



# INFORME AGROPECUARIO

v. 38 - n. 298 - 2017

ISSN 0100-3364

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
Governo de Minas Gerais



## Inovações tecnológicas para a produção de feijão



O NOSSO MANEJO É COMO O PRODUTOR QUE ESCOLHE OS BIOPOTENTES:

INTELIGENTE.



Produtor inteligente compara na lavoura e comprova em produtividade os resultados positivos do Manejo Inteligente Biopotente.

Na nossa linha de produtos para a cultura do feijão, o produtor vai encontrar inoculantes, inseticidas, promotor de crescimento e produtos para manejar fusariose, mofo branco, rizoctoniose e nematoides. Por isso, escolha mais que biológicos, escolha Biopotentes.



# Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v. 38, n. 298, 2017

Belo Horizonte, MG

## Apresentação

O cultivo de feijão no Brasil experimentou um intenso progresso técnico nos últimos 30 anos, que redundou em significativo aumento de produtividade. Merece destaque o desenvolvimento de cultivares mais produtivas e resistentes a doenças, com grãos de ótima qualidade. Somam-se a isso inúmeras tecnologias de adubação, irrigação, conservação de solos, manejo integrado de pragas e doenças, as quais possibilitaram os cultivos no outono-inverno, na região Central do Brasil.

Muitos desafios ainda precisam ser superados, para que o padrão de produção de feijão no País seja direcionado para uma situação de diversidade de cultivares, inclusão de pequenos produtores, sustentabilidade ambiental e estabilidade de mercado.

Nesta edição, são abordados temas relacionados com as inovações tecnológicas responsáveis pelo progresso técnico experimentado pela cultura do feijão. São discutidos diversos aspectos ligados à sustentabilidade ambiental e econômica da cultura, com ênfase na produção integrada e no uso de insumos de baixo impacto ambiental. Com estas abordagens, espera-se contribuir para o contínuo desenvolvimento de toda a cadeia produtiva de feijão no País.

*Trazilbo José de Paula Júnior  
Fábio Aurélio Dias Martins*

## Sumário

<b>EDITORIAL</b> .....	3
<b>ENTREVISTA</b> .....	4
<b>Produção Integrada do feijão-comum: opção pela sustentabilidade</b> <i>Flávia Rabelo Barbosa, Aluísio Goulart Silva, Augusto César de Oliveira Gonzaga e Fábio Aurélio Dias Martins</i> .....	7
<b>Manejo da fertilidade do solo e nutrição das plantas do feijão-comum</b> <i>Álvaro Vilela de Resende, Pedro Marques da Silveira, Ithamar Prada Neto, João Chrisóstomo Pedroso Neto e Fábio Aurélio Dias Martins</i> .....	14
<b>Fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro: potencial ou realidade?</b> <i>Damiary Pádua Oliveira, Márcia Rufini, Bruno Lima Soares, Fábio Aurélio Dias Martins, Messias José Bastos de Andrade e Fatima Maria de Souza Moreira</i> .....	26
<b>Manejo da irrigação do feijoeiro</b> <i>Márcio José de Santana, Daniel Ávila Jacinto e Fábio Aurélio Dias Martins</i> .....	34
<b>Cultivares brasileiras de feijão: contribuições do melhoramento genético</b> <i>José Eustáquio de Souza Carneiro, Micheli Thaise Della Flora Possobom, Leiri Daiane Barili, Naine Martins do Vale, Pedro Crescêncio de Souza Carneiro, Trazilbo José de Paula Júnior e Rogério Faria Vieira</i> .....	44
<b>Controle biológico de doenças do feijoeiro</b> <i>Trazilbo José de Paula Júnior, Alan William Vilela Pomella, Joyce Moura Silva, Rogério Faria Vieira, Marcelo Augusto Boechat Morandi e Hudson Teixeira</i> .....	52
<b>Evolução e perspectivas da colheita mecanizada do feijão</b> <i>José Geraldo da Silva, Antônio Lilles Tavares Machado e Adriano Stephan Nascente</i> .....	61
<b>Potencial da agricultura de precisão no cultivo de feijão</b> <i>Marley Lamounier Machado</i> .....	70
<b>Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades</b> <i>Djalma Ferreira Pelegrini, Luiza Maria Capanema Bezerra e Rebecca Gramiscelli Hasparyk</i> .....	84
<b>Perfil da produção e dos produtores de feijão no Brasil</b> <i>Alcido Elenor Wander e Osmira Fátima da Silva</i> .....	92

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 38	n. 298	p. 1-100	2017
----------------------	----------------	-------	--------	----------	------

© 1977 Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

#### CONSELHO DE PUBLICAÇÕES

*Rui da Silva Verneque*

*Trazilbo José de Paula Júnior*

*Marcelo Abreu Lanza*

*Juliana Carvalho Simões*

*Vânia Lúcia Alves Lacerda*

#### COMISSÃO EDITORIAL DA REVISTA INFORME AGROPECUÁRIO

*Trazilbo José de Paula Júnior*

*Marcelo Abreu Lanza*

*Vânia Lúcia Alves Lacerda*

#### EDITORES TÉCNICOS

*Trazilbo José de Paula Júnior e Fábio Aurélio Dias Martins*

#### PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

##### DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

###### EDITORA-CHEFE

*Vânia Lúcia Alves Lacerda*

##### DIVISÃO DE PRODUÇÃO EDITORIAL

*Fabriciano Chaves Amaral*

##### REVISÃO LINGÜÍSTICA E GRÁFICA

*Marlene A. Ribeiro Gomide e Rosely A. R. Battista Pereira*

##### NORMALIZAÇÃO

*Fátima Rocha Gomes*

##### PRODUÇÃO E ARTE

**Diagramação/formatação:** *Ângela Batista P. Carvalho, Fabriciano Chaves Amaral e Maria Alice Vieira*

##### Coordenação de Produção Gráfica

*Ângela Batista P. Carvalho*

**Capa:** *Ângela Batista P. Carvalho*

**Fotos da capa:** *Anderson Cunha Costa*

##### Contato - Produção da revista

(31) 3489-5075 - [dpit@epamig.br](mailto:dpit@epamig.br)

##### DIVISÃO DE PROMOÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

*Rosineila Maria Alves*

##### Publicidade:

*Décio Corrêa*  
(31) 3489-5088 - [deciocorrea@epamig.br](mailto:deciocorrea@epamig.br)

**Impressão:** *EGL Editores Gráficos Ltda.*

**Circulação:** *fevereiro 2018*

## Informe Agropecuário é uma publicação bimestral da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

#### AQUISIÇÃO DE EXEMPLARES

##### Divisão de Promoção e Distribuição de Informação Tecnológica

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União

CEP 31170-495 Belo Horizonte - MG

[www.informeagropecuario.com.br](http://www.informeagropecuario.com.br); [www.epamig.br](http://www.epamig.br)

(31) 3489-5002 - [publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

**Assinatura anual: 6 exemplares**

#### DIFUSÃO INTERINSTITUCIONAL

*Dorotéia Resende de Moraes e Maria Lúcia de Melo Silveira*

*Biblioteca Professor Octávio de Almeida Drumond*

(31) 3489-5073 - [biblioteca@epamig.br](mailto:biblioteca@epamig.br)

EPAMIG Sede

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .  
v.: il.

Bimestral

Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. - v.1, n.1 - (abr.1975).

ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária - Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

**Governo do Estado de Minas Gerais  
Secretaria de Estado de Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**

Governo do Estado de Minas Gerais

Fernando Damata Pimentel

Governador

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Pedro Cláudio Coutinho Leitão

Secretário



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

**Conselho de Administração**

Pedro Cláudio Coutinho Leitão

Rui da Silva Verneque

Maurício Antonio Lopes

Antônio Nilson Rocha

Glênio Martins de Lima Mariano

Neivaldo de Lima Virgílio

Maria Lélia Rodriguez Simão

Marco Antonio Viana Leite

**Suplentes**

Ligia Maria Alves Pereira

Guilherme Henrique de Azevedo Machado

João Ricardo Albanex

Reginério Soares Faria

**Conselho Fiscal**

Márcio Maia de Castro

Livia Maria Siqueira Fernandes

Amarildo José Brumano Kalil

**Suplentes**

Júlio César Aguiar Lopes

Marcelo de Sousa Magalhães

**Presidência**

Rui da Silva Verneque

**Diretoria de Operações Técnicas**

Trazilbo José de Paula Júnior

**Diretoria de Administração e Finanças**

Guilherme Henrique de Azevedo Machado

**Gabinete da Presidência**

Maria Lélia Rodriguez Simão

**Assessoria de Assuntos Estratégicos**

Beatriz Cordenonsi Lopes

**Assessoria de Comunicação**

Fernanda Nívea Marques Fabrino

**Assessoria de Contratos e Convênios**

Eliana Helena Maria Pires

**Assessoria de Informática**

Silmar Vasconcelos

**Assessoria Jurídica**

Valdir Mendes Rodrigues Filho

**Assessoria de Processos Institucionais**

Maria Lourdes de Aguiar Machado

**Auditoria Interna**

Lúcio Rogério Ramos

**Departamento de Gestão de Pessoas**

Regina Martins Ribeiro

**Departamento de Informação Tecnológica**

Vânia Lúcia Alves Lacerda

**Departamento de Infraestrutura e Logística**

José Antônio de Oliveira

**Departamento de Orçamento e Finanças**

Patrícia França Teixeira

**Departamento de Pesquisa**

Marcelo Abreu Lanza

**Departamento de Suprimentos**

Mauro Lúcio de Rezende

**Departamento de Transferência de Tecnologias**

Juliana Carvalho Simões

**Instituto de Laticínios Cândido Tostes**

Claudio Furtado Soares

**Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo**

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

**EPAMIG Sul**

Rogério Antônio Silva e Marcelo Pimenta Freire

**EPAMIG Norte**

Polyanna Mara de Oliveira e Josimar dos Santos Araújo

**EPAMIG Sudeste**

Marcelo de Freitas Ribeiro e Adriano de Castro Antônio

**EPAMIG Centro-Oeste**

Marinalva Woods Pedrosa e Waldênia Almeida Lapa Diniz

**EPAMIG Oeste**

Daniel Angelucci de Amorim e Irenilda de Almeida

# Novas tecnologias para uma produção de feijão de qualidade

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão-comum, com produção anual em torno de 4 milhões de toneladas. O País é também o maior consumidor dessa leguminosa, com consumo per capita de, aproximadamente, 15 kg/ano.

A cultura do feijão é uma das mais importantes atividades do agronegócio brasileiro, pelo fato de esta espécie apresentar ampla adaptação edafoclimática e, consequentemente, ser produzida em quase todas as regiões do País. O feijão ainda se destaca por ser produzido, em especial, por pequenos agricultores, o que confere à cultura grande importância social.

Nos últimos anos, inúmeras tecnologias têm sido desenvolvidas e aplicadas no cultivo de feijão no Brasil, o que reflete em grande aumento de produtividade.

A EPAMIG e diversas outras instituições de pesquisa do estado de Minas Gerais e do Brasil têm contribuído para o desenvolvimento de novas tecnologias, especialmente no que se refere a disponibilizar cultivares mais produtivas e resistentes às doenças. Além disso, diversas tecnologias, relacionadas com o uso mais racional de água e de insumos, produção integrada e controle biológico, estão hoje à disposição dos produtores de feijão. Esta edição propõe-se a apresentar estas inovações tecnológicas e a difundir estratégias voltadas para uma produção de qualidade, com o objetivo de atender aos produtores e à sociedade em geral.

Rui da Silva Verneque  
Presidente da EPAMIG

# Tecnologia e organização da cadeia produtiva podem fazer do Brasil um grande exportador de feijão e pulses



Marcelo Eduardo Lüders, natural de Rio Negro (PR), é presidente do Instituto Brasileiro do Feijão e Pulses (Ibrafe) e consultor da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva do Feijão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Atua desde 1994 como diretor da Corretora de Mercadorias (Correpar), dedicada à comercialização agrícola. É presidente da Câmara de Grãos, como especialista em feijão, e corretor da Bolsa Brasileira de Mercadorias (BBM), além de editor do boletim diário *Só Feijão*. É o idealizador e organizador do Fórum do Feijão, evento anual. Participa de diversos outros eventos sobre a cadeia produtiva, sendo consultor de comercialização de feijões e pulses. É membro do Global Pulses Confederation (GPC) e atua também como broker internacional, intermediando transações comerciais, especialmente de feijão, ervilha, lentilha e grão-de-bico. Toda essa experiência dá a Marcelo Lüders a convicção sobre os benefícios dos feijões e a importância desta cadeia produtiva para o Brasil.

**IA -** *Quais os grandes desafios atuais da cadeia produtiva do feijão no Brasil?*

**Marcelo Lüders** - Do ponto de vista do abastecimento e da comercialização são diversos os desafios, mas é necessário buscar meios para que os extremos sejam evitados, no que diz respeito a preços. Ora sacrifica-se o consumidor com altos preços, ora sacrifica-se o produtor com preços irrisórios. A abertura ao mercado mundial de pulses (leguminosas que formam um grupo de 12 culturas, no qual incluem-se feijões, ervilhas secas, grão-de-bico e lentilhas), que busca diversificar o consumo de mais cultivares no Brasil, é um objetivo a ser alcançado. Por outro lado, nossa capacidade de produção aumenta a cada ano. O crescimento da área irrigada impõe um desafio: Como aumentar o consumo e dar viabilidade econômica com sustentabilidade?

**IA -** *Que mudanças devem ocorrer no mercado de feijões no Brasil nos próximos anos e que estratégias devem ser adotadas pelos diversos setores envolvidos?*

**Marcelo Lüders** - A era digital determina a utilização de novas ferramentas de monitoramento de áreas plantadas, fazendo evoluir a avaliação de safras. São bem-vindos os aplicativos de comercialização que permitem que pequenos empacotadores tenham acesso a regiões longínquas de produção, evitando os atravessadores, e também os softwares, que permitem leiloar a mercadoria. Precisamos nos fazer presentes na discussão com o varejo, que hoje ameaça toda a cadeia produtiva com margens vorazes e métodos de negociação que solapam as margens dos produtores. Outro aspecto dessas mudanças, diz respeito ao consumidor: a “geração milênio” que está aí quer produto natural, comida de verdade, não industrializada, mas originada com sustentabilidade. Não pode-

mos mais depender somente de defensivos e adubos químicos. Precisamos dar uma guinada para o uso dos produtos biológicos com certificações internacionais.

**IA -** *Quais os riscos da grande concentração da produção atual de feijão no Brasil, com cultivares do grupo carioca?*

**Marcelo Lüders** - Não há no mundo dos feijões somente feijão-carioca e feijão-preto. E não há consumidores de feijão-carioca fora do Brasil. Existe um universo de cores de feijões e pulses, com variações nutricionais e mercados distintos ao redor do mundo. Somos privilegiados em disponibilizar essa diversidade de feijões. O Guia Alimentar para a População Brasileira, publicado pelo Ministério da Saúde, deixa claro que precisamos incluir feijões em nossa alimentação, assim mesmo no plural. Dessa forma, como efeito colateral benéfico, certamente aumentaremos o consumo dessa leguminosa.

**IA -** *Quais iniciativas deveriam ser implementadas para promover maior diversificação de cultivares no Brasil?*

**Marcelo Lüders** - Precisamos primeiro ter a diversificação de variedades na produção, viabilizar economicamente o produtor e, paralelamente, trabalhar os formadores de opinião. Os *chefs*, os profissionais da saúde e os agentes do ensino são fundamentais nessa tarefa. Na verdade, já começaram a trabalhar nesse sentido, muito mais pela lógica dos argumentos a favor do que por ações coordenadas pelo setor.

**IA -** *Quem seria responsável por planejar e promover essas iniciativas?*

**Marcelo Lüders** - Acredito que hoje seria o Conselho Brasileiro do Feijão e Pulses (CBFP), que reúne entidades públicas e privadas, inclusive o Instituto Brasileiro do Feijão e Pulses (Ibrafe), que há 10 anos percebeu que este seria o melhor caminho, e deu incentivo a todo o processo de diversificação da produção, consumo e organização do setor.

**IA -** *No cenário atual, qual o papel do Brasil no mercado internacional de feijões?*

**Marcelo Lüders** - Somos irrelevantes, mas seremos em breve protagonistas fundamentais neste setor, assim como de tantos outros do agronegócio. O mundo espera que nos responsabilizemos perante a humanidade como maior produtor, processador e exportador de feijões e pulses.

**IA -** *O que fazer para aumentar o protagonismo do País?*

**Marcelo Lüders** - Estamos no caminho, organizando a pesquisa, fazendo com que o setor privado invista em parcerias com a área pública. Precisamos de iniciativas que coibam definitivamente a pirataria das sementes, a qual rouba o futuro dessa cadeia produtiva do feijão. Não há diferença entre o político corrupto que se beneficia da apropriação indevida do que não lhe pertence, e o produtor que usa se-

mente pirata. Para aumentar o uso de sementes precisamos dar explícitas garantias da qualidade do que é vendido. Das sementes que hoje estão no mercado, talvez 30% a 50% realmente são sementes que justificam ser assim denominadas.

**IA -** *O que significa exatamente o termo “feijões gourmet”?*

**Marcelo Lüders** - Acredito que precisamos “gourmetizar” a percepção do consumidor para que vejam os feijões como matéria-prima de centenas de alternativas de preparo e, por outro lado, “desgourmetizar” o produto na prateleira. Ou seja, se os feijões coloridos estão caros, precisamos trazê-los para o lado do feijão-preto e do feijão-carioca na gôndola. Hoje vendem-se pouco esses feijões por serem caros, e são caros porque vendem pouco.

**IA -** *Qual o potencial desses feijões para os mercados interno e externo?*

**Marcelo Lüders** - Imenso potencial. Somos 200 milhões de apaixonados por feijões. Podemos aumentar 2 quilos per capita por ano e teremos 400 mil toneladas a mais de consumo. Podemos, com planejamento estratégico, passar a exportar 500 mil toneladas e, assim, estaremos aumentando em 30% a demanda por feijões e pulses em dez anos.

**IA -** *Quais as expectativas do mercado quanto à atuação da pesquisa agropecuária na busca por soluções para a cadeia produtiva do feijão?*

**Marcelo Lüders** - Os pesquisadores fazem sua parte com os recursos que têm. Precisam ter orientação estratégica, recursos e reconhecimento pelo que fazem. Também precisam de uma rede de cooperação que permita evolução e trabalho em conjunto com as instituições nacionais, envolvendo também as internacionais.

**IA -** *Os avanços tecnológicos que vêm sendo obtidos têm sido adequados aos desafios que se apresentam?*

**Marcelo Lüders** - Até o momento os avanços tecnológicos representam o que mais se evoluiu dentro do setor. Hoje temos uma diversidade crescente de cultivares e perspectivas de que continuem aumentando exponencialmente.

**IA -** *Como a cadeia produtiva do feijão deveria avançar em direção à sustentabilidade econômica e ambiental?*

**Marcelo Lüders** - Precisamos estar mobilizados em um fórum permanente de discussão e rapidamente, a exemplo da soja, gerar recursos dentro da cadeia produtiva para enfrentar os custos e realizar os planos que já existem. A cadeia produtiva da soja é o modelo que podemos seguir. Um retorno mínimo por saca comercializada garantirá recursos para investir em marketing interno, externo, pesquisas e evolução do setor. Do ponto de vista ambiental, devemos utilizar a expertise de empresas que avançam rapidamente neste sentido em outros países e com outras culturas. Aproveitar ao máximo o fato de que as leguminosas são uma “corrente do bem”, pois utilizam poucos recursos naturais, como a água, apresentam menor taxa de utilização por quilo de proteína produzida e ainda fixam o nitrogênio na terra, favorecendo o plantio de outras espécies na rotação de culturas. Do ponto de vista da saúde, estão comprovados seus efeitos benéficos, valor glicêmico ínfimo, proteção contra o câncer, riqueza em fibras e antioxidantes e, se não bastasse, constituem ainda alimentos afrodisíacos. Poucos atentam para o fato de que os pulses foram criados para os seres humanos. Outros animais não se alimentam de feijões. Diante de tudo isso, qual alimento reúne tantas perspectivas e argumentos a seu favor? Somente os feijões e os pulses. Por isso, convoco os produtores, os comerciantes e os consumidores a erguerem esta bandeira do símbolo gastronômico do nosso povo com muito orgulho. “Viva o Feijão!”

# Emater 69 anos. Lado a lado dos mineiros, para Minas vencer a crise e seguir plantando e colhendo melhoria de vida.



O agricultor mineiro sabe que, mesmo em meio à tempestade, tem que sair para trabalhar. É preciso seguir. É o que a Emater tem feito. Apesar da crise e dos tempos difíceis, ela está levando assistência técnica a mais de 790 municípios, auxiliando mais de 400 mil produtores rurais, fortalecendo a agricultura familiar, facilitando o acesso ao crédito rural e diminuindo a pobreza.

Há 69 anos, a Emater faz parte da história de vida de muitos mineiros, levando orientações e políticas públicas para uma produção sustentável e rentável no campo e mais qualidade nos alimentos que chegam a nossa mesa. Este ano foram mais 1,1 milhão de atendimentos. Trabalho que se vê, por exemplo, nos melhores queijos do Brasil e do mundo e na maior e mais qualificada produção de café do país.

Para vencer a crise, a Emater está cada vez mais ao lado dos mineiros, para plantar qualidade, produtividade e colher desenvolvimento para toda Minas Gerais.

## Conheça algumas ações que estão transformando o campo:

- Orientação técnica desde a produção até a comercialização de produtos.
- Facilitação do acesso ao crédito rural.
- Promoção da Agricultura Familiar.
- Inclusão produtiva e erradicação da pobreza.
- Assistência focada em produção com sustentabilidade.

# Produção Integrada do feijão-comum: opção pela sustentabilidade

Flávia Rabelo Barbosa<sup>1</sup>, Aluísio Goulart Silva<sup>2</sup>, Augusto César de Oliveira Gonzaga<sup>3</sup>, Fábio Aurélio Dias Martins<sup>4</sup>

**Resumo** - O atual paradigma da agricultura está intimamente relacionado com a sustentabilidade da produção. Tanto é que o conceito de agricultura sustentável teve sua origem na Europa, com a promulgação da Política Agrícola Comum, no início da década de 1970. Academicamente o conceito de Produção Integrada foi lançado em 1977, por um grupo de entomologistas pertencentes à Organização Internacional para o Controle Biológico - International Organization for Biological Control (IOBC). A Produção Integrada contribui para a produção de alimentos de forma controlada, com garantia da qualidade organoléptica e salubridade dos produtos agroalimentares aos consumidores, fazendo com que seus benefícios ultrapassem os limites da porteira e cheguem efetivamente à mesa do consumidor final, promovendo uma relação de respeito e confiança entre produtores e consumidores. Como exemplo, é citada a implantação e a validação da Produção Integrada na cultura do feijão-comum, demonstrando a obtenção de produtividades semelhantes e até superiores à de tratamentos onde foram aplicadas altas doses de insumos. A sustentabilidade econômica da Produção Integrada do feijoeiro-comum permite uma atividade com maior viabilidade econômica, maior sustentabilidade ambiental e maior segurança para os envolvidos na atividade.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Segurança alimentar. Responsabilidade social. Responsabilidade ambiental.

## Integrated Production of common beans: option for sustainability

**Abstract** - The current paradigm of agriculture is closely related to the sustainability of production, so much so that the concept of sustainable agriculture originated in Europe with the promulgation of the Common Agricultural Policy in the early 1970s. Academically, the concept of Integrated Production was launched in 1977 by a group of entomologists of the International Organization for Biological Control. Integrated Production contributes to the production of food in a controlled way and to the guarantee of organoleptic quality and salubrity of the agricultural products to the consumers. Its benefits effectively reach the table of the final consumer and promote a relationship of respect and trust between producers and consumers. The implantation and validation of the Integrated Production of common beans are discussed in this work. Similar and even higher yields have been obtained with this system compared with treatments in which much higher doses of inputs are applied. The economic sustainability of the Integrated Production provides economical viability to the production of common bean, as well as environmental sustainability and safety for all involved in the activity.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*. Food safety. Social responsibility. Environmental responsibility.

### INTRODUÇÃO

O atual paradigma da agricultura está intimamente relacionado com a sustentabilidade da produção, dentro dos aspectos

mais amplos que o conceito apresenta. A adoção de tecnologias não deve ocorrer por si só, mas deve estar sempre alicerçada nos benefícios que justifiquem sua implantação. Mais que produzir muito,

é preciso produzir com qualidade, com custo adequado e com o menor impacto ambiental possível.

Todos os avanços e perspectivas que são inclusive discutidos em outros artigos

<sup>1</sup>Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, flavia.barbosa@embrapa.br

<sup>2</sup>Zootecnista, Ph.D., Analista EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, aluisio.silva@embrapa.br

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Especialista, Analista EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, augusto.gonzaga@embrapa.br

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul, Lavras, MG, fabio.aurelio@epamig.br

desta publicação, na cadeia produtiva do feijoeiro-comum, têm de atentar para esta nova realidade, imposta pela exigência dos mercados consumidores, amparada pela crescente preocupação com o amplo e complexo conceito da sustentabilidade.

## **PRODUÇÃO INTEGRADA: HISTÓRICO E PERSPECTIVAS**

A preocupação com a qualidade dos produtos agroalimentares e o impacto da produção ao ambiente produtivo são realidades no continente europeu há anos. Tanto é que o conceito de agricultura sustentável teve sua origem na Europa, com a promulgação da Política Agrícola Comum (PAC), no início da década de 1970 (ITÁLIA, 2016). A partir daquele momento surgiram as primeiras evidências do desenvolvimento do conceito de Produção Integrada, quando o setor agrícola europeu, em plena fase de desenvolvimento econômico, foi pressionado a maximizar a produção e a reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente, com a redução do uso desnecessário de produtos fitossanitários e da melhoria na eficiência da gestão dos fatores de produção, principalmente da água e do solo.

Academicamente, o conceito de Produção Integrada foi lançado em 1977 por um grupo de entomologistas pertencentes à Organização Internacional para o Controle Biológico – International Organisation for Biological Control (IOBC), ao publicar um boletim da própria organização, intitulado “Rumo à produção integrada, por meio do controle integrado” (BOLLER, 2005). A partir de então, o setor produtivo passou a enfatizar alguns elementos como qualidade do produto, ecologia, gestão e proteção do meio ambiente e economia dos recursos produtivos.

Até o início dos anos 1990, a nova percepção de como fazer agricultura de modo sustentável provocou algumas reações positivas do setor público, repercutindo em fortes investimentos na pesquisa e experimentação vegetal, em vários países europeus, o que desencadeou um progres-

sivo desenvolvimento de novas técnicas agrícolas de baixo impacto ambiental e a reorganização da assistência técnica, com a formação especializada de técnicos de campo.

Com a reforma da Política Agrícola Común (PAC) ou Reforma McSharry, em 1992, a preocupação com a qualidade e a atenção ao meio ambiente passaram a receber destaque especial, e normas específicas, ligadas ao meio ambiente, bem-estar animal e segurança dos alimentos, foram instituídas (UNIÃO EUROPEIA, 2017). Adicionalmente publicou-se o primeiro regulamento relativo aos métodos de produção agrícola compatíveis com as exigências de proteção ambiental e cuidados com o espaço rural – o Regulamento (CEE) nº 2.078, de 30 de junho de 1992 (COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPEIA, 1992), atrelado à promulgação da chamada Medida Agroambiental. Foi esta Medida que, efetivamente, estimulou a adesão voluntária dos produtores aos sistemas de produção sustentáveis, mediante uma compensação financeira como contrapartida. Ou seja, na prática, a Medida Agroambiental foi a grande responsável pela expressiva adesão dos produtores à Produção Integrada na Europa.

Em 2009, um novo impacto no setor agrícola ocorreu, com a publicação da Diretiva nº 128, de 21 de outubro de 2009 (UNIÃO EUROPEIA, 2009) para regulamentar o uso sustentável de pesticidas. Na verdade, tratou-se do marco legal para implementação da Produção Integrada em nível comunitário da União Europeia (UE), com a promoção da prática da “defesa integrada” e de abordagens ou técnicas alternativas para minimizar o uso de pesticidas sintéticos. Em 2012, esta Diretiva foi regulamentada por meio do Decreto nº 150, de 14 de agosto de 2012 (ITÁLIA, 2012), instituindo a defesa integrada como obrigatória a partir de janeiro 2014. Desde então, a produção agrícola convencional passou a ser pautada em sistemas que fazem uso da defesa integrada, basicamente a Produção Integrada ou a produção biológica (ou orgânica).

Além do componente legal já mencionado, a difusão da Produção Integrada na Europa tornou-se possível graças ao desenho dos seus demais componentes, cuja lógica foi a atuação em rede com a pesquisa; forte relação inter-regional; participação da indústria; eficiente coordenação da assistência técnica em nível regional; efetiva estrutura de apoio à assistência técnica (como sistema de previsão de pragas, redes meteorológicas locais); equipe de técnicos constantemente atualizados; boa relação com o mercado (comportamento e percepção do consumidor); constante atualização das normas de Produção Integrada (E-R AGRICULTURA E PESCA, 2013).

Dentro dessa lógica, a Produção Integrada contribuiu para a produção de alimentos de forma controlada, com garantia da qualidade organoléptica e salubridade dos produtos agroalimentares aos consumidores, fazendo com que seus benefícios ultrapassem os limites da porteira e cheguem efetivamente à mesa do consumidor final, promovendo uma relação de respeito e confiança entre produtores e consumidores.

Todo esse movimento de produção de alimentos seguros e sustentáveis influenciou, também, a agricultura brasileira no final dos anos 1990 e a Produção Integrada de Frutas (PIF) tornou-se realidade, a partir da produção de maçã e, logo em seguida, de manga, motivando mais tarde a criação do Sistema Agropecuário de Produção Integrada (Sapi), pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2009), que tomou como base os princípios da Produção Integrada da Organização Internacional de Luta Biológica (OILB) (BOLLER et al., 2011).

A PIF trouxe importantes benefícios para o Brasil, como (ANDRIGUETO et al., 2009):

- a) racionalização do uso de agrotóxicos (com reduções médias de 42% no uso de fungicidas, 89% de inseticidas e 100% de acaricidas e herbicidas, para uvas finas de mesa);
- b) redução no custo de produção pela economia de 40% de uso de fertilizantes no cultivo da maçã;

- c) redução de fertilizantes na ordem de 50% na cultura do pêssego, no Paraná;
- d) racionalização do uso da água como consequência da eficiência do sistema de irrigação na cultura de banana, no Norte de Minas Gerais, passando de 80% para 97%, em média;
- e) economia de água de 44,66% na cultura de melão, no Vale do São Francisco;
- f) aumento no armazenamento de água no solo resultante do manejo de cobertura vegetal nas entrelinhas de citros, tendo obtido um incremento médio de 23,7% e 58,8% nas profundidades de 0-35 e 35-70 cm, respectivamente, em relação ao sistema convencional;
- g) incremento de, aproximadamente, 120% na produtividade do melão produzido no Vale do São Francisco.

Há clara evidência que a Produção Integrada apresenta vantagens em relação à agricultura convencional: racionaliza o uso de agrotóxicos; fertilizantes e água; racionaliza ao máximo as práticas de cultivo; reduz perdas dos nutrientes do solo e melhora o nível tecnológico dos produtores. Por outro lado, apresenta alguns inconvenientes, tais como: lenta difusão, custos adicionais (em amostragens, análises, monitoramentos e certificação) e imperfeições técnicas de alguns regulamentos de Produção Integrada. Por isso as Normas Técnicas Específicas (NTEs), além de terem como base sólidos conhecimentos científicos, devem ser viáveis, avaliáveis e revisáveis.

A Produção Integrada está em fase de crescente adoção por inúmeros países da UE e por outros continentes que buscam atender às exigências dos mercados mais seletivos, principalmente daqueles mais especializados na produção de alimentos, caso do Brasil.

A Produção Integrada aplicada à cultura do feijoeiro-comum representa um

grande avanço em termos de produção com qualidade, inocuidade e sustentabilidade. Trata-se de uma das culturas mais relevantes do ponto de vista de segurança alimentar para o povo brasileiro com grande distribuição de produção, em diversos sistemas produtivos.

Inicialmente, as NTEs de Produção Integrada para o feijoeiro-comum foram desenvolvidas com foco na terceira safra ou safra das águas, dada sua característica de uso intensivo de insumos para atendimento do elevado nível tecnológico. A aplicação das NTEs de produção de feijão assegura que nos sistemas irrigados, sob pivô central, gere menos impacto ambiental e garanta a produção de grãos sem a presença de contaminantes, sobretudo químicos, prejudiciais à saúde do homem.

Além disso, a oferta de grãos certificados representa uma oportunidade de incremento no preço de venda do produto em mercados, cuja percepção do consumidor sinalize que o feijão da Produção Integrada é mais seguro e sustentável. É o caso dos consumidores de Goiânia, GO, que estariam dispostos a pagar um sobrepreço pelo feijão com o selo Brasil Certificado, de acordo com pesquisa realizada por Silva (2016).

Um passo anterior deve ser dado para que o produto certificado esteja presente no mercado. A cadeia produtiva do feijoeiro-comum deve ser sensibilizada para as vantagens que a Produção Integrada promove desde o campo até a comercialização. Do lado da produção, é possível afirmar que produtores já estão sensíveis ao processo de adoção da Produção Integrada, por considerarem que não há outra saída senão produzir alimentos seguros e com menos impactos ao meio ambiente. Um exemplo real de intenção positiva para adotar a Produção Integrada em feijão-comum foi relatado em pesquisa realizada entre 2014 e 2015 na região central do Brasil, onde se encontram os cinco maiores municípios produtores de feijão-comum do País (SILVA, 2016). Isso mostra que muitos agricultores brasileiros, ao contrário do que

se pensa, estão preocupados em produzir com mais qualidade e responsabilidade social e ambiental, reforçando uma imagem de agricultura forte e alinhada com as exigências dos mercados mundiais.

## **METODOLOGIA DA PRODUÇÃO INTEGRADA DO FEIJOEIRO-COMUM**

Diagnósticos realizados em importantes regiões produtoras de feijão no Brasil (BARBOSA et al., 2009a) revelam a necessidade de utilização de tecnologias que assegurem uma produção agrícola sustentável e competitiva. Para atender a esse cenário, surgiu o Projeto de Produção Integrada de Feijão-Comum (PI Feijão-Comum), pertencente ao Sistema Agropecuário de Produção Integrada, do MAPA. Coordenado pela Embrapa Arroz e Feijão, foi iniciado em 2008, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e liderado pelos pesquisadores Corival Cândido da Silva e Flávia Rabelo Barbosa, com a participação da equipe de pesquisadores e analistas, das diferentes especialidades, da Embrapa Arroz e Feijão.

A PI Feijão-Comum é um avanço tecnológico disponibilizado ao produtor de feijão e tem como desafio, transformar a produção convencional em produção sustentável, rastreável e certificada.

## **IMPLANTAÇÃO E VALIDAÇÃO DA PRODUÇÃO INTEGRADA DO FEIJOEIRO-COMUM**

Foram instaladas quatro Unidades Demonstrativas (UDs) Piloto em Cristalina, GO, e uma em Unaí, MG, municípios que se destacam no cenário nacional na produção de feijão. Foram importantes parceiros na implantação e condução do projeto o MAPA, a Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí (Factu), além de cooperativas como: Cooperativa Agrícola Serra dos Cristais (Coacris), Cooperativa Agropecuária do Noroeste Mineiro Ltda. (Coanor), Cooperativa Agrícola de Unaí Ltda. (Coagril) e a Brava - Empresa de

Planejamento Agrícola e Revenda de Insumos. O apoio dos produtores rurais foi imprescindível para a condução das cinco UD's em áreas comerciais, onde as tecnologias propostas para a PI Feijão-Comum foram comparadas, lado a lado, com a Produção Convencional. No sistema Produção Convencional, todos os tratos culturais e manejo da cultura foram realizados pelo produtor, sem que houvesse interferência da equipe da Produção Integrada.

As UD's 1, 2, 3 e 4 foram instaladas em Cristalina, em áreas irrigadas, na terceira época de plantio (maio-junho), enquanto a UD 5 foi localizada em Unaí, na época das águas (outubro-novembro). Nas UD's 1 e 3, os pivôs centrais com 81 e 40 ha, respectivamente, foram conduzidos, metade no sistema Produção Integrada e metade no sistema Produção Convencional. Nas UD's 2 e 4, os pivôs centrais, respectivamente com 86 e 100 ha, foram divididos em quadrantes, sendo três destes conduzidos no sistema Produção Convencional e um no sistema Produção Integrada, enquanto na UD 5, havia 27 ha, em ambos os sistemas.

### **Análises e tecnologias implementadas**

Foram realizadas análises de fertilidade do solo, da capacidade de retenção de água (nas áreas sob irrigação), dos danos provocados por percevejos e de resíduos de agrotóxicos. Foram monitorados a lâmina d'água a ser aplicada na irrigação, os insetos-praga, os inimigos naturais, as doenças e observada, ainda, a incidência de espécies de plantas daninhas.

No sistema Produção Integrada, a decisão quanto aos herbicidas utilizados foi com base nas espécies e na quantidade de plantas daninhas presente nas diferentes áreas. As recomendações de calagem e adubação foram definidas de acordo com a análise de solo dos diferentes locais e das exigências da cultura. As sementes foram tratadas com inseticida e fungicida. O espaçamento entrelinhas de plantio variou de 0,45 a 0,50 m. Foram semeadas 12 sementes/metro, na profundidade

de 3 cm, com velocidade da máquina de semeadura de 6 km/h (PAULA JÚNIOR et al., 2008; BARBOSA et al., 2009b). A adubação nitrogenada foi realizada com base na leitura do clorofilômetro (SILVEIRA; BRAZ; DIDONET, 2003). Não foram aplicados adubos foliares. A lâmina d'água aplicada na irrigação foi determinada pela utilização do irrigômetro (SILVEIRA; RAMOS; OLIVEIRA, 2009). O monitoramento de doenças, pragas e seus inimigos naturais foi realizado semanalmente. Para a decisão do controle de doenças, foram avaliados o histórico da área, a presença do patógeno, o estágio fenológico da cultura e as condições climáticas. O controle de pragas foi realizado apenas quando o nível de ação foi atingido (QUINTELA et al., 2005; QUINTELA; BARBOSA, 2015).

