a sementeira, bem como não apresenta satisfatória tolerância à sementeira profunda (> 8 cm). Tal procedimento poderá favorecer o ataque de pragas de solo e a infecção das raízes por patógenos, bem como dificultar a emergência das plântulas. Depois da emissão da radícula, o hipocótilo também se alonga e os cotilédones aparecem na superfície do solo. Temperaturas inferiores a 12 °C reduzem significativamente a taxa e a velocidade de germinação das sementes. Por outro lado, valores de temperatura próximos a 25°C, favorecem, consideravelmente, o referido processo.

2.2 Estádio V_1 (Emergência)

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

2.3 Estádio V_2 (Desdobramento das folhas primárias)

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

A rapidez do desdobramento (abertura), a conformação e o tamanho das folhas primárias são extremamente importantes para o estabelecimento da cultura no campo por representar a sede inicial de conversão de energia.

Normalmente, o tamanho potencial das folhas primárias está relacionado ao tamanho das sementes. Salienta-se também que o tamanho e a conformação das folhas primárias podem ser reduzidos e afetados pela maior profundidade de semeadura, pela incidência de pragas e fungos de solo, pela escassez de água, além de ser influenciada pela integridade e vigor das sementes.

2.4 Estádio V₃ (Emissão da primeira folha trifoliolada)

O presente estágio se caracteriza quando a primeira folha trifoliolada ou verdadeira encontra-se plenamente desdobrada, o que pode ser confirmado pela constatação dos folíolos em posição horizontal. A partir deste momento evidencia-se o aumento da taxa de desenvolvimento vegetativo da planta, o qual assume ritmo máximo somente a partir do estágio V₄ (após a emissão do 5º trifólio). No presente estágio, os cotilédones já se apresentam exauridos e, freqüentemente, já sofreram o processo de abscisão (queda), tornando a planta diretamente dependente dos nutrientes presentes no solo. O período compreendido entre os estádios V₁ e V₃, conferem à planta de feijão maior tolerância a estresses hídricos e baixas temperaturas, em níveis moderados.

2.5 Estádio V₄ (Emissão da terceira folha trifoliolada)

Nesse período a terceira folha trifoliolada está plenamente desdobrada e tem início o processo de emissão acelerada de folhas e de crescimento da planta. Portanto, nesse momento é recomendado o início da adubação nitrogenada de cobertura da cultura.

Deficiências hídricas após esse momento poderão reduzir significativamente o porte da planta e o número de folhas emitidas pelo feijoeiro. Ressalta-se que os efeitos relacionados à disponibilidade de água e de nutrientes estão diretamente ligados à população de plantas utilizada.

Apesar dos esforços despendidos em inúmeros trabalhos de pesquisa relacionados à economia de água pelas plantas, ainda o desenvolvimento efetivo do sistema radicular em densidade e profundidade pode ser considerado como o principal elemento determinante da maior tolerância a condições de baixa disponibilidade hídrica.

A incidência de vento constante em lavouras de feijão pode também aumentar a demanda por água por parte da planta, tornando-a mais suscetível a períodos curtos de estiagem, afetando o desempenho da cultura. Assim, experimentos conduzidos no CIAT, Colômbia, mostraram que o emprego de quebra-ventos, devidamente localizados na gleba assolada por brisa contínua, pode contribuir para o incremento de produção, próximo a valores correspondentes a 15%, além de reduzir a incidência de doenças provocadas, principalmente, por bactérias.

Da mesma forma, o feijoeiro, também apresenta elevada sensibilidade ao excesso de água, representado por chuvas intensas e freqüentes ou irrigações excessivas que prejudicam seu metabolismo e restringe seu potencial de produção. O excesso de umidade ocasiona a deficiência de oxigênio ao nível radicular e a redução acentuada da atividade microbiana do solo. Tais condições devem ser evitadas, pois a cultura do feijão não suporta acúmulo de água no solo, mesmo por curto espaço de tempo. A amplitude dos prejuízos inerentes ao encharcamento está relacionada ao tempo e ao estágio de desenvolvimento da planta.

Para o feijoeiro, no período compreendido entre a emissão do 4^o trifólio e o início do aparecimento dos botões florais, temperaturas baixas e/ou baixa luminosidade, ou altas temperaturas à noite, provocam a diminuição da formação de ramos laterais ou axilares, contribuindo para a redução da área foliar e do tamanho da planta, bem como acentuam falhas na formação e fisiologia das flores.