Insumos utilizados na Produção Convencional, como aminoácidos, noduladores, estimulantes de crescimento da planta e adubos foliares, não foram aplicados na Produção Integrada. Quando necessária, no controle químico da cultura do feijoeiro foram empregados somente produtos registrados pelo MAPA (BRASIL, 2009).

### **Comparação entre os sistemas de Produção Integrada e de Produção Convencional**

A relação de insumos utilizados nas cinco UD's, a quantidade aplicada e o número de aplicações em ambos os sistemas estão na Tabela 1.

Como princípio, a Produção Integrada não tem por objetivo o aumento da produtividade e, sim, a manutenção dos níveis obtidos pela Produção Convencional, porém, de forma mais segura (produtos mais saudáveis) e com reduzido impacto ao meio ambiente. Contudo, em função das tecnologias aplicadas e acompanhamento das atividades durante o processo produtivo, a produtividade pode aumentar (MARTINS, 2016). Vale ressaltar que em alguns casos, o técnico responsável pela área comercial (Produção Convencional) optou por seguir o indicado na Produção

Integrada (UD 1), como também houve casos, em que se utilizou maior quantidade de adubo na Produção Integrada do que na Produção Convencional, como aconteceu na UD 2, para o fósforo (67%) e na UD 3, para o nitrogênio (27,1%). Em todos os demais casos não houve variação e, quando houve, foi redução na utilização do insumo na Produção Integrada, chegando muitas vezes a atingir 100% (enraizador, nodulador, estimulador de crescimento, acaricida, adubação foliar, micronutrientes e aminoácidos). A redução do uso de inseticidas deve-se à utilização do Manejo Integrado de pragas (MIP). O menor número de pulverizações na Produção Integrada resultou em maior quantidade de inimigos naturais, favorecendo o controle biológico das pragas presentes nesse sistema (BARBOSA et al., 2010). Expressivas reduções no uso de insumos ocorreram nas UD's 2, 3 e 5 (Tabela 1). Com relação à racionalização do uso da água de irrigação, houve redução de 22% na quantidade de água aplicada na Produção Integrada em relação à Produção Convencional. Sabe-se que os custos com irrigação correspondem de 8% a 12% do custo total de produção.

A análise dos danos provocados por percevejos (Tabela 2) e por resíduos de agrotóxicos (Tabela 3) indicou não haver diferenças entre os sistemas Produção Convencional e Produção Integrada. Os laudos expedidos pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) indicaram a presença de resíduos de fungicidas em ambos os sistemas, contudo, abaixo dos limites máximos permitidos.

A análise de resíduos de agrotóxicos nos grãos foi realizada em amostras coletadas na UD, em Unaí. Em área de Produção Integrada houve resíduo apenas de Promicidona, em concentração abaixo do limite máximo de resíduos (LMR) permitido, conforme a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Já nas amostras coletadas na área de produção comercial foram constatados três produtos, mas também em concentrações abaixo dos limites permitidos.

Tabela 1 - Insumos utilizados nas áreas de Produção Comercial e Produção Integrada das Unidades Demonstrativas (UDs) Piloto conduzidas em Cristalina na safra de inverno, 2009 (UD1, UD2, UD3 e UD4) e em Unaí, na safra das águas, 2009/2010 (UD5)

Insumo	UD1			UD2			UD3			UD4			UD5		
	PC	PI	V(%)	PC	PI	V(%)	PC	PI	V(%)	PC	PI	V(%)	PC	PI	(%)
Herbicida	5	5	0,0	6	6	0,0	5	5	0,0	5	5	0,0	7	7	0,0
<sup>(1)</sup> Nitrogênio (kg)	99	99	0,0	105	89,5	-14,8	81,4	103,5	+27,1	89	89	0,0	91,7	67	-26,9
<sup>(1)</sup> Fósforo (kg)	87	87	0,0	70	117	+67,1	88,6	87	-1,8	99	99	0,0	118,8	108	-9,1
<sup>(1)</sup> Potássio (kg)	87	87	0,0	36	24	-33,3	42	27	-60,9	50	50	0,0	87	58	-33,3
Enraizador	0	0	0,0	1	0	-100,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Nodulador	0	0	0,0	2	0	-100,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Estimativa de crescimento	0	0	0,0	1	0	-100,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,00
Inseticida	4	<sup>(2)</sup> 4	0,0	6	<sup>(2)</sup> 3	-50,0	3	<sup>(2)</sup> 3	0,0	10	<sup>(2)</sup> 4	-60,0	5	<sup>(2)</sup> 2	-60,0
Acaricida	1	1	0,0	1	0	-100,0	0	0	0,0	3	1	-66,7	0	0	0,0
Fungicida	9	8	-11,1	9	<sup>(2)</sup> 3	-66,7	7	6	-14,3	11	6	-54,5	13	9	-30,8
Adubação foliar	0	0	0,0	12	0	-100,0	4	0	-100,0	5	0	-100,0	8	0	-100,0
<sup>(1)</sup> Calcário (t)	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	1,5	1,5	0,0
<sup>(1)</sup> Gesso (t)	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,5	0,5	0,0
Micronutriente	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	1	0	-100,0
Aminoácido	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	0	-100,0

Nota: V(%) - Refere-se à variação na utilização do insumo.

(1)Foram consideradas as quantidades aplicadas, os demais itens referem ao número de aplicações. (2) Tratamento de sementes.

Tabela 2 - Produtividade e danos de percevejos manchadores-dos-grãos de feijão-comum, em quatro Unidades Demonstrativas (UDs) Piloto na Produção Integrada e na Produção Convencional - Cristalina, GO e Unaí, MG, no período 2009 a 2010

UDs	Sistema	Produtividade (kg/ha)	Sementes danificadas (%)
1	PC	3.435	0,33 a
	PI	3.470	0,33 a
2	PC	3.015	0,28 a
	PI	3.465	0,29 a
3	PC	3.511	0,83 a
	PI	3.432	0,75 a
5	PC	1.534	0,00 a
	PI	1.489	0,17 a

Nota: Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Na UD4 não foi realizada a colheita.

Cristalina, safra de inverno, 2009 (UD1, UD2, UD3) e Unaí, safra das águas, 2010 (UD5).

PC - Produção convencional; PI - Produção Integrada.

### **Análise econômica da Produção Integrada Feijão-Comum, em sistemas de Produção Convencional e de Produção Integrada**

Análise econômica realizada por Silva et al. (2012), indica que a PI Feijão-Comum apresentou um desempenho econômico melhor do que a Produção Convencional principalmente, em razão de seu menor custo operacional de produção.

### **Normas Técnicas Específicas e adesão à Produção Integrada do Feijão-Comum**

As NTEs da PI Feijão-Comum (BRASIL, 2016), são passíveis de ser adotadas por qualquer produtor, independentemente do seu porte, e norteiam a implantação do sistema. Abrangem todos os processos a ser conduzidos durante a produção agrícola,

Tabela 3 - Resultados da análise de resíduo de agrotóxicos nos grãos de feijão oriundos da Unidade Demonstrativa (UD) Piloto, em Unai, MG - safra das águas 2009/2010<sup>(1)</sup>

Sistema	Produto encontrado	Concentração (mg/kg)	<sup>(A)</sup> LMR (mg/kg)
Produção Integrada	Promicidona	0,06	0,50
Produção Comercial	<sup>(2)</sup> Carbendazim	0,10	2,00
	Promicidona	0,10	0,50
	Tebuconazol	0,02	0,10

Fonte: (A) Anvisa (2016).

Nota: LMR - Limite máximo de resíduo.

(1) Análise realizada no Laboratório de Agrotóxicos e Contaminantes em Alimentos e Bebidas Alcoólicas (LabTox) do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP). (2) Tiofanato metílico.

a colheita e a pós-colheita. A adesão à PI Feijão-Comum é voluntária e poderá ser feita no site do MAPA (BRASIL, 2017).

### **AValiação DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO INTEGRADA DO FEIJOEIRO-COMUM NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL**

Entre 2012 e 2015 foi realizado um trabalho científico que visou contribuir na validação da Produção Integrada do feijoeiro-comum e avaliou efeitos técnicos e econômicos de sua adoção, comparando-a à aplicação de insumos de forma previamente escalonada, em diferentes níveis (MARTINS, 2016). Tratou-se da primeira iniciativa de avaliação do impacto da Produção Integrada do feijoeiro-comum dentro dos preceitos da pesquisa científica.

Foram conduzidos três experimentos na região Sul de Minas Gerais, nos municípios de Lavras, Ijaci e Machado. Nos dois primeiros, empregou-se a linhagem Mônica 3 e, no terceiro, a linhagem RP1, oriundas do Programa de Melhoramento do Feijoeiro da Universidade Federal de Lavras (Ufla), linhagens de grãos tipo carioca. Foram cinco tratamentos designados por T1, T2, T3, T4 e PI (Produção Integrada) em Lavras, e adicionado o tratamento PI com sementes inoculadas com rizóbio nas duas outras localidades. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram realizadas leituras de índice relativo de clorofila (IRC) com clorofilômetro Soil Plant Analysis

Development (SPAD) e determinados os teores foliares de N, os teores de N nos grãos, além do rendimento de grãos, seus componentes primários (grãos por vagem e vagens por planta) e o acúmulo de N nos grãos. Determinaram-se também os componentes do custo de produção. O desempenho econômico dos sistemas de produção foi estudado por meio do custo variável total de produção do feijão. Para a análise econômica, entretanto, foram considerados os dados referentes aos custos variáveis médios (CVMe), à receita e ao lucro total proporcionado pelo cultivo do feijão, comparando-se, a cada um dos tratamentos, os CVMe com o preço médio da saca de 60 kg de feijão-carioca. Para cada tratamento foram comparados também a margem de contribuição e o lucro médio.

Concluiu-se que a Produção Integrada possibilita obter produtividades semelhantes e até superiores à de tratamentos onde foram aplicadas doses muito superiores de insumos. É maior a sustentabilidade econômica da Produção Integrada do feijoeiro-comum, mesmo em condições onde a produtividade alcançada não cobriu os custos. A Produção Integrada do feijoeiro-comum permite uma atividade com maior viabilidade econômica, maior sustentabilidade ambiental e maior segurança para os envolvidos na atividade.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A adoção das tecnologias e os manejos implementados na PI Feijão-Comum

resultam em produção econômica e ambientalmente sustentável, pois permitem a racionalização do uso de adubos e produtos fitossanitários, com menor custo de produção; minimização dos riscos de intoxicação no manuseio e aplicação dos produtos químicos; dos resíduos no solo, na água e nos grãos, e, ainda, a preservação de inimigos naturais.

### **AGRADECIMENTO**

Aos pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão, Pedro Marques da Silveira, Eliane Dias Quintela e Murillo Lobo Júnior, pelo pronto atendimento às solicitações, quando da condução das Unidades Demonstrativas (UDs) Piloto; aos produtores Renato Zóboli, Ivan Gasparetto, Edilson Danielli, Marcelino Sato e Cislei Ribeiro dos Santos, pela disponibilização das áreas para instalação das UD's, à pesquisadora da EPAMIG Sul, Aurinelza Batista Teixeira Condé, pelo apoio na elaboração deste texto, e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig), pela concessão de bolsas.

### **REFERÊNCIAS**

- ANDRIGUETO, J.R. et al. Panorama mundial e nacional. In: ZAMBOLIM, L. et al. (Org.). **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável, alimentos seguros**. Brasília: MAPA, 2009. p.31-58.
- ANVISA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos - PARA:**

relatório das análises de amostras monitoradas no período de 2003 a 2015. Brasília, 2016. p.42. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/219201/2782895/Relat%C3%B3rio+PARA/a6975824-74d6-4b8e-acc3-bf6fdf03cad0?version=1.0>>. Acesso em: 15 maio 2017.

BARBOSA, F.R. et al. Diagnóstico de propriedades agrícolas no município de Cristalina - GO, visando estabelecer um sistema de Produção Integrada de Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 11.; SEMINÁRIO SOBRE SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA, 3., 2009, Petrolina. **Resumos....** Produção Integrada: base de sustentabilidade para a agropecuária brasileira. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009a. Não paginado. 1 CD-ROM.

BARBOSA, F.R. et al. **Sistema de Produção Integrada do Feijoeiro Comum na região central brasileira**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009b. 28p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 86).

BARBOSA, F.R. et al. **Validação do sistema de Produção Integrada do Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris* L.) na região central brasileira**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 8p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 87).

BOLLER, E.F. **From chemical pest control to Integrated Production**. [S.l.], 2005. 23p. 50th Anniversary of IOBC: a historical review. Disponível em: <[https://www.iobc-wprs.org/pub/iobc\\_history\\_boller\\_050106.pdf](https://www.iobc-wprs.org/pub/iobc_history_boller_050106.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2017.

BOLLER, E.F. et al. IOBC Integrated Production: objectives, principles and technical guidelines. In: BAUR, R.; WIJNANDS, F.; MALAVOLTA, C. (Ed.). **Integrated production: objectives, principles and technical guidelines**. Darmstadt, Germany: IOBC/WPRS, 2011. (IOBC/WPRS Bulletin, Special Issue).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, [2009]. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 12 dez. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Como aderir: confira o passo a passo para adoção das Boas Práticas Agrícolas (BPA) e Produção Integrada (PI)**. Brasília, 2017. Disponível em:

<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/como-aderir>>. Acesso em: 16 maio 2017.

BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. Norma Técnica Específica para Produção Integrada de Feijão. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 nov. 2016. Seção 1, n.218, anexo IV, p.11-14. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=11&data=14/1/2016a>>. Acesso em: 12 maio 2017.

COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPEIA. Regulamento nº 2.078, de 30 de junho de 1992. Relativo a métodos de produção agrícola compatíveis com as exigências da proteção do ambiente e à preservação do espaço natural. **Jornal Oficial das Comunidade Europeias**, Luxemburgo, 1992. n.L215/86. Disponível em: <<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4f9edd7f-dcbd-4758-be9b-d8819f4831ce/language-pt>>. Acesso em: 16 maio 2017.

E-R AGRICOLTURA E PESCA. **Agricultura integrada**. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://agricultura.regione.emilia-romagna.it/produzioni-agroalimentari/temi/qualita/agricultura-integrata>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

ITÁLIA. Decreto Legislativo nº 150, 14 agosto 2012. Attuazione della direttiva 2009/128/CE, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi. Gazzetta Ufficiale, Roma, n.202, 30 ag. 2012. Supplemento ordinario, n.177/L. Disponível em: <[http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/normativa/dlgs\\_14\\_08\\_2012\\_150.pdf](http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/normativa/dlgs_14_08_2012_150.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2017.

ITÁLIA. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Florestal. **Consultazione sulla modernizzazione e la semplificazione della politica agricola comune (PAC)**. Roma, 2016. Disponível em: <<http://www.reterurale.it/consultazionePAC>>. Acesso em: 15 maio 2017.

MARTINS, F.A.D. **Sistemas de manejo e população de plantas na cultura do feijoeiro comum**. 2016. 159p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavra, Lavras, 2016.

PAULA JÚNIOR, T.J. de et al. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum**

**na região central brasileira: 2007-2009**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2008. 180p. (EPAMIG. Documentos, 42).

QUINTELA, E.D.; BARBOSA, F.R. Manejo de pragas. In: CARNEIRO, J.E. de S.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015. cap.10, p.242-269.

QUINTELA, E.D. et al. **Manejo fitossanitário do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijoeiro, 2005. 16p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 73).

SILVA, A.G. **“Producers’ perceptions and consumers’ behavior toward certified beans from Integrated Production (IP) in the Brazilian Central Region**. 2016. 117f. Thesis (Dottorato di Ricerca in Scienze e Tecnologie Agrarie, Ambientali e Alimentari) – Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Bologna.

SILVA, A.G. et al. Análise econômica da Produção de feijão comum em sistema de Produção Convencional e de Produção Integrada, em Cristalina, estado de Goiás, e Unaí, estado de Minas Gerais, maio de 2009 a abril de 2010. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.42, n.5, p.55-64, set./out. 2012.

SILVEIRA, P.M. da; BRAZ, A.J.B.P., DIDONET, A.D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1083-1087, set. 2003.

SILVEIRA, P.M. da; RAMOS, M.M., OLIVEIRA, R.A. de. **Manejo da irrigação do feijoeiro com o uso do irrigâmetro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 4p. (Embrapa Arroz e Feijão, Circular Técnica, 84).

UNIÃO EUROPEIA. Directiva nº 128, de 21 de outubro de 2009. Estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas. **Jornal Oficial da União Europeia**, Estrasburgo, 24 nov. 2009. n.L309/71. Disponível em: <[http://www.azores.gov.pt/NR/rdonlyres/987AF9EC-6261-4B18-BFF7-33273D97F805/671328/Diretiva\\_2009\\_128\\_CE\\_uso\\_sustentavel\\_pesticidas1.pdf](http://www.azores.gov.pt/NR/rdonlyres/987AF9EC-6261-4B18-BFF7-33273D97F805/671328/Diretiva_2009_128_CE_uso_sustentavel_pesticidas1.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2017.

UNIÃO EUROPEIA. **Instrumentos da PAC e respectivas reformas**. [S.l.], 2017. Fichas técnicas sobre a União Europeia. Disponível em: <[http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pt/FTU\\_5.2.3.pdf](http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pt/FTU_5.2.3.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2017.

# Manejo da fertilidade do solo e nutrição das plantas do feijão-comum

Álvaro Vilela de Resende<sup>1</sup>, Pedro Marques da Silveira<sup>2</sup>, Ithamar Prada Neto<sup>3</sup>,  
João Chrisóstomo Pedrosa Neto<sup>4</sup>, Fábio Aurélio Dias Martins<sup>5</sup>

Resumo - Avanços mais recentes da pesquisa apresentam novas estratégias no planejamento e na manutenção da fertilidade do solo e, também, nas ferramentas mais precisas e eficazes para a nutrição do feijão-comum. Avaliar e atuar no manejo da fertilidade em áreas com expectativa de alta produtividade demandam esforço técnico, para realizar os procedimentos necessários em um sistema de produção, valendo-se das características de cada cultivo. Preconizam-se o plantio direto e a rotação de culturas, em solo sempre coberto, conhecendo profundamente o que se insere e extrai de nutrientes nos sistemas de produção. A adubação nitrogenada pode ter sua eficácia ampliada e otimizada em função do uso de fertilizantes de eficiência aumentada, com capacidade de reduzir perda e menor emissão de gases de efeito estufa (GEEs), principalmente se adotado um manejo de determinação do quantitativo necessário em cobertura, em função da utilização do clorofilômetro. É possível afirmar, atualmente, que a adubação foliar é uma ferramenta para obter resultados superiores em produtividade, mas que demanda profundo conhecimento acerca das funções e das características dos nutrientes aplicados, visando otimizar os resultados e minorar os equívocos de recomendação. O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação - Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS), quando implantado dentro de um contexto adequado, é muito eficaz no diagnóstico do estado nutricional das plantas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Adubação. Clorofilômetro. DRIS. Nutrição mineral.

## Management of soil fertility and nutrition of common bean plants

Abstract - The latest advances in the research include new strategies for planning and maintaining the soil fertility and also more accurate and effective tools for common bean nutrition. Evaluations and other tasks related to the management of fertility in areas with high yield potential require technical effort to choose the appropriate procedures, using particular characteristics of each field. No-tillage systems and crop rotation are recommended as well as knowing exactly the inputs and outputs of nutrients in the production systems. The efficiency of the nitrogen fertilization can be increased using "enhanced efficiency nitrogen fertilizers", which can reduce losses and emission of greenhouse gases, especially if they are associated to the management of N topdressing with the chlorophyll meter. Nowadays, the foliar fertilization is a recognized strategy to obtain higher yields, but it demands a deep knowledge about the functions and characteristics of the applied nutrients. The "Diagnosis and Recommendation Integrated System" (DRIS) is a very effective tool in diagnosing the nutritional status of plants when it is appropriately implemented.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Fertilizing. Mineral nutrition. Chlorophyll meter. DRIS.

### INTRODUÇÃO

Os desafios que se apresentam diante da pesquisa, da extensão, da assistência técnica e, principalmente, do produtor

de feijão dizem respeito à otimização da atividade de produção. O alcance dessa meta passa diretamente pela adoção de estratégias de manejo que garantam aumento

da produtividade, sem deixar de lado a sustentabilidade ampla da cadeia produtiva. Obter um produto de qualidade, a um custo equilibrado e com o mínimo impacto

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, alvaro.resende@embrapa.br

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, pedro.silveira@embrapa.br

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, M.Sc., Diretor Pesquisa e Desenvolvimento COMPASS MINERALS, São Paulo, SP, ithamar.prada@produquimica.com.br

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul, Lavras, MG, chrisostomo@epamig.br

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul, Lavras, MG, fabio.aurelio@epamig.br

ambiental, são desafios apresentados e que devem ser almeçados.

Este artigo tem como objetivo apresentar avanços em manejo de fertilidade do solo e nutrição mineral na cultura do feijão-comum, dentro do que há de mais atual no atendimento dos preceitos propostos.

## **A CULTURA DO FEIJOEIRO NA ESTRATÉGIA DE ADUBAÇÃO DE SISTEMA**

A intensificação do uso da terra é uma forte tendência da agricultura brasileira. Com a constante valorização das propriedades rurais e custos crescentes da produção agrícola, a garantia de rentabilidade para o agricultor depende de estratégias que permitam produzir mais safras na mesma área ao longo do ano, gerando superávits sobre o capital imobilizado e os gastos com o custeio das lavouras. Essas estratégias vêm ao encontro de dois dos pilares da sustentabilidade do Sistema Plantio Direto (SPD), quais sejam, a necessidade de diversificação das espécies vegetais cultivadas e a necessidade de aporte contínuo de resíduos orgânicos ao solo (palhada).

Além de pré-requisitos no estabelecimento de ambientes de alto potencial produtivo, estratégias como o plantio direto, a rotação de culturas e a inserção de plantas para produção de palhada promovem maior estabilidade de produção, diante das instâncias climáticas ao longo dos anos. Atualmente, a manutenção de boa palhada e teores mais elevados de matéria orgânica (MO) no solo assumem especial relevância pelo papel destes dois componentes na conservação e melhor aproveitamento da água nas áreas de produção, tendo em vista a ocorrência de veranicos cada vez mais frequentes e prolongados, culminando com a escassez de água para suprir lavouras irrigadas.

Nessa perspectiva de intensificação de sistemas agrícolas, a cultura do feijoeiro encaixa-se muito bem em diversas combinações para rotação/sucessão. Tratando-se de uma espécie leguminosa, de ciclo curto,

que pode ser cultivada em diferentes estações do ano e que dispõe de amplo mercado consumidor, o feijoeiro constitui uma opção versátil, viável e atrativa para muitas regiões produtoras de grãos no Brasil. As modalidades mais recomendadas envolvem a inclusão do feijoeiro sucedendo a colheita de espécies gramíneas, embora se verifique também o seu cultivo após a soja, o que, entretanto, não seria a sequência ideal no tocante à qualidade, ao equilíbrio nutricional e à sanidade do sistema.

Com relação ao manejo da fertilidade do solo, o aspecto que merece mais atenção na produção intensiva e diversificada é o fato de que as práticas de correção da acidez e de adubação podem ser mais efetivas, se for considerado o gerenciamento do sistema agrícola como um todo (adubação de sistema), ao invés de focar nas exigências de cada cultura de forma isolada. O plano de manejo na chamada adubação de sistema deve ser definido com uma visão de mais longo prazo, usando de estratégias que potencializem a eficiência agrônômica e o retorno econômico dos insumos a ser aplicados. Assim, dependendo do histórico da área e da combinação de culturas a ser explorada, é possível melhor alocar a aplicação de corretivos e fertilizantes ao longo do tempo, a fim de otimizar o desempenho individual e global de cada cultura e do sistema, respectivamente.

Por exemplo, as adubações de manutenção anuais referentes à demanda total do sistema podem ser direcionadas para privilegiar aquelas espécies mais exigentes ou responsivas, como é o caso do feijoeiro, do milho (safra de verão) ou do trigo (Quadro 1), em comparação à soja, que tem mostrado maior rusticidade e plasticidade em condições variáveis de fertilidade do solo. Já quando se trata da aplicação superficial (sem incorporação) de materiais com baixa mobilidade no solo, como os calcários e os fosfatos, a operação deve ser feita preferencialmente antes da semeadura de culturas trabalhadas em menor espaçamento entre as linhas ou que possuam sistema radicular mais abundante e agressivo, favorecendo alguma incorpo-

ração desses insumos por meio mecânico (carrinhos da semeadora) ou biológico (ação das raízes). Nesse último quesito, vale destacar a reconhecida serventia de gramíneas como as braquiárias e o milheto, que, em modalidades de consórcio ou como plantas de cobertura, desenvolvem grandes quantidades de raízes ramificadas, desde a superfície do solo até profundidades bem abaixo de 1 m. Essas plantas podem absorver nutrientes como o fósforo (P), na superfície, e distribuí-los em seus tecidos até camadas inferiores no perfil, à medida que as raízes se aprofundam. Essas mesmas raízes recuperam e translocam para a parte aérea nutrientes mais móveis no solo, como potássio (K) e enxofre (S), os quais costumam se deslocar para camadas fora da zona de absorção das outras culturas. Além da grande capacidade de produção de biomassa e da ciclagem de nutrientes que ocorre com a decomposição das palhadas de braquiária e milheto, suas raízes também favorecem a formação de poros e canais no perfil, por onde pode ocorrer a migração de partículas de calcário e fertilizantes.

A prática da adubação de sistema requer maior esforço técnico. O ponto-chave é o diagnóstico do ambiente de produção, um exercício de reconhecimento da lavoura, envolvendo as seguintes informações:

- a) histórico de manejo: quantidades utilizadas de corretivos e fertilizantes, culturas precedentes;
- b) desempenho de safras anteriores: produtividades alcançadas e níveis de exportação de nutrientes nas colheitas;
- c) estado atual da fertilidade dado pela análise do solo: potencial de reserva e fornecimento de nutrientes, necessidade de práticas para elevação ou manutenção da fertilidade;
- d) predição do suprimento e demanda futura de nutrientes, levando em conta a sequência de culturas para os próximos anos: quantidade e relação carbono/nitrogênio (C/N) da palhada, créditos de nutrientes pela

Quadro 1 - Sugestões de posicionamento da aplicação de insumos para melhor aproveitamento no manejo da fertilidade com base na estratégia de adubação de sistema

Insumo/Nutriente	Posicionamento da aplicação
Calcário em superfície	Antecedendo cultivos de milho+braquiária, milho ou trigo (bom crescimento radicular em superfície e/ou menor espaçamento entrelinhas favorecem alguma mobilização em profundidade do corretivo aplicado sem incorporação).
Nitrogênio (N)	A cada cultivo, conforme demanda do momento, considerando quantidade e tipo de palhada existente (cultura antecessora gramínea ou leguminosa, relação carbono/nitrogênio (C/N)), cultura a ser adubada, expectativa de produtividade, condição climática. Observar dosagens recomendadas na sementeira e em cobertura para as diferentes culturas.
Fósforo (P)	Direcionado às culturas mais exigentes ou responsivas, como o feijoeiro, milho verão, trigo e algodão. Fornecer 100% da dose na sementeira, preferencialmente no sulco. No caso de aplicação a lanço, gramíneas como braquiária e milho auxiliam no melhor aproveitamento e ciclagem para as culturas subsequentes.
Potássio (K)	Indiferente, observando-se conveniência. Aplicações a lanço em pré-semeadura, pós-semeadura ou em cobertura (ou no sulco de culturas com menor espaçamento entrelinhas) reduzem risco de injúrias às sementes e plântulas pelo efeito salino do K. Maior flexibilidade em solos com pelo menos 20% de argila. Solos arenosos ou regiões/épocas com elevados índices pluviométricos justificam aplicações parceladas para minimizar chances de lixiviação. Braquiária e milho são eficientes em recuperar o K de camadas mais profundas do solo e supri-lo à cultura subsequente pela ciclagem da palhada.
Enxofre (S)	A cada cultivo, conforme demanda, por se tratar de nutriente com alta mobilidade no solo, sobretudo em aplicações com fontes de S à base de sulfato. Para fontes à base de S elementar, recomenda-se uma aplicação anual, com aplicação em pré-semeadura antecedendo a cultura de maior demanda. O uso do gesso agrícola para condicionamento de perfil fornece quantidade elevada de S, gerando efeito residual prolongado em camadas subsuperficiais.
Boro (B)	A cada cultivo, em função da alta mobilidade no solo, com aplicação preferencialmente a lanço, sobretudo para doses mais elevadas. Fontes menos solúveis como a ulexita e a colemanita apresentam liberação gradual de B no solo. Aplicações foliares de B podem ser efetivas para complementar a nutrição das culturas mais exigentes.
Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Zinco (Zn)	Direcionados às culturas mais exigentes ou responsivas, como o feijoeiro, milho verão, trigo e algodão. Na adubação via solo, fornecer 100% da dose na sementeira, preferencialmente no sulco. No caso de aplicação a lanço, gramíneas como braquiária e milho auxiliam no melhor aproveitamento e ciclagem para as culturas subsequentes. Aplicações foliares podem ser efetivas para complementar a nutrição das culturas mais exigentes.

sua decomposição, requerimentos nutricionais em função da espécie e da expectativa de produtividade.

Informações mais criteriosas conduzem a diagnósticos que permitem identificar com clareza as prioridades de intervenção para o manejo da fertilidade do solo ao longo do tempo, indicando quando é oportuno implementar a adubação de sistema (Fig. 1).

As condições para adotar a estratégia de adubação de sistema envolvem manejo prévio para alcançar o *status* de solo de fertilidade construída, quando os fatores relativos à acidez não mais constituem

limitação e a disponibilidade dos principais nutrientes encontra-se acima dos respectivos níveis críticos indicados na literatura (RESENDE et al., 2016). Tal *status* é atingido normalmente após vários anos de cultivo da área em plantio direto, com os devidos investimentos em calagem, gessagem, adubações corretivas e de manutenção, que geram um residual cumulativo, elevando gradativamente a fertilidade do solo. É importante também que as características do solo (textura) e da área (topografia) não impliquem em propensão a perdas de nutrientes por lixiviação ou erosão. Nesse sentido, solos com mais de 20% de argila,

relevo suave-ondulado a plano, manejo em plantio direto e permanente cobertura vegetal viva ou morta (palhada) são fatores favoráveis ao estabelecimento de ambientes de elevado potencial produtivo e mais aptos à adubação de sistema.

Ambientes produtivos devem ser estabelecidos com adequado condicionamento do solo, preferencialmente antes de iniciar o plantio direto, quando é possível incorporar calcário e fertilizantes em camadas apropriadas do perfil, promovendo estímulo ao aprofundamento radicular. Uma tendência constatada é que lavouras mais produtivas resultam de esforços para

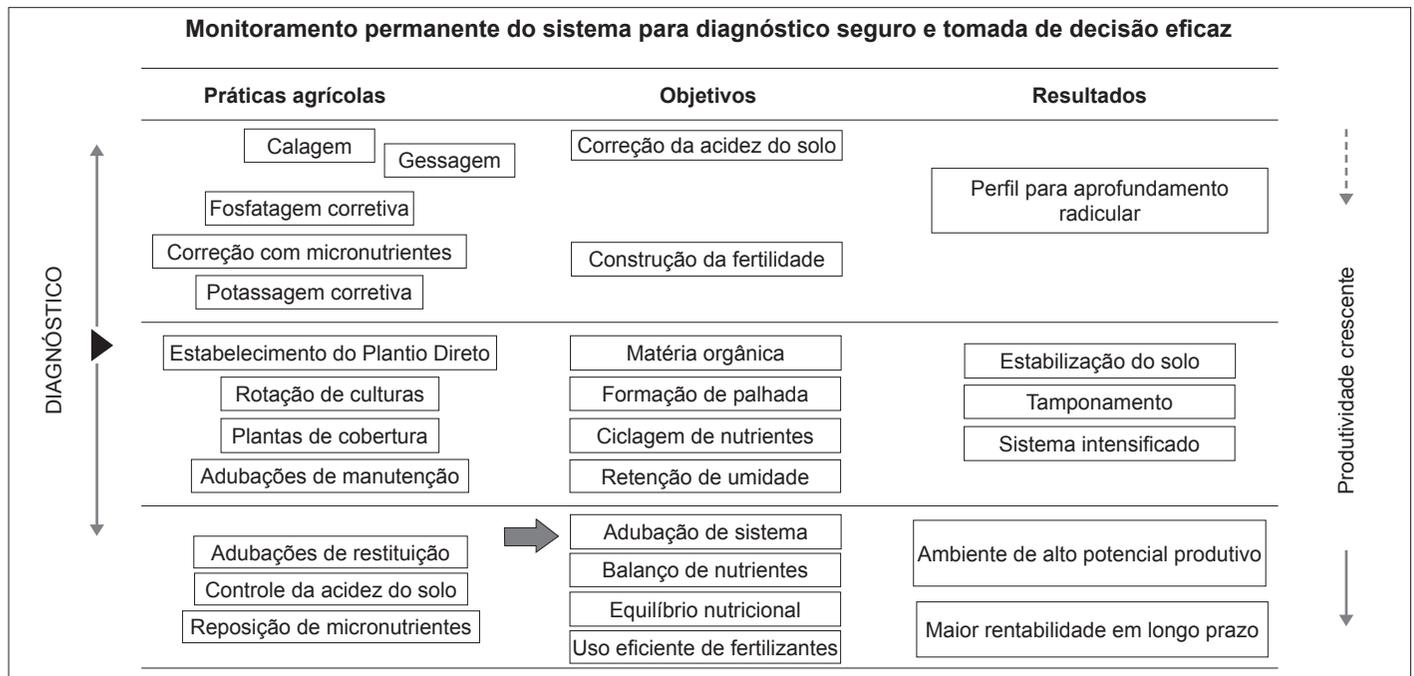


Figura 1 - Diagrama esquemático relacionado com o diagnóstico e a priorização de práticas para o estabelecimento de ambientes de alto potencial produtivo, propícios à adoção da adubação de sistema.

Fonte: Adaptado de Resende et al. (2016).

manter a fertilidade do solo em patamar elevado. Isso inclui maiores investimentos em calagem e gessagem, valendo-se dos benefícios da incorporação profunda de doses iniciais mais elevadas de corretivos, que prolongam o seu efeito residual, e prosseguindo com reaplicações superficiais periódicas no plantio direto. Vale lembrar que maiores produtividades de feijoeiro são obtidas com níveis de saturação por bases (V) em torno de 70% (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2004).

Os dados de análise de solo de áreas campeãs de produtividade de soja (acima de 100 sc/ha), acompanhadas pelo Comitê Estratégico Soja Brasil (Cesb), refletem condições de fertilidade acima dos padrões tradicionalmente tidos como adequados, o que decorre da utilização mais intensiva de corretivos e fertilizantes (MARTINS, 2016). No caso do feijoeiro, a prática tem evidenciado que essa é também a lógica nas lavouras de alto desempenho, ou seja, os bons produtores trabalham com níveis elevados de suprimento de nutrientes, mesmo em solos de boa fertilidade.

Quando se almeja alta produtividade do feijoeiro, é importante atentar para o

fornecimento de parte do N e todo o P no sulco de semeadura, pois estes nutrientes estimulam o rápido desenvolvimento inicial do sistema radicular. Esse aspecto é relevante porque o feijoeiro caracteriza-se pelo curto período durante o qual as raízes constituem o dreno dominante e têm preferência nos processos de crescimento da planta, condição que se inverte após a emissão do terceiro trifólio, quando a prioridade passa a ser a formação de folhas (FANCELLI; TSUMANUMA, 2007). Pelo ciclo curto das principais cultivares, as plantas não dispõem de muito tempo para aquisição dos nutrientes necessários para a fase de enchimento dos grãos. O sistema radicular do feijoeiro é superficial, com mais de 70% das raízes distribuídas em até 10 cm de profundidade (VIEIRA; VIEIRA, 2005), sendo sua taxa de crescimento e capacidade de absorção de nutrientes fortemente reduzidas na fase reprodutiva da cultura (FANCELLI; TSUMANUMA, 2007). Talvez como resultado dessas particularidades, a recuperação de nutrientes da adubação pelo feijoeiro é limitada, cerca de 50% do N, 8% do P e 35% do K fornecidos no seu cultivo (FAGERIA; BARBOSA

FILHO; STONE, 2004; VIEIRA; VIEIRA, 2005). Todos esses fatores reforçam, portanto, a conveniência de priorizar certo direcionamento da adubação de sistema para essa cultura (Quadro 1), como forma de tirar maior proveito do seu potencial de produção.

Dentre os macronutrientes primários (N, P e K), o K é o menos crítico para a produtividade do feijoeiro, com poucos casos de resposta à adubação em diferentes regiões de cultivo, embora quantidades expressivas do nutriente sejam extraídas pela cultura (VIEIRA; VIEIRA, 2005). Portanto, em solos de fertilidade razoável, o seu fornecimento para o feijoeiro pode ser flexibilizado (Quadro 1), com aplicações a lanço antecipadas ou em cobertura, o que, dentre outras vantagens (ganhos operacionais), elimina eventuais problemas de germinação ou danos às plântulas em decorrência do efeito salino de fertilizantes potássicos no sulco de semeadura.

Um componente importante na estratégia de adubação de sistema é o cálculo do balanço de nutrientes ao longo do tempo, para assegurar sua adequada restituição e evitar desequilíbrios que podem levar à

redução do potencial produtivo e ao uso desnecessário de determinados fertilizantes em detrimento de outros. O registro das quantidades aportadas via adubação e removidas do ambiente de cultivo pelas colheitas permite, confrontado com dados de análise periódica do solo, aferir o balanço de nutrientes e ajustar as recomendações de adubação do sistema. A meta deve ser abandonar as adubações com fontes e doses fixas, fornecendo os nutrientes e respectivas quantidades realmente requeridas, pois as exigências vão oscilar em função da combinação e sequência de culturas, além do próprio desempenho produtivo do sistema ao longo do tempo. Há na literatura tabelas de exportação de nutrientes pelos grãos de feijão, como se pode observar no trabalho de Silveira et al. (2016) (Tabela 1).