A obtenção de elevado índice de área foliar para o feijoeiro pode não se traduzir em maior potencial de produção. Assim, a produção excessiva de folhas, estimulada pelo clima e condições edáficas, bem como via irrigação ou insumos, poderá comprometer o desempenho da planta em função do aumento da taxa respiratória e transpiratória, bem como da redução da eficiência fotossintética. O índice de área foliar (IAF) deverá ser condizente com o sistema de produção adotado e com o estoque de recursos disponíveis, cujos valores recomendados devem oscilar entre 3,5 a 4,5.

Com relação à resposta à luz, a espécie *Phaseolus vulgaris* apresenta plantas neutras ao fotoperíodo e outras exigentes em dias curtos para a floração. Para essas últimas, cada hora a mais de luz/dia pode ocasionar o retardamento da maturação de 2 a 6 dias.

Em regiões de latitudes baixas e/ou em épocas de acentuada intensidade luminosa, as folhas, haste ramos e vagens podem apresentar escaldaduras (descoloração ou queimaduras) e deformações, especialmente após período de elevada umidade e nebulosidade. Ainda, por se tratar de planta de metabolismo C₃, quando submetido a intensidades crescentes de luz, o feijoeiro comum apresenta saturação lumínica elevada e a luz poderá resultar em aquecimento de folhas, com conseqüente aumento de respiração e queda de rendimento.

Assim, nos tipos de regiões mencionadas, a escolha da época de semeadura constitui-se em preponderante fator de sucesso da cultura.

2.6 Estádio R₅ (Botão Floral - Início da fase reprodutiva)

Nesse estágio ocorre o aparecimento dos primeiros botões florais e se inicia-se o período crítico à falta de água.

Inúmeros trabalhos de pesquisa relatam que o estresse hídrico nesse estágio, além de retrair bruscamente a emissão de novas folhas, provocam perda de produção entre 15 e 37 %.

Da mesma forma, temperaturas acima de 35°C ou inferiores a 12°C provocam a redução do número de flores, bem como podem contribuir para maior dificuldade de fertilização.

2.7 Estádio R₆ (Florescimento)

A abertura das primeiras flores define o presente estágio. Referências práticas evidenciam que o feijoeiro de hábito de crescimento indeterminado deverá atingir esse estágio com, aproximadamente, 16 a 20 trifólios devidamente expandidos e fotossinteticamente ativos, de modo a não comprometer o seu potencial de produção.

As flores do feijoeiro são extremamente sensíveis a danificações mecânicas e a produtos químicos de natureza diversa (fertilizantes e defensivos, de maneira geral).

O feijoeiro comum é uma planta de auto-fecundação, cujo processo é favorecido pela sua morfologia floral, visto que seus 10 estames estão

localizados na altura do estigma. Quando se processa a deiscência das anteras, o pólen atinge diretamente o estigma, principiando a etapa de fecundação, que pode durar de 8 a 10 horas. Todavia, taxas de cruzamentos naturais, oscilando entre 0,2 a 10 %, culminando em sérios transtornos à produção de sementes. Taxas elevadas de cruzamentos têm sido, freqüentemente, atribuída à presença de tripes e outros pequenos insetos associados à cultura do feijão.

O feijoeiro produz grande número de flores, muito acima daquele possível de ser sustentado, em função da acentuada queda natural, característica dessa espécie, a qual oscila entre 40 e 75 %, de acordo com as condições climáticas reinantes no período.

As primeiras flores apresentam, normalmente, maior probabilidade e capacidade de originarem vagens, em função da ordem de prioridade de formação das vagens. Aquelas correspondentes ao meio e final da etapa de florescimento estão sujeitas ao maior índice de abortamento ou maior taxa de "chochamento".

Nesse estágio a predominância de temperaturas baixas pode afetar o processo de fecundação das flores. Por conseguinte, a germinação do pólen do feijoeiro é reduzida por temperaturas inferiores a 10 °C, ao passo que temperaturas abaixo de 16,8°C concorrem para a redução do crescimento do tubo polínico interferindo no processo de fertilização. Temperaturas baixas também acarretam a redução do número de vagens por planta e de sementes por vagens. Todavia, alguns estudos mostram que temperaturas crescentes acima de 12,8 °C até 21°C, não interferiram no número de vagens, porém propiciaram o aumento linear no número de sementes por vagem. Ainda, evidencia-se que nenhuma vagem, e mesmo semente, consegue se desenvolver, de forma normal, quando a planta é submetida à temperatura abaixo de 10°C.

O consumo de água por parte do feijoeiro, raramente excede 4,0 mm/dia, enquanto a planta estiver nos estádios iniciais de desenvolvimento (VI, V2 e V3). Contudo, durante o pleno crescimento (V4), florescimento (R5/R6) e enchimento de vagens (R7 e R8), seu consumo pode se elevar para 4,0 a 5,0 mm diários. Outros dados experimentais referentes a essa cultura evidenciam índices diários de consumo de água ligeiramente superiores a 5 mm, quando as plantas encontram-se submetidas a condições de intenso calor e baixa umidade relativa do ar.

Com relação ao excesso de água, alguns trabalhos mostraram que todos os componentes da produção são afetados pela inundação do sistema radicular. No período de florescimento, o encharcamento por 2, 4 e 6 dias, ocasionaram, respectivamente, reduções de produção correspondentes a 48%, 57% e 68%. Ainda, constatou-se que as fases de início de florescimento e início de formação de vagens possuem maior sensibilidade às condições de excesso de umidade no solo.

2.8 Estádio R₇ (Início da formação das vagens)

O presente estágio é caracterizado pelo aparecimento das primeiras vagens, após a murcha das estruturas remanescentes da flor. Essa etapa é também extremamente influenciada pelas condições climáticas reinantes, além de ser também considerada como uma das etapas críticas quanto à falta de água. Deficiências hídricas nesse estágio proporcionam a diminuição da

produção pela redução da fotossíntese e do metabolismo da planta, pela queda de vagens jovens (abortamento) e pela retração do tamanho das vagens em fase de crescimento.

Quanto à influência da temperatura nesse estágio, sabe-se que temperatura noturna elevada ($>24^{\circ}\text{C}$) é extremamente danosa para a formação e retenção de vagens. Durante o dia, temperaturas superiores a 35°C , durante esse estágio, contribuirá para a máxima taxa de abortamento de vagens jovens.

Referências da literatura evidenciam a resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio, fósforo e Potássio, nesse estágio, porém via foliar, visto que a atividade radicular (absorção ativa) encontra-se reduzida em função da relação fonte-dreno, que nessa fase favorece a formação das vagens. Assim, o nitrogênio poderá contribuir para o incremento do tamanho das vagens, ao passo que o fósforo, bem como o potássio, poderá propiciar o aumento da densidade (peso) das sementes. Cumpre ressaltar que o emprego desses nutrientes, após o florescimento, somente é recomendado quando a fase vegetativa encontra-se em equilíbrio com a fase reprodutiva, ou seja, quando não se dispõe de número excessivo de folhas, configurando-se sobreposição abusiva de plantas.

Salienta-se que, nesse estágio, a planta pode estar produzindo flores, vagens e mesmo folhas, o que implica no eficiente mecanismo de translocação de carboidratos, regido pela relação fonte-dreno. Assim, a escala hierárquica de utilização de fotossintetatos é definida pela seqüência decrescente constituída de semente, vagem, flores e folhas. Porém, a folha, que é considerada como fonte, pode se transformar em dreno, quando jovem, visto que sua capacidade de translocação de carboidratos é baixa. Apenas quando a folha atingir 60-70 % do seu tamanho normal e estiver plenamente desdobrada (folha adulta) é que a mesma poderá funcionar como fonte. A capacidade de translocação das folhas do feijoeiro aumenta com a idade e com a atividade metabólica.

Nesse contexto, o manejo da lavoura de feijão deverá preservar o equilíbrio entre as principais fases de desenvolvimento da planta, objetivando o não favorecimento da produção exagerada de folhas em relação às flores e vagens.

2.9 Estádios R_8 (Enchimento das vagens)

A etapa R_8 se inicia com o enchimento da primeira vagem. Nesse estágio o tamanho da vagem já se encontra definido e a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis, principalmente falta de água e nutrientes, poderão concorrer para a redução da produção, em número e peso de grãos.

Nesse estágio, a ocorrência de temperaturas elevadas ($> 30^{\circ}\text{C}$), além de resultar no aumento da taxa respiratória, provoca sensível redução no número de grãos por vagem.

No final da presente etapa, evidencia-se o início do processo de pigmentação das sementes e, em seguida, das vagens. No estágio R_8 finaliza, a emissão de novas folhas, por parte das variedades com hábito de crescimento indeterminado, além de se observar o início do amarelecimento e queda das folhas inferiores da planta, em ritmo acelerado.

A aplicação tardia de nitrogênio, (entre R_5 e R_7), via foliar, poderá contribuir para a redução da taxa de produção de vagens chochas, para o

aumento da retenção e da duração da área foliar, com conseqüente favorecimento do enchimento de vagens, bem como para o prolongamento do ciclo da planta. Contudo, a utilização indiscriminada dessa estratégia poderá resultar no incremento de doenças e pragas.