Por fim, deve-se frisar que, nos últimos anos, o custo relativo à construção e à manutenção da fertilidade do solo vem-se tornando proporcionalmente menor em relação ao gasto com sementes, defensivos (cada vez mais demandados) e operações

mecanizadas. Portanto, não há motivo para deixar de investir na otimização da fertilidade das lavouras, pois trata-se do alicerce que vai sustentar a produtividade e garantir o maior retorno na utilização dos demais insumos e tratos culturais, bem como o uso mais eficiente dos recursos naturais (solo e água) da propriedade.

### FERTILIZANTES NITROGENADOS DE EFICIÊNCIA AUMENTADA

O aumento da eficiência no uso de fertilizantes nitrogenados pode ser alcançado por meio da adoção das melhores práticas de manejo (MPMs) do fertilizante e utilização de fertilizantes de eficiência aumentada. Isto permite não só uma maior eficiência das adubações, com maior retorno econômico, mas também auxilia nas questões ambientais, minimizando a emissão de gases de efeito estufa (GEEs).

As MPMs são práticas comprovadas pelas pesquisas e que devem ser implementadas pelos produtores. Proporcionam ótimo potencial de produção, aumento na

eficiência de utilização desses fertilizantes e proteção ambiental. Neste caso, o enfoque visa o uso do produto correto, na dose correta, na época e no local adequados. Uma característica importante no controle da solubilização do fertilizante nitrogenado refere à granulometria. Produtos muito solúveis devem ser utilizados numa granulometria mais grosseira, o que favorece um fornecimento mais lento e gradual do nutriente para as plantas. Outro ponto a ser considerado é o parcelamento da adubação durante parte do ciclo da cultura, permitindo um fornecimento do nutriente nos momentos de maior necessidade dos vegetais. A incorporação do adubo é outra prática importante, uma vez que diminui as perdas por volatilização, melhorando a eficiência das adubações (BOECKX; XU; CLEEMPUT, 2005), apesar de ser dificultada em sistemas de produção que utilizam o plantio direto na palha.

Os fertilizantes de liberação lenta e controlada fazem parte de um grupo maior de produtos denominados de eficiência aprimorada e apresentam dissolução mais lenta no solo, obtida por meio de mudanças na estrutura dos compostos nitrogenados ou por meio do recobrimento do fertilizante com matérias pouco permeáveis. Alguns produtos, quando adicionados ao adubo nitrogenado, podem atuar como inibidores ou estabilizadores, reduzindo as perdas do nutriente por retardarem a conversão das formas originais do fertilizante em formas que podem ser facilmente perdidas (BREMNER; DOUGLAS, 1971).

Certos compostos químicos têm capacidade de inibir a reação da urease no solo – enzima que atua intensificando o processo de volatilização do N para a atmosfera – uma vez que diminuem a transformação do N amídico da ureia em hidróxido de amônio e, conseqüentemente, a taxa de hidrólise. O controle da nitrificação também pode contribuir na redução das perdas de N, principalmente por lavagem e desnitrificação. Nesse caso, recomenda-se o uso de produtos que diminuem a velocidade de nitrificação, uma vez que atrasam a

Tabela 1 - Massa de 100 grãos e valores médios, máximos e mínimos de elementos minerais dos grãos de feijão, cultivar Pérola, de 86 amostras de grãos do município de Cristalina, GO

Variável	Médio	Máximo	Mínimo	Amplitude de variação	C.V.
Massa 100 grãos (g)	26,08	33,50	17,30	16,20	5,77
N (g/kg)	33,21	45,00	29,00	16,00	6,71
P (g/kg)	4,50	5,80	3,30	2,50	10,62
K (g/kg)	13,25	15,60	11,60	4,00	7,03
Ca (g/kg)	1,56	2,10	1,10	1,00	14,95
Mg (g/kg)	1,74	2,00	1,40	0,60	6,91
S (g/kg)	1,54	2,20	1,00	1,20	16,30
B (mg/kg)	13,28	20,00	8,00	12,00	18,56
Cu (mg/kg)	7,91	12,00	3,00	9,00	29,12
Fe (mg/kg)	63,86	130,00	41,00	89,00	24,71
Mn (mg/kg)	15,17	60,00	9,00	51,00	38,62
Zn (mg/kg)	32,53	42,00	23,00	19,00	11,06
Co (mg/kg)	0,22	0,29	0,12	0,17	21,13
Mo (mg/kg)	0,85	1,00	0,70	0,30	7,31

Nota: C.V. - Coeficiente de variação.

oxidação bacteriana do amônio em nitrato, deprimindo a ação das bactérias nitrosomonas no solo. O tempo de proteção pode durar alguns dias, e o efeito manifesta, se houver condições reais para as perdas.

Outra opção é o uso de compostos orgânicos sintéticos não revestidos, mas de disponibilidade lenta, os quais adiam a disponibilidade do N. Nesse caso, o tempo de proteção pode durar várias semanas, sendo que a taxa de liberação vai depender da estrutura química, do grau de polimerização do composto e das condições ambientais. A ureia formaldeído é um exemplo desse tipo de produto.

Uma terceira opção consiste no uso de fertilizantes solúveis revestidos ou encapsulados, que são produtos com N na forma tradicional, porém revestidos, criando uma barreira física contra a exposição do nutriente (GUELF, 2017). Diversos compostos podem ser utilizados como revestimento, destacando-se o S, polímeros, látex, ceras, fosfatos, gesso agrícola e turfa. No caso de revolvimento com S, a disponibilidade do nutriente ocorrerá por meio da destruição da cobertura, dependendo da espessura do recobrimento e das condições ambientais. Quando o revestimento é feito utilizando polímeros, a liberação ocorre por meio da difusão pelas camadas de cobertura, sendo determinada pela característica química do polímero, pela espessura do revestimento e pela temperatura do meio.

A busca por produtos que aumentam a eficiência das adubações nitrogenadas, além de objetivar ganhos econômicos para o produtor rural, uma vez que permite melhor aproveitamento dos adubos, também contribui para minimizar emissões de GEEs associadas ao uso de fertilizantes nitrogenados (BOECKX; XU; CLEEMPUT, 2005). De forma crescente, a agricultura é vista como grande contribuinte para a emissão dos GEEs, que aumentam o potencial de aquecimento global (PAG), e o uso de fertilizantes nitrogenados tem sido apontado como crucial no processo. A agricultura desempenha importante papel no equilíbrio dos três mais importantes

GEEs, cujas emissões são influenciadas pelo homem, que são o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o gás metano ( $\text{CH}_4$ ) (CANTARELLA, 2007), sendo que o  $\text{N}_2\text{O}$  possui um PAG 296 vezes maior do que o  $\text{CO}_2$ . Para as atividades econômicas em geral, a emissão de  $\text{CO}_2$  é mais importante, mas, no que diz respeito à agricultura, o principal é o  $\text{N}_2\text{O}$  (CRUZ et al., 2006). As concentrações de  $\text{N}_2\text{O}$  na atmosfera aumentaram mais de 40% desde o período pré-industrial até hoje, resultado da atividade humana.

### **USO DO CLOROFILÔMETRO NA QUANTIFICAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA**

A adubação nitrogenada em cobertura é uma prática cultural comumente utilizada no cultivo do feijão-comum. No campo, essa adubação é quantificada pelos produtores pela análise visual da lavoura, de modo empírico ou com base em recomendação tradicional da propriedade. Isso porque, praticamente, não houve avanço técnico na recomendação desse nutriente, como nos demais. Quando a adubação nitrogenada não é adequada, ocorre redução da produtividade de grãos e/ou aumento dos custos de produção.

O medidor portátil de clorofila, que proporciona leituras instantâneas de maneira não destrutiva das folhas, é uma alternativa prática de indicação do nível de N na planta (YADAVA, 1986). A leitura efetuada pelo clorofilômetro tem alta correlação com o teor de clorofila presente na folha.

A vantagem da medição do teor relativo de clorofila é a de não ser influenciada pelo consumo de luxo de N pela planta, sob forma de nitrato (BLACKMER; SCHEPERS, 1995). A baixa sensibilidade do medidor de clorofila ao consumo de luxo de N pelas plantas é atribuída à forma com que esse nutriente se encontra na folha. Quando absorvido em excesso, acumula-se como nitrato. Nessa forma, o N não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser quantificado pelo medidor de clorofila (DWYER et al., 1995).

Blackmer, Schepers e Vigil (1993) observaram que outros fatores, além da disponibilidade de N, como idade, teor de água na planta, cultivar, disponibilidade de outros nutrientes, estresse ambiental e fatores bióticos, podem afetar as medições de intensidade da cor verde da folha pelo medidor de clorofila. Assim, para minimizar a influência desses fatores, tem sido recomendado um método de normalização das leituras do clorofilômetro para cada área de plantio, cultivar, estágio de desenvolvimento, condição edafoclimática e prática de manejo. Uma forma de normalizar as leituras é a determinação do índice de suficiência de nitrogênio (ISN), que é obtido pela média das leituras do clorofilômetro em amostras de uma área a ser adubada com N, dividida pela média das leituras em uma Área Referência (AR), por sua vez, previamente adubada com uma dose elevada de N para permitir a concentração máxima de clorofila na folha (MAIA et al., 2012).

Na cultura do feijão-comum o valor que tem sido utilizado como ISN é igual a 95% (MAIA et al., 2012; SILVEIRA; GONZAGA, 2017). Assim, quando o ISN da amostra situar-se abaixo de 95%, recomenda-se a adubação nitrogenada. De acordo com Silveira e Gonzaga (2017), aplicam-se 15 kg/ha de N para cada ponto porcentual de ISN menor que 95%.

Silveira, Gonzaga e Sarmento (2017) propuseram uma metodologia para uso em campo do clorofilômetro na quantificação do N a ser aplicado. Basicamente são três passos:

- a) criação da AR na lavoura, que são parcelas de 30 m<sup>2</sup> que recebem alta dose de N (150 kg/ha) entre os 10-12 dias de idade (estádio V3);
- b) leitura com o clorofilômetro em plantas da AR e em plantas a ser adubadas (ASA) aos 25-27 dias de idade (estádio V4);
- c) determinação do ISN pela relação:  $\text{ISN} = (\text{ASA}/\text{AR}) \times 100$  e aplicação imediata de N se o ISN obtido for menor que 95%.

No exemplo apresentado por Silveira, Gonzaga e Sarmiento (2017), o ISN obtido foi 91,1%, o qual apresenta 3,9 pontos percentuais menor que 95%. Nessa condição a quantidade de N a ser aplicada é 58,5 kg/ha (3,9 x 15).

Na adubação de plantio deve-se aplicar cerca de 20 kg/ha de N. A leitura com o clorofilômetro deve ser feita no 1º trifólio do feijoeiro (SILVEIRA; GONZAGA; SARMENTO, 2017).

Vários trabalhos com o feijão-comum no Brasil relacionaram as leituras do clorofilômetro às doses de N aplicadas na cultura e, assim como o de Maia et al. (2012), não avançaram no sentido de quantificar a dose de N a ser aplicada. Utilizando a técnica de determinação do ISN e a metodologia proposta por Silveira, Gonzaga e Sarmiento (2017), viabiliza-se a utilização do clorofilômetro como instrumento orientador na quantificação da adubação nitrogenada em cobertura.

## ADUBAÇÃO FOLIAR

A busca por produtividades mais elevadas e, ao mesmo tempo, a necessidade de convivência com desafios abióticos e bióticos resultam na necessidade de desenvolvimento contínuo quanto à melhoria na adubação de plantas, nos quesitos quantidade, equilíbrio, fontes, doses e modalidades de aplicação.

Neste contexto a adubação foliar amplia sua importância, além de garantir o fornecimento de nutrientes no momento de maior demanda, complementando e/ou suplementando os minerais oferecidos diretamente pelo solo, e/ou outros meios de adubação, via solo ou sementes. É preciso, entretanto, estar atento para evitar a utilização da adubação foliar como um subterfúgio para correção de um manejo inadequado da fertilidade do solo e da adubação via solo.

Dentre os principais benefícios da adubação foliar, destacam-se:

- a) possível maior aproveitamento dos nutrientes, resultado da não interação com o solo;

- b) suprimento pontual visando solucionar eventuais deficiências nutricionais;

- c) oportunidade de fornecimento complementar de nutrientes em estádios fenológicos ou condições de campo em que o sistema radicular apresente limitações à absorção de nutrientes.

Em função da quantidade demandada, a adubação foliar é comumente mais utilizada para o fornecimento de micronutrientes como boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). Porém, respostas positivas são também encontradas para o fornecimento de alguns macronutrientes, neste caso no intuito do atendimento a demandas pontuais e complementação de quantidades maiores fornecidas via solo, do que para o suprimento de toda a demanda nutricional. Silveira, Mesquita e Cunha (2015), em rica revisão de literatura, demonstram que a principal limitação reside justamente na inviabilidade de aplicação das quantidades efetivamente requeridas pelas plantas por meio da adubação foliar.

Para o estímulo e a manutenção do sistema radicular, a adubação foliar pode complementar, mas não substituir, técnicas e práticas que visem boa distribuição de cálcio (Ca) no solo, baixos teores de alumínio (Al), ausência de compactação, fertilização adequada com P e magnésio (Mg), dentre outros. Portanto, a adubação foliar não pode-se tornar uma ferramenta que substitua as Boas Práticas de Manejo (BPM), sob pena de vir a se tornar mais um fator de aumento de custos. Por meio da adubação foliar pode-se fornecer Zn, indispensável para a síntese do triptofano, precursor do ácido indolacético (AIA), hormônio de crescimento fundamental para a formação de raízes (MARSHNER, 2012). Além disso, é possível complementar o fornecimento de macronutrientes com boa mobilidade nas plantas, como P e Mg, quando o suprimento destes via solo for insuficiente, contribuindo para o desenvolvimento radicular (CAKMAK; KIRKBY,

2008). Cabe ressaltar a importância do B para a formação de raízes, mas por se tratar de um nutriente de baixa mobilidade na planta, seu suprimento deve ser feito via solo para atender a este objetivo.

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) no feijoeiro traz contribuições importantes no aporte de N, permitindo, em muitos casos, o suprimento por meio da adubação mineral de quantidades inferiores às demandadas pelas plantas. Os principais nutrientes que participam deste processo são o S, Fe, Mo, Ni, e o elemento benéfico cobalto (Co). Em geral, os solos brasileiros têm teores elevados de Fe, dispensando a aplicação do nutriente; o S por ser um macronutriente que demanda maiores quantidades e apresenta baixa mobilidade nas plantas, deve ser fornecido via solo, por meio da adubação e do correto manejo da MO do solo. Portanto, fica a possibilidade da aplicação via tratamento de sementes (TS) do Mo, Ni e Co, demandados em quantidades muito pequenas.

Além de promover a FBN, o fornecimento do Mo, Ni e Co via foliar pode auxiliar na assimilação do N, melhorando o desenvolvimento da cultura. Quando aplicado 42 dias após a emergência (DAE), o Mo pode incrementar a produtividade do feijoeiro em até 164% (BERGER; VIEIRA; ARAUJO, 1993; BERGER et al., 1993). Nessa mesma fase, a utilização do Ni também é benéfica às plantas leguminosas, principalmente por ser constituinte da enzima urease e auxiliar na assimilação do N proveniente na forma de ureídeos (CÂMARA, 2014). Portanto, o efeito sinérgico do Mo, Ni e Co proporciona condições para as plantas aproveitarem melhor o N absorvido e atingirem níveis produtivos mais elevados.

Para a mitigação de estresse, os micronutrientes podem cumprir papel fundamental, sobretudo os nutrientes envolvidos na atividade de enzimas antioxidantes, com destaque para Cu, Mn e Zn (MARSCHNER, 2012). A ocorrência de stresse abiótico ou biótico ocasiona a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), o que inibe o crescimento das

plantas, gera clorose e necrose de tecidos, reduzindo o potencial produtivo (YOU; CHAN, 2015). Por meio da ação de enzimas antioxidantes, como a catalase, superóxido desmutase, álcool desidrogenase e a peroxidase, a planta tem a capacidade de degradar estas espécies reativas de oxigênio e reestabelecer seu crescimento e desenvolvimento (MARSCHNER, 2012).

Além dos nutrientes envolvidos na ação de enzimas antioxidantes, outros nutrientes podem ter papel importante na mitigação de estresse, como P e Mg. Diretamente relacionado com metabolismo energético e desenvolvimento vegetativo das plantas, Nascente et al. (2014) encontraram respostas positivas da adubação foliar com P, como forma de estimular e complementar a adubação fosfatada, além de incrementar a produtividade de grãos. Cakmak e Kirby (2008) relataram o papel do Mg para a redução da formação de espécies reativas de oxigênio, sobretudo em condições de estresse causado por radiação solar intensa.

A adubação foliar pode propiciar impacto positivo na fixação de flores do feijoeiro. O B é um nutriente ligado ao crescimento do tubo polínico, fecundação e, por consequência, pegamento da florada (DALE; LUKASZEWSKI, 1998). O fornecimento de B para o feijoeiro deve ser via solo. É possível complementação foliar na fase de pré-florada, sobretudo em condições restritivas à absorção radicular nesta fase, associada a seca ou a período nublado, o que reduz o fluxo transpiratório e a absorção nutricional, mas essa prática ainda demanda estudos mais aprofundados (SILVEIRA; MESQUITA; CUNHA, 2015).

O Ni e o Co atuam na redução da biossíntese do etileno, por meio da inibição da enzima ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidase (ACC oxidase) (LAU; YANG, 1976; TAIZ; ZEIGER, 2013). Nesse sentido, a aplicação de tais elementos em períodos que antecedem à floração pode contribuir para o equilíbrio hormonal entre auxina/etileno, o que resultaria em maior pegamento floral e produtividade da cultura.

Para melhorar o enchimento de grãos, é preciso assegurar a nutrição adequada dos nutrientes que participam na biossíntese e no transporte de fotoassimilados com destaque para o P, K, Mg e B (TAIZ; ZEIGER, 2013). Aplicações foliares de Mg em estádios fenológicos avançados, principalmente sob condições de déficit hídrico, podem ser benéficas para a obtenção de aumento na produtividade (CAKMAK; KIRBY, 2008).

Nos campos de produção de sementes, a nutrição balanceada, equilibrada, com aporte suficiente de nutrientes, origina sementes de melhor qualidade, com maior germinação, vigor e possibilita melhor estabelecimento das plantas geradas a partir destas sementes (BARCELOS et al., 2017).

A biofortificação agrônômica dos alimentos aumenta a concentração de nutrientes no alimento enriquecendo os grãos (MORAES et al., 2012). O feijão, por ser um alimento base da dieta média da população, tem potencial para levar nutrientes essenciais para a saúde humana, com destaque para Zn e selênio (Se). A aplicação de nutrientes via folha promove o aumento na concentração destes nos grãos, elevando o valor nutricional dos grãos do feijoeiro (FIGUEIREDO et al., 2017).

A eficiência de aproveitamento dos nutrientes aplicados via folha é resultante da interação entre fatores relacionados com a superfície foliar, a fonte do nutriente e fatores ambientais, com destaque para a disponibilidade dos nutrientes no solo, a característica da solução de pulverização e a forma de aplicação (SILVEIRA; MESQUITA; CUNHA, 2015).

Para a recomendação da adubação foliar, o técnico deverá prescrever a dose e a fonte para cada nutriente, e o momento de aplicação (fase fenológica). Já para a determinação da dose do nutriente, deve-se considerar a expectativa de produtividade, demanda nutricional da planta (extração e exportação de nutrientes), e o *status* nutricional monitorado por uma análise de solo, da folha e da diagnose visual.

A escolha da fonte de nutriente deve levar em consideração fatores como: eficácia

da fonte quanto a absorção e translocação, potencial fitotóxico, solubilidade e risco de interação com outras moléculas presentes na solução de pulverização. O uso de quelatos e fontes solúveis tem mostrado bons desempenhos agrônômicos em estudos e lavouras de feijão do Brasil. Franco et al. (2005) observaram que quelato de Zn (ácido etileno-diamino-tetraacético (EDTA)) foi significativamente mais eficiente na aquisição (absorção), bem como na translocação do nutriente quando aplicado via folha no feijoeiro, em situação de baixos teores deste nutriente no solo comparado com sulfato de Zn. Nesse mesmo trabalho, os autores concluem que a utilização de fonte que esteja na forma de quelato pode contribuir muito na eficiência de absorção foliar por não haver interação com as cargas presentes na camada cuticular das folhas da cultura do feijão.

A adubação foliar tem recebido maior atenção da comunidade acadêmica, de técnicos e de produtores rurais nos últimos anos, e tem sido uma importante ferramenta para aumento de produtividade e qualidade na produção de feijão. Por isso, é importante salientar que há ainda grandes controvérsias acerca de sua utilização, e serão ainda bem-vindos dados oriundos da pesquisa, com a finalidade de determinar de forma mais clara, quando se faz necessária, e qual o correto manejo de sua aplicação na cultura do feijão-comum.

## **SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO**

É possível afirmar que a folha representa bem a planta, por ser o órgão que melhor reflete o estado nutricional de uma cultura. A composição mineral da folha é consequência direta do efeito dos fatores que atuaram até o momento em que o órgão foi amostrado, podendo variar com a espécie, cultivar, idade, solo, condições climáticas, práticas culturais, pragas e doenças, dentre outros (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Encontram-se na Tabela 2 as concentrações observadas de nutrientes nas folhas do feijão-comum, segundo Creste e Echer

Tabela 2 - Teores foliares médios de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, B, Co e Mo do feijão-comum

Nutriente	Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)	Creste e Echer (2010)	Mesquita (2013)	Partelli et al. (2014)
N (g/kg)	30-50	51,7	57,8	42,4
P (g/kg)	2,0-3,0	4,9	4,7	4,0
K (g/kg)	20-25	25,6	24,7	17,4
Ca (g/kg)	15-20	12,9	13,6	12,7
Mg (g/kg)	4-7	4,0	4,9	4,2
S (g/kg)	5-10	3,2	1,9	2,0
Na (mg/kg)	-	-	130,3	-
Cu (mg/kg)	10-20	22,6	7,5	7,0
Fe (mg/kg)	100-450	209,1	191,8	260,9
Mn (mg/kg)	30-300	77,5	69,2	165,6
Zn (mg/kg)	20-100	59,9	51,8	45,7
B (mg/kg)	30-60	47,9	53,2	62,1
Co (mg/kg)	-	-	0,2	-
Mo (mg/kg)	-	-	0,8	-

Nota: Observados por Creste e Echer (2010), Mesquita (2013) e Partelli et al. (2014), e citados como adequados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

(2010), Mesquita (2013) e Partelli et al. (2014), em diferentes regiões de cultivo em Goiás, e as citadas como adequadas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Algumas concentrações de nutrientes observadas por Creste e Echer (2010), Mesquita (2013) e Partelli et al. (2014) estão totalmente fora da faixa considerada como adequada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), caso do P, Ca, S e Cu. No caso do N, somente o valor de Partelli et al. (2014) ficou dentro da faixa adequada, sendo que os de Creste e Echer (2010) e Mesquita (2013) foram superiores aos da faixa. Vale ressaltar que mesmo com valores fora da faixa, as produtividades de grãos relatadas pelos autores foram superiores a 3.000 kg/ha, consideradas muito boas para a cultura.

A técnica de comparar resultados analíticos da análise foliar com níveis críticos ou faixas de concentração, consideradas clássicas, apresenta a desvantagem de os nutrientes serem interpretados individualmente, não levando em consideração as interações existentes entre estes e a variação de suas concentrações com a idade da planta (SUMNER, 1977) e as diferenças

entre cultivares. Quando mais de dois nutrientes encontram-se abaixo dos níveis críticos, o método interpretativo não permite avaliar qual nutriente foi o mais limitante na produtividade (HANSON, 1981).

O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação – Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS), desenvolvido por Beaufils (1971), é um método diagnóstico do estado nutricional de plantas, pelo qual os nutrientes não são considerados pelos seus teores individuais (análises univariadas), mas sim pelas relações binárias (análises bivariadas). O DRIS compara áreas amostradas entre si, utilizando a média das funções binárias das razões entre as concentrações dos nutrientes (BEAUFILS, 1971, 1973). O uso de relações entre nutrientes dá maior segurança as interpretações individuais, uma vez que leva em consideração interações importantes, por vezes decisivas na recomendação advinda do resultado das análises. O potencial de utilização desse sistema foi demonstrado em trabalhos realizados com diferentes culturas desde 1973.

O método não indica se determinado nutriente encontra-se em concentração

de toxidez ou deficiência, mas sim qual nutriente é o mais limitante e a ordem de limitação (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Sua aplicação envolve três fases: obtenção das normas (base de dados), cálculo e interpretação dos índices DRIS e validação dos resultados (MESQUITA, 2013).

O primeiro passo para a utilização do sistema é a criação de um banco de dados que apresente uma quantidade substancial de dados básicos, como análise foliar e produtividade de grãos, a fim de que sejam estabelecidas normas ou padrões. As normas são valores médios de teores de nutrientes e das relações desses nutrientes, com as respectivas variâncias, para um grande número de casos, representando a cultura em boas condições nutricionais (BEAUFILS, 1971, 1973). A base de dados pode ser obtida tanto em experimentos de adubação como em áreas de produção.

O índice DRIS de um nutriente é a média aritmética das funções reduzidas dos quocientes do teor deste nutriente em relação aos teores dos demais nutrientes determinados na análise foliar. Valores negativos indicam deficiência do elemento em relação aos demais; valores positivos, excesso; e quanto mais próximo de zero estiverem esses índices, maior será o equilíbrio nutricional da planta. A soma, em módulo, dos índices DRIS indica o índice de balanço nutricional (IBN). Quanto menor for o IBN, mais próxima a amostra estará do equilíbrio nutricional (BEAUFILS, 1973), sendo assim dados soltos são organizados, o que possibilita uma análise crítica que obedece a uma lógica pré-determinada, facilitando a adoção pelos produtores.

Creste e Echer (2010), Mesquita (2013) e Partelli et al. (2014) obtiveram as normas DRIS para o feijão-comum, para três regiões de plantio de feijão-comum do estado de Goiás, respectivamente, Cristalina, Vale do Rio dos Bois (Palmeiras de Goiás, Campestre de Goiás, Cezarina, Edeia, Indiara, Paraúna, Palminópolis e Jandaia) e Santa Fé de Goiás. Essas regiões localizadas, respectivamente, no leste, sul e noroeste

do Estado, são importantes na produção de feijão em condições irrigadas. O município de Cristalina com mais de 750 pivôs centrais de irrigação é o segundo produtor nacional de feijão. Os dados de Mesquita (2013) foram obtidos em 86 amostras de lavouras da cultivar de feijão-comum ‘Pérola’; os de Partelli et al. (2014), também com a mesma cultivar, em 55 amostras, e os de Creste e Echer (2010) em 100 amostras. Todos os dados foram obtidos em lavouras que apresentaram produtividade de grãos de feijão acima de 3.000 kg/ha.

A partir das normas divulgadas na literatura, a Embrapa Arroz e Feijão elaborou o software DRIS Feijão de acordo com Beaufils (1973) e Jones (1981), disponível no portal da Embrapa Arroz e Feijão, acessível através da página Produtos, Processos e Serviços.

A Figura 2 mostra como o software DRIS Feijão apresenta os resultados para o demandante do diagnóstico nutricional. Observa-se que, no caso, o elemento B está enquadrado como tendência a limitante e os demais estão na faixa adequada.

Pela análise dos resultados, é possível planejar as futuras ações relativas à adubação ou ao manejo do solo para o equilíbrio nutricional da cultura. Deve-se ter em mente as interações existentes, positivas ou negativas entre os nutrientes,

relativas a suas absorções pela planta. As informações obtidas na análise do solo comparadas com as tabelas de recomendação de adubação são as ferramentas principais na definição das quantidades de nutrientes a ser aplicadas na lavoura.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de produção mais atuais preconizam o aumento da eficiência com aumento de produtividade, melhoria na qualidade do produto e melhor relação custo/benefício da atividade, o que não é diferente para o cultivo do feijão-comum. As ferramentas e estratégias apresentadas no contexto deste artigo oferecem tecnologias ao produtor que busca elevar seu nível de desempenho, se possível atingindo a excelência. É preciso ressaltar que a utilização dessas tecnologias não exclui a necessidade de fazer bem-feito o “dever de casa”, de estar atento às boas práticas de construção e manejo da fertilidade do solo e da adubação; fazer as análises do solo e da planta; conhecer o *status* de fertilidade; realizar a calagem de forma criteriosa; e utilizar fertilizantes de origem idônea com boa qualidade. A construção do complexo sempre parte de ações simples, mas que não podem ser negligenciadas. E claro, deve-se consultar sempre um profissional qualificado para assistência técnica.

### REFERÊNCIAS

- BARCELOS, J.P. de Q. et al. Effects of foliar nickel (Ni) application on mineral nutrition status, urease activity and physiological quality of soybean seeds. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n.2, p.184-192, Feb. 2017.
- BEAUFILS, E.R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition**. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science. Bulletin, 1).
- BEAUFILS, E.R. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, v.1, n.1, p.1-30, 1971.
- BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAUJO, G.A. de A. Adubação molíbdica por via foliar na cultura do feijão: efeitos de doses. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p.159.
- BERGER, P.G. et al. Adubação molíbdica por via foliar na cultura do feijão: efeitos de épocas de aplicação. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p.160.
- BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, v.8, n.1, p.56-60, 1995.
- BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S.; VIGIL, M.F. Chlorophyll meter readings in corn as affected by plant spacing. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.24, n.17/18, p.2507-2516, 1993.
- BOECKX, P.; XU, X.; CLEMPUT, O. van. Mitigation of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emission from rice and wheat cropping systems using dicyandiamide and hydroquinone. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.72, n.1, p.41-49, May 2005.
- BREMNER, J.M.; DOUGLAS, L.A. Inhibition of urease activity in soils. **Soil Biology Biochemistry**, v.3, n.4, p.297-307, Nov. 1971.
- CAKMAK, I.; KIRKBY, E.A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating

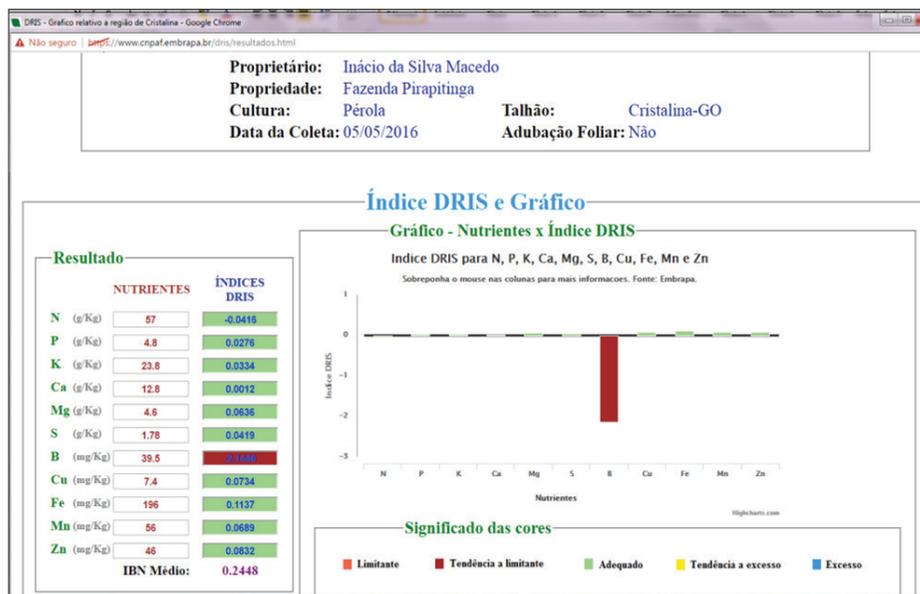


Figura 2 - Interface do Software DRIS Feijão

- photooxidative damage. **Physiologia Plantarum**, n.133, n.4, p.692-704, Aug. 2008. Special Issue: Special topics in potassium and magnesium research.
- CÂMARA, G.M. de S. Fixação biológica de nitrogênio em soja. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.147, p.1-9, set. 2014.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.375-470.
- CRESTE, J.E.; ECHER, F.R. Establishing standards for the integrated recommendation and diagnosis system (DRIS) for irrigated bean crops. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.41, n.16, p.1921-1933, 2010.
- CRUZ, J.C. et al. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 87).
- DALE, G.B.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.49, p.481-500, 1998.
- DWYER, L.M. et al. Quantifying the non-linearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**, v.75, n.1, p.179-182, Jan. 1995.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; STONE, L.F. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2004. cap. 17, p.435-455. Editado por Tsuioshi Yamada e Sílvia Regina Stipp e Abdalla.
- FANCELLI, A.L.; TSUMANUMA, G.M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2007. cap. 13, p.445-486. Editado por Tsuioshi Yamada, Sílvia Regina Stipp e Abdalla e Godofredo Cesar Vitti.
- FIGUEIREDO, M.A. de et al. Zinc and selenium accumulation and their effect on iron bioavailability in common bean seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.111, p.193-202, Feb. 2017.
- FRANCO, I.A. de L. et al. Translocação e compartimentalização de Zn aplicado via  $ZnSO_4$  e Zn-EDTA nas folhas de cafeeiro e feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.332-339, mar./abr. 2005.
- GUELFY, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.157, p.1-14, mar. 2017.
- HANSON, R.G. DRIS evaluation of N, P, K status of determinant soybeans in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, n.9 p.933-948, 1981.
- JONES, C.A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, n.8, p.785-794, 1981.
- LAU, O.L.; YANG, S.F. Inhibition of ethylene production by cobaltous ion. **Plant Physiology**, Rockville, v.58, n.1, p.114-117, Jul. 1976.
- MAIA, S.C.M. et al. Uso do índice de suficiência de nitrogênio na estimativa da necessidade de adubação nitrogenada em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.36, n.1, p.183-192, jan./fev. 2012.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, 2012. 643p.
- MARTINS, O.C. Aumentar o patamar de produtividade na cultura da soja: o desafio do CESB. In: MOREIRA, F.M. de S.; KASUYA, M.C.M. (Ed.). **Fertilidade e biologia do solo: integração e tecnologia para todos**. Viçosa, MG: SBCS, 2016. p.525-540.
- MESQUITA, M.A.M. **Estado nutricional e normas DRIS para o feijoeiro irrigado em Cristalina, Goiás**. 2013. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- MORAES, F.M. et al. Biofortificação: alternativa à segurança nutricional. **Informações Agronômicas**, n.140, p.9-15, dez. 2012.
- NASCENTE, A.S. et al. Adubação fosfatada no sulco foliar afetando a produtividade de grãos do feijoeiro comum. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.3, p.1231-1240, maio/jun. 2014.
- PARTELLI, F.L. et al. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.38, n.3, p.858-866, maio/jun. 2014.
- RESENDE, A.V. de et al. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.156, p.1-19, dez. 2016.
- SILVEIRA, P.M. da; GONZAGA, A.C. de O. Portable chlorophyll meter can estimate the nitrogen sufficiency index and levels of topdressing nitrogen in common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.47, n.1, p.1-6, Jan./Mar. 2017.
- SILVEIRA, P.M. da; GONZAGA, A.C. de O.; SARMENTO, P.H.L. **Passo a passo para o uso do clorofilômetro portátil na quantificação do nitrogênio a ser aplicado em cobertura no feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. 4p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico 236).
- SILVEIRA, P.M. da; MESQUITA, M.A.M.; CUNHA, P.C.R. da. **Adubação foliar no feijoeiro: revisão de literatura**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 45p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 307).
- SILVEIRA, P.M. da et al. Variability of mass and content of mineral elements in grains of the common bean cultivar Pérola. **Científica**, Jaboticabal, v.44, n.3, p.446-450, 2016.
- SUMNER, M.E. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans. **Agronomy Journal**, v.69, n.2, p.226-230, Mar./Apr. 1977.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- VIEIRA, C.; VIEIRA, R.F. O potássio na cultura do feijão. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 2004, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2005. p.591-611. Editado por Tsuioshi Yamada e Terry L. Roberts.
- YOU, J.; CHAN, Z. ROS regulation during abiotic stress responses in crop plants. **Frontiers in Plant Science**, v.6, p.1092, Dec. 2015.
- YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.6, p.1449-1450, Jun. 1986.

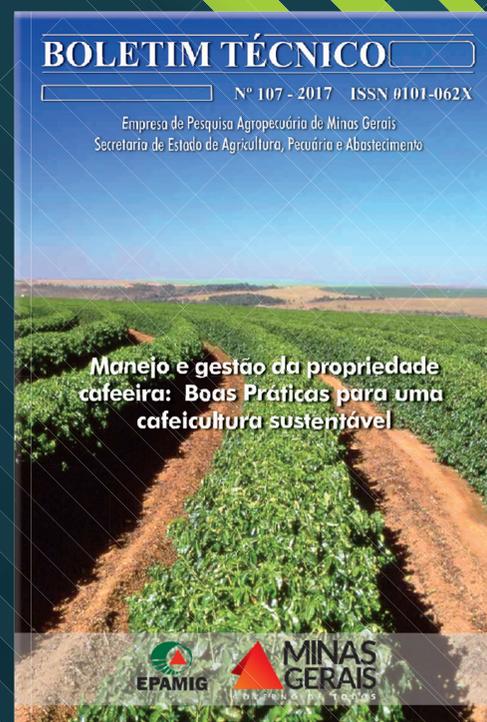
# Manejo e gestão da propriedade cafeeira

Esta edição do Boletim Técnico reúne, de forma simples e direta, orientações e recomendações a ser verificadas pelo cafeicultor em todas as etapas de produção.

A implementação das Boas Práticas de Manejo (BPM) e a gestão da propriedade de forma sustentável garantem a produção de café de qualidade e o sucesso da atividade.

## Assinatura e vendas avulsas

[www.informeagropecuario.com.br](http://www.informeagropecuario.com.br)  
[publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)  
(31) 3489-5002



# Fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro: potencial ou realidade?

Damiany Pádua Oliveira<sup>1</sup>, Márcia Rufini<sup>2</sup>, Bruno Lima Soares<sup>3</sup>, Fábio Aurélio Dias Martins<sup>4</sup>,  
Messias José Bastos de Andrade<sup>5</sup>, Fatima Maria de Souza Moreira<sup>6</sup>

**Resumo** - Nos últimos anos tem aumentado o número de pesquisas que indicam que o feijoeiro beneficia-se da fixação biológica de nitrogênio (FBN), em condições de campo, desde que se aprimore o manejo dos fatores envolvidos, estabelecendo boas práticas de inoculação. Pesquisas recentes forneceram importantes contribuições para o aprimoramento da inoculação com rizóbio e ajudaram a responder questionamentos e dúvidas que ainda persistiam quanto aos benefícios da FBN e à técnica de inoculação na cultura. O intuito é divulgar resultados que comprovem a viabilidade da FBN na cultura e demonstrem a possibilidade de acréscimos na produtividade de grãos, de redução de custos em relação aos fertilizantes nitrogenados e de contribuição ambiental, por evitar problemas associados a emprego e manejo indevidos de fertilizantes.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Feijão. FBN. Rizóbio. Inoculação.

## Biological nitrogen fixation in common bean: potential or reality?

**Abstract** - In recent years, an increasing number of studies have indicated the benefits from biological nitrogen fixation (BNF) to common bean in the field, as long as the management of factors involved is refined and good inoculation practices are established. Recent studies have aimed to refine the practice of inoculation with rhizobia and helped to respond to important questions and uncertainties concerning the benefits of BNF and the technique of crop inoculation. Thus, the aim of this article is to discuss some of those results, which not only confirm the feasibility of BNF for common beans, but also show the possibility of increasing yield, reducing costs on nitrogen fertilizers, and, as an important environmental contribution, avoiding problems associated to the inappropriate use and management of fertilizers.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*. Common beans. BNF. Rhizobia. Inoculation.

### INTRODUÇÃO

A produtividade do feijoeiro está diretamente relacionada com sua nutrição nitrogenada. Em Minas Gerais, as recomendações oficiais de adubação para essa cultura variam de 20 a 40 kg/ha de N, na semeadura, e de 20 a 60 kg/ha de N, em cobertura, dependendo do nível tecnológico do produtor e da expectativa de produtividade. Em áreas irrigadas por

pivô central no noroeste mineiro chegam a ser aplicados mais de 150 kg/ha de N por ciclo cultural, o que corresponde a uma aplicação superior a 1,5 kg/ha de N por dia. Taxas de aplicação dessa ordem são responsáveis por elevado custo de produção, baixa eficiência e desastrosos danos ambientais, tendo em vista que o nutriente perde-se facilmente no sistema solo-planta.

Estudo de Vieira (2006) estima que para ser alcançada uma produtividade de 1.800 kg/ha, faz-se necessária a absorção de 100 kg de N/ha (solo + fertilizante). Entretanto já se sabe que com uma aplicação total de 50 kg de N/ha (semeadura + cobertura) é possível obter a mesma produtividade. É necessário, portanto, a busca de técnicas que possam maximizar a eficiência de absorção pelas plantas. Nesse

<sup>1</sup>Eng. Agrônoma, Pós-Doutoranda Ciência do Solo UFLA, Lavras, MG, damiany.padua.oliveira@gmail.com

<sup>2</sup>Eng. Agrônoma, Pós-Doutoranda Ciência do Solo UFLA, Lavras, MG, marciarufini@gmail.com

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Pós-Doutorando Fitotecnia UFLA, Lavras, MG, brunolsoares@gmail.com

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul, Lavras, MG, fabio.aurelio@epamig.br

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Colab. Voluntário UFLA, Lavras, MG, mandrade@dag.ufla.br

<sup>6</sup>Eng. Agrônoma, Ph.D., Prof<sup>ª</sup> Tit., UFLA - Depto. Ciência do Solo, Lavras, MG, fmoreira@dcs.ufla.br

sentido, estudos com bactérias simbióticas fixadoras de  $N_2$  atmosférico vêm sendo realizados no feijoeiro com o intuito de substituir, pelo menos parcialmente, a adubação nitrogenada (FERREIRA et al., 2009, 2012; FIGUEIREDO et al., 2016; SOARES et al., 2016).

Este artigo traz uma abordagem dos procedimentos disponíveis, bem como os avanços, desafios e perspectivas da inoculação com rizóbio em feijoeiro.

## FATORES LIMITANTES

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) pode ser afetada por fatores químicos, físicos e biológicos. Condições ambientais adversas, como alta temperatura (RAPOSEIRAS et al., 2002), acidez do solo (RUFINI et al., 2011; FERREIRA et al., 2012) e deficiências de cálcio (Ca), molibdênio (Mo), boro (B), magnésio (Mg) e fósforo (P), além da toxidez de alumínio (Al) e manganês (Mn) (FERREIRA et al., 2012), podem limitar o estabelecimento, o desenvolvimento e a efetividade dessa simbiose. No feijoeiro, fatores como a competição do rizóbio inoculado com bactérias nativas ineficientes estabelecidas no solo (ARAUJO et al., 2007) e outros associados à planta hospedeira (FAGERIA et al., 2014; YAGI et al., 2015; ANDRAUS; CARDOSO; FERREIRA, 2016), como genótipo, duração do ciclo cultural, nodulação tardia e senescência precoce dos nódulos (FAGERIA et al., 2014), também podem afetar o processo e comprometer a FBN. O somatório da atuação de todos esses fatores certamente contribui para a baixa adoção da inoculação em lavouras de feijão no Brasil, onde, em 2012, estimava-se que apenas 0,23 dos 3,269 milhões de hectares (Mha) de área cultivada utilizaram sementes inoculadas (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES E IMPORTADORES DE INOCULANTES (ANPII) apud HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013). O grande desafio no feijoeiro é, portanto, aumentar a eficiência da simbiose, de modo que venha a suprir os requerimentos de N da planta. Nesse sentido, nos últimos anos, tem crescido o número de pesquisas que

indicam que o feijoeiro realmente pode-se beneficiar da simbiose em condições de campo, desde que se aprimore o manejo dos fatores envolvidos, estabelecendo boas práticas de inoculação.

## INOCULAÇÃO

Apesar de bactérias fixadoras de  $N_2$  habitarem naturalmente os solos, estirpes selecionadas, quanto à eficiência superior, podem ser introduzidas por meio da inoculação. Em regiões de cultivo tradicional de feijão, inoculantes que atendem às especificações da Legislação Brasileira (BRASIL, 2011) estão disponíveis no mercado de produtos agropecuários a preços módicos, no entanto, devem ser encomendados. Contudo são poucos produtores que têm conhecimento da disponibilidade e dos benefícios dessa biotecnologia.

Tradicionalmente, a inoculação com essas bactérias é realizada nas sementes com o emprego de inoculantes para os quais utilizam-se a turfa como veículo (inoculantes turfosos), mas, recentemente, vem crescendo o uso de inoculantes líquidos aplicados diretamente nas sementes. A legislação brasileira exige que os inoculantes comerciais contenham estirpes aprovadas para o País na concentração mínima de  $1,0 \times 10^9$  unidades formadoras de colônia (UFC) por grama ou mililitro do produto, mantendo a garantia registrada até a data de seu vencimento, e que na semeadura sejam fornecidas no mínimo 600 mil células de rizóbio por semente, com benefícios maiores, quando se aplicam populações de até 1,2 milhão de células de rizóbio por semente (FERREIRA et al., 2011).

### Inoculação das sementes com inoculante turfoso ou líquido

A inoculação deve ser feita de forma homogênea nas horas mais frescas do dia, e a secagem das sementes à sombra. Para assegurar aderência dos inoculantes turfosos às sementes, recomenda-se umedecê-las com substância adesiva comercial ou solução açucarada a 10% (100 g de açúcar e completar o volume para um litro de água),

esta última empregada na base de 300 mL para 50 kg de sementes. A distribuição da mistura açucarada/adesiva + inoculante na semente deve ser feita, preferencialmente, em máquinas próprias, tambor giratório ou betoneira.

A semeadura deve ser realizada no mesmo dia da inoculação, sendo recomendado curto intervalo entre essas operações. O aquecimento, em demasia, do depósito das sementes na semeadora deve ser evitado, pois temperatura elevada reduz o número de bactérias viáveis aderidas à semente.

É imprescindível que a distribuição do inoculante seja uniforme em todas as sementes, para que o benefício da FBN ocorra em todas as plantas.

## AVANÇOS

### Correção do solo

O pH do solo afeta o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a nodulação e a FBN. A acidez do solo é responsável pela toxicidade de  $Al^{3+}$  e  $H^+$ , que é prejudicial à simbiose rizóbio-feijoeiro. A calagem é a prática comum e mais efetiva na correção dessa acidez, já que muda o ambiente químico em torno do sistema radicular. A eficiência da FBN é, portanto, favorecida em solos corrigidos com saturação por base de 50% em condições de sequeiro e de 60% em sistemas irrigados (RAMALHO et al., 2014). O hospedeiro, entretanto, pode ser mais afetado pela acidez do meio do que a bactéria, porque o pH atua tanto no desenvolvimento da planta, como interfere na disponibilidade de nutrientes e na fertilidade do solo.

Por sua vez, há determinadas espécies de rizóbio tolerantes à acidez do solo. Embora essa tolerância varie mesmo dentro de uma espécie, valores de pH entre 6,0 e 7,0 são considerados os ideais para o crescimento e a multiplicação de grande parte das bactérias fixadoras de  $N_2$  nodulíferas e poucas respondem bem em pH inferior a 5,0. Dentre as estirpes do gênero *Rhizobium*, algumas apresentam maior afinidade a ambientes ácidos. É o caso da estirpe CIAT 899 de *R. tropici*, que, além

de ser pouco sensível a reduções no pH de 6,9 a 5,0 (RUFINI et al., 2011), é mais competitiva em pH 5,0 (FREY; BLUM, 1994 apud OLIVEIRA, 2013), ainda que apresente redução na sobrevivência, quando a concentração de  $Al^{3+}$  aumenta. Estirpes isoladas de solos ácidos mostraram-se mais adaptadas a condições de acidez do que as oriundas de solos com pH mais elevado (FERREIRA et al., 2012).

### Manejo do nitrogênio (N) mineral e de adubações complementares

O manejo da adubação nitrogenada exerce significativo efeito sobre a eficiência da FBN nos diferentes tipos de cultivo. A aplicação de doses elevadas de N na semeadura limita a germinação e a emergência das sementes, a nodulação e a fixação. Resultados recentes com inoculante em semente de feijão indicaram que a aplicação de dose entre 20 kg/ha de N (SOARES et al., 2016) e 25 kg/ha de N (ANDRAUS; CARDOSO; FERREIRA, 2016) na semeadura não prejudica a simbiose rizóbio-feijoeiro, e ainda confere acréscimos no rendimento de grãos, com redução nos custos de produção (Tabela 1).

As recomendações de adubação nitrogenada para o feijoeiro incluem a aplicação de parte do N em cobertura, entre os estádios fenológicos V3 (primeira folha trifoliolada) e R5 (pré-floração) do ciclo cultural. Os efeitos negativos dessa aplicação sobre a FBN são menos frequentes, mas, neste caso, o maior desafio é estabelecer uma dose adequada de N, de modo que alcance máxima produtividade de grãos sem perdas significativas do nutriente aplicado. Essa dose pode ser determinada com o emprego de um clorofilômetro, pela comparação das leituras do índice de suficiência de nitrogênio (ISN) das plantas da gleba a ser adubada e de uma parcela de referência, adubada com dose elevada de N<sup>7</sup>.

Tabela 1 - Rendimento de grãos de feijoeiro em diferentes sistemas de cultivo e locais, em função de fontes de N<sup>(1)</sup>

Tratamento	Rendimento de grãos (kg/ha)		
	Cultivo convencional		Plantio direto
	Patos de Minas, MG	Lavras, MG	Médias (Lavras-Ijaci, MG)
Controle sem ureia e sem inoculação	658 b	618 c	1.587 c
Inoculação turfosa na semente (ITS)	873 b	604 c	1.565 c
20S	927 b	1.066 b	1.997 b
ITS + 20S	1.568 a	1.543 a	2.221 a
ITS + 20S + 20C	1.450 a	1.656 a	2.488 a
ITS + 20S + 40C	1.491 a	1.697 a	2.464 a
ITS + 20S + 60C	1.640 a	1.909 a	2.424 a
Média geral	1230	1.299	2.106

Fonte: Adaptado de Soares et al. (2016).

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ( $P < 0.05$ ).

S = kg/ha de N - ureia em semeadura; C = kg/ha de N - ureia em cobertura.

(1) Inoculação e adubação nitrogenada com N-ureia.

### Adubações com micronutrientes

Dentre os micronutrientes que exercem atuação sobre a FBN, destacam-se o molibdênio, o cobalto e o boro.

#### Molibdênio

O Mo é componente da enzima nitrogenase, essencial à fixação do  $N_2$  pelo rizóbio nos nódulos das raízes, e da enzima redutase do nitrato, indispensável para o aproveitamento do  $NO_3^-$  absorvido pela planta. Como a disponibilidade do Mo aumenta com a elevação do pH do solo, a calagem, por vezes, é suficiente para corrigir a deficiência desse micronutriente. Contudo, pela baixa concentração de Mo no solo e por sua utilização sem a devida reposição, tem-se tornado comum sua deficiência, sobretudo em solos de Cerrado, demandando o fornecimento adicional. A aplicação de Mo na forma de sais, via se-

mente ou via solo, é menos eficiente que a aplicação foliar, que pode complementar a inoculação com incremento na rentabilidade do cultivo do feijoeiro (ALBUQUERQUE et al., 2012; SILVA et al., 2017). Nesse caso, porém, as características do solo condizionarão os resultados, que se mostram otimizados em solos ácidos com altos teores de P e matéria orgânica (MO) (Tabela 2).

#### Cobalto e boro<sup>8</sup>

Considerado essencial aos microrganismos fixadores de  $N_2$ , o Co interfere nesse processo de fixação, pois, assim como o Mo, está ligado ao complexo enzimático envolvido na FBN, compondo a estrutura da cobalamina, necessária à síntese de leg-hemoglobina, que determina a atividade dos nódulos.

A importância do B na FBN, por sua vez, reside na manutenção da estrutura

<sup>7</sup>Detalhes sobre esses procedimentos podem ser obtidos no artigo “Manejo da fertilidade do solo e nutrição das plantas do feijão-comum”, desta publicação.

<sup>8</sup>Recomendações para as adubações com esses micronutrientes são apresentadas no artigo “Manejo da fertilidade do solo e nutrição das plantas do feijão-comum”, desta publicação.

da membrana e da parede celular dos nódulos radiculares e no adequado transporte de carboidratos e síntese de fenóis nas leguminosas. Apesar de a toxicidade e a deficiência de B resultarem em forte inibição da atividade da nitrogenase em leguminosas, há pouca informação desses efeitos na simbiose com o feijoeiro.

### Seleção de estirpes eficientes

Para maximizar a contribuição da FBN nos solos, sobretudo naqueles ácidos ou de aplicação de calcário restrita à superfície (como no plantio direto), é necessário o emprego de estirpes de bactérias mais adaptadas (RUFINI et al., 2011; FERREIRA et al., 2009, 2012). Para a validação da viabilidade de novas estirpes como inoculantes, são necessários bons resultados em diferentes condições edafoclimáticas. Pesquisas com inoculação têm demonstrado alto desempenho não só das estirpes CIAT 899 (GRAHAM et al., 1994) e H 12 (MOSTASSO et al., 2002) de *Rhizobium tropici*, e PRF 81 de *R. freirei* sp. nov. (DALL'AGNOL et al., 2013), atualmente aprovadas, mas também de outras estirpes isoladas de solos ácidos e com alto teor de Al da Amazônia (Fig. 1), como UFLA 02-68, UFLA 02-100, UFLA 04-195, UFLA 02-127 e UFLA 04-173, de alta capacidade de competição e eficiência equivalente (FERREIRA et al., 2009; FIGUEIREDO et al., 2016) ou superior (SOARES et al., 2006; OLIVEIRA, et al., 2017; NOGUEIRA et al., 2017) à da população nativa (Tabela 3).

### Seleção de cultivares responsivas

A eficiência da FBN pode estar relacionada com fatores inerentes à planta hospedeira, pois o material genético tem influência sobre a nodulação, atividade da nitrogenase e velocidade de senescência dos nódulos ao longo de seu desenvolvimento (ANDRAUS; CARDOSO; FERREIRA, 2016). O uso de genótipos eficientes em estabelecer simbiose com rizóbio na propriedade é, portanto, uma

Tabela 2 - Rendimento de grãos de feijoeiro em função de características químicas do solo e de doses de molibdênio via foliar

Local	Características químicas do solo			Rendimento de grãos (kg/ha)	
	pH em H <sub>2</sub> O	P disponível (mg/dm <sup>3</sup> )	Matéria orgânica (dag/kg)	Dose de Mo (g/ha)	
				0	80
Patos de Minas	5,0	73,9	3,1	979 Bb	1.460 Aa
Pitangui	5,8	9,4	2,2	1.362 Aa	1.305 Aa

Fonte: Adaptado de Figueiredo et al. (2016).

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F (P<0.05).



Figura 1 - Nódulos em raízes de feijoeiro-comum inoculadas com estirpes de *Rhizobium* spp.

Tabela 3 - Comportamento (acréscimo de produtividade e eficiência relativa) de estirpes selecionadas de *Rhizobium* em diferentes ambientes

Solo	Clima	Município mineiro	Estirpes selecionadas	Faixa de produtividade (kg/ha)	Aumento em relação às estirpes nativas (%)	Faixa de eficiência relativa (%)	Fonte
PVAd	CWa	Perdões	CIAT 899 ( <i>Rhizobium tropici</i> ) + PRF 81 ( <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i> ) = <i>R. freirei</i> sp. nov.	1.552	≈ 10	96	Vieira et al. (2005)
PVAd	CWa	Perdões	PRF 81 ( <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i> ) = <i>R. freirei</i> sp. nov.	1.064	≈ 100	129	Vieira et al. (2005)
PVd	CWa	Perdões	CIAT 899 ( <i>R. tropici</i> ) UFLA 02-100 ( <i>R. etli</i> ) UFLA 02-68 ( <i>R. etli</i> bv. <i>mimosae</i> ) UFLA 02-86 ( <i>R. etli</i> bv. <i>phaseoli</i> ) UFLA 02-127 ( <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i> )	683-975	≈ 102	79-94	Soares et al. (2006)
LVef	CWa	Lavras	CIAT 899 ( <i>R. tropici</i> ) UFLA 02-100 ( <i>R. etli</i> ) UFLA 02-68 ( <i>R. etli</i> bv. <i>mimosae</i> ) UFLA 02-86 ( <i>R. etli</i> bv. <i>phaseoli</i> ) UFLA 02-127 ( <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i> )	1.183-1.494	≈ 14	68-85	Ferreira et al. (2009)
LVe	CWa	Lavras	CIAT 899 ( <i>R. tropici</i> )	1.488-1.845	≈ 8	85-95	Oliveira et al. (2017)
LVd	CWa	Lambari	UFLA 02-100 ( <i>R. etli</i> )				
LVdf	CWa	Patos de Minas	UFLA 02-68 ( <i>R. etli</i> bv. <i>mimosae</i> )				
LVef	AW	Uberaba	UFLA 02-127 ( <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i> ) UFLA 04-173 ( <i>R. miluonense</i> )				
PVd	CWa	Formiga	CIAT 899 ( <i>R. tropici</i> ) UFLA 02-100 ( <i>R. etli</i> ) UFLA 02-86 ( <i>R. etli</i> bv. <i>phaseoli</i> ) UFLA 02-127 ( <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i> )	2.620-3.007	≈ 13	81-95	Nogueira et al. (2017)

Fonte: Adaptado de Moreira et al. (2016).

Nota: LV - Latossolo Vermelho; PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo; PV - Argissolo Vermelho; d - Distrófico; df - Distroférico; e - Eutrófico; ef - Eutroférico.

Classificação de Köppen: CWa - Clima temperado úmido com inverno seco e verão quente; Aw - Clima tropical com estação seca de inverno.

Eficiência relativa [(Produtividade do tratamento inoculado/produtividade do tratamento com N-mineral) \* 100].

estratégia relevante na captação e utilização do N<sub>2</sub> fixado.

Em termos de produtividade de grãos, por exemplo, as cultivares Rio Tibagi, BRS Esplendor, BRS Pontal e IPR Uirapuru são relativamente mais eficientes com a inoculação com *Rhizobium* do que com a adubação nitrogenada (YAGI et al., 2015). Por sua vez, há genótipos em que

as maiores respostas ocorrem nas inoculações complementadas por 25 kg/ha de N-mineral em semeadura e outros 25 kg/ha de N em cobertura, como é o caso das cultivares Pérola, Aporé, BRS Agreste, BRS Marfim e Diamante Negro, além de várias outras também recomendadas para a Região Central brasileira (FAGERIA et al., 2014).

### Inoculação em sementes tratadas com fungicidas

As recomendações de tratamento de sementes de feijão com fungicidas enfrentam uma séria restrição, quando se pretende utilizar inoculantes contendo *Rhizobium*, mas a maioria das pesquisas sobre o tema limita-se a avaliações de

laboratório ou casa de vegetação (ARAÚJO; ARAÚJO, 2006; ARAÚJO et al., 2007), o que dificulta a extrapolação dos resultados às condições de campo. Nessa situação prática, Oliveira et al. (2016) verificaram que o contato do inoculante por 1 hora com as moléculas carboxin + thiram, fluazinam + thiophanate-methyl e fludioxonil + metalaxil-M não comprometeu a simbiose de rizóbios nativos ou introduzidos no campo, ainda que estes tenham reduzido o número de

células ativas da bactéria (Tabela 4). Isso significa, portanto, que, quando essas formulações são aplicadas nas doses recomendadas pelos fabricantes, há compatibilidade no uso simultâneo das duas técnicas, sem prejuízos à FBN desses rizóbios ou à produtividade da cultura.

Entretanto, diante da frequência com que novos produtos e formulações químicas são lançados no mercado, tais resultados podem não se aplicar a outras composições químicas comercializadas.

Visando à recomendação de novos manejos/tecnologias de inoculação, pesquisas consolidadas com soja (CAMPO et al., 2010; ZILLI et al., 2010) e outras recentes com feijão (em tramitação em periódicos) sugerem ser a inoculação líquida, via sulco de semeadura, uma possível opção também em casos de incompatibilidade com moléculas químicas. Nesse sentido, novos ensaios devem ser realizados, buscando consolidar essa recomendação também para o feijoeiro.

Tabela 4 - Nodulação e rendimento de grãos de feijoeiro em função de níveis de inoculação com rizóbio e de tratamento de fungicida de sementes

Tratamento de fungicidas de sementes	Lambari, MG					
	Número de nódulos por planta		Massa seca de nódulos (mg/planta)		Rendimento de grãos (kg/ha)	
	Com I	Sem I	Com I	Sem I	Com I	Sem I
Carboxina + thiram (300 mL/100 kg de semente)	17 a	31 a	32,5 a	45,0 a	1.919 a	1.889 a
Fludioxonil + metalaxil-M (300 mL/100 kg de semente)	24 a	28 a	50,0 a	57,5 a	1.891 a	2.188 a
Fluazinam + tiofanato-metílico (180 mL/100 kg de semente)	25 a	20 a	47,5 a	35,0 a	2.048 a	1.844 a
Carbendazim (100 mL/100 kg de semente)	30 a	39 a	62,5 a	72,5 a	2.386 a	1.855 a
Testemunha	30 a	28 a	67,5 a	37,5 a	2.123 a	2.253 a
Tratamento de fungicidas de sementes	Lavras, MG					
	Número de nódulos por planta		Massa seca de nódulos (mg/planta)		Rendimento de grãos (kg/ha)	
	Com I	Sem I	Com I	Sem I	Com I	Sem I
Carboxina + thiram (300 mL/100 kg de semente)	17 a	22 a	52,0 a	65,0 a	2.432 a	2.600 a
Fludioxonil + metalaxil-M (300 mL/100 kg de semente)	28 a	17 a	82,5 a	60,0 a	2.619 a	2.625 a
Fluazinam + tiofanato-metílico (180 mL/100 kg de semente)	21 a	33 a	72,5 a	120,0 a	2.409 a	2.385 a
Carbendazim (100 mL/100 kg de semente)	18 a	20 a	57,5 a	62,5 a	2.523 a	2.616 a
Testemunha	13 a	27 a	45,0 a	80,0 a	2.683 a	2.814 a

Fonte: Adaptado de Oliveira (2013) e Oliveira et al. (2016).

Nota: Na comparação entre níveis de inoculação, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não se diferem estatisticamente pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

I - Inoculação.

## Inoculação no sulco de semeadura com inoculante líquido

O emprego de inoculante turfoso ou líquido via semente tem apresentado resultados eficientes na cultura do feijão. Contudo, grandes produtores questionam a praticidade dessa operação em larga escala. O aprimoramento do manejo da inoculação líquida via sulco de semeadura, portanto, atenderia aos anseios desses produtores, que, muitas vezes, relutam no emprego da inoculação em semente. Isto ocorre pelo receio da intolerância do rizóbio às quantidades e tipos de outros produtos aplicados via semente e por dificuldades operacionais no campo. Uma das limitações seria o equipamento necessário à aplicação no sulco. Entretanto esse equipamento já é encontrado no mercado nacional e seu custo não é muito superior ao de um tanque tratador de sementes (em torno de R\$ 2.500,00).

Com inoculante comercial, na soja, foram obtidos resultados similares aos da inoculação via semente, sendo a aplicação líquida via sulco de semeadura reconhecida como viável à cultura. Com o feijoeiro, já existem resultados (em fase de elaboração)<sup>9</sup> que indicam que o método tradicional de inoculação pode ser substituído pela aplicação do inoculante por aspersão no sulco, por ocasião da semeadura. Porém para que esse procedimento seja adotado, recomenda-se que a dose utilizada seja, no mínimo, três (em fase de elaboração)<sup>9</sup> a seis vezes (RAMALHO et al., 2014) superior à dose indicada para as sementes, e que o volume de líquido (inoculante mais água) não seja inferior a 50 L/ha.

## DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Apesar da mitigação dos fatores limitantes à simbiose e das validações de novos procedimentos em campo, ainda é muito

reduzida a comercialização de inoculantes destinados à cultura do feijoeiro no Brasil. Para a soja, esses números ultrapassam 97% da produção nacional. Em grande parte dos casos, a baixa demanda é consequência da existência de produtores ainda reticentes quanto aos benefícios da FBN, o que desestimula a oferta. Em outros casos, mesmo que convencidos da efetividade desse processo, agricultores não fazem uso da inoculação com argumentos de natureza operacional. O gargalo ao emprego da inoculação no feijão consiste, portanto, na desmistificação da ineficiência da FBN por parte dos produtores e técnicos extensionistas, já que a pesquisa indica real possibilidade de benefícios com emprego da inoculação. E, o sucesso da inoculação está intimamente ligado às boas práticas no cultivo. Com Programas de Melhoramento do Feijoeiro que considerem a FBN, com a intensificação da seleção de novas estirpes e com a consolidação de novas tecnologias e manejos de aplicação, certamente o emprego da inoculação será considerado viável por todos os que lidam diretamente com o feijoeiro, ampliando sua utilização em campo. Novas pesquisas devem ser desenvolvidas em distintos sistemas de produção e diversos ambientes, ampliando os resultados positivos da inoculação. Desse modo, acredita-se que a inoculação possa também se tornar prática benéfica comum nas lavouras de feijão, a exemplo da soja.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a grande demanda por N pela cultura do feijoeiro, o preço elevado do fertilizante mineral e a importância da cultura, os benefícios advindos da FBN de rizóbios nativos eficientes e/ou da inoculação representam enorme economia de fertilizantes nitrogenados, além de uma contribuição ambiental significativa, por evitar problemas associados à utilização in-

devida de fertilizantes, como a eutrofização dos cursos d'água e a desnitrificação. De maneira geral, a consolidação do emprego da inoculação no feijoeiro passa, portanto, por seis pontos fundamentais:

- a) correção do solo;
- b) uso de cultivares responsivas;
- c) emprego de inoculante idôneo, contendo estirpes eficientes, em concentrações adequadas;
- d) boas práticas de inoculação;
- e) emprego de pequena dose de nitrogênio na semeadura;
- f) acompanhamento do cultivo, com atenção para o eventual uso da adubação nitrogenada de cobertura.

## AGRADECIMENTO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo aporte financeiro às pesquisas e à concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, H.C. de et al. Capacidade nodulatória e características agrônomicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.2, p.214-221, abr./jun. 2012.
- ANDRAUS, M.P.; CARDOSO, A.A.; FERREIRA, E.P.B. Differences in nodulation and grain yield on common bean cultivars with different growth cycles. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.47, n.9, p.1148-1161, 2016.
- ARAÚJO, A.S.F. de; ARAÚJO, R.S. Sobrevida e nodulação do *Rhizobium tropici* em sementes de feijão tratadas com fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.973-976, jun. 2006.

<sup>9</sup>Liquid rhizobial inoculation method in the planting furrow increases the yield of common bean, de D.P. Oliveira, a ser publicado na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2018.

- ARAUJO, F.F. de et al. Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v.29, n.4, p.535-540, 2007.
- BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 13, de 24 de março de 2011. Aprova as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução Normativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n.58, 25 mar. 2011.
- CAMPO, R.J. et al. In-furrow inoculation of soybean as alternative to fungicide and micronutrient seed treatment. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.34, n.4, p.1103-1112, July/Aug. 2010.
- DALL'AGNOL, R.F. et al. *Rhizobium freirei* sp. nov., a symbiont of *Phaseolus vulgaris* that is very effective at fixing nitrogen. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Reading, v.63, p.4167-4173, 2013.
- FAGERIA, N.K. et al. Genotypic differences in dry bean yield and yield components as influenced by nitrogen fertilization and rhizobia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.45, n.12, p.1583-1604, 2014.
- FERREIRA, E. et al. Nova legislação, recomendação de doses de inoculantes e pré-inoculação: riscos ao sucesso da contribuição da fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 32., 2011, São Pedro, SP. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2011. p.325-327.
- FERREIRA, P.A.A. et al. Efficient nitrogen-fixing *Rhizobium* strains isolated from Amazonian soils are highly tolerant to acidity and aluminium. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Heidelberg, v.28, n.5, p.1947-1959, May 2012.
- FERREIRA, P.A.A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.2210-2212, out. 2009.
- FIGUEIREDO, M.A. de et al. Nitrogen and molybdenum fertilization and inoculation of common bean with *Rhizobium* spp. in two oxisols. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v.38, n.1, p.85-92, Jan./Mar. 2016.
- GRAHAM, P.H. et al. Acid pH tolerance in strains of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and initial studies on the basis for acid tolerance of *Rhizobium tropici* UMR1899. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v.40, n.3, p.198-207, Mar. 1994.
- HUNGRIA, M.; MENDES, I.C.; MERCANTE, F.M. **A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 22p. (Embrapa Soja. Documentos, 337).
- MOREIRA, F.M.S. et al. Inoculação com estirpes selecionadas de rizóbio aumenta a produtividade de feijão-comum e caupi. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 21.; CONGRESO ECUATORIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 15., 2016, Quito. **Anais...** Todos los suelos en la mitad del mundo. Quito: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo, 2016.
- MOSTASSO, L. et al. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.73, n.2/3, p.121-132, Jan. 2002.
- NOGUEIRA, C. de O.G. et al. Agronomic efficiency of rhizobium strains from the Amazon region in common bean. **Acta Amazônica**, Manaus, v.47, n.3, p.273-276, July/Sept. 2017.
- OLIVEIRA, D.P. **Adubação nitrogenada, inoculação com estirpes de rizóbio e tratamentos fungicidas de sementes em feijoeiro-comum cv. BRSMG Madrepérola**. 2013. 180p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- OLIVEIRA, D.P. et al. Acid tolerant rhizobium strains contribute to increasing the yield and profitability of common bean in tropical soils. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v.17, n.4, p.922-933, Dec. 2017.
- OLIVEIRA, D.P. et al. Seed treatment with fungicides does not affect symbiosis between common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and rhizobia. **Agronomy Journal**, Madison, v.108, n.5, p.1930-1937, Sept./Oct. 2016.
- RAMALHO, M.A.P. et al. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2015-2017. In: REUNIÃO DA COMISSÃO TÉCNICA CENTRAL BRASILEIRA DE FEIJÃO, 20., 2014, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2014.
- RAPOSEIRAS, R. et al. Variabilidade de colônias isoladas em feijão de nodular *Rhizobium* estirpes antes e depois da exposição a alta temperatura. **Brazilian Journal Microbiology**, São Paulo, v.33, n.2, p.149-154, abr./jun. 2002.
- RUFINI, M. et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p.81-88, jan. 2011.
- SILVA, A. da et al. Molybdenum supply and biological fixation of nitrogen by two Brazilian common bean cultivars. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.2, p.100-105, Feb. 2017.
- SOARES, B.L. et al. Agronomic and economic efficiency of common-bean inoculation with rhizobia and mineral nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 40, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/18069657rbcs20150235&pid=S0100-06832016000100416&pdf\\_path=rbcs/v40/0100-0683-rbcs-18069657rbcs20150235.pdf&lang=en](http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/18069657rbcs20150235&pid=S0100-06832016000100416&pdf_path=rbcs/v40/0100-0683-rbcs-18069657rbcs20150235.pdf&lang=en)>. Acesso em: 15 maio 2017.
- VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BO-RÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2.ed. atual. Viçosa, MG: UFV, 2006. cap.6, p.115-142.
- YAGI, R. et al. Nodulations and grain yields of common beans in response to nitrogen fertilization or seed inoculation with *Rhizobium freirei*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.39, n.6, p.1661-1670, Nov./Dec. 2015.
- ZILLI, J.E. et al. In-furrow inoculation with *Bradyrhizobium* alternatively to seed inoculation of soybean. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.6, p.1875-1881, Nov./Dec. 2010.

# Manejo da irrigação do feijoeiro

Márcio José de Santana<sup>1</sup>, Daniel Ávila Jacinto<sup>2</sup>, Fábio Aurélio Dias Martins<sup>3</sup>

**Resumo** - O manejo da irrigação consiste em aplicar água na cultura no momento oportuno, em quantidades adequadas. A irrigação para o feijoeiro torna-se primordial em épocas de escassez de água, como acontece nas principais regiões produtoras, durante o cultivo de inverno. Também é importante em suplementar lâminas de água no feijoeiro da seca e em fases de veranicos no cultivo das águas, em áreas que tenham o sistema de irrigação implantado. Deve-se decidir o método adequado de manejo da irrigação, com objetivo de estimar a lâmina que proporcione máxima produtividade com economia de água e de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Feijão. Evapotranspiração. Gestão da irrigação. Estresse hídrico.

## Management of common bean irrigation

**Abstract** - Irrigation management consists of applying water in the right moment and in adequate amounts. Irrigation for common bean is essential in the main growing areas during the winter (dry season) in Brazil. It is also important to supplement water in other months in areas where irrigation systems are available. The appropriate irrigation management maximizes the yield and contributes to reduce the use of water and energy.

**Keywords:** Irrigation. Evapotranspiration. Irrigation management. Hydric stress.

### INTRODUÇÃO

O cultivo do feijoeiro-comum é descrito como sensível, tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo. Dessa forma, é importante a tomada de decisão da irrigação evitando lâminas de água inadequadas na cultura.

O conceito de manejo de irrigação é muito complexo, pois relaciona aspectos de manejo da água e do equipamento, com o objetivo de aplicar a quantidade de água adequada no momento exato, visando minimizar as perdas durante esse processo, não devendo, portanto, ser considerada uma etapa independente dentro do processo de produção agrícola. Dessa forma, o manejo deve ter, por um lado, o compromisso com a produtividade da cultura explorada, e, por outro lado, o uso

eficiente da água de modo que promova a conservação dos recursos hídricos disponíveis (FERREIRA, 2015).

Carvalho (2013) mencionou que para um correto manejo da irrigação, têm-se dois aspectos intrínsecos a ser considerados. O primeiro é o das condições naturais da fonte supridora de água, já que os custos de captação e distribuição são elevados. Na maioria dos projetos de irrigação, a disponibilidade de água tende a ser limitada, portanto, é essencial sua otimização. O segundo baseia-se na resposta da cultura à lâmina de água aplicada. Lâminas excessivas, além de onerar o custo de produção, também são prejudiciais por reduzir o rendimento da cultura. Por outro lado, lâminas insuficientes expõem a cultura a condições de deficiência hídrica, reduzindo seu potencial produtivo.

Em algumas regiões, há tendência de decréscimo de disponibilidade de água e aumento dos custos de energia, devendo adotar estratégias de manejo que possibilitem economia de água e, consequentemente, energia, sem prejuízos expressivos na produtividade. Uma boa estratégia de manejo da irrigação é fundamental para economizar água sem, no entanto, colocar em risco o rendimento das culturas (PEREIRA et al., 2009; FERREIRA, 2015).

A prática do manejo da irrigação (estimativa da exigência hídrica do feijoeiro) trata de estimar a lâmina de irrigação adequada, entretanto, não é tarefa tão simples, pois é a gestão dos ambientes irrigados que deve prevalecer. Neste contexto considera-se também a adequação do projeto de irrigação, se foram avaliados fatores como sistema de irrigação, uso da energia elétrica

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc. Irrigação e Drenagem, Prof. IFTM, Campus Uberaba/Bolsista PET MEC, Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, MBA Gestão Empresarial, Gestor Administrador iCrop Gestão de Irrigação, Patrocínio, MG, daniel@icrop.com.br

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul, Lavras, MG, fabio.aurelio@epamig.br

ca, fases fenológicas de maior necessidade, época de interromper a irrigação, relação entre água e patógenos e entre água e solo, clima local, dentre outros.

São diversos os métodos de manejo da irrigação, em que alguns consideram dados inerentes ao solo, outros ao clima e também a partir do estado hídrico encontrado na planta (ou uso destes conjuntamente). Deve-se decidir o método adequado em função da característica do produtor, da área e do local. Dentre os métodos que utilizam informações do solo para o manejo da irrigação, destaca-se a tensiometria que, ao medir a tensão de água no solo e indiretamente a umidade, permite obter estimativa da lâmina necessária na irrigação. Quanto à estimativa da perda de água pela cultura, a partir de dados do clima, há diversos modelos matemáticos. Com dados climáticos diários coletados em estações meteorológicas é possível estimar a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e, posteriormente, a evapotranspiração do cultivo ( $ET_c$ ). Os modelos de Hargreaves-Samani, Penman-Monteith e do tanque Classe A são utilizados para estimar a  $ET_0$ . Existem mais de 50 equações para estimar a  $ET_0$ , as quais se baseiam em dados meteorológicos.