2.10 Estádio R₉ (Maturidade das vagens)

O referido estágio é caracterizado pela mudança da cor das vagens (amarela ou pigmentada de acordo com a variedade) e das sementes, as quais adquirem sua cor e brilho final. O processo de senescência da planta (amarelecimento e queda das folhas) se acelera e a evolução normal dessa etapa exige a ausência ou baixa disponibilidade de água no sistema.

Nessa etapa também se inicia o processo de foto-oxidação do tegumento das sementes, tornando-as mais escuras e com menor valor comercial. A foto-oxidação é acelerada pelo aumento de temperatura, a partir de 25°C, e pela redução do valor de umidade relativa do ar (<50%).

3 Considerações finais

Atualmente, a agricultura atravessa nova onda de mudanças, ficando patente a necessidade do trabalho integrado do agricultor e do engenheiro agrônomo, de forma madura e consciente, objetivando maior compreensão do processo produtivo, de forma a assegurar a obtenção de rendimentos compensadores e sustentáveis.

Nessa ótica, a constante atualização, a busca de conhecimento e a informação precisa, assumem acentuada importância na diferenciação de profissionais e de serviços que, com certeza, se constituirão no fator preponderante de sucesso e consolidação do setor agrícola e empresarial.

4 Referências bibliográficas

- ABELES, F.B.; GAHAGAN, H.E. Abscission; the role of ethylene, ethylene analogues, carbon dioxide and oxygen. **Plant Physiology**, v.43, p. 1255-1258, 1968.
- BRANDES, D.; VIEIRA, C.; MAESTRI, M.; GOMES, F.R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).III. Interceptação de luz e eficiência de conversão da energia solar. **Experientiae**, Viçosa, v.15, n.1, p.23-30.
- CIAT. Morfologia de la planta de frijol comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, 1981. 50p. (Guia de Estudio).
- CIRINO, V.M.; KRANZ, W.M.; LOLLATO, M.A.; OLIARI, L.; RIBEIRO, P.G.F. Escolha e zoneamento de cultivares. In: O feijão no Paraná. Londrina, 1989. p.43-53. (Circular Técnica, 23).
- CROOKSTON, R.K.; TREHARNE, K.J.; LUDFOR, P.; OZBUN, J.L. Response of beans of shading. **Crop Science**, v.15, p.412-416, 1975.
- CROOKSTON, R.K.; O' TOOLE, J.; OZBUN, J.L. Characterization of the bean pod as a photosynthetic organ. **Crop Science**, v.14, p.708-712, 1974.
- DAVIS, J.F. The effects of some environmental factors on the set of pods and yield of white cowpea beans. **J. Agric. Research**, v.70, n.7, p.237-49, 1945.
- DICKSON, M.K.; BOETTGER, M.A. Effect of high and low temperatures on pollen germination and seed set in snaps beans. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.109, n.3, p.372-374, 1984.