Antes de empregar um método de manejo da irrigação, é primordial avaliar as condições do equipamento de irrigação. Há um predomínio da irrigação por aspersão na cultura do feijoeiro, com destaque para a aspersão convencional e o pivô central, que devem aplicar água uniformemente em toda a área. Após redimensionamento adequado do sistema, o método de manejo poderá ser empregado com maior precisão.

## AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Trata-se de uma das principais etapas para o sucesso do manejo da irrigação. Consiste em avaliar a distribuição da lâmina de irrigação, a pressão do sistema de irrigação, as perdas existentes, a energia elétrica disponível, a eficiência de aplicação e o armazenamento de água no solo, os emissores e sua distribuição na área e demais detalhes da engenharia de irrigação.

No que diz respeito a distribuição das lâminas de irrigação, o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), são considerados os parâmetros mais eficientes na determinação da uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por aspersão. Os coeficientes de uniformidade expressam a variabilidade de distribuição das lâminas de irrigação e, de posse dos valores, tem-se o conhecimento de como está sendo realizada a aplicação em toda a área.

Para o CUC, adota-se o desvio médio absoluto como medida de dispersão (Equação 1).

$$CUC = 100 \cdot \left[ 1 - \sum_i^n \frac{|q_i - q|}{n \cdot q} \right] \quad (1)$$

em que:

$q_i$  = vazão ou lâmina de cada emissor (L/h ou mm);

$q$  = vazão ou lâmina média dos emissores (L/h ou mm);

$n$  = número de emissores.

Bernardo, Soares e Mantovani (2009) propuseram uma classificação em uma escala de eficiência, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC)

Coeficiente (%)	Classificação
>90	Excelente
80 a 90	Bom
70 a 80	Regular
70 a 60	Ruim
<60	Inaceitável

Fonte: Bernardo, Soares e Mantovani (2009).

O CUD possibilita avaliar a relação da média de  $\frac{1}{4}$  das vazões ou lâminas com menores valores e a média de todas as vazões ou lâminas (Equação 2).

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \cdot 100 \quad (2)$$

em que:

$q_{25}$  = média de  $\frac{1}{4}$  das vazões ou lâminas com menores valores (L/h ou mm);

$q_m$  = média de todas as vazões ou lâminas (L/h ou mm).

A interpretação dos valores do CUD pode-se basear na metodologia proposta por Merriam e Keller (1978), em que CUD maior que 90% é excelente; entre 80% e 90%, bom; 70% e 80%, regular; e menor que 70%, ruim.

Em campo para determinação do CUD é possível utilizar a metodologia de Keller e Karmeli (1974). Para obtenção do CUC em campo, deve-se utilizar norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1998).

Alguns resultados experimentais confirmam o aumento de produtividade com aumento da uniformidade de distribuição de água pelos sistemas. Mantovani et al. (2012) em trabalho realizado no município de Cristalina, GO, concluíram que a maior produtividade do feijoeiro foi de 2.946,52 kg/ha, quando irrigado em sistema com maiores valores de coeficiente de uniformidade de aplicação de água (90%), e que resultou no menor valor de lâmina média coletada (418,16 mm) no ciclo da cultura. Esses autores demonstraram uma Equação (3) da produtividade em função do CUC:

$$y = -1,6414CUC^2 + 291,28CUC - 9989,4R^2 = 0,9889 \quad (3)$$

Outros autores que correlacionaram a produtividade com a uniformidade foram Mendonza e Frizzone (2012), por meio da Equação (4):

$$y = -1,6865x^2 + 353,33x - 15676 R^2 = 0,9881 \quad (4)$$

No Gráfico 1, estão os perfis de distribuição de água para os diferentes valores de CUC avaliados por Mantovani et al. (2012). Verificou-se que à medida que o

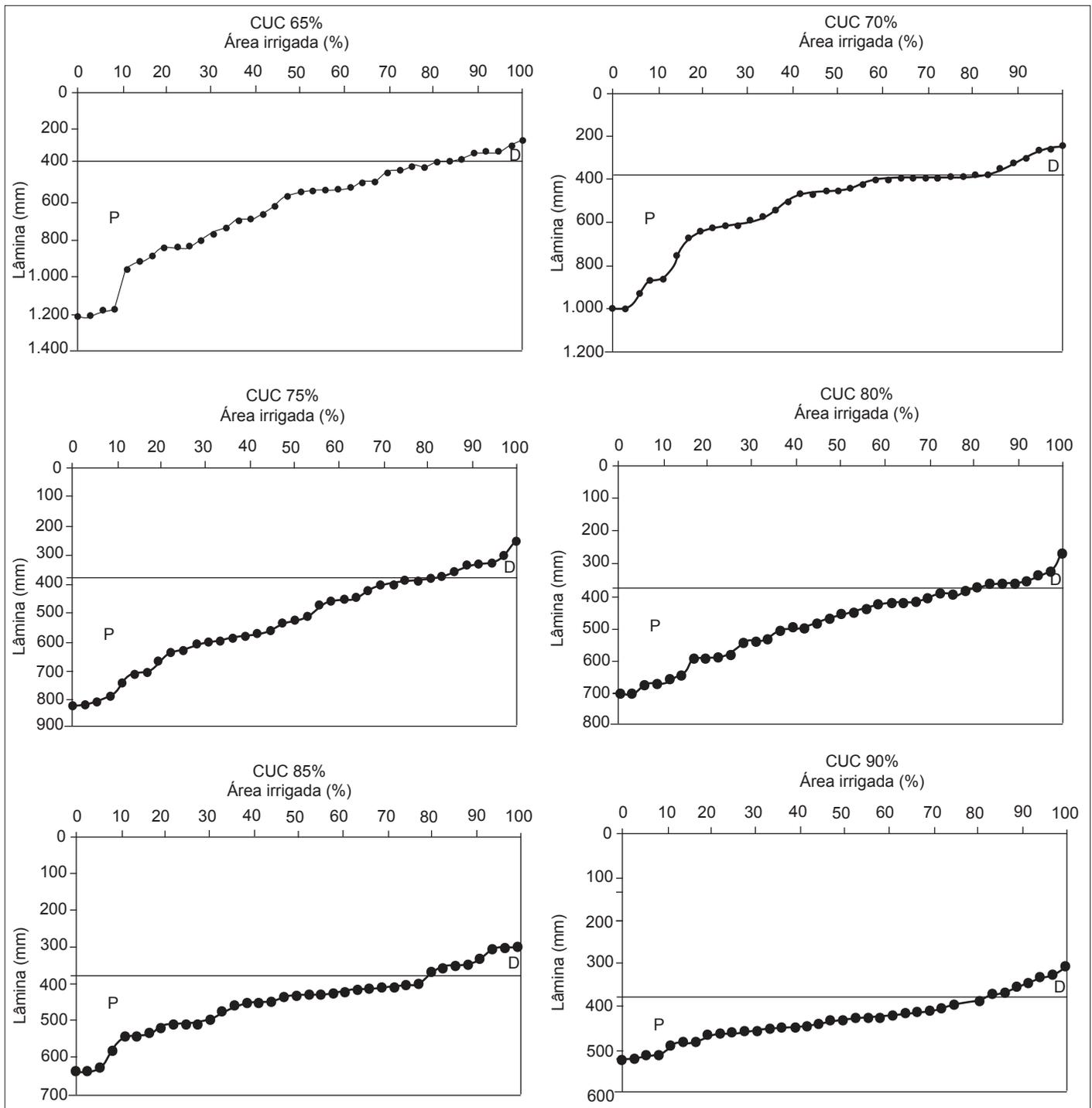


Gráfico 1 - Perfis de distribuição de água para os diferentes valores de coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC)

Fonte: Mantovani et al. (2012).

Nota: P - Área de percolação; D - Área de déficit hídrico.

coeficiente de uniformidade aumentou, houve menores perdas por percolação e as áreas de déficit, sendo isto observado pela menor inclinação do perfil de distribuição para maiores valores de CUC.

Uma vez realizada a avaliação do sistema (uniformidade, pressão de serviço,

emissores e outros) e sendo considerada insatisfatória, deve-se realizar um levantamento das causas, que normalmente são: desgastes nos emissores e nas válvulas reguladoras de pressão, elevada ou baixa pressão no sistema de irrigação, entupimentos, posição dos emissores, e

tubulação e conjunto motobomba mal dimensionados.

Mendonza e Frizzone (2012) relataram que nos sistemas de irrigação por pivô central são utilizadas válvulas reguladoras de pressão, para minimizar os efeitos da variação de pressão na vazão

dos emissores, permitindo uma pressão de saída aproximadamente constante em um intervalo de pressão de entrada. Essas válvulas reguladoras diminuem sua capacidade de regulação, por dimensionamento inadequado da linha lateral ou por desgaste pelo uso, necessitando aumentar a lâmina aplicada para compensar o efeito da falta de uniformidade na produção ou alternativamente trocar o conjunto de aspersão (válvula reguladora de pressão e emissor).

Em trabalho de campo realizado na empresa Montesa, no município de Cruzeiro da Fortaleza, MG, no inverno de 2016, com a cultura do feijão, foi obtida a uniformidade de distribuição (Gráficos 2 e 3). Nota-se que após correções dos fatores

que ocasionavam a desuniformidade, há um erro menor na distribuição das lâminas. Nesse pivô central, a produtividade média após correção da uniformidade de distribuição foi de 4.320 kg/ha.

### MÉTODOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Em função das recentes exigências governamentais na otimização do uso dos recursos hídricos, inclusive com a aprovação da cobrança pelo uso da água, é fundamental que a irrigação seja realizada de forma eficiente. Com isso, busca-se maior ênfase na adoção de soluções tecnológicas, que vão desde a melhoria na condução da

água em projetos de irrigação, até o aumento de eficiência de aplicação nas parcelas, as quais dependem da uniformidade de distribuição da água. Para isso, necessita-se de investimentos em pesquisas que visam melhor aproveitamento do recurso (MENDONZA; FRIZZONE, 2012).

Considerando esses aspectos, o manejo da irrigação contribui para determinar o quanto e quando irrigar. Uma forma de determinar esses momentos e valores está em estimar a  $ET_c$  a partir da  $ET_0$  com dados oriundos de estações meteorológicas. Pode-se também realizar o manejo da irrigação a partir de dados de umidade do solo antes da irrigação.

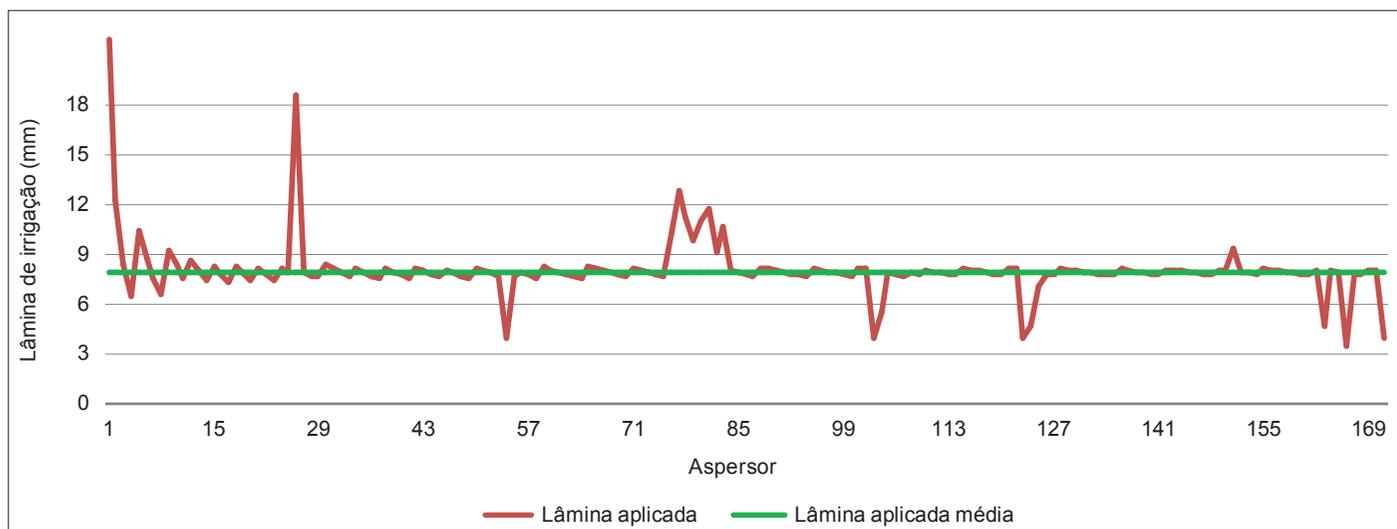


Gráfico 2 - Distribuição da irrigação antes da correção da uniformidade dos emissores

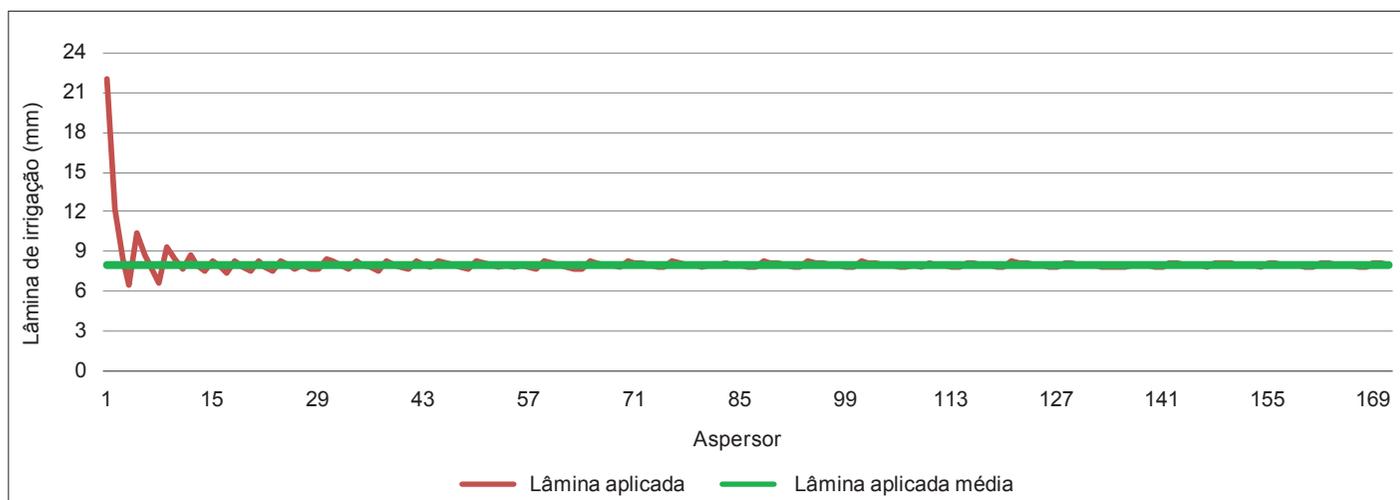


Gráfico 3 - Distribuição da irrigação após a correção da uniformidade dos emissores

Mesmo com a existência de métodos capazes de atender com precisão as necessidades hídricas do feijoeiro, muitos agricultores ainda desconhecem as formas de realizar o manejo adequado da água no solo, sendo a quantidade aplicada determinada com base na experiência individual e empírica, resultando em valores que podem proporcionar lâminas inadequadas, com consequentes decréscimos ignorados na produtividade da cultura (CUNHA et al., 2013).

Pode-se estimar a  $ET_c$  a partir de dados do clima e aferir a umidade do solo coletando-a em intervalos conhecidos (normalmente duas a três vezes por semana). De posse do grau de umidade do solo após as irrigações, fazem-se ajustes nas lâminas e nos coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) aproximando a umidade do solo da umidade adequada à cultura, na irrigação subsequente. Para isso, são necessárias informações contidas na curva de retenção de água no solo, da umidade na capacidade de campo e da umidade no ponto de murcha permanente. Metodologias para obtenção desses parâmetros podem ser encontradas em Bernardo, Soares e Mantovani (2009) e Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009). Pode-se estimar a  $ET_c$  conforme Equação 5.

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \cdot K_s \quad (5)$$

em que:

$K_c$  = coeficiente da cultivo (adimensional);

$K_s$  = coeficiente de umidade do solo (adimensional).

Uma forma de estimar a  $ET_0$  é aplicar as equações de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO 56 e Hargreaves-Samani (Equações 6 e 7, respectivamente).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34U_2)} \quad (6)$$

$$ET_0 = 0,0023 (T_{méd} + 17,8) \cdot (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} \cdot Ra \cdot 0,408 \quad (7)$$

em que:

$ET_0$  = evapotranspiração de referência (mm/dia);

$\Delta$  = declividade da curva de pressão de vapor na saturação (kPa/°C);

$\gamma$  = coeficiente psicrométrico (kP/°C);

$Rn$  = saldo de radiação (MJ/m<sup>2</sup>/dia);

$G$  = fluxo de calor no solo (kPa/°C);

$U_2$  = velocidade do vento a 2 m de altura (m/s);

$T$  = temperatura média (°C);

$es$  = pressão de vapor na saturação (kPa);

$ea$  = pressão de vapor atual (kPa);

$T_{méd}$  = temperatura média (°C);

$T_{máx}$  = temperatura máxima (°C);

$T_{mín}$  = temperatura mínima (°C);

$Ra$  = radiação no topo da atmosfera (MJ/m<sup>2</sup>/dia).

Em Bernardo, Soares e Mantovani (2009) e Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009) encontram-se detalhes dos cálculos dessas equações.

Existem vários trabalhos correlacionando as diversas equações com o modelo de Penman-Monteith que é considerado o padrão de adoção para estimar a  $ET_0$ . É necessário entender como cada modelo estima esses valores, e isto em cada local.

O  $K_c$  é a relação entre a  $ET_c$  e  $ET_0$ . Esse coeficiente tende a ser mínimo na fase do desenvolvimento vegetativo da cultura e máximo na fase de floração e enchimento dos grãos (JUNQUEIRA; ANDRE; PINHEIRO, 2004). Na maioria das vezes, esse coeficiente apresenta correlação positiva com o índice de área foliar (IAF), conforme Carvalho (2013). Em trabalho de Doorenbos e Kassam (1979), os valores de  $K_c$  recomendados para o feijoeiro são: estágio inicial (0,30), intermediário (0,70), de crescimento (1,05) e final (0,65). Durante anos esses valores foram a principal refe-

rência para profissionais da área. Diversos trabalhos demonstraram valores de  $K_c$  e alguns estão na Tabela 2.

O coeficiente de umidade do solo ( $K_s$ ) expressa o efeito do estresse hídrico causado pela diminuição do teor de umidade do solo e pode ser calculado conforme Equação 8; que é a relação entre a lâmina atual (LAA) e a capacidade total de água no solo (CTA), conforme relatam Bernardo, Soares e Mantovani (2009).

$$K_s = \frac{(\ln (LAA+1))}{(\ln (CTA+1))} \quad (8)$$

Na Tabela 3, estão descritas as características de áreas irrigadas com o feijão-carioca em três municípios de Minas Gerais. Estimou-se a evapotranspiração potencial da cultura ( $ET_{cp}$ ), utilizando valores de  $K_s$  igual a 1 (um), ou seja, sem déficit hídrico. Determinou-se a  $ET_c$  utilizando o  $K_s$  que proporcionou o máximo de déficit hídrico possível. Nota-se que nos três locais houve redução na evapotranspiração e na lâmina irrigada, proporcionando excelentes produtividades com menor consumo de água. O manejo da irrigação baseou-se na coleta de dados do clima, obtendo-se a  $ET_0$  por Penman-Monteith e estimando a  $ET_c$  (utilizando valores de  $K_c$  e  $K_s$ ). Houve aferição da umidade do solo para controle final da lâmina. No Gráfico 4, estão os dados diários do balanço hídrico a partir da capacidade de campo e ponto de murcha permanente para a propriedade na cidade de Presidente Olegário, MG.

A lâmina de água para a cultura do feijoeiro também pode ser obtida por tensiometria, em que medidas da tensão de água do solo são empregadas para cálculos da necessidade hídrica da cultura. Apesar de possuir um limite de operação (80 kPa), o tensiômetro tem sido recomendado para esse propósito, como ferramenta simples e prática para indicar o momento de irrigar, com base no potencial matricial ou com base na depleção de água no solo (CUNHA et al., 2013). A limitação do equipamento

Tabela 2 - Coeficientes de culturas para o feijoeiro-comum

Fonte	Local	Cultivar	Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )
Junqueira, Andre e Pinheiro (2004)	Jaboticabal, SP	Carioca	Desenvolvimento vegetativo (0,7 a 0,8); floração/enchimento de grãos (1,05 a 1,21) e maturidade fisiológica (0,55 a 0,82).
Santana et al. (2008)	Patos de Minas, MG	BRSMG Talismã	Estádio inicial (0,53), intermediário (0,81), de crescimento (1,07) e final (0,78).
Bizari et al. (2009)	Campinas, SP	Carioca Precoce	Desenvolvimento vegetativo (0,79); florescimento (0,88); enchimento de grãos (1,11) e maturação fisiológica (0,55).
Santana e Lemos (2012)	Uberaba, MG	Pérola	Estádio inicial (0,55), intermediário (0,86), de crescimento (1,31) e final (0,74).
Santana e Lemos (2012)	Uberaba, MG	BRSMG Madrepérola	Estádio inicial (0,55), intermediário (0,90), de crescimento (1,31) e final (0,65).
Santana e Lemos (2012)	Uberaba, MG	IAC Alvorada	Estádio inicial (0,65), intermediário (0,98), de crescimento (1,21) e final (0,67).
Santana e Lemos (2012)	Uberaba, MG	BRSMG Majestoso	Estádio inicial (0,47), intermediário (0,88), de crescimento (1,22) e final (0,68).
Fisher Filho e Zocoler (2016)	Ilha Solteira, SP	BRSMG Majestoso	Estádio inicial (0,67), intermediário (1,06), de crescimento (1,12) e final (0,80).

Tabela 3 - Balanço hídrico por meio da estimativa da evapotranspiração do cultivo ( $ET_c$ )

Local	$ET_{cp}$ (mm)	$ET_c$ (mm)	Lâmina de irrigação (mm)	Redução na evapotranspiração (%)	Excesso de lâmina de irrigação (%)	Precipitação (mm)	Produtividade média com o manejo da irrigação (sacas/hectare)
Presidente Olegário, MG	254,9	244	305	4,27	17,0	22	63
Cruzeiro da Fortaleza, MG	235,7	216	259,5	8,20	13,1	23	72
Unaí, MG	266,2	246,9	308,16	7,24	8,18	19	65

Nota:  $ET_{cp}$  - Evapotranspiração potencial da cultura.

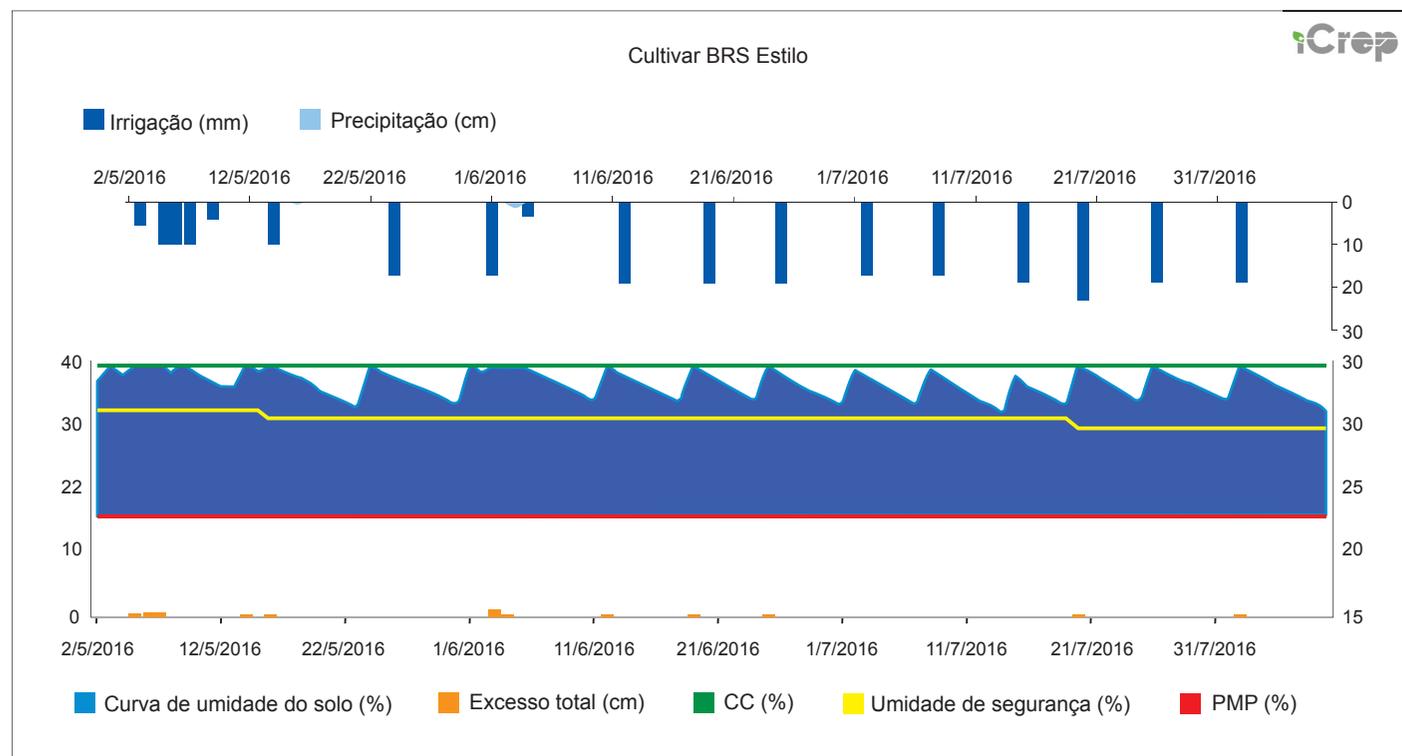


Gráfico 4 - Balanço de água no solo e manejo da irrigação

Nota: CC - Capacidade de campo do solo; PMP - Ponto de murcha permanente do solo.

está nas leituras pontuais e, para sua operação, é necessário conhecer alguns parâmetros de física do solo. Na Tabela 4, estão alguns valores de tensão de água no solo recomendados para o retorno da irrigação. Orientações sobre os passos para obter lâminas a partir da tensiometria podem ser verificadas em Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009).

Independentemente da escolha do método de manejo (tensiometria, equações estimativa da  $ET_c$  e outros), o agricultor deve saber que outros fatores são importantes para um adequado manejo da irrigação do feijoeiro, em destaque:

- a) época de maior necessidade hídrica: diversos trabalhos enfatizam que as fases de florescimento/enchimento de grãos (R5 a R7) são as que a cultura do feijoeiro mais necessita de água;
- b) profundidade efetiva do sistema radicular: ainda são poucos os trabalhos que relacionam cálculo de lâminas de irrigação versus fases fenológicas e a adequada profundidade efetiva do sistema radicular. Trabalhos relatam que a profundidade deve ser de 30 cm, mas no momento de cálculos do manejo, principalmente utilizando dados oriundos da umidade do solo, em fases fenológicas iniciais, este valor é bem menor. Alguns profissionais adotam valores de 10 a 30 cm (do

- início até a fase de maior necessidade);
- c) interromper a irrigação: por causa do hábito de crescimento indeterminado da maioria das cultivares e o porte das plantas (tipo II e III), a maturação do feijoeiro não é uniforme; daí muitos agricultores irrigam até as vésperas da colheita. A irrigação deve ser interrompida pelo menos sete dias antes da colheita para evitar desperdício de água;
- d) deve-se fazer a caracterização do solo: determinar a curva de retenção de água no solo, a capacidade de campo, o ponto de murcha permanente do solo, a retenção de água do solo, a velocidade de infiltração básica e o fator de disponibilidade hídrica do solo. Informações de como obter este parâmetro são conseguidas em Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009);
- e) como o tensiômetro é de difícil manuseio no campo, os agricultores optam, em sua maioria, pela adoção de métodos que estimam a  $ET_c$  e realizam a aferição da umidade do solo com métodos como sensorial, estufa-padrão ou outros;
- f) durante a germinação: recomendam-se irrigações frequentes, mantendo-se o solo com 90% de água disponível;

- g) na fase de emergência e início de desenvolvimento vegetativo: recomenda-se no início do primeiro trifólio submeter a cultura a um estresse moderado (déficit até 45% abaixo da capacidade de campo do solo); dependendo do solo ficar de 8 a 12 dias sem irrigações, com o objetivo de fortalecer o sistema radicular;
- h) desenvolvimento vegetativo: permitir que o solo atinja a umidade de segurança a partir do fator de disponibilidade de água no solo (0,4 a 0,5). Se necessário, realizar irrigações com maiores lâminas e menores frequências;
- i) floração e enchimento de grãos: manter a umidade do solo na floração próxima à capacidade de campo e, em seguida, submeter a irrigações espaçadas, explorando o fator de disponibilidade de água no solo;
- j) maturação: deve-se realizar em R9 (início) a interrupção da irrigação;
- k) quanto à energia elétrica, deve-se considerar e avaliar: a utilização da irrigação no horário reservado e considerar a energia reativa (tolerado um consumo de até 2% de energia reativa em relação ao valor da conta).

Diversos trabalhos foram realizados para determinar a lâmina ótima (que proporciona a máxima produtividade). Alguns estão citados na Tabela 5. Doorenbos e Kassam (1994) recomendam lâminas entre 300 e 500 mm para o feijoeiro.

#### **DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO**

A determinação da umidade do solo é necessária para verificar a eficiência da irrigação realizada, quando a lâmina é estimada a partir de modelos matemáticos (dados oriundos de estações meteorológicas). Dessa forma é possível ajustar os coeficientes de cultura.

Tabela 4 - Tensão de água no solo para o feijoeiro-comum

Fonte	Tensão de água no solo (kPa)
Silveira e Stone (1994)	- 35
Guerra, Silva e Rodrigues (2000)	- 41
Figuerêdo et al. (2008)	- 37
Santana et al. (2009)	- 37
Freitas et al. (2012)	- 39
Brito et al. (2015)	-30 a -40 (solo textura arenosa)
Brito et al. (2015)	-30 (solos textura média e argilosa)

A medida da umidade do solo, para obter um valor representativo, apresenta algumas dificuldades, embora seja um conceito físico simples. Existem várias maneiras de medir a umidade de um solo, segundo métodos diretos ou indiretos, cada qual apresentando determinada precisão, tempo de resposta e custo do equipamento envolvido (DIAS JÚNIOR; BERTONI; BASTOS, 2001).

Diversos são os métodos para a determinação do teor de água e, dentre estes os métodos eletrométricos vêm ganhando espaço em função de sua maior versatilidade (FREITAS et al., 2012). Para a avaliação e calibração do teor de água no solo por diferentes tipos de sensores, estes são comparados com o método padrão de estufa que possui elevada precisão (EMBRAPA, 1997).

O método de estufa-padrão é considerado clássico e mais utilizado na determinação do conteúdo de água do solo. As amostras são retiradas em vários locais e profundidades no campo, podendo constituir de amostras simples ou compostas. Essas amostras podem ser deformadas, utilizando-se trados comuns, ou não deformadas, de volume conhecido, utilizando-se equipamentos especiais, como, por exemplo, o cilindro de Uhlend. Deve-se ter muito cuidado para evitar perdas de água por evaporação pelo solo durante a amostragem. As amostras de solo são colocadas em latas de alumínio (cápsulas), vedadas com fita adesiva e levadas para o laboratório o mais rápido possível. Essas são pesadas, obtendo-se a massa de solo úmido, e levadas à estufa (105-110 °C), onde permanecem até atingir peso constante (24 horas no mínimo), depois são novamente pesadas, obtendo-se a massa de solo seco (DIAS JÚNIOR; BERTONI; BASTOS, 2001).

Há também a alternativa do método sensorial (COELHO et al., 2013), conhecido como método simplificado de determinação de umidade do solo. Com o uso das mãos, obtém-se uma indicação empírica da faixa de umidade adequada para a cultura,

Tabela 5 - Lâminas de irrigação para a cultura do feijoeiro

Fonte	Lâmina ótima (mm)	Local	Cultivar
Arf et al. (2004)	215 a 287	Selvíria, MS	IAC Carioca Eté
Santana et al. (2009)	575,84	Patos de Minas, MG	BRSMG Talismã
Lopes et al. (2014)	330 a 335,5	Aquidauana, MS	Pérola
Gomes et al. (2012)	333	Cidade Gaúcha, PR	IPR Colibri
Mantovani et al. (2012)	418,16	Cristalina, GO	Carioca
Cunha et al. (2013)	407,39	Santo Antônio de Goiás, GO	BRS Supremo
Santana et al. (2014)	451,61	Uberaba, MG	Pérola
Santana et al. (2014)	344,30	Uberaba, MG	IAC Alvorada
Santana et al. (2014)	504,71	Uberaba, MG	BRSMG Majestoso
Santana et al. (2014)	454,41	Uberaba, MG	BRSMG Madrepérola

a partir de uma amostra coletada entre 1/4 (25%) e 1/2 (50%) da profundidade efetiva do sistema radicular.

### ESTRESSE HÍDRICO NO FEIJOEIRO

O feijoeiro é uma planta sensível tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo. A maneira como o déficit hídrico do solo se manifesta na planta do feijoeiro é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os processos do crescimento. Os prejuízos causados dependem da duração, do tipo de deficiência hídrica, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta. Dessa forma, fica evidente que a tecnologia de cultivo não funciona isoladamente, mas sim conjugada com outras práticas de manejo. Neste contexto, a técnica de irrigação pode representar uma parcela considerável no aumento da produtividade, quando adequadamente utilizada (CARVALHO, 2013).

Plantas de feijoeiro submetidas a déficit hídrico de 21% e 37%, nas fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente, têm sua produtividade reduzida em 29%. Déficit hídrico de 22% na fase reprodutiva é capaz de reduzir a produtividade do feijoeiro em 15% (CUNHA et al., 2013)

Uma vez que as culturas irrigadas têm grande consumo de água no processo produtivo, é oportuno identificar quais os estádios de desenvolvimento com maior dependência hídrica, para definir uma estratégia de economia de água com pequeno impacto na produtividade. Por exemplo, nas fases em que o fornecimento de água tem pouco impacto na produção, pode-se reduzir a lâmina aplicada, gerando economia sem comprometer a produtividade. Sabe-se que os estádios de florescimento e enchimento de grãos são os mais afetados, em virtude de sua baixa capacidade de recuperação após a deficiência hídrica (CARVALHO, 2013).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática do manejo da irrigação visa, portanto, diminuir os impactos ambientais, causados pela lâmina excessiva de água, e melhoria na produtividade, por meio de aplicação racional. Um manejo adequado permite economia de água e energia nos sistemas, o que possibilita também a maximização de insumos, como a adubação. Deve-se escolher o método de manejo que permita obter uma adequada lâmina de água.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 14244**: equipamentos de irrigação mecanizada: pivô central e lateral móvel providos de emissores fixos ou rotativos: determinação da uniformidade de distribuição de água. Rio de Janeiro, 1998. 11p. Cancelada em 30/08/2017.
- ARF, O. et al. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.131-138, fev. 2004.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 596p.
- BIZARI, D.R. et al. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.2073-2079, out. 2009.
- BRITO, R.R. de et al. Níveis de depleção e potencial matricial do solo de textura média na produtividade do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.9, n.5, p.300-309, set./out. 2015.
- CARVALHO, J.J. de. **Resposta do feijoeiro comum à irrigação com déficit, sob semeadura direta**. 2013. 110f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.
- COELHO, E.F. et al. **Método simplificado de determinação da umidade do solo para uso em agricultura familiar**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 4p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 155).
- CUNHA, P.C.R. da et al. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.7, p.735-742, jul. 2013.
- DIAS JUNIOR, M. de S; BERTONI, J.C.; BASTOS, A.R.R. Física do solo teórica. In: CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. [Apostila]... Lavras, UFLA, 2001. 147p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. campina Grande: UFPA, 1994. 306p. (FAO. Estudos. Irrigação e Drenagem, 33).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed.rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERREIRA, F.E.P. **Uso do software Intecperímetro® na avaliação do manejo da irrigação nas culturas do milho e feijão**. 2015. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.
- FIGUERÊDO, S.F. et al. Gerenciamento da irrigação do feijoeiro baseado em critérios técnicos e econômicos no Cerrado. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.3, p.378-391, jul./set. 2008.
- FISCHER FILHO, J.A.; ZOCOLER, J.L. Estimativa do coeficiente de cultura (Kc) do feijoeiro em Ilha Solteira, SP. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 24, n.3, p.229-235, maio/jun. 2016.
- FREITAS, W.A. de et al. Manejo da irrigação utilizando sensor da umidade do solo alternativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.3, p.268-274, 2012.
- GOMES, E.P. et al. Desempenho agrônomico do feijoeiro comum de terceira safra sob irrigação na região Noroeste do Paraná. **Semina**. Ciências Agrárias, Londrina, v.33, n.3, p.899-910, maio/jun. 2012.
- GUERRA, A.F.; SILVA, D.B. da; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1229-1235, jun. 2000.
- JUNQUEIRA, A. de M.; ANDRE, R.G.; PINHEIRO, F.M.A. Consumo de água pelo feijoeiro comum, cv. Carioca. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n.1, p.51-56, jan./jul. 2004.
- LOPES, A. da S. et al. Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.22, n.4, p.351-360, jul./ago. 2014.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, n.4, p.678-684, 1974.
- MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 318p.
- MANTOVANI, E.C. et al. Estimativa de produtividade da cultura do feijão irrigado em Cristalina-GO, para diferentes lâminas de irrigação como função da uniformidade de aplicação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.1, p.110-120, jan./fev. 2012.
- MENDOZA, C.J.C.; FRIZZONE, J.A. Economia de energia em irrigação por pivô central em função da melhoria na uniformidade da distribuição de água. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.6, n.3, p.184-197, 2012.
- MERRIAM, J.L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- PEREIRA, L.S. et al. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. **Agricultural Water Management**, v.96, n.5, p.723-735, May 2009.
- SANTANA, M.J.; LEMOS, L.B. **Evapotranspiração e coeficientes de cultura de diferentes cultivares de feijoeiro comum**. Jaboticabal: UNESP, 2012. 250f. Relatório de Pós-Doutorado em Produção Vegetal, FCAV, UNESP.
- SANTANA, M.J. et al. Coeficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.1, p.92-112, jan./mar. 2008.
- SANTANA, M.J. et al. Estimated production and evapotranspiration of irrigated bean cultivars. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.6, p.1089-1103, 2014.
- SANTANA, M.J. et al. Tensão de água no solo e doses de nitrogênio para a cultura do feijoeiro comum. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.4, p.518-532, out./dez. 2009.
- SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F. **Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1994. 46p. (EMBRAPA-CNPAP Circular Técnica, 27).



# FAPEMIG

Atenta às movimentações globais, a FAPEMIG promove a internacionalização da ciência mineira, estabelecendo o intercâmbio de pesquisadores e a pesquisa conjunta com países como Itália, Alemanha, França, Reino Unido, Austrália e Canadá. Dessa forma, potencializa as ações similares desenvolvidas em diferentes países e aproxima a ciência brasileira dos padrões científicos internacionais.



FAPEMIG: Sempre à frente do seu tempo

[www.fapemig.br](http://www.fapemig.br)

[www.facebook.com/fapemig](https://www.facebook.com/fapemig)

[www.twitter.com/fapemig](https://www.twitter.com/fapemig)

# Cultivares brasileiras de feijão: contribuições do melhoramento genético

*José Eustáquio de Souza Carneiro<sup>1</sup>, Micheli Thaise Della Flora Possobom<sup>2</sup>, Leiri Daiane Barili<sup>3</sup>, Naine Martins do Vale<sup>4</sup>, Pedro Crescêncio de Souza Carneiro<sup>5</sup>, Trazilbo José de Paula Júnior<sup>6</sup>, Rogério Faria Vieira<sup>7</sup>*

**Resumo** - O melhoramento genético do feijoeiro no Brasil é feito predominantemente por instituições públicas. Alguns objetivos são comuns nesses programas: melhorar a qualidade comercial e culinária dos grãos, obter plantas de porte ereto, reforçar a tolerância das plantas a fatores bióticos e abióticos e aumentar a produtividade. O incremento na produtividade do feijoeiro nos últimos anos deve-se, em geral, ao aumento do uso de tecnologias, especialmente ao uso de cultivares melhoradas. Além de alta produtividade, as novas cultivares geralmente apresentam melhor qualidade de grãos e plantas mais eretas que as cultivares antigas.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Cultivar. Progresso genético.

## Common bean cultivars in Brazil: breeding contributions

**Abstract** - In Brazil, the common bean breeding is generally carried out by public institutions. The objectives of the breeding programs are: to improve the commercial and culinary quality of grains; to select upright plant type; to strengthen the plant tolerance to biotic and abiotic factors; and to increase grain yield. The increase of the common bean yield in Brazil in recent years is mainly due to the adoption of new technologies, especially new cultivars. Besides their high yield, the new cultivars in general exhibit better grain quality and upright plants in comparison to the old cultivars.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*. Recommendation of cultivars. Genetic progress.

### INTRODUÇÃO

As primeiras pesquisas com feijão no Brasil iniciaram-se na década de 1930, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no estado de São Paulo, e na Escola Superior de Agricultura e Veterinária (Esav), em Viçosa, MG (VIEIRA, 1996; VOYSEST VOYSEST, 2000).

Na década de 1950, foram realizados os primeiros testes de cultivares de feijão em Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul. Esses testes incluíram materiais locais,

regionais e oriundos de outros países. Nessa ocasião, a Esav, por meio do Prof. Clibas Vieira, e a Estação Experimental de Patos de Minas, por meio do Dr. Ricardo José Guazelli, realizaram coletas e introduções de cultivares dos Estados Unidos, Costa Rica, México, Venezuela e Guatemala. Como exemplo, pode-se citar a cultivar Rico 23, introduzida da Costa Rica, em 1954. Esta cultivar foi recomendada inicialmente para Minas Gerais (VIEIRA, 1959) e depois para mais seis Estados.

Antes de 1960, as pesquisas agrônômicas no Brasil ficavam a cargo de institutos regionais, denominados institutos agrônômicos, e das estações experimentais, representadas em Minas Gerais pelas Estações de Patos de Minas, Uberaba, Sete Lagoas e Belo Horizonte. Essas instituições, exceto a Estação Experimental de Belo Horizonte, eram subordinadas ao Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (SNPA), órgão vinculado ao Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas (Cnepa).

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Associado UFV - Depto. Fitotecnia, Viçosa, MG, jesc@ufv.br

<sup>2</sup>Eng. Agrônoma, Doutoranda, Bolsista FAPEMIG/UFV - Depto. Fitotecnia, Viçosa, MG, micheli.possobom@ufv.br

<sup>3</sup>Eng. Agrônoma, D.Sc., UFV - Depto. Fitotecnia/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, leiri.barili@ufv.br

<sup>4</sup>Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. COODETEC - Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola, Sorriso, MT, nainemartinsdovale@hotmail.com

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Tit. UFV - Depto. Biologia Geral, Viçosa, MG, carneiro@ufv.br

<sup>6</sup>Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sede/Bolsista CNPq, Belo Horizonte, MG, trazilbo@epamig.br

<sup>7</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA/EPAMIG Sudeste/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, rfvieira@epamig.br

Em 1960, o Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação Agropecuária (DNPEA) foi criado para substituir o Cnepa. O DNPEA era composto por sete institutos regionais: Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Sul (Ipeas) (RS e SC); Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Meridional (Ipeame) (PR e SP); Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Centro-Sul (Ipeacs) (RJ e ES); Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Centro-Oeste (Ipeaco) (MG, GO e MT); Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Leste (Ipeal) (BA e SE); Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Nordeste (Ipeane) (PE e AL) e Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte (Ipean) (PA). Em 1963, por intermédio do DNPEA, o Ministério da Agricultura criou a Comissão Brasileira de Feijão (CBF), com o objetivo de estabelecer metodologias e normas para ensaios com feijão. A CBF foi responsável pela criação do Ensaio Nacional de Feijão e pela realização do I Simpósio Brasileiro de Feijão, em 1971, em Campinas, SP. A CBF teve atuação marcante entre 1964 e 1972, quando realizou dez reuniões com representantes dos órgãos de pesquisa daquela época. Instituições como Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) e Instituto de Pesquisas Agrônomicas, atual Instituto Agrônomo de Pernambuco de (IPA), iniciaram os trabalhos de melhoramento nessa época.

Posteriormente, na tentativa de dar maior apoio à pesquisa agropecuária no País, o DNPEA instituiu, por intermédio do Ministério da Agricultura, os Programas Especiais de Pesquisa Agropecuária (Pepa), financiados parcialmente pela United States Agency for International Development (Usaid). Assim, foi criado, em 1972, o Programa Nacional de Feijão (PNF). Este chegou a contar, no seu início, com o apoio de melhoristas estrangeiros sediados no Brasil. O PNF, embora criado com propósitos específicos, foi logo extinto por causa da substituição do DNPEA pela

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

A década de 1970 foi marcada por eventos importantes no melhoramento genético do feijoeiro:

- a) criação do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), atualmente Embrapa Arroz e Feijão, e das Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas);
- b) estabelecimento do Programa Feijão do Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), na Colômbia;
- c) início dos trabalhos de melhoramento do feijoeiro em outras universidades, além da Universidade Federal de Viçosa (UFV), também a Universidade Federal de Lavras (Ufla);
- d) lançamento da cultivar de feijão Carioca, com profundas alterações nos padrões de grãos produzidos e consumidos no Brasil (ALMEIDA, 2000).

Com a criação da Embrapa, em 1973 e, posteriormente, a do CNPAP, os institutos regionais do DNPEA foram absorvidos pela Embrapa. Outros institutos, contudo, como o IAC, o Iapar e o IPA, foram mantidos. A partir de então, passou a ser responsabilidade da Embrapa Arroz e Feijão a coordenação da pesquisa com feijão no País. O período de 1976 a 1982 foi marcado pela entrada no Brasil dos Viveiros Internacionais – International Bean Yield and Adaptation Nursery (Ibyan), organizados pelo Ciat. Foram introduzidas nesse período 198 linhagens de feijão, das quais 12 foram recomendadas como cultivares.

Em 21 de julho de 1981, foi instituída a Comissão Regional de Avaliação e Recomendação de Cultivares de Feijão (CRC-Feijão), pela Portaria nº 178, de 21 de julho de 1981 (BRASIL, 1981). A finalidade dessa Comissão era coordenar e promover a avaliação e a recomendação de cultivares no País, com o objetivo de fornecer, anualmente, ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

(MAPA) a relação das cultivares recomendadas e suas áreas de atuação.

Em 1982, foram criadas, pela Embrapa, as Comissões Técnicas Regionais para auxiliar a CRC. Assim, foi instituída uma estratégia de avaliação de linhagens de forma integrada e participativa. Essa estratégia envolveu todas as instituições de pesquisa do País e foi viabilizada por meio dos ensaios nacionais. Nesses ensaios, cada instituição teve a oportunidade de avaliar o desempenho das linhagens criadas fora de sua região de atuação, e introduzir linhagens de outros programas de melhoramento. No período de 1982 a 1995, foram difundidas 1.122 linhagens oriundas de diversas instituições. Destas, 68 foram recomendadas como cultivares, com 35 introduzidas via ensaio nacional.

Até 1992, as instituições de pesquisa avaliavam os ensaios nacionais e, com base nos resultados, selecionavam as melhores linhagens para os ensaios estaduais. A partir de 1993 foi criado o ensaio regional, composto pelas melhores linhagens do ensaio nacional. A Embrapa teve a responsabilidade de enviar os ensaios nacionais e regionais a todas as instituições de pesquisa que os solicitassem. Com isso, o ensaio regional passou a ser o ensaio final, em substituição ao ensaio estadual, como fonte de informações para recomendar novas cultivares. Em São Paulo e no Paraná, no entanto, os ensaios estaduais continuaram a ser conduzidos.

Com a aprovação da Lei de Proteção de Cultivares no Brasil – Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997 (BRASIL, 1997), e as consequentes portarias e regulamentações, foi abolido o conceito de “recomendação oficial de cultivares”. Toda a responsabilidade da recomendação foi transferida ao obtentor da cultivar, que também passou a assumir a responsabilidade perante o Código de Direito do Consumidor. Por meio da Lei de Proteção de Cultivares foi introduzido o direito de proteção. A Portaria nº 527, de 31 de dezembro de 1997 (BRASIL, 1998a), extinguiu as antigas CRCs e instituiu o Registro Nacional de Cultivares (RNC) como única lista oficial

de cultivares liberadas para produção e comercialização de sementes no território nacional. Para orientar os obtentores de cultivares, o MAPA, por meio da Portaria nº 294, de 14 de outubro de 1998 (BRASIL, 1998b), estabeleceu regras para determinar o valor de uma nova cultivar visando seu registro. Nessas regras consta o ensaio Valor de Cultivo e Uso (VCU). A condução de VCU é exigência básica para o registro de cultivar no RNC.

Apesar das modificações no processo de recomendação de cultivares de feijoeiro, em que é baixa a taxa de utilização de sementes certificadas, a Lei de Proteção de Cultivares não conseguiu atrair a iniciativa privada para o melhoramento genético do feijão. Este continua sendo realizado predominantemente pelo setor público, concentrando-se no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País, sobretudo pelas seguintes instituições: Embrapa Arroz e Feijão, IAC, Iapar, Ufla, UFV, EPAMIG e Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Alguns objetivos do melhoramento são comuns nesses programas, destacando-se a melhoria da qualidade comercial e culinária dos grãos, o porte mais ereto da planta, a incorporação de tolerância a fatores bióticos e abióticos e o aumento da produtividade.

## PROGRESSO GENÉTICO DOS PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEIJOEIRO NO BRASIL

Até o início da década de 1970 eram cultivados no Brasil feijões de grãos pequenos dos grupos preto, roxo, amarelo, mulatinho, pardo, dentre outros. Com a recomendação, em 1970, de um novo padrão de feijão (creme com rajas marrons), representado pela cultivar Carioca, com boa adaptação a diferentes regiões produtoras, houve grande esforço do melhoramento no desenvolvimento de cultivares com esse tipo de grão. Atualmente, o feijão-carioca é o mais cultivado e consumido no País, com dezenas de cultivares registradas. O feijão-preto, com cultivo e consumo mais regionalizado, principalmente no Sul do Brasil e no estado do Rio de Janeiro, segue o feijão do tipo carioca em importância. Outros tipos de feijão têm apelo regional, com nichos de mercados específicos. É o caso do feijão-vermelho-brilhante, cultivado e consumido na Zona da Mata de Minas Gerais. Há ainda os feijões de grãos especiais (tipo exportação), de grãos graúdos e várias cores. Os feijões especiais ainda são poucos cultivados no Brasil e o número de cultivares disponíveis ainda é

pequeno. Entretanto, já existem no Brasil algumas iniciativas de melhoramento para obter cultivares com esse padrão de grão.

Os dados apresentados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017) indicam grandes variações de área, produção e produtividade de feijão no Brasil (séries históricas), entre 1990 e 2015. A produção crescente nesse período justifica-se pelo crescimento da população brasileira e pelo consumo per capita constante de 16 kg/habitante/ano. Em 1990, a produtividade do feijão era baixa (400 kg/ha) e a área extensa (5 milhões de hectares) (Gráfico 1). A partir de 1990, a produtividade cresceu e a área cultivada decresceu por causa do aumento da produtividade. O aumento da produtividade deve-se, em geral, ao uso de novas tecnologias, sobretudo de cultivares melhoradas.

Informações a respeito das cultivares de feijão recomendadas para as diferentes regiões produtoras do Brasil são encontradas no RNC (BRASIL, 2017). Essas informações são importantes para os agricultores definirem as cultivares a ser utilizadas em um determinado sistema de produção, e também para os melhoristas escolherem os potenciais genitores e avaliarem seus programas de melhoramento.

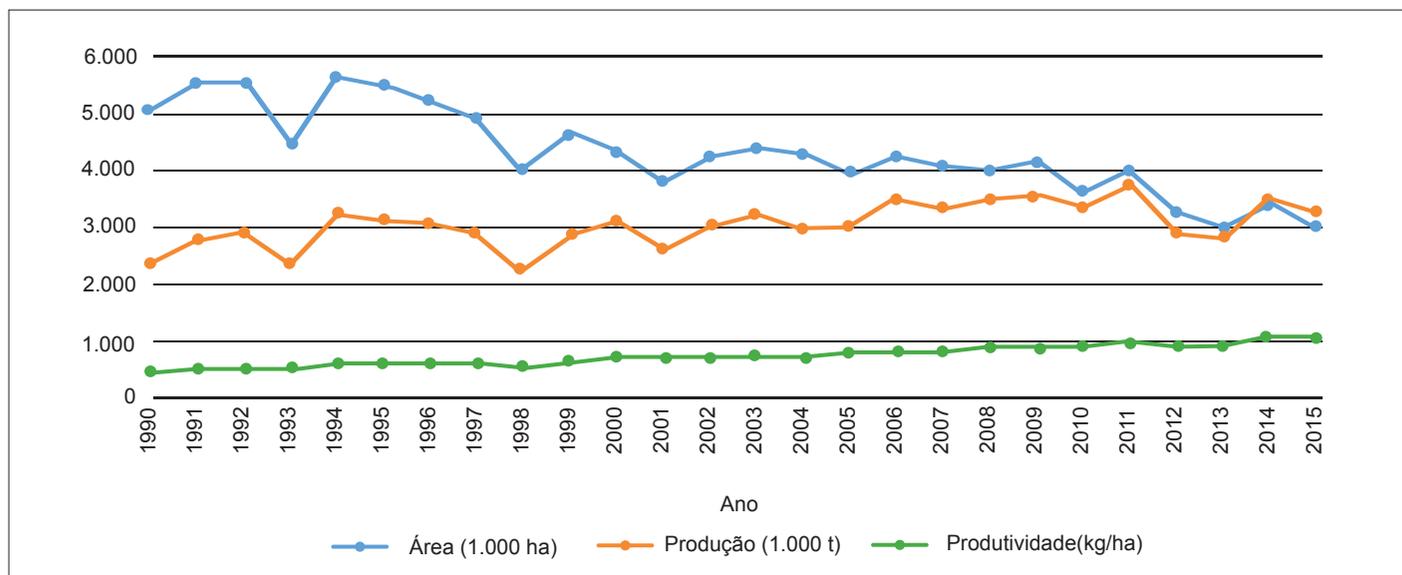


Gráfico 1 - Área, produção e produtividade de feijão - Brasil

Fonte: Conab (2017).

Nos Quadros 1 e 2, constam informações sobre 93 cultivares de feijão-preto e feijão-carioca recomendadas nos últimos 60 anos no Brasil. Dados desses Quadros foram obtidos de experimentos conduzidos pela UFV e referem-se às médias dos vários caracteres em oito ambientes, envolvendo locais (Viçosa e Coimbra, MG), safras (seca e inverno) e anos (2013 a 2016). A maioria das cultivares tem hábito de crescimento indeterminado (plantas do tipo II ou III), com ciclo de vida de, aproximadamente, 85 dias.

Em geral, as cultivares recomendadas mais recentemente, independentemente do tipo de grão, apresentaram maior produtividade que as antigas, reflexo do incremento nos componentes de rendimento: número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG) (Quadro 1). Isto também foi observado com relação ao aspecto dos grãos.

Barili et al. (2016b) utilizaram dados de quatro experimentos com cultivares de feijão do tipo carioca recomendadas até 2013. Verificaram que houve incremento significativo da produtividade de grãos e

de seus componentes, além da melhoria do aspecto dos grãos e da arquitetura de planta (Gráficos 2 e 3). Resultados semelhantes foram observados para as cultivares de feijão-preto, os quais constam no Quadro 2 (BARILI et al., 2016a). Os ganhos em produtividade do grupo carioca foram de 6,74% ao ano, a partir de 1990; no feijão-preto foram de 2,42% ao ano, a partir de 1988.

No feijão-carioca, uma das preocupações do melhorista tem sido o aspecto dos grãos. O grande desafio tem sido desenvolver cultivares de alta produtividade, resistentes aos principais patógenos e com padrão de grão pelo menos igual ao da cultivar do tipo carioca Pérola. A maioria das cultivares do tipo carioca recomendadas nas décadas de 1980 e 1990 deixou a desejar quanto ao aspecto dos grãos, o que dificultou a adoção pelos agricultores dessas cultivares. Com o passar dos anos, houve avanço nesse sentido, com melhoria da qualidade dos grãos da ordem de 1,36% ao ano no feijão-carioca (BARILI et al., 2016b). No melhoramento do feijão-preto destacou-se o aspecto dos grãos, sobretudo no tamanho (maiores), com ganhos de 1,85% ao ano (BARILI et al., 2016a).

Houve melhoria significativa no porte das plantas em razão do trabalho dos melhoristas, especialmente no feijão-preto, com ganho de produtividade de 1,35% ao ano (BARILI et al., 2016a). No grupo carioca, as cultivares ainda deixam a desejar quanto a esse atributo, pois, comparado ao do feijão-preto, o melhoramento do feijão-carioca é relativamente novo no Brasil. Desde a década de 1950 havia a preocupação com a arquitetura das plantas de feijão-preto, como fica claro nos trabalhos do Prof. Clibas Vieira (UFV), que se dedicou intensamente às pesquisas com o feijoeiro no estado de Minas Gerais. Um de seus primeiros feitos na área de melhoramento foi a recomendação da cultivar Rico 23, em 1959, conforme relatado. Daí em diante, parcerias importantes foram estabelecidas envolvendo a UFV, a EPAMIG, a Ufla e a Embrapa. Dessas parcerias originaram-se dezenas de cultivares de feijão para Minas Gerais. Além do feijão-carioca e do feijão-preto, cultivava-se também o feijão-vermelho, sobretudo na Zona da Mata. Em 2006, foi recomendada a cultivar Ouro Vermelho, ainda amplamente cultivada.

Quadro 1 - Cultivares de feijão-carioca recomendadas no Brasil entre 1970 e 2017 e características de plantas e grãos, com base em oito experimentos conduzidos em Viçosa e Coimbra, Minas Gerais, no período 2013 a 2016 (continua)

Cultivar	Ano	Origem	Tipo	Porte	Arq	<sup>(1)</sup> Ciclo	Prod	NVP	NGV	MMG	AG
<sup>(2)</sup> VC 15	2017	UFV	III	Semiprostrado	3,0	87	3365	13,8	5,4	266	1,9
<sup>(2)</sup> BRSMG Uai	2015	Ufla	II	Ereto	2,8	84	2955	10,9	4,8	242	2,0
IPR Andorinha	2013	Iapar	II	Semiereto	3,4	80	3318	14,5	5,0	265	2,7
IAC Imperador	2013	IAC	I	Semiereto	3,3	79	3249	14,5	5,0	253	2,7
BRSMG Madrepérola	2012	UFV	III	Prostrado	3,6	82	3032	13,1	5,2	263	1,1
BRS Notável	2011	Embrapa	II	Semiereto	2,8	83	3393	14,4	5,2	253	3,1
IPR Campos Gerais	2011	Iapar	II	Ereto	2,7	83	3468	15,0	5,4	249	2,5
<sup>(2)</sup> BRS Ametista	2011	Embrapa	III	Semiereto	2,8	84	2531	7,5	4,5	269	2,8
IAC Formoso	2011	IAC	II	Semiprostrado	3,6	84	3200	13,5	5,2	273	2,2
BRS Estilo	2009	Embrapa	II	Ereto	2,9	84	3213	13,9	5,2	261	2,3
IPR Tangará	2008	Iapar	III	Semiereto	2,9	86	3096	11,1	5,2	275	2,2
IPR 139	2007	Iapar	III	Semiereto	2,9	85	3074	12,1	4,7	259	2,1
IAC Alvorada	2007	IAC	III	Semiereto	3,3	85	2910	11,6	4,6	269	1,9
BRS Cometa	2006	Embrapa	II	Ereto	2,3	82	2792	11,8	4,9	250	3,0

Cultivar	Ano	Origem	Tipo	Porte	Arq	(conclusão)					
						<sup>(1)</sup> Ciclo	Prod	NVP	NGV	MMG	AG
IPR Eldorado	2006	Iapar	II	Semiereto	3,5	82	2562	12,0	4,8	239	2,7
<sup>(2)</sup> IPR Siriri	2006	Iapar	II	Semiereto	2,7	84	2580	10,8	5,2	231	2,2
BRSMG Pioneiro	2005	UFV	II	Semiereto	3,3	82	2821	13,6	5,1	223	3,2
IAC Ybaté	2005	IAC	II	Semiereto	3,3	86	3181	12,0	4,9	241	3,5
IAC Apuã	2005	IAC	III	Semiereto	3,3	88	2832	12,0	4,6	246	3,4
IAC Votuporanga	2005	IAC	II	Semiprostrado	3,2	86	3017	12,9	4,9	242	3,5
BRSMG Majestoso	2004	Ufla	II	Semiprostrado	3,3	83	3073	13,5	4,8	248	3,0
<sup>(2)</sup> BRS Horizonte	2004	Embrapa	II	Ereto	2,2	82	2220	7,4	5,1	257	2,3
IPR Colibri	2004	Iapar	I	Ereto	3,3	78	2870	12,1	4,4	241	3,6
IPR Saracura	2004	Iapar	II	Semiereto	3,4	82	2725	11,4	4,9	247	2,3
SCS202 Guará	2004	Epagri	III	Semiereto	3,4	84	2714	11,2	4,8	244	2,5
BRS Requite	2003	Embrapa	III	Semiprostrado	3,4	85	2732	12,1	5,5	226	3,0
BRS Pontal	2003	Embrapa	III	Semiprostrado	3,9	84	3078	12,0	5,5	252	2,9
BRSMG Talismã	2002	Ufla	II	Semiprostrado	3,6	82	3058	12,5	4,5	243	2,8
<sup>(2)</sup> Porto Real	1998	FT Sementes	II	Semiprostrado	3,0	82	2441	11,2	4,2	245	2,3
IAPAR 81	1997	Iapar	II	Semiprostrado	3,3	84	2842	11,3	4,3	243	2,6
<sup>(2)</sup> Princesa	1997	Embrapa	II	Semiprostrado	3,5	84	2829	11,2	4,1	213	3,7
IAC Akytã	1996	IAC	II	Semiprostrado	3,5	84	2737	13,5	4,9	208	3,5
Pérola	1994	Embrapa	III	Semiprostrado	3,3	85	2522	9,4	4,5	267	2,2
Rudá	1994	EPAMIG/Embrapa	II	Semiereto	3,6	86	2358	12,4	4,4	200	3,9
IAC Pyatã	1994	IAC	II	Semiprostrado	3,1	85	2690	12,6	4,5	230	2,8
BR IPA 11 Brígida	1994	IPA/Embrapa	III	Semiprostrado	3,7	85	2427	11,4	4,6	199	3,8
<sup>(2)</sup> IAC Aruã	1993	IAC	II	Semiprostrado	2,8	84	2039	10,4	5,1	211	2,8
Aporé	1992	Embrapa	II	Semiprostrado	3,7	83	2678	11,2	4,3	229	4,2
TPS-Bonito	1992	FT Sementes	II	Semiereto	3,4	83	2585	10,9	4,4	227	2,6
IAPAR 57	1992	Iapar	II	Semiereto	2,3	81	2350	11,7	4,0	221	4,2
IAPAR 31	1991	Iapar	II	Semiprostrado	3,4	83	2620	11,6	4,4	217	4,9
Carioca 1070	1989	IAC	I	Semiprostrado	3,9	79	2223	11,7	4,1	195	3,7
Rio Doce	1987	Incaper	II	Semiprostrado	3,8	83	2520	13,1	4,1	199	3,9
Carioca	1970	IAC	II	Prostrado	3,4	85	2447	11,6	4,4	207	3,2
IAPAR 16	1986	Iapar	III	Prostrado	4,0	83	2285	10,5	4,0	223	5,0
<sup>(2)</sup> Carioca MG	1982	Ufla	II	Semiprostrado	3,3	82	2523	11,9	5,6	212	4,2
<sup>(2)</sup> IAPAR 80	1980	Iapar	II	Semiprostrado	2,5	83	2329	9,6	5,1	231	4,7
Carioca 80	1980	IAC	II	Prostrado	3,8	82	2449	10,8	4,5	211	3,6
<sup>(2)</sup> IAC Aysó	1980	IAC	II	Semiprostrado	3,1	84	2714	10,6	5,4	214	4,9

Nota: Arq - Arquitetura de planta, avaliada por meio de notas de 1 (plantas eretas) a 5 (plantas totalmente prostradas); Prod - Produtividade de grãos (kg/ha); NVP - Número de vagens por planta; NGV - Número de grãos por vagem; MMG - Massa de mil grãos em grammas; AG - Aspecto comercial dos grãos avaliado por notas de 1 (grãos padrão comercial) a 5 (grãos totalmente fora do padrão comercial).

Tipo: I - Hábito de crescimento determinado; II e III - Hábito de crescimento indeterminado.

UFV - Universidade Federal de Viçosa; Ufla - Universidade Federal de Lavras; Iapar - Instituto Agrônomo do Paraná; IAC - Instituto Agrônomo de Campinas; Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Epagri - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco; Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.

(1) Dias da emergência à maturação fisiológica. (2) Os dados referem-se à média de quatro dos oito experimentos conduzidos.

Quadro 2 - Cultivares de feijão-preto recomendadas no Brasil entre 1959 e 2017, e características de plantas e grãos com base em oito experimentos conduzidos em Viçosa e Coimbra, Minas Gerais, no período 2013 - 2016 (continua)

Cultivar	Ano	Origem	Tipo	Porte	Arq	<sup>(1)</sup> Ciclo	Prod	NVP	NGV	MMG	AG
VP22	2017	UFV	II	Semiereto	2,6	83	3479	15,0	5,3	252	1,6
<sup>(2)</sup> BRS Esteio	2012	Embrapa	II	Ereto	2,3	84	2978	12,3	5,4	226	2,5
IPR Tuiuiú	2010	Iapar	II	Ereto	2,4	85	3443	13,6	5,5	252	1,9
<sup>(2)</sup> IAC Diplomata	2007	IAC	III	Ereto	2,3	84	2518	10,8	5,1	237	2,5
BRS Expedito	2007	Embrapa	II	Ereto	2,2	86	3141	12,1	5,4	246	2,0
BRS Esplendor	2006	Embrapa	II	Ereto	2,3	82	3052	13,3	5,3	220	2,6
IPR Galha	2006	Iapar	II	Ereto	2,8	84	2973	13,9	5,0	233	2,6
IPR Tiziu	2006	Iapar	II	Ereto	2,4	83	3290	12,4	5,7	243	2,1
IAC Tunã	2005	IAC	II	Semiereto	3,3	84	3218	12,8	5,2	240	1,9
BRS Supremo	2004	Embrapa	II	Ereto	2,2	83	2734	12,5	5,5	225	2,2
<sup>(2)</sup> IPR Chopim	2004	Iapar	II	Semiereto	2,3	84	3071	12,6	5,4	218	2,8
BRS Campeiro	2003	Embrapa	II	Ereto	2,7	82	3041	12,3	5,1	241	2,0
BRS Grafite	2003	Embrapa	II	Ereto	2,7	84	2949	11,6	5,0	249	1,6
IPR Graúna	2002	Iapar	II	Ereto	2,2	85	2828	12,9	5,1	236	2,1
BRS Valente	2001	Embrapa	II	Ereto	2,1	85	2904	13,9	4,9	230	2,3
IPR Uirapuru	2000	Iapar	II	Ereto	2,2	86	3022	13,2	5,4	239	2,2
IAC Una	1994	IAC	II	Ereto	3,2	82	2846	11,9	4,8	226	2,3
<sup>(2)</sup> Meia Noite	1994	EPAMIG/UFV	II	Ereto	1,8	83	2465	10,3	5,0	216	4,6
Xamego	1993	Pesagro-Rio/Embrapa	II	Semiereto	2,7	83	2657	12,5	4,7	198	3,2
IAPAR 65	1993	Iapar	II	Ereto	2,6	83	2764	12,0	5,1	197	3,1
<sup>(2)</sup> IAC Maravilha	1993	IAC	II	Ereto	2,3	85	2009	7,6	5,4	230	2,6
Ouro Negro	1992	EPAMIG/UFV	III	Prostrado	4,2	84	2475	11,1	4,3	225	2,1
Ônix	1992	Embrapa	II	Ereto	2,7	84	2536	11,5	4,7	205	2,8
BR IPA 10	1992	IPA/Embrapa	II	Semiereto	3,5	84	2637	12,7	4,7	190	3,1
Diamante Negro	1991	Emgopa/Embrapa	III	Semiprostrado	4,1	83	2837	13,5	4,5	232	1,9
Varre-Sai	1991	Pesagro-Rio/Embrapa	II	Semiereto	3,1	83	2505	11,1	4,7	192	2,8
<sup>(2)</sup> Minuano	1991	Embrapa	II	Semiprostrado	2,6	81	2809	12,4	4,8	216	2,8
<sup>(2)</sup> Macotoço	1991	Embrapa	II	Semiprostrado	2,9	81	2590	12,5	5,1	195	3,1
Barriga Verde	1990	Embrapa	II	Semiprostrado	3,6	83	2609	11,7	4,3	211	2,3
IAPAR 44	1990	Iapar	II	Ereto	2,8	83	2642	12,3	4,9	195	3,3
Pampa	1989	Embrapa	II	Ereto	2,7	85	2535	10,6	4,4	210	2,6
Macanudo	1989	Embrapa	II	Semiprostrado	3,2	82	2607	11,1	4,7	210	2,9
IAPAR 20	1987	Iapar	II	Ereto	3,0	84	2544	12,3	4,7	186	3,3
FT 120	1986	FT Sementes	II	Semiereto	3,0	83	2469	11,5	4,6	204	2,6

(conclusão)

Cultivar	Ano	Origem	Tipo	Porte	Arq	<sup>(1)</sup> Ciclo	Prod	NVP	NGV	MMG	AG
Grande Rio	1985	Pesagro-Rio/Embrapa	III	Semiprostrado	3,3	82	2479	10,6	4,5	207	2,6
Ipanema	1985	Pesagro-Rio/Embrapa	II	Semiereto	3,0	84	2321	11,1	4,7	206	2,5
Xodó	1985	Pesagro-Rio/Embrapa	II	Semiereto	3,3	83	2577	11,4	4,7	203	2,6
Milionário 1732	1983	UFV/EPAMIG	II	Ereto	2,9	83	2675	11,9	4,6	191	3,2
Rico 1735	1983	UFV/EPAMIG	II	Semiereto	3,1	83	2315	10,1	4,9	195	2,8
IAPAR 8 Rio Negro	1983	Iapar	II	Ereto	2,7	84	2331	12,3	4,6	191	3,0
Capixaba Precoce	1980	Incaper	III	Semiprostrado	3,6	79	2375	10,1	4,4	214	2,3
IAC Moruna	1980	IAC	II	Semiereto	3,0	80	2392	10,0	4,6	211	2,6
Rio Tibagi	1971	Fepagro	II	Semiereto	2,8	84	2566	11,1	4,6	195	3,1
Rico 23	1959	UFV	II	Semiereto	3,3	83	2338	10,8	4,6	200	2,7

Nota: Arq - Arquitetura de planta: 1 (plantas eretas) a 5 (plantas totalmente prostradas); Prod - Produtividade de grãos (kg/ha); NVP - Número de vagens por planta; NGV - Número de grãos por vagem; MMG - Massa de mil grãos, em grammas; AG - Aspecto comercial dos grãos: 1 (grãos padrão comercial) a 5 (grãos fora do padrão comercial).

Tipo: II e III - Hábito de crescimento indeterminado.

UFV - Universidade Federal de Viçosa; Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Iapar - Instituto Agrônomo do Paraná; IAC - Instituto Agrônomo de Campinas; Pesagro-Rio - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro; IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco; Emgopa - Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária; Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural; Fepagro - Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária.

(1) Dias da emergência à maturação. (2) Os dados referem-se à média de quatro dos oito experimentos conduzidos.

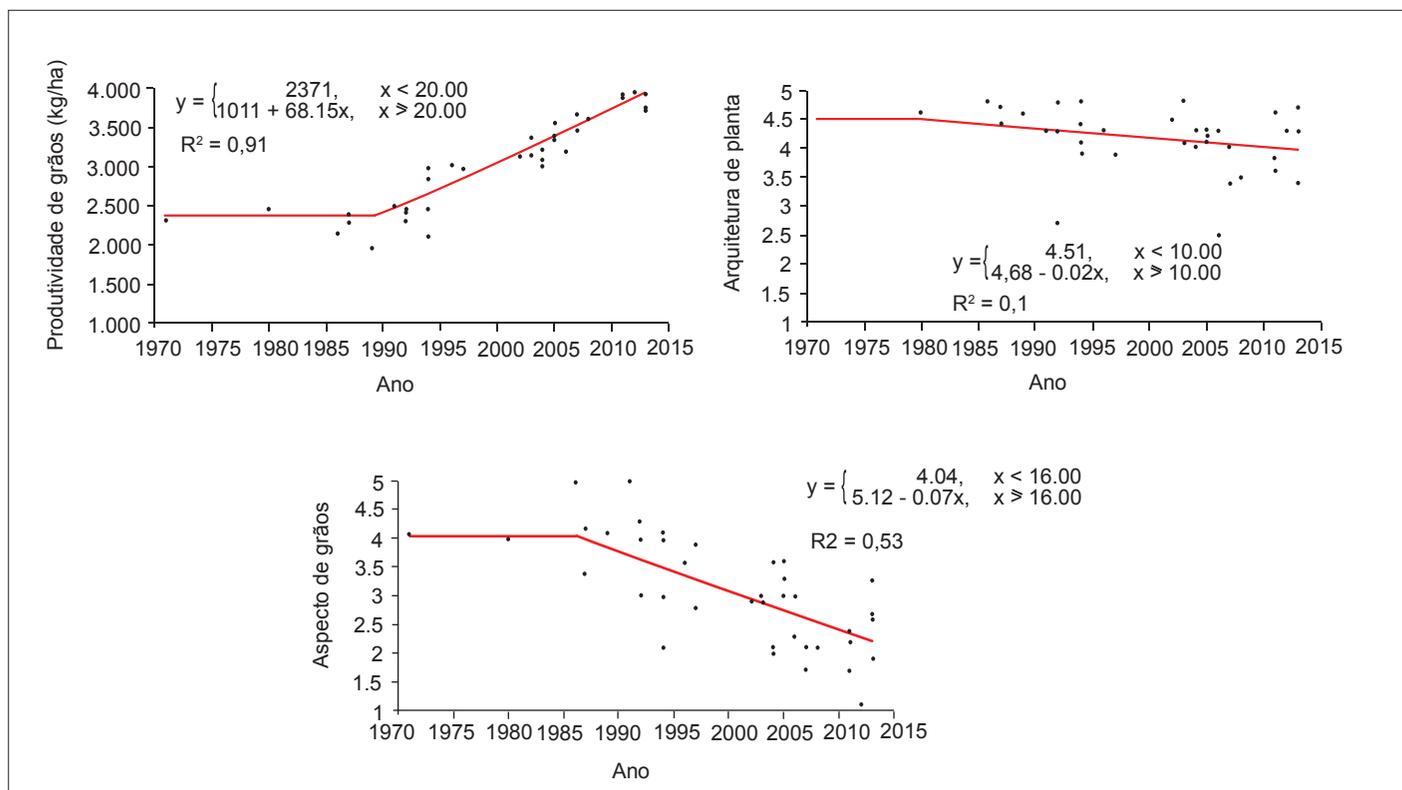


Gráfico 2 - Progresso genético anual para produtividade de grãos, arquitetura de plantas e aspecto de grãos referente ao melhoramento de feijão-carioca no Brasil, por meio da análise de regressão bissegmentada

Fonte: Barili et al. (2016b).