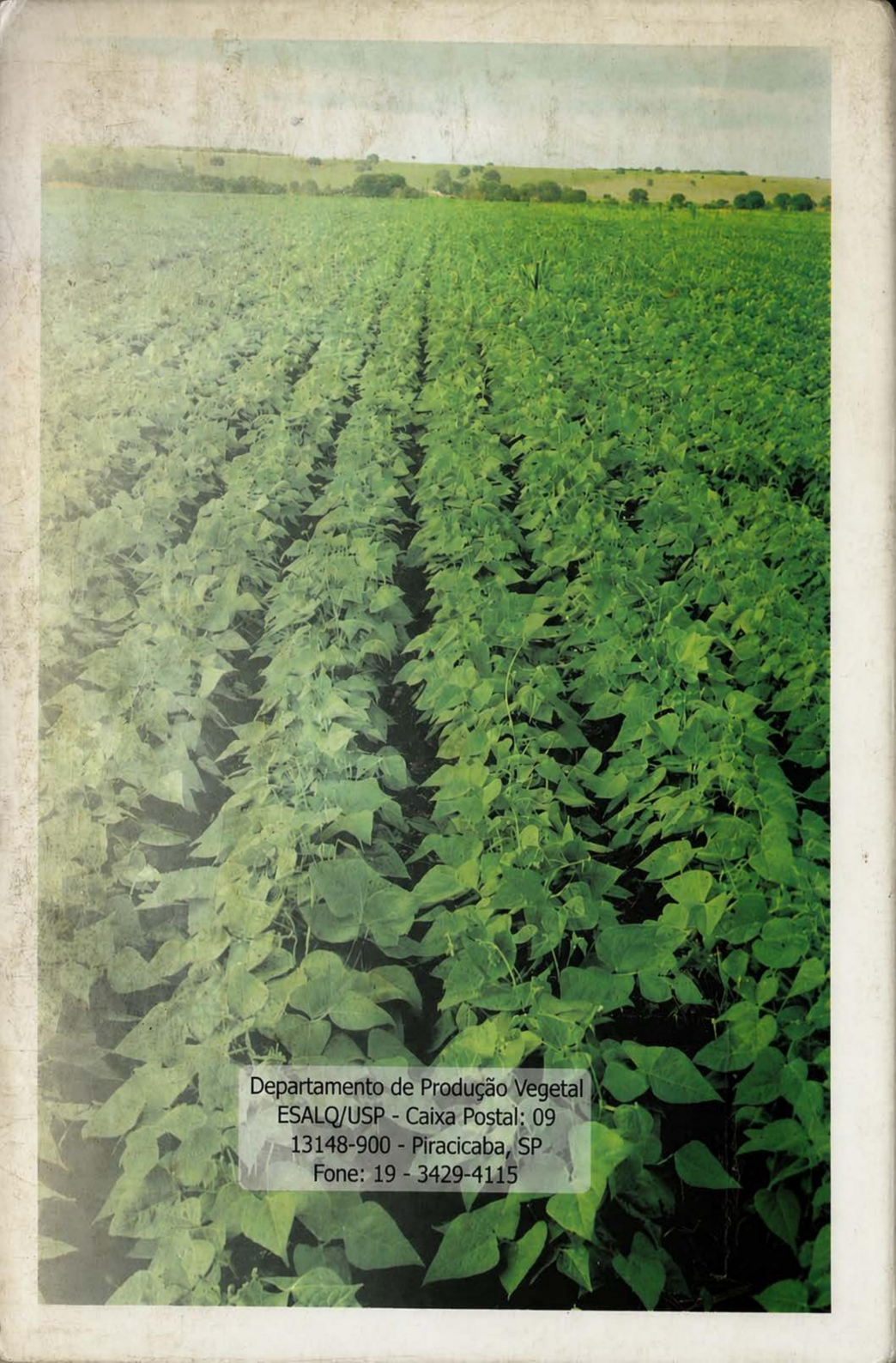
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. Produção de Feijão. Guaíba, Ed. Agropecuária, 2000.
- DUBETZ, S.; MAHALE, R.S. Effect of soil water stress on bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at three stages of growth. *J. Americ. Soc. Hort. Sci.*, v.94: p.479-81, 1969.
- FANCELLI, A.L. Instruções básicas para a cultura do feijão. Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Agricultura, 1988. 19p.
- FANCELLI, A.L. Cultura do feijão. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, 1987. 138p.
- FANCELLI, A.L. Feijão irrigado. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, 1992. 177p.
- FANCELLI, A.L.; D.DOURADO-NETO. Tecnologia da Produção do Feijão Irrigado. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP. Publique. 1997. 182p.
- FANCELLI, A.L.; D.DOURADO-NETO. Feijão irrigado: Estratégias básicas de manejo. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, Publique. 1999. 194p.
- FANCELLI, A.L.; D. DOURADO-NETO Sistemas de produção de feijão irrigado. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, 2001. 211p.
- FIELD, R.J. A relationship between membrane permeability and ethylene production of high temperature in leaf tissue of *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Bot.*, London, v.48, p33-39, 1981.
- GEPTS, P.; FERNÁNDEZ, F. Etapas de desarrollo de la planta de frijol comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, CIAT, 1982. 10p. (mimeografado).
- HOSTALÁCIO, S.; VÁLIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.211-8, 1984.
- LOLLATO, M.A. Efeito de população de plantas e a colheita mecânica do feijoeiro.. In: FANCELLI, A.L.; D. DOURADO-NETO. Tecnologia da Produção do Feijão Irrigado. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP. Publique. 1997. 182 p.
- MAGALHÃES, A.C.; CARELLI, M.L. Germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob condições variadas de pressão osmótica. Bragantia, Campinas, v.31, n.32, p.19-26, 1972.
- MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: O feijão no Paraná. Londrina, IAPAR, 1989. p.25-42. (Circular Técnica, 23).
- SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G. E. Problemas de producción del frijol. Cali, Colômbia, CIAT, 1980. 424p.
- SILVA, E.L. Suscetibilidade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Goiano Precoce à inundações temporárias do sistema radicular em diferentes fases do seu ciclo vegetativo. Piracicaba, 1982. 76p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).

Impressão e Acabamento



Edição Digital de Livros

(19) 3434-4838



Departamento de Produção Vegetal
ESALQ/USP - Caixa Postal: 09
13148-900 - Piracicaba, SP
Fone: 19 - 3429-4115