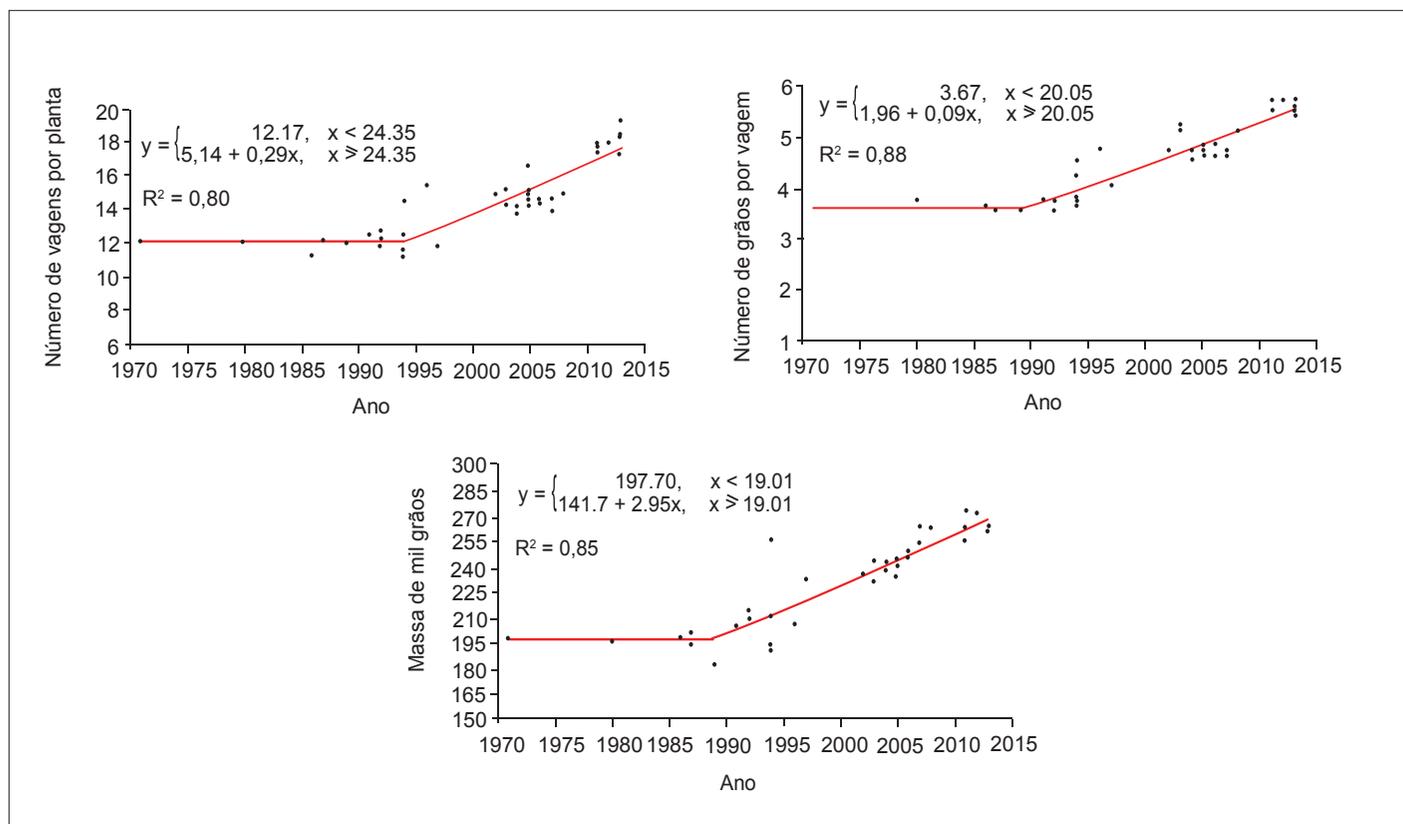


Gráfico 3 - Progresso genético anual para número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de mil grãos (gramas) referente ao melhoramento do feijão-carioca no Brasil, por meio da análise de regressão bissegmentada

Fonte: Barili et al. (2016b).

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.D'A. de. **O feijão carioca**: reflexos de sua adoção. Campinas: IAC, 2000. 1 folder.

BARILI, L.D. et al. Five decades of black common bean genetic breeding in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.46, n.3, p.259-266, July/Sept. 2016a.

BARILI, L.D. et al. Genetic progress resulting from forty-three years of breeding of the carioca common bean in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v.15, n.3, p.1-11, 2016b.

BRASIL. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 abr. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 178, de 21 de julho de 1981. Institui, em âmbito nacional, o Sistema Brasileiro de Avaliação e Recomendação de Cultivares. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 22 jul. 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 527, de 31 de dezembro de 1997. Institui o Registro Nacional de Cultivares - RNC, junto à Secretaria de Desenvolvimento Rural - SDR, com a finalidade de promover a inscrição prévia das cultivares, habilitando-as para a produção e comercialização de sementes e mudas no País. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 1 jan. 1998a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Rural. Portaria nº 294, de 14 de outubro de 1998. Estabelece os critérios mínimos a serem observados nos ensaios para determinação do Valor de Cultivo e Uso - VCU de cultivares de algodão, arroz, batata, milho, soja, sorgo e trigo e os respectivos formulários de solicitação de inscrição de cultivares no Registro Nacional de Cultivares - RNC, na forma dos anexos I a VIII desta Portaria. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 de outubro de 1998b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **CultivarWeb**. Brasília, 2017. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)>. Acesso em: 15 maio 2017.

CONAB. **Levantamento de safra - séries históricas**: feijão 1ª, 2ª e 3ª safra. Brasília, 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina\\_objcmsconteudos=2#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos)>. Acesso em: 15 maio 2017.

VIEIRA, C. **O feijão e eu**: memórias de um ex-aluno da ESAV. Viçosa, MG: UFGV, 1996. 178p.

VIEIRA, C. Rico 23, nova variedade de feijão preto para Zona da Mata, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.11, n.61, p.22-26, maio/dez. 1959.

VOYSEST VOYSEST, O. **Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**: legado de variedades de América Latina 1930-1999. Cali, Colombia: CIAT, 2000. 195p. (CIAT. Publicación, 321).

# Controle biológico de doenças do feijoeiro

Trazilbo José de Paula Júnior<sup>1</sup>, Alan William Vilela Pomella<sup>2</sup>, Joyce Moura Silva<sup>3</sup>, Rogério Faria Vieira<sup>4</sup>,  
Marcelo Augusto Boechat Morandi<sup>5</sup>, Hudson Teixeira<sup>6</sup>

**Resumo** - Nos últimos anos, o uso de produtos biológicos para o controle de doenças do feijoeiro causadas por patógenos habitantes do solo tem crescido consideravelmente. Esse crescimento decorre do acúmulo de evidências que indicam que os produtos biológicos são eficazes, da pressão da sociedade sobre os produtores para reduzir a utilização de produtos químicos e da adoção pelos agricultores de formas mais sustentáveis de manejo de doenças e, recentemente, da entrada de multinacionais no mercado de produtos biológicos. Espécies do fungo antagonista *Trichoderma* são as mais utilizadas na formulação dos produtos biológicos comercializados no Brasil. Em geral, esses produtos são usados no tratamento de sementes ou aplicados no sulco de plantio ou em restos culturais deixados sobre o solo após a colheita.

**Palavras-chave:** Feijão. Manejo integrado. Antagonista. *Trichoderma*. Patógenos habitantes do solo.

## Biological control of common bean diseases

**Abstract** - In recent years, the use of biological products to control common bean diseases caused by soilborne pathogens has increased considerably. This increase is a consequence of the accumulation of evidences suggesting that biological products are efficient as well as the pressure on bean producers to reduce the use of chemicals and adopt more sustainable forms of disease management, and, recently, the entry of the agrochemical companies into the market of biological products. Species of *Trichoderma* are the most used antagonistic microorganisms in the formulation of the biological products in Brazil. In general, these products are applied by seed treatment, by evenly distributed in the planted rows or on the straw left on the soil after finishing the harvest.

**Keywords:** Integrated management. Antagonist. *Trichoderma*. Soilborne pathogens.

### INTRODUÇÃO

Doenças do feijoeiro causadas por fungos habitantes do solo têm sido relatadas com frequência no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, especialmente entre abril e agosto (cultivo de outono-inverno). Nesse cultivo, os prejuízos causados por esses fungos geralmente são maiores do que os verificados nos cultivos das “águas” e da “seca”.

Temperaturas amenas, sobretudo com irrigações frequentes, favorecem vários fungos de solo patogênicos ao feijoeiro.

Nessas condições, as doenças mais comuns causadas por patógenos habitantes de solo são: mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), murcha-de-Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*) e podridões radiculares (*Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*) (PAULA JÚNIOR et al., 2015). Além das doenças causadas por fungos, os danos provocados por nematoides ao feijão têm aumentado.

O controle de doenças causadas por organismos habitantes do solo é difícil. A adoção de medidas antes do plantio e

durante a condução da cultura no campo é necessária, para obter um controle satisfatório da doença e para manter a população dos patógenos baixa.

Informações sobre as principais doenças do feijoeiro causadas por fungos habitantes de solo e nematoides, os sintomas e as medidas de controle, os modos de sobrevivência e a disseminação dos patógenos e as condições que favorecem essas doenças são apresentadas no Quadro 1.

O controle biológico é uma das estratégias recomendadas dentro do manejo

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EPAMIG Sede/Bolsista CNPq, Belo Horizonte, MG, trazilbo@epamig.br

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. Laboratório FARROUPILHA - Lallemand, Patos de Minas, MG, alan@labfarroupilha.com

<sup>3</sup>Eng. Agrônoma, M.Sc., Pesq. Laboratório FARROUPILHA - Lallemand, Patos de Minas, MG, joyce@labfarroupilha.com

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA/EPAMIG Sudeste/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, rfvieira@epamig.br

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, marcelo.morandi@embrapa.br

<sup>6</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, hudsont@epamig.br

Quadro 1 - Principais sintomas, meios de disseminação e modos de sobrevivência dos patógenos, condições favoráveis e medidas de controle das principais doenças do feijoeiro causadas por fungos habitantes do solo (continua)

Doença (patógeno)	Sintomas	Sobrevivência	Disseminação	Condições favoráveis	Medidas de controle
Mofo-branco ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> )	Manchas encharcadas, seguidas por crescimento micelial branco e cotonoso; murcha da folhagem; escleródios negros e duros, de vários formatos e tamanhos; tecidos das plantas secos, leves e quebradiços	Escleródio, semente, hospedeiros alternativos	Semente, enxurrada, vento, solo aderido a implementos	Temperatura 15 °C-22 °C, alta umidade, baixa insolação, alta população de plantas, cultivares de crescimento exuberante	Semente sadia e tratada, controle biológico, redução da densidade de plantas, cultivares tolerantes, manejo da irrigação, rotação com gramíneas, cobertura morta sobre o solo
Murcha-de-Fusarium ( <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> )	Inicialmente em reboleiras; amarelecimento, queda de folhas e murcha; escurecimento do sistema vascular; massa de esporos rosa na base do caule	Clamidósporo, restos da cultura, semente	Semente, enxurrada, solo aderido a implementos	Temperatura 24 °C - 28 °C, estresse hídrico, presença de nematoides	Semente sadia e tratada, cultivares resistentes, rotação com gramíneas, controle biológico
Podridão-radicular-seca ( <i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> )	Inicialmente em reboleiras; lesões longitudinais avermelhadas no hipocótilo e na raiz principal de plântulas; fissuras longitudinais; seca da raiz principal e da base do caule; crescimento lento e amarelecimento	Clamidósporo, semente	Semente, enxurrada, solo aderido a implementos	Temperatura 22 °C - 28 °C, alta umidade, solo compactado, presença de nematoides	Semente sadia e tratada, solos bem drenados, rotação com gramíneas, controle biológico
Podridão-radicular ( <i>Rhizoctonia solani</i> )	Podridão de sementes, plântulas, raízes e vagens; sementes infectadas descoloridas; tombamento de plântulas; estande baixo; lesões longitudinais pardo-avermelhadas que evoluem para depressões, no caule e nas raízes; caule circundado, retardamento do crescimento; pequenos escleródios de coloração parda na superfície das lesões	Restos de cultura no solo, como saprófita, escleródios	Sementes, enxurradas, implementos agrícolas, animais	Temperatura do solo 18 °C, presença de outros fungos de solo e nematoides	Semente sadia e tratada; rotação com culturas não hospedeiras, especialmente gramíneas; aração profunda; semeadura rasa; incorporação profunda de solo contaminado; controle biológico
Podridão-cinzenta-do-caule ( <i>Macrophomina phaseolina</i> )	Inicialmente, na base dos cotilédones, lesão escura, deprimida, com bordas definidas e, às vezes, anéis concêntricos, lesões acinzentadas no caule, que se rompe na região do cancro, morte do ponto de crescimento da planta, clorose, pequeno desenvolvimento, desfolha; às vezes, infecção mais pronunciada em um lado da planta; escleródios negros, lisos e pequenos (50 a 150 µm), picnídios pequenos e negros sobre os tecidos doentes, em fundo acinzentado	Como saprófita, escleródios, hospedeiros alternativos	Ventos (conídios em alguns isolados do fungo), sementes, animais, implementos agrícolas	Alta temperatura, decréscimo de umidade do solo	Semente de boa qualidade fitossanitária e tratada, aração profunda, com posterior introdução do Sistema de Plantio Direto (SPD), rotação de culturas, manejo adequado da irrigação para evitar estresse hídrico das plantas, plantio em épocas sem risco de estresse hídrico
Podridão-do-colo ( <i>Sclerotium rolfsii</i> )	Lesões aquosas e escuras na região do colo da planta, micélio branco, escleródios brancos ou escuros, degradação dos tecidos da planta, anelamento do talo, murcha repentina, tombamento, podridão das raízes	Escleródios	Água de irrigação, implementos agrícolas, animais, sementes	Temperatura 25 °C - 30 °C, alta umidade	Semente de boa qualidade fitossanitária e tratada, eliminação de hospedeiros e restos de cultura contaminados, evitar o trânsito de máquinas e animais provenientes de campos onde a doença ocorre, aração profunda, rotação com milho, arroz, algodoeiro e forrageiras

(conclusão)

Doença (patógeno)	Sintomas	Sobrevivência	Disseminação	Condições favoráveis	Medidas de controle
Nematoides-das-galhas ( <i>Meloidogyne</i> spp.)	Amarelecimento e crescimento reduzido, folhas com bordas queimadas, raízes malformadas, curtas e com engrossamentos, menor eficiência para absorver água e nutrientes, número pequeno de raízes laterais, murcha, presença de galhas	Ovos no solo, hospedeiros alternativos	Enxurradas, água de irrigação, implementos agrícolas, animais	Solos arenosos e soltos, presença de outros patógenos do solo	Rotação de culturas, especialmente com gramíneas, cultivo e incorporação ao solo de plantas antagonistas (crotalárias e mucunas); evitar o plantio dos adubos verdes tremoço, feijão-de-porco e lablab (favorecem a multiplicação dos nematoides); inundação e revolvimento do solo, controle de plantas daninhas hospedeiras; controle biológico

integrado de patógenos do feijoeiro, seja com ações que preservam e estimulam os antagonistas residentes (controle biológico conservativo), seja com o uso de antagonistas introduzidos. Nos últimos anos, o uso de produtos biológicos para o controle de doenças do feijoeiro, causadas por fungos habitantes do solo, tem crescido consideravelmente. Esse crescimento decorre principalmente de dois fatores:

- eficácia dos produtos biológicos;
- pressão da sociedade sobre produtores para reduzir a utilização de produtos químicos e adotar formas mais sustentáveis de manejo.

## CONTROLE BIOLÓGICO – TENDÊNCIA MUNDIAL

A produção de alimentos orgânicos cresce em ritmo acelerado em todo o mundo, assim como a pressão da sociedade sobre agricultores convencionais para utilizar estratégias sustentáveis de manejo de doenças. Logo, tem crescido a demanda por produtos agrícolas livres de resíduos de agrotóxicos. Por isso, os produtos biológicos têm sido considerados dentre as estratégias recomendadas para o manejo de doenças, apesar do perfil conservador do agricultor brasileiro e do fato de ainda existir entraves para adequar o produto biológico à legislação e registro

no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (PAULA JÚNIOR et al., 2013, 2016).

Bettiol (2011) também menciona que a proposição de novas políticas públicas para incentivar a adoção da agricultura de base ecológica deve contribuir para aumentar o uso de produtos biológicos.

O primeiro produto biológico para o controle de doenças de plantas foi comercializado no Brasil em 1987, porém apenas em 2008 o MAPA emitiu o primeiro registro de um antagonista para o controle de doenças (PAULA JÚNIOR; MORANDI; VENZON, 2016). Em 2008, o controle biológico de doenças teve um marco histórico no Brasil, justamente com a cultura do feijoeiro. Esse marco foi o registro do primeiro fungicida biológico no País, o Trichodermil, pela empresa Itaforte Bioprodutos Ltda., para o controle de *Fusarium* spp. Inicialmente, o biofungicida foi registrado para aplicação no sulco de plantio, com foco nos pequenos produtores, especialmente os orgânicos. Contudo, com o agravamento dos danos causados pelo mofo-branco (*S. sclerotiorum*), especialmente na soja, e com a falta de efetividade dos fungicidas químicos, como medida isolada de controle dessa doença, muitos produtores passaram a utilizar produtos à base de *Trichoderma*, não apenas como componente do manejo

integrado, mas também como estratégia de restabelecer o equilíbrio microbiológico nos solos.

Em 2009, foi criada a Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (ABCBio), com o objetivo de defender os interesses do setor, de divulgar o controle biológico, de lutar pela regulamentação diferenciada dos produtos biológicos em relação aos químicos e de representar o setor junto aos órgãos governamentais. Uma das conquistas mais significativas da ABCBio foi a publicação do Ato nº 6, de 23 de janeiro de 2014, que determina que os produtos biológicos devem ser registrados considerando o patógeno-alvo e não mais a cultura. Assim, um produto biológico registrado para o controle de *S. sclerotiorum* em soja pode ser utilizado em feijão ou outra cultura hospedeira do patógeno.

Atualmente pode-se afirmar que o controle biológico é disseminado na agricultura brasileira. O setor tem crescido 15% ao ano, enquanto a indústria de produtos químicos tem crescido em torno de 3%. O avanço do controle biológico no Brasil deve-se também à entrada de grandes multinacionais no mercado de produtos biológicos.

Segundo Bettiol et al. (2012), dentre mais de 40 espécies de antagonistas utilizadas para o controle de doenças de plantas no

mercado mundial, o gênero *Trichoderma* aparece em quase metade dos produtos comercializados, seguido de *Bacillus*. Dentre os produtos à base de *Trichoderma*, a espécie *T. harzianum* representa 38% dos produtos comerciais. Nos produtos à base de *Bacillus*, destaca-se a espécie *B. subtilis*.

## PRINCIPAIS ANTAGONISTAS E MODO DE AÇÃO

Estudos têm comprovado a eficiência do controle biológico de patógenos do feijoeiro. A ação antagonista de espécies de *Trichoderma* tem sido demonstrada sobre *R. solani* (MELO, 1996; HARMAN, 2000; MAFIA et al., 2003; PAULA JÚNIOR; ROTTER; HAU, 2007; SALLAM NASHWA; ABO-ELYOUSR; HASSAN, 2008; DIAS, 2011), *Fusarium* spp. (MELO, 1996; HARMAN, 2000), *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* (DIAS, 2011, CARVALHO et al., 2014, 2015b), *F. solani* f. sp. *phaseoli* (TEIXEIRA et al., 2012), *S. sclerotiorum* (LOPES et al., 2012; GERALDINE et al., 2013; CARVALHO et al., 2015a). Em países de clima temperado, o efeito antagonista do fungo *Coniothyrium minitans* foi demonstrado sobre *S. sclerotiorum* (GERLAGH et al., 1999).

Diversos microrganismos podem atuar como antagonistas naturais de patógenos de plantas. Entre 1% e 10% de isolados de bactérias e fungos do ambiente mostram alguma capacidade para inibir o crescimento de agentes patogênicos in vitro. No entanto, poucos isolados são capazes de controlar efetivamente doenças de plantas no campo e é reduzido o número de isolados que possuem amplo espectro de ação contra várias espécies de patógenos.

Dentre os principais fungos utilizados no controle biológico de patógenos de plantas estão *Trichoderma* spp., *Clonostachys rosea*, *Talaromyces flavus*, *Phytium oligandrum*, *Sporidesmium sclerotivorum* e *Ampelomyces quisqualis*. Alguns dos produtos biológicos comercializados atualmente incluem bactérias pertencentes aos gêneros *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Streptomyces*.

Os fungos pertencentes ao gênero *Trichoderma* são os antagonistas mais importantes, pelo fato de apresentarem amplo espectro de ação sobre fungos fitopatogênicos, especialmente os habitantes do solo.

As interações entre antagonistas, patógenos e plantas são complexas e envolvem diversos mecanismos de ação. Estes atuam na prevenção de infecções ou na supressão de doenças pela indução de resistência na planta hospedeira, pela competição, pela antibiose, pela predação, pela hipovirulência e pelo parasitismo.

A indução de resistência na planta hospedeira é um importante modo de ação de antagonistas. Essa indução resulta em maior e mais rápida secreção de enzimas, como proteases, peroxidases e quitinases, de reação e defesa pela planta. Essa indução também causa lignificação das paredes celulares que limitam o desenvolvimento e a disseminação do patógeno.

Espécies de bactérias, leveduras e fungos filamentosos podem inibir outros microrganismos patogênicos de plantas por meio da competição por nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), carbono (C) e micronutrientes. A menor concentração de nutrientes geralmente resulta em redução de germinação de esporos e crescimento lento dos tubos germinativos. Logo, há diminuição da infecção inicial e das infecções subsequentes. A competição por espaço, especialmente na rizosfera, região rica em exsudatos, é importante no caso do controle biológico de patógenos de solo.

A antibiose é a produção pelo antagonista de metabólitos e antibióticos voláteis e não voláteis que inibem o desenvolvimento, a reprodução ou a infecção do patógeno. *Trichoderma* spp. e *Gliocladium* spp. são conhecidos produtores de antibióticos. *Trichoderma virens*, por exemplo, é capaz de produzir dois antibióticos e antifúngicos: a gliotoxina (tóxica para *R. solani*) e a gliovirina (tóxica para *Phytium* spp.) (HOWELL; STIPANOVIC; LUMSDEN, 1993).

A predação ocorre quando o microrganismo preda e mata outros microrganismos

fitopatogênicos. A hipovirulência é o efeito da inoculação de um isolado menos agressivo ou não virulento do patógeno que compete com o isolado virulento do patógeno pelo mesmo sítio infectivo, o que resulta em proteção das plantas.

O parasitismo depende da produção de enzimas para degradar a parede celular do patógeno. *Trichoderma* e *Gliocladium* são antagonistas capazes de parasitar outros fungos. Os microrganismos parasitas atacam hifas e estruturas de reprodução dos patógenos, reduzindo a infecção e a quantidade de inóculo.

Muitas vezes, a ação antagonista de um microrganismo resulta da combinação de múltiplos modos de ação. Um exemplo é a ação de *T. virens*, que, além de produzir gliovirina e gliotoxina (antibióticos e antifúngicos), é capaz de parasitar outros fungos. *T. harzianum*, além de induzir resistência, é capaz de competir por nutrientes e espaço, interferir na produção de enzimas pectolíticas dos patógenos e impedir a penetração do patógeno no tecido hospedeiro (KAPAT; ZIMAND; ELAD, 1998).

Outro modo de ação dos microrganismos antagonistas é a capacidade de promover o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Nesse caso, os antagonistas contribuem para que as plantas escapem de condições favoráveis aos patógenos, como verificaram Paula Júnior, Rotter e Hau (2007) em plantas de feijão cultivadas em solo infestado por *T. harzianum*, na presença de *R. solani*.

Efeitos indiretos sobre a população de patógenos do feijoeiro no solo também podem ocorrer. Oliveira et al. (2016) verificaram maior fungistase no solo e aumento das populações de *Trichoderma* spp. com o cultivo do braquiário na área.

Para que um microrganismo seja usado no desenvolvimento de um produto biológico para controle de nematoides, deve possuir as seguintes características: parasitismo letal, facilidade de manipulação em laboratório e produção em massa, ser compatível com formas de aplicação de insumos e ter capacidade de se estabelecer e persistir no solo (NEVES et al., 2009).

Em geral, os mecanismos de ação de bactérias e fungos antagonistas sobre nematoides baseiam-se em parasitismo, produção de toxinas, antibióticos ou enzimas (ação direta no nematoide ou interferência sobre seu sistema de reconhecimento das raízes das plantas), competição por nutrientes, indução de resistência na planta e promoção do desenvolvimento do hospedeiro (NEVES et al., 2009).

Diferentes fungos e bactérias têm sido estudados para o controle de nematoides. Dentre as bactérias parasíticas de nematoides destaca-se a espécie *Pasteuria penetrans*. Apesar da eficiência de controle de nematoides do gênero *Meloidogyne*, o uso de *Pasteuria* no controle biológico esbarra com a dificuldade de produzir esporos in vitro. O produto Clariva, que se baseia em uma cepa de *P. nishizawae*, recentemente registrado no mercado brasileiro para o controle do nematoide causador do cisto-da-soja (*Hederodera glycines*), não é recomendado para o controle dos nematoides que atacam o feijoeiro.

As rizobactérias são capazes de colonizar e se multiplicar na região próxima às raízes, estimulando seu desenvolvimento. Além disso, as rizobactérias induzem resistência à planta e produzem toxinas, enzimas e outros metabólitos que podem controlar nematoides. Dentre as rizobactérias, destacam-se as espécies de *Bacillus* e de *Pseudomonas*. Recentemente, Oliveira et al. (2017) demonstraram a eficácia de *B. subtilis* no controle de nematoides do feijoeiro.

Os fungos parasitas de ovos e fêmeas, com destaque para as espécies *Paecilomyces lilacinus* (*Purpureocillium lilacinus*) e *Pochonia chlamydosporia*, têm grande potencial para uso no controle biológico de nematoides. Santin (2008) demonstrou o potencial do uso conjunto de isolados de *Trichoderma* e *P. lilacinus* no controle de *M. incognita* em feijão. Apesar de por meio de estudos ter-se comprovado a eficiência de *P. lilacinus* no controle de

nematoides, o registro de produto feito com esse fungo tem sido limitado pela possibilidade de causar infecções em humanos. *P. chlamydosporia* é um fungo que produz clamidósporos, propágulos de resistência e sobrevivência no solo. Essa característica do fungo facilita tanto o preparo quanto a formulação de produtos biológicos. Além de colonizar as massas de ovos de nematoides, esse fungo desenvolve-se na superfície das raízes, fato desejável.

### RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA APLICAÇÃO

Além de controlar patógenos, os microrganismos são fundamentais para aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas, pois contribuem para a solubilização e mineralização da matéria orgânica (MO). Muitos microrganismos, como *Trichoderma* e *Bacillus*, estimulam o desenvolvimento do sistema radicular, o que permite maior absorção de nutrientes como N, P e ferro (Fe) pelas plantas. Esses dois microrganismos também ajudam a regular o sistema hormonal das plantas (SAINI et al., 2015; SANTOYO et al., 2016).

O controle biológico deve ser utilizado principalmente para proteger os tecidos das plantas da infecção de patógenos. O solo, comparado à parte aérea das plantas, é menos influenciado pelas mudanças ambientais, o que favorece a colonização das raízes pelos antagonistas. Patógenos habitantes do solo, como *F. solani*, *M. phaseolina*, *R. solani* e nematoides, geralmente infectam a planta no início de seu desenvolvimento, fase ideal para protegê-la. Esses agentes de controle biológico podem ser usados no tratamento de sementes ou distribuídos no sulco de plantio para garantir a colonização radicular.

Os agentes de controle biológico também podem reduzir a quantidade de inóculo dos patógenos no solo pelo parasitismo das estruturas de resistência do fungo. O manejo adequado dos restos de cultura ou o

manejo da palhada favorece o parasitismo. Os restos de cultura são fonte de inóculo para a cultura seguinte e o local onde os patógenos sobrevivem e multiplicam-se. A aplicação de produtos biológicos na palhada reduz a quantidade de inóculo, como ocorre com *S. sclerotiorum*, na soja (GÖRGEN et al., 2009), e *F. oxysporum*, no grão-de-bico (INAM-UL-HAQ et al., 2009).

Para garantir o estabelecimento do antagonista no solo, o produto biológico deve ser reaplicado. Em geral, a sobrevivência das bactérias na rizosfera é maior que a dos fungos. A sobrevivência dos antagonistas depende do tipo de solo e da comunidade microbiana presente. Geralmente, solos arenosos com menor teor de MO permitem maior eficiência dos antagonistas após a aplicação (INAM-UL-HAQ et al., 2009), porém, em geral, a sobrevivência destes é reduzida.

Cada antagonista tem requerimentos específicos de temperatura e umidade para se desenvolver. Logo, as condições climáticas devem ser consideradas durante as aplicações para se ter sucesso no controle do patógeno.

Os produtos biológicos podem ser aplicados de diferentes formas, como apresentado a seguir.

### Tratamento de sementes

O tratamento de sementes com produtos biológicos visa proteger o sistema radicular do patógeno e induzir resistência na planta. Raízes e folhas de feijão, originadas de sementes tratadas com *T. asperellum*, *B. subtilis* e *Bacillus methylothrophicus*, apresentam, em comparação a plantas originadas de sementes não tratadas, mais quitinase e glucanase, enzimas associadas a mecanismos de defesa das plantas<sup>7</sup>. Normalmente são usados de 200 mil a 2 milhões de propágulos do antagonista por semente, para conseguir a colonização das raízes. Bactérias formadoras de

<sup>7</sup>Dados não publicados dos autores.

esporos, como as do gênero *Bacillus*, são mais resistentes e podem ser utilizadas em menor concentração. Esporos de *Bacillus* sobrevivem na superfície das sementes por vários meses, enquanto esporos fúngicos, como os de *Trichoderma*, sobrevivem por, no máximo, algumas semanas, dependendo da formulação. Vale ressaltar que a aplicação dos produtos em doses elevadas pode reduzir a germinação das sementes, como é o caso da aplicação de *B. methylotrophicus* em concentrações superiores a  $1 \times 10^6$  unidades formadora de colônia (UFC)/semente.

A compatibilidade de produtos biológicos e químicos deve ser estudada caso a caso. Normalmente, herbicidas e inseticidas não reduzem a eficácia dos produtos biológicos, porém a eficiência dos microrganismos pode ser influenciada pela formulação desses agrotóxicos.

### Aplicação no sulco de plantio

A aplicação no sulco de plantio deve ser a opção escolhida quando as doses combinadas de todos os produtos ultrapassarem o limite permitido para aplicação via semente. Além disso tem a vantagem de posicionar o produto isoladamente ou com outros biológicos sabidamente compatíveis. Contudo, doses mais elevadas, em relação ao tratamento de sementes, são necessárias para que a colonização das raízes seja obtida, o que onera o custo do tratamento. O tempo necessário para que essa colonização ocorra também é mais longo.

Há tendência de as sementes virem da indústria tratadas com o produto biológico ou que esse tratamento ocorra nas cooperativas. Nesse caso, a aplicação no sulco seria uma oportunidade para se aplicar produtos biológicos de curta viabilidade, como os feitos à base de esporos fúngicos. A pequena disponibilidade de equipamentos para a distribuição é empecilho para o uso mais generalizado de produtos biológicos no sulco de plantio. Entretanto, já tem sido possível encontrar no mercado equipamentos com boa performance, com

a incorporação de agitadores e bicos que reduzem o entupimento.

### Aplicação foliar

A capacidade de propágulos fúngicos ou bacterianos de efetivamente colonizar raízes é menor na aplicação foliar que na aplicação via sulco de plantio ou no tratamento de sementes. Na aplicação foliar, apenas as raízes próximas ao colo são colonizadas. Contudo, a aplicação foliar é eficiente, quando se busca a indução de resistência.

No feijão, é recomendada a aplicação foliar de *Trichoderma* e produtos à base de *Bacillus* nos estádios V1 (emergência) e V3 (primeira folha trifoliolada) em lavouras infestadas com *F. solani*, quando o objetivo é induzir resistência e aumentar o vigor das plantas. Em lavouras irrigadas de feijão, é recomendada a pulverização dos produtos biológicos, seguindo-se imediatamente uma irrigação para aumentar a eficiência da colonização radicular.

Quando a estratégia é o manejo de palhada, ou seja, a redução do inóculo dos patógenos presentes nos restos de cultura, a aplicação foliar é a única opção. Nesse tipo de aplicação, alguns cuidados devem ser tomados, como aplicar o produto de preferência após às 16 horas, quando a temperatura é mais amena e há menor incidência da radiação solar, senão a germinação dos esporos poderá ser reduzida. É recomendado o uso de adjuvantes para melhorar a adesão e a distribuição dos esporos. Ensaio conduzidos pelo Laboratório Farroupilha - Lallemand indicaram aumento de até 20% de colonização dos escleródios de *S. sclerotiorum* por *Trichoderma* spp. com o uso de adjuvantes. Recomenda-se aplicar os produtos logo após a colheita, quando as estruturas dos patógenos estão mais expostas à ação dos antagonistas e, preferencialmente, em épocas chuvosas, para facilitar a colonização da palhada e a redução do inóculo dos patógenos.

Temperaturas baixas limitam o desempenho de muitos produtos de controle biológico utilizados no Brasil (PAULA

JÚNIOR et al., 2009, 2012). Em geral a faixa entre 15 °C e 30 °C é ótima para os organismos de controle biológico. Nessa faixa de temperatura, o metabolismo do antagonismo é acelerado e a colonização é mais intensa. Bactérias geralmente preferem temperaturas mais elevadas do que fungos. O controle biológico, portanto, tem efeito menos pronunciado em regiões ou épocas frias. Entretanto, alguns microrganismos, como o fungo *C. minitans*, antagonista de espécies de *Sclerotinia*, são eficazes quando utilizados em temperaturas amenas (GERLAGH et al., 1999). Esse fungo reduz a população de escleródios do patógeno. No Brasil, ainda não há nenhum produto registrado no MAPA à base de *C. minitans*.

### PRINCIPAIS PRODUTOS COMERCIAIS

Atualmente, o mercado de produtos biológicos representa apenas 1% a 2% do mercado total de defensivos no Brasil, enquanto nos Estados Unidos e na Europa, os produtos biológicos representam 6% e em torno de 15%, respectivamente. No Brasil, 63 empresas têm registros de produtos biológicos como inseticidas ou fungicidas, que se baseiam em macro ou microrganismos.

Recentemente, tem sido observada no Brasil uma crescente produção caseira de bio defensivos. Em muitos casos, especialmente na formulação de produtos à base de bactérias, as condições de baixa assepsia levam à produção de produtos contaminados, com baixíssima concentração do antagonista e sem controle de qualidade. Consequentemente, o resultado é uma baixa eficiência de controle do patógeno e problemas de contaminações em aplicadores. Por isso, os produtores devem adquirir produtos registrados, submetidos a rígido controle de qualidade.

Dos diversos produtos biológicos disponíveis no mercado nacional, são apresentados no Quadro 2 os registrados para o controle de fungos de solo e nematoides na cultura do feijão.

Quadro 2 - Produtos biológicos registrados e disponíveis no mercado nacional para a cultura do feijão

Produto comercial	Organismo	Concentração	Formulação	Alvo	Recomendação			Site
					Tratamento de semente	Sulco de plantio	Pulverização	
<sup>(1)</sup> Quality	<i>Trichoderma asperellum</i>	1x10 <sup>10</sup> conídios/g ou 280 g/kg	Grânulos dispersíveis em água (WG)	<i>Fusarium solani</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>  <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	1 g/kg	100 g/ha	1 aplicação de 200 g/ha em V1 a V3  2 aplicações de 100 g/ha em V1 e V3	<a href="http://www.labfarroupilha.com/Portifolio">http://www.labfarroupilha.com/Portifolio</a>  <a href="http://www.labfarroupilha.com/Portifolio">http://www.labfarroupilha.com/Portifolio</a>
<sup>(1)</sup> Organic WP	<i>Trichoderma asperellum</i>	3x10 <sup>9</sup> conídios/g	Pó molhável (WP)	<i>Fusarium solani</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>	2 a 3 g/kg			<a href="http://www.labfarroupilha.com/Portifolio">http://www.labfarroupilha.com/Portifolio</a>
<sup>(1)</sup> Onix	<i>Bacillus methylothrophicus</i>	1x10 <sup>9</sup> endósporos/mL	Suspensão concentrada (SC)	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Pratylenchus brachyurus</i>	1 mL/kg	100 mL/ha	1 aplicação de 300 mL/ha em V1 a V3	<a href="http://www.labfarroupilha.com/Portifolio">http://www.labfarroupilha.com/Portifolio</a>
<sup>(1)</sup> Rizos	<i>Bacillus subtilis</i>	3x10 <sup>9</sup> endósporos/mL	Suspensão concentrada (SC)	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Pratylenchus brachyurus</i>	2 mL/kg	200 mL/ha		<a href="http://www.labfarroupilha.com/Portifolio">http://www.labfarroupilha.com/Portifolio</a>
<sup>(2)</sup> Trichodermil SC 1306	<i>Trichoderma harzianum</i>	48 g/L	Suspensão concentrada (SC)	<i>Fusarium solani</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>		800 a 1.000 mL/ha		<a href="http://agrofit.agricultura.gov.br">http://agrofit.agricultura.gov.br</a>
<sup>(3)</sup> Ecotrich WP	<i>Trichoderma harzianum</i>	300 g/kg	Pó molhável (WP)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>			200 a 250 g/ha	<a href="http://agrofit.agricultura.gov.br">http://agrofit.agricultura.gov.br</a>
<sup>(3)</sup> Nemat	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	300 g/kg	Pó molhável (WP)	<i>Meloidogyne incognita</i>			600 g/ha	<a href="http://agrofit.agricultura.gov.br">http://agrofit.agricultura.gov.br</a>
<sup>(4)</sup> Rizotec	<i>Pochonia chlamyosporia</i>	280 g/kg	Pó molhável (WP)	<i>Meloidogyne javanica</i>			2 a 3 kg/ha antes do plantio	<a href="http://agrofit.agricultura.gov.br">http://agrofit.agricultura.gov.br</a>
<sup>(5)</sup> Stimucontrol	<i>Trichoderma harzianum</i>	50 g/L	Suspensão concentrada (SC)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>	2 a 4 mL/kg	1.000 a 2.000 mL/ha		<a href="http://agrofit.agricultura.gov.br">http://agrofit.agricultura.gov.br</a>
<sup>(5)</sup> Nemacontrol	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	30 g/L	Suspensão concentrada (SC)	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	2 a 3 mL/kg			<a href="http://agrofit.agricultura.gov.br">http://agrofit.agricultura.gov.br</a>
<sup>(6)</sup> Serenade	<i>Bacillus subtilis</i> linhagem QST 713	13,7 g/L	Suspensão concentrada (SC)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>			4 a 6 L/ha em V2 a R5	<a href="https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/oleaje_10325.html">https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/oleaje_10325.html</a>
<sup>(6)</sup> Oleaje, Andril e Votivo	<i>Bacillus firmus</i>	247,3 g/L	Suspensão concentrada para tratamento de sementes (FS)	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Pratylenchus brachyurus</i>	2,5 a 6 mL/kg			<a href="https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/oleaje_10325.html">https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/oleaje_10325.html</a>
<sup>(7)</sup> Quartzo	<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Bacillus licheniformis</i>	200 g/kg	Grânulos dispersíveis em água (WG)	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Pratylenchus brachyurus</i>		130 a 300 mL/ha		<a href="https://www.fmcagricola.com.br/bula_geraPDF.aspx?cod=320">https://www.fmcagricola.com.br/bula_geraPDF.aspx?cod=320</a> e <a href="https://agrofit.agricultura.gov.br">https://agrofit.agricultura.gov.br</a>
<sup>(7)</sup> Presence	<i>Bacillus subtilis</i> e <i>Bacillus licheniformis</i>	200 g/kg	Grânulos dispersíveis em água (WG)	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Pratylenchus brachyurus</i>	1, a 1,5 g/kg			<a href="https://www.fmcagricola.com.br/bula_geraPDF.aspx?cod=320">https://www.fmcagricola.com.br/bula_geraPDF.aspx?cod=320</a> e <a href="https://agrofit.agricultura.gov.br">https://agrofit.agricultura.gov.br</a>

(1)Laboratório de Biocontrole Farroupilha - Lallemand. (2)Koppert do Brasil Sistemas Biológicos Ltda. (3)Ballagro Agro Tecnologia Ltda. (4)Rizoflora Biotecnologia S.A. (5)Simbiose Indústria e Comércio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos Ltda. (6)Bayer S.A. (7)FMC Química do Brasil Ltda.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recente expansão da utilização de produtos biológicos para o controle de patógenos do feijoeiro advém, dentre outros fatores já mencionados, da maior qualidade dos produtos e do maior rigor dos órgãos de registro e fiscalização – MAPA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). É importante ressaltar o papel da ABCBio em promover o controle biológico como estratégia moderna, eficiente e ambientalmente correta, e de contribuir para a regulamentação do setor nos órgãos fiscalizadores.

Juntam-se, ao recente fortalecimento das pequenas e médias empresas brasileiras de controle biológico, a entrada no mercado nacional de empresas sólidas de outros países e a inserção nesse nicho de mercado de grandes companhias tradicionais fabricantes de defensivos químicos.

## AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS

BETTIOL, W. Biopesticide use and research in Brazil. **Outlooks on Pest Management**, v.22, n.6, p.280-284, Aug. 2011.

BETTIOL, W. et al. **Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 155p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 88).

CARVALHO, D.D.C. et al. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* by *Trichoderma harzianum* and its use for common bean seed treatment. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.39, n.5, p.384-391, Sept./Oct. 2014.

CARVALHO, D.D.C. et al. Biological control

of *Fusarium wilt* on common beans by in-furrow application of *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v.40, n.6, p.375-381, Nov./Dec. 2015.

CARVALHO, D.D.C. et al. Biological control of white mold by *Trichoderma harzianum* in common bean under field conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.12, p.1220-1224, Dec. 2015.

DIAS, P.P. **Controle biológico de fitopatógenos de solo por meio de isolados de fungos de gênero *Trichoderma* e sua contribuição para o crescimento de plantas**. 2011. 101p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

GERALDINE, A.M. et al. Cell wall-degrading enzymes and parasitism of sclerotia are key factors on field biocontrol of white mold by *Trichoderma* spp. **Biological Control**, v.67, n.3, p.308-316, Dec. 2013.

GERLACH, M. et al. Long-term biosanitation by application of *Coniothyrium minitans* on *Sclerotinia sclerotiorum*-infected crops. **Phytopathology**, St. Paul, v.89, n.2, p.141-147, Feb. 1999.

GÖRGEN, C.A. et al. Controle do mofobranco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1583-1590, dez. 2009.

HARMAN, G.E. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, v.84, n.4, p.377-393, Apr. 2000.

HOWELL, C.R.; STIPANOVIC, R.D.; LUMSDEN, R.D. Antibiotic production by strains of *Gliocladium virens* and its relation to biocontrol of cotton seedling diseases. **Biocontrol Science Technology**, v.3, n.4, p.435-441, 1993.

INAM-UL-HAQ, M. et al. Role of temperature, moisture and *Trichoderma* species on the survival of *Fusarium oxysporum ciceri* in the rainfed areas of Pakistan. **Pakistan Journal of Botany**, v.41, n.4, p.1965-1974, 2009.

KAPAT, A.; ZIMAND, Y.; ELAD, Y. Effect of two isolates of *Trichoderma harzianum*

on the activity of hydrolytic enzymes produced by *Botrytis cinerea*. **Physiology and Molecular Plant Pathology**, v.52, n.2, p.127-137, Feb. 1998.

LOPES, F.A.C. et al. Biochemical and metabolic profiles of *Trichoderma* strains isolated from common bean crops in the Brazilian Cerrado, and potential antagonism against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fungal Biology**, v.116, n.7, p.815-824, July 2012.

MAFIA, R.G. et al. Encapsulamento de *Trichoderma inhamatum* para o controle biológico de *Rhizoctonia solani* na propagação clonal de *Eucalyptus*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p.101-105, jan./fev. 2003.

MELO, I.S. de. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.4, p.261-295, 1996.

NEVES, W. dos S. et al. Controle biológico de fitonematoides. **Informe Agropecuário**. Controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras, Belo Horizonte, v.30, n.251, p.84-92, jul./ago. 2009.

OLIVEIRA, G.R.F. et al. Influência do *Bacillus subtilis* no controle biológico de nematoides e aspectos produtivos do feijoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Brasília, v.11, n.1, p.47-48, 2017.

OLIVEIRA, P. et al. Response of soil fungi and biological processes to crop residues in no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.46, n.1, p.57-64, Jan./Mar. 2016.

PAULA JÚNIOR, T.J. de; MORANDI, M.A.B.; VENZON, M. Manejo integrado de doenças e pragas utilizando o controle biológico. In: HALFELD-VIEIRA, B. de A. et al. (Ed.). **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília: EMBRAPA, 2016. cap.10, p.214-237.

PAULA JÚNIOR, T.J. de; ROTTER, C.; HAU, B. Effects of soil moisture and sowing depth on the development of bean plants grown in soil infested by *Rhizoctonia solani* and *Trichoderma harzianum*. **European Journal of Plant Pathology**, v.119, n.2, p.193-202, Oct. 2007.

PAULA JÚNIOR, T.J. de et al. Doenças do feijoeiro: estratégias integradas de manejo. In: CARNEIRO, J.E. de S.; PAULA JÚNIOR, T.J. de ; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015. cap.11, p.270-299.

PAULA JÚNIOR, T.J. de et al. Limitations in controlling white mold on common beans with *Trichoderma* spp. at the fall-winter season. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.38, n.4, p.337-340, Oct./Dec. 2012.

PAULA JÚNIOR, T.J. de et al. Regulamentação e uso de produtos à base de agentes biológicos para o controle de doenças de plantas e pragas no Brasil. **Informe Agropecuário**. Defesa vegetal e sustentabilidade para o agronegócio, Belo Horizonte, v.34, n.276, p.50-57, set./out. 2013.

PAULA JÚNIOR, T.J. de et al. White mold intensity on common bean in response to plant density, irrigation frequency, grass mulching, *Trichoderma* spp., and fungicide. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.35, n.1, p.44-48, Jan./Feb. 2009.

SAINI, R. et al. Isolation, characterization, and evaluation of bacterial root and nodule endophytes from chickpea cultivated in Northern India. **Journal of Basic Microbiology**, v.55, n.1, p.74-81, Jan. 2015.

SALLAM NASHWA, M.A.; ABO-ELYOUSR, K.A.M.; HASSAN, M.A.E. Evaluation of *Trichoderma* species as biocontrol agent for damping-off and wilt diseases of *Phaseolus vulgaris* L. and efficacy of suggested formula. **Egyptian Journal of Phytopathology**, v.36, n.1/2, p.81-93, 2008.

SANTIN, R.C.M. **Potencial do uso dos fungos *Trichoderma* spp. e *Paecilomyces lilacinus* no biocontrole de *Meloidogyne incognita* em *Phaseolus vulgaris***. 2008. 82f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOYO, G. et al. Plant growth-promoting bacterial endophytes. **Microbiological Research**, v.183, p.92-99, Feb. 2016.

TEIXEIRA, H. et al. *Trichoderma* spp. decrease Fusarium root rot in common bean. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.38, n.4, p.334-336, Oct./Dec. 2012.

Veja no próximo

# INFORME AGROPECUÁRIO

## Controle de qualidade do leite

**Implementação de programas de autocontrole na indústria de laticínios**

**Parâmetros de qualidade do leite para a produção de lácteos**

**Análises físico-químicas no controle de qualidade de leite e produtos lácteos**

**Higienização: da produção de leite à indústria de laticínios**

**Gelados comestíveis: principais problemas e soluções na fabricação e estocagem de sorvetes**

**Problemas na fabricação de produtos concentrados, desidratados e fermentados**

**Gestão ambiental: manejo, tratamento e legislação pertinente para resíduos de laticínios**

**Leia e Assine o**  
**INFORME AGROPECUÁRIO**  
**(31) 3489-5002**  
**publicacao@epamig.br**  
**www.informeagropecuario.com.br**

# Evolução e perspectivas da colheita mecanizada do feijão

José Geraldo da Silva<sup>1</sup>, Antônio Lilles Tavares Machado<sup>2</sup>, Adriano Stephan Nascente<sup>3</sup>

**Resumo** - A mecanização da colheita do feijoeiro no Brasil teve início na década de 1980, pois até então toda produção era colhida de forma manual. Atualmente essa prática manual está restrita cada vez mais a agricultores que produzem feijão para subsistência. A modernização tecnológica recente, a que foi submetido o meio rural, modificou os procedimentos de colheita do feijoeiro. A colheita mecanizada é uma realidade bastante comum em lavouras de médio e grande portes, embora diversos fatores relacionados com o manejo inadequado do terreno, que o deixa com sulcos e elevações, e com a arquitetura desfavorável de muitas plantas, com vagens próximas do solo, estejam dificultando o emprego de máquinas colhedoras. O feijoeiro pode ser colhido em uma única etapa, empregando-se colhedoras-automotrizas apropriadas, ou em duas etapas, com o uso sequencial de máquinas ceifadoras e recolhedoras-trilhadoras de plantas. Apesar dos avanços alcançados, principalmente com o desenvolvimento de equipamentos colhedores projetados para o feijoeiro, a colheita ainda é uma prática que merece muita atenção, pois as perdas de grãos continuam elevadas.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Colheita mecânica. Ceifadora-enleiradora. Recolhedora-trilhadora. Colhedora automotriz. Mecanismos de trilha. Arquitetura de plantas. Maturidade de plantas. Perda de grãos.

## Evolution and prospects of mechanized harvesting of common beans

**Abstract** - The mechanization of the common bean harvest began in the 1980s in Brazil. Nowadays, the manual harvesting is restricted to small growers that produce grains for subsistence. The technological modernization of the rural areas modified the common bean harvest procedures. Mechanized harvest is a common procedure in medium and large-sized fields. Several factors related to the inadequate management of the soil (furrows and elevations) and prostate plants (pods close to the ground) hamper the use of harvesting machines. The common bean can be harvested in a single stage (using appropriate combine harvesters) or in two stages (sequential using of mowing and recollector-thresher machines). Despite the advances achieved especially with harvester equipments designed for common beans, the harvest is still a practice that deserves a lot of attention, because grain losses remain high.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*. Mowing machine. Recollector and thresher machines. Combine harvester. Plant architecture. Plant maturity. Grain loss.

### INTRODUÇÃO

O Brasil vem-se destacando nas últimas décadas como um dos maiores produtores mundiais de feijão-comum. Conforme Carneiro, Paula Júnior e Borém (2015), a cultura do feijoeiro deixou de ser uma atividade predominantemente de pequenos agricultores para ser hoje, também, de larga escala. Boa parte da produção é prove-

niente de áreas irrigadas, onde se aplicam técnicas avançadas de produção, incluindo adubação racional, emprego de defensivos agrícolas e sementes selecionadas. No feijoeiro, vem ocorrendo incrementos na adoção de práticas de agricultura de precisão, de gestão automatizada de equipamentos de irrigação e de máquinas agrícolas e o emprego de equipamentos modernos, que

auxiliam na manutenção da sustentabilidade dos solos, na racionalização do uso de defensivos e na redução de perdas de grãos na operação de colheita.

Entretanto, apesar dos grandes avanços tecnológicos na cultura do feijoeiro-comum e na disponibilização aos agricultores de máquinas colhedoras de elevadas performances, o desperdício de grãos na

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, josegeraldo.silva@embrapa.br

<sup>2</sup>Eng. Agrícola, D.Sc., Prof. Tit. UFPel - Depto. Engenharia Rural/Bolsista CNPq, Campus Capão do Leão, Capão do Leão, RS, antoniolilles@gmail.com

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Goiânia, GO, adriano.nascente@embrapa.br

operação de colheita ainda continua excessivo, sendo comum verificar perda de grãos superior a 300 kg/ha. A arquitetura inadequada das plantas de feijão-comum, com muitas vagens posicionadas perto do solo, tem sido a causa principal das elevadas perdas de grãos na colheita mecanizada. No processo de condução da lavoura do feijoeiro, é necessária uma associação de Boas Práticas Agrícolas (BPA), envolvendo a identificação das melhores cultivares, com os mais adequados equipamentos colhedores e manejo do solo, para obter sucesso na operação de colheita e redução de perdas.

O feijoeiro pode ser colhido empregando-se os métodos manual e mecanizado, sendo que a colheita pode ser realizada em uma única etapa, quando se utilizam colhedoras-automotrizas, ou em duas etapas, com ceifadora e recolhadora-trilhadora.

Neste artigo, são apresentados os avanços ocorridos na mecanização da colheita, os fatores que interferem no êxito da operação, os sistemas mecanizados e os principais mecanismos de máquinas empregados e as perspectivas para a colheita do feijão-comum.

## **HISTÓRICO DA COLHEITA MECANIZADA**

A mecanização da colheita do feijão-comum no Brasil começou a ser utilizada no início da década de 1980, pois até então toda a produção brasileira era colhida de forma manual. Os primeiros equipamentos para ceifar ou arrancar as plantas de feijão-comum eram providos de lâminas, discos, correias, barra de corte giratória ou de barra de corte serrilhada. As ceifadoras de lâminas eram acopladas na dianteira ou na traseira do trator e possuíam de duas a oito lâminas dispostas em ângulo para cortar o solo e arrancar as plantas, como se fosse um arado. Os equipamentos de discos eram acionados por motores hidráulicos, um para cada linha de feijão-comum, e possuíam sentido de giros contrários, a fim de juntar as plantas ceifadas de duas

linhas numa leira, estes eram dispostos na dianteira do trator ou entre seus eixos. Também existiram ceifadoras que, ao ser empurradas pelos tratores, giravam os discos livremente cortando as plantas. Nas ceifadoras ou arrancadoras de correias, o princípio de trabalho baseava-se na movimentação de duas correias paralelas, uma em sentido oposto à outra, para prender entre si as plantas e arrancá-las do solo. Já as ceifadoras de barra giratória eram montadas na traseira do trator e possuíam até duas barras de ferro quadradas, com comprimento suficiente para operar em três ou quatro fileiras de plantas. As barras giravam abaixo da superfície do solo, acionadas pela tomada de potência do trator, para arrancar as plantas. Por último, os equipamentos com barra de corte serrilhada, sem flexão para acompanhar as ondulações do terreno, eram compostos de navalhas serrilhadas com movimentos alternativos. Todos esses equipamentos foram considerados inadequados para o feijoeiro por apresentar baixo desempenho, principalmente por provocar elevada perda de grãos. Por outro lado, mesmo se possuíssem bom desempenho, alguns desses equipamentos não seriam indicados para muitas áreas, como as sob o Sistema Plantio Direto (SPD), pelo fato de mobilizarem muito o solo.

Ainda na década de 1980, iniciou-se a fabricação de recolhadoras-trilhadoras, tracionadas por trator e providas de cilindro de trilha axial de plantas. Esse mecanismo de trilha proporcionava melhor qualidade dos grãos colhidos, em termos de menores porcentuais de danos mecânicos e de impurezas, quando comparado com as colhedoras-automotrizas de trilha radial, que existiam na época. O desempenho superior da trilha axial na cultura resultou em grande aceitabilidade dessas máquinas pelos agricultores e, atualmente, estão presentes em muitas propriedades onde se cultiva o feijão-comum do Brasil.

Na década de 1990 surgiram as colhedoras-automotrizas, com barra de corte flexível e cilindro de trilha axial, com

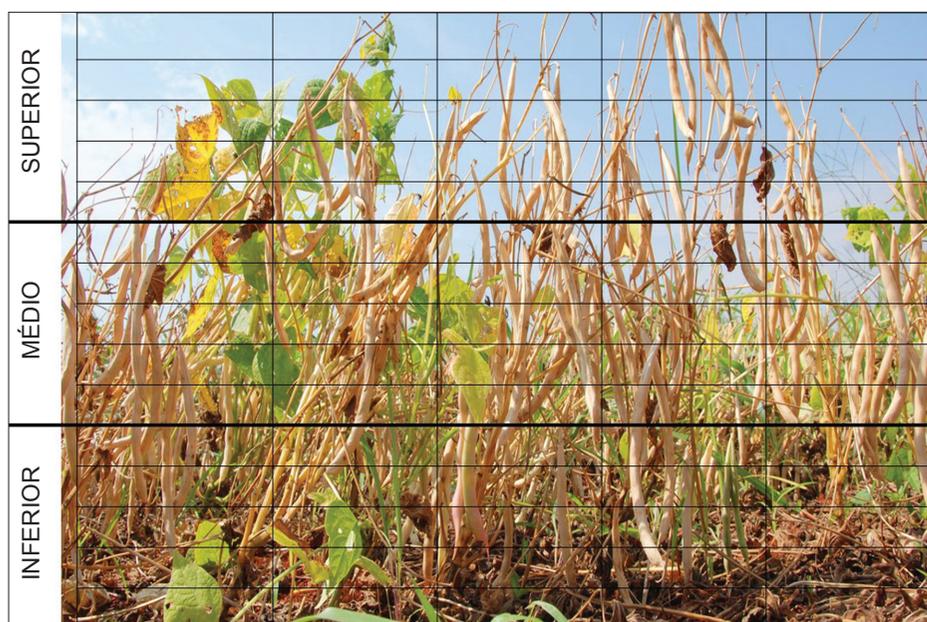
desempenho bem superior às colhedoras convencionais com barra de corte rígida e cilindro de trilha radial. Isso representou um avanço tecnológico nos processos de colheita do feijoeiro. Nessas máquinas foi introduzido um conjunto de peças, denominado kit feijão, para proporcionar menor perda de grãos, impurezas e danos mecânicos ao feijão-comum durante a operação de colheita.

Na década de 2000, foram desenvolvidas as máquinas ceifadoras-enleiradoras de plantas, que operam acopladas numa colhedora-automotriz convencional, após a retirada de sua plataforma, ou acopladas na lateral de um trator. O mecanismo de corte, formado por barra flexível com navalhas serrilhadas, ceifa as plantas de feijão-comum próximo ao solo, enquanto que a plataforma recolhadora, de pinos metálicos retráteis, recolhe e direciona as plantas ceifadas para a esteira transportadora, para formar uma leira. Na operação, a máquina é transportada por quatro rodas que a mantêm regulada distante do solo, permitindo que somente a barra flexível deslize no terreno, evitando o revolvimento do solo.

## **FATORES DE SUCESSO PARA A COLHEITA MECANIZADA**

### **Arquitetura das plantas de feijão-comum**

Em geral, a arquitetura das plantas do feijão-comum tem interferido negativamente na mecanização da colheita, pois muitas cultivares não possuem características favoráveis à operação das máquinas de colheita, como porte ereto e altura adequada das vagens em relação ao solo, as quais poderiam contribuir para a redução da perda de grãos. Na Figura 1, pode-se ver a distribuição das vagens numa planta de feijão-comum com grande concentração no terço inferior, onde operam as máquinas colhedoras. Em geral, existem dois tipos de hábito de crescimento em plantas de feijoeiro: determinado e indeterminado. O primeiro, do Tipo I, também é denominado arbustivo, pelo fato de a planta ser com-



José Geraldo da Silva

Figura 1 - Distribuição das vagens nas plantas de uma cultivar de feijão-comum

parativamente baixa e muito ramificada. O hábito indeterminado divide-se em três tipos: Tipo II – indeterminado, com ramificação ereta e fechada; Tipo III – indeterminado, com ramificação aberta; e Tipo IV – indeterminado, prostrado ou trepador. A maioria das cultivares de feijão-comum no Brasil possui hábito de crescimento indeterminado com plantas dos Tipos II e III. As cultivares comerciais de grãos preto e carioca são exemplos dos Tipos II e III. As cultivares do Tipo II são mais apropriadas à colheita com máquinas que as do Tipo III. Já as dos Tipos I e IV, geralmente, não se prestam à colheita mecanizada.

### Maturidade das plantas

O feijoeiro pode ser colhido logo após os grãos alcançarem a maturação fisiológica. Nesse estágio, as plantas estão com as folhas amarelas, com as vagens mais velhas secas e com os grãos no seu desenvolvimento máximo. A maturação refere-se às alterações morfológicas, fisiológicas e funcionais, que culminam com o ponto máximo de matéria seca (MS) nos grãos. Nesse ponto, os grãos alcançam o máximo de poder germinativo e de vigor. Na prática, a maturação fisiológica nos grãos é alcançada com um teor de água de até

40%. Estando com elevada umidade, só é possível a realização da ceifa mecanizada das plantas. Já a trilha mecânica das plantas deve ser feita posteriormente. Em geral, espera-se o teor de umidade dos grãos baixar para cerca de 22% para dar início à trilha mecanizada. Portanto, uma colheita de sucesso para as máquinas ceifadoras inicia-se quando os grãos atingem a maturação fisiológica. Já para as colhedoras-automotrizas, deve-se iniciar a colheita quando os grãos estiverem com menos de 22% de umidade. Para uniformizar a maturidade das plantas, é comum adotar-se a prática de dessecação com produtos químicos (herbicidas) com antecedência em relação à colheita, principalmente quando se planeja colher com colhedoras-automotrizas. Para grãos mais secos, com menos de 15% de umidade, a operação das ceifadoras ou das colhedoras deve ser realizada nos horários de menor incidência solar, na parte da manhã ou no final da tarde, a fim de minimizar as perdas por quebra de grãos.

### Desenvolvimento das plantas

Uma colheita mecanizada de sucesso acontece quando as plantas estão bem desenvolvidas e produtivas. As colhedoras apresentam melhor desempenho, se

abastecidas de plantas uniformes. Se feita de forma intermitente, além de provocar maior perda de grãos na operação, ocorrerá mais danos à própria máquina, principalmente naquelas que fazem a trilha. Falhas no plantio, controle inadequado de plantas daninhas na lavoura, uso de espaçamentos irregulares entre plantas e presença de plantas doentes e subdesenvolvidas representam alguns dos fatores que depreciam a colheita mecanizada e afetam a perda e a qualidade dos grãos de feijão.

### Qualidade do terreno

Por ser o ciclo de produção do feijoeiro muito curto, muitos restos vegetais presentes na lavoura não se decompõem em tempo e causam problemas na colheita mecanizada. Da mesma forma, sulcos deixados no solo pela semeadora, no ato do plantio, não se desmancham por ação natural, como a da água, nesse período curto de produção do feijão-comum. Esses fatores interferem na colheita, pois as máquinas operam muito próximas do solo, recolhem e misturam terra e palha às plantas de feijão-comum, depreciando o produto colhido e exigindo maior potência do equipamento, o que ocasiona maior gasto de combustível. Para contornar esses problemas e ter êxito na colheita, são recomendadas diversas práticas para a lavoura de feijão-comum. O uso do picador e espalhador de palhas nas colhedoras, durante a colheita da cultura anterior, facilita a operação de plantio do feijão-comum e, conseqüentemente, a de colheita. O terreno da lavoura, no SPD ou sistema convencional, deve ser adequadamente preparado para receber os grãos e os adubos. Deve ficar sem valetas, buracos, raízes e plantas daninhas. A semeadora-adubadora de feijão-comum deve ser preparada para deixar o terreno bem liso, de preferência sem sulcos abertos. Sempre que for conveniente, deve-se equipar as máquinas de plantio com sulcadores de discos, pois esses mobilizam menos o solo que os sulcadores de haste. A velocidade de plantio deve ser inferior a 6 km/h, para evitar a formação de sulcos abertos. Ain-

da, deve-se utilizar destorroador ou rolo nivelador imediatamente após o plantio, para quebrar os torrões e reduzir as irregularidades do terreno, a fim de facilitar a operação de colheita com máquinas.

### **Máquina correta**

A máquina deve ser conhecida em relação à sua capacidade de realizar um trabalho com qualidade. Nesse processo, é importante ajustar a fração da lavoura a ser plantada, num determinado período, à capacidade de colheita da colhedora, mas sempre respeitando os fatores agrônômicos da cultura do feijoeiro. A máquina correta deve extrair o máximo de grãos da lavoura, ser funcional, com excelentes resultados do produto colhido quanto à qualidade dos grãos, possuir rendimento operacional adequado, realizar a ceifa das plantas rente ao solo em altura inferior a 100 mm em toda a extensão da barra de corte e, especificamente para as recolhedoras-trilhadoras e para as colhedoras-automotrizas realizar a trilha com baixa danificação nos grãos de feijão.

## **SISTEMAS MECANIZADOS DE COLHEITA**

No sistema mecanizado, todas as operações da colheita são feitas com máquinas. O procedimento indireto, ou em duas ou mais etapas, é caracterizado pela utilização de equipamentos como a ceifadora-enleiradora, a recolhedora-trilhadora e, em alguns casos, o virador de leiras, em operações distintas. No procedimento direto, realizado em uma única etapa, são empregadas colhedoras-automotrizas, que realizam simultaneamente o corte, o recolhimento, a trilha, a abanação e o acondicionamento dos grãos.

### **Máquinas para a colheita indireta**

#### **Ceifadoras-enleiradoras**

Representam um conjunto de modelos de máquinas que vem sendo amplamente utilizado no processo de colheita do feijoeiro. As máquinas operam acopladas em uma

colhedora-automotriz convencional, após a retirada de sua plataforma de corte, ou acopladas no trator. O corte das plantas é feito por um conjunto de navalhas serrilhadas presas a uma barra, cujo comprimento pode atingir 6.000 mm. As navalhas possuem movimento alternativo, com cerca de 1.000 golpes por minuto, e operam próximas do solo suportadas por chapas que deslizam sobre o terreno e por atuadores de pressão. As ceifadoras podem ter levantadores de plantas, que atuam na frente das navalhas, para desviar as vagens do corte. Os efeitos benéficos dos levantadores somente são evidenciados em feijoeiros acamados e em lavouras com pouca presença de palha da cultura antecessora. Na operação de ceifa, o encontro das plantas com as navalhas dá-se por meio do avanço da máquina no campo e por ação do molinete. Existem molinetes ascendente e descendente. O ascendente atua no feijoeiro da base para o ápice da planta e o descendente, de forma contrária, do ápice para a base (Fig. 2). Após o corte, ambos molinetes conduzem as plantas ceifadas até a esteira, para formar uma leira de plantas sobre o terreno. O molinete ascendente eleva apenas a parte inferior da planta antes da ceifa e, depois, eleva a planta ceifada em direção à esteira enleiradora. Já o descendente eleva a planta inteira antes da ceifa. Geralmente, em feijoeiros acamados, o molinete descendente opera bem no campo, tanto na operação de ida como na de volta da ceifadora. Já o ascendente apresenta maior perda de grãos, quando o sentido de operação é o mesmo do acamamento das plantas. Durante a operação, as ceifadoras são transportadas por quatro rodas que as mantêm reguladas distantes do solo, permitindo que somente a barra flexível deslize no terreno.

#### **Virador de leiras**

Trata-se de um equipamento acionado pela traseira do trator, que serve para inverter a leira de plantas no campo, com o objetivo de uniformizar e acelerar a secagem. É utilizado quando o feijoeiro é enleirado no campo com elevado teor de água nos grãos ou quando chove sobre

as leiras de plantas. O virador constitui-se basicamente de um recolhedor e de uma esteira inversora de leira de plantas (Fig. 3). A operação de recolhimento, inversão e descarregamento da leira de plantas sobre o solo é muito simplificada, e o equipamento possui elevado rendimento operacional.

#### **Trilhadora**

Certamente a trilhadora é a máquina mais presente na colheita do feijão-comum. Opera de forma estacionária, acionada por motores de combustão interna ou elétricos ou por trator, por meio da tomada de potência. As máquinas especiais para feijão-comum são providas de cilindro trilhador rotativo com fluxo de plantas axial, contendo pinos batedores, de côncavo fixo perfurado ou contra batedor e de unidade de limpeza de grãos. O cilindro axial trilha as plantas ao atritá-las no côncavo e separa os grãos das palhas graúdas que são descarregadas por um sacapalha localizado na traseira da máquina. Os grãos são separados das palhas miúdas pelo ventilador e peneiras e, depois, acondicionados em sacaria. Alguns modelos de trilhadoras são providos de cilindro trilhador com fluxo de plantas radial que apresenta desempenho inferior ao modelo axial, por danificar mais os grãos.

#### **Recolhedora-trilhadora**

As recolhedoras-trilhadoras recolhem no campo as plantas enleiradas, que foram arrancadas ou ceifadas, e realizam a trilha, a separação, a limpeza e o acondicionamento dos grãos. São acopladas aos tratores pela barra de tração e acionadas pela tomada de potência (Fig. 4). O sistema dessas máquinas, para o recolhimento das leiras de plantas, dispõe de um conjunto de componentes capazes de efetuar a operação com eficácia e pouco desperdício de grãos. O sistema de trilha é provido de um cilindro trilhador com fluxo axial de plantas e de um côncavo cilíndrico perfurado. O processo da trilha é similar ao das trilhadoras estacionárias, em que o



Figura 2 - Ceifadora-enleiradora de plantas de feijão-comum  
 Fonte: Imagem (A) MIAC Máquinas Agrícolas (2005) e (B) MIAC Máquinas Agrícolas (2017b).  
 Nota: A - Com molinetes ascendentes; B - Com molinetes descendentes.

Fotos: Luiz Antônio Vizeu



Figura 3 - Equipamento virador de leiras de plantas de feijão-comum  
 Fonte: Imagem: MIAC Máquinas Agrícolas (2017a).

Fotos: Luiz Antônio Vizeu



Luiz Antônio Vizeu

Figura 4 - Recolhedora-trilhadora de feijão-comum

cilindro axial trilha as plantas ao atritá-las no côncavo; esse separa os grãos das palhas graúdas que são descarregadas por um sacapalha localizado na traseira da máquina. Os grãos são separados das palhas miúdas pelo ventilador e pelas peneiras. No caso das recolhedoras-trilhadoras, os grãos são acondicionados a granel. As recolhedoras-trilhadoras normalmente processam as plantas com elevado rendimento operacional e com baixos índices de perdas e de danos aos grãos do feijoeiro.

### Máquinas para a colheita direta

#### Colhedora-automotriz

A colhedora-automotriz de grãos tem por função retirar da lavoura os grãos limpos, sem palha ou restos de cultura, com um mínimo de perdas quantitativas e qualitativas. Para realizar essas operações, a máquina é provida de quatro unidades de operação, conforme as descrições, a seguir:

- a) unidade de corte e recolhimento: responsável por separar a porção da lavoura que vai ser colhida, fazer o corte da cultura e enviá-la às outras unidades da máquina. É a unidade da colhedora que ocasiona

os maiores percentuais de perda de grãos na colheita, principalmente do feijoeiro. Esse percentual geralmente é superior a 70% das perdas. Por isso, deve ser bem regulada e operada para ter êxito na operação. Possui separadores, molinete, barra de corte, transportadores e canal alimentador. Os separadores são normalmente barras metálicas que se encontram posicionadas na parte frontal da plataforma de corte e em suas extremidades, sendo a primeira parte da máquina a entrar em contato com a cultura. Sua função é separar a faixa da lavoura que será colhida pela plataforma de corte. Normalmente, a ação desse componente no feijoeiro provoca elevada perda de grãos, pois é comum o entrelaçamento das plantas enfileiradas. O molinete constitui-se de um rotor de 1,0 a 1,5 m, com quatro a seis pentes na periferia, os quais servem para levar as plantas ao encontro da barra de corte, apoiá-las para ser cortadas e, posteriormente, conduzi-las para dentro da plataforma. No caso do feijoeiro, o molinete serve também para elevar as plantas aca-

madar e facilitar o corte com menor desperdício de grãos. A velocidade angular do molinete é controlada remotamente do posto do operador e deve ser ajustada para ser superior à velocidade de deslocamento da colhedora e proporcionar o mínimo de perdas de grãos e degrana das vagens. A barra de corte compõe-se de dois elementos cortantes, que são as navalhas serrilhadas com movimento alternativo e as contrafacas fixas. O perfeito funcionamento do mecanismo de corte é fundamental para uma boa operação. Navalhas e contrafacas sem fio ou desgastadas podem provocar perda de grãos de feijão ou trilha antecipada, que afeta a qualidade dos grãos. A barra de corte para o feijoeiro deve ser flexível, isto é, deve permitir deslocamentos verticais independentes, para acompanhar os desníveis do terreno e realizar o corte das plantas rente ao solo. Os transportadores conduzem as plantas que foram cortadas pela barra de corte e recolhidas pelo molinete e as levam ao canal alimentador. Existem dois modelos de transportadores nas colhedoras: o caracol e as esteiras recolhedoras *draper* (Fig. 5). O caracol é um cilindro giratório, com comprimento semelhante à largura da plataforma de corte. Cada metade é envolta por um helicóide com passo de rosca em sentidos opostos, para levar as plantas ao centro da plataforma e, daí, para o cilindro trilhador através do canal alimentador. No centro do caracol existe um conjunto de dedos retráteis para impulsionar o material cortado em direção ao canal alimentador. A altura do caracol ou a distância entre os helicóides e o fundo da plataforma devem ser ajustadas para permitir um fluxo contínuo de material para o centro da plataforma e para o canal alimentador. Essa altura dá-se em função

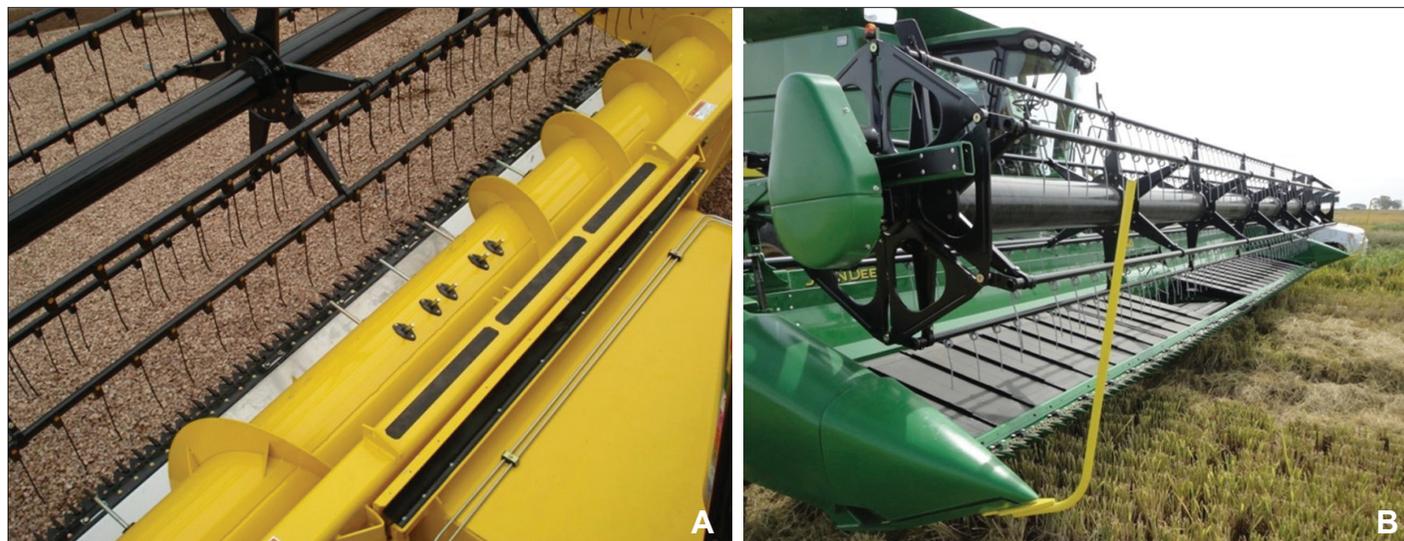


Figura 5 - Plataforma de corte da colhedora-automotriz com os mecanismos de recolhimento de plantas

Nota: A - Caracol; B - Esteiras draper.

do volume do material e do tipo da cultura. Os transportadores *draper* compõem-se de esteiras que se movimentam da extremidade para o centro da plataforma de corte e do centro desta em direção ao interior da máquina, conduzindo as plantas ceifadas. A velocidade de movimentação das esteiras deve ser ajustada à velocidade de operação da máquina, para permitir que todo o material cortado seja conduzido ao interior da colhedora. Ao comparar o sistema *draper* com o de caracol, verifica-se que o primeiro apresenta: maior capacidade de colheita; maior intervalo entre as manutenções; menor atrito na condução das plantas, que beneficia o feijoeiro pela redução da trilha antecipada na unidade de corte, e menor peso por largura de corte. Por outro lado, o sistema eleva o preço da colhedora em até 30%. O último componente da unidade de corte é o canal alimentador. Este serve para transportar o material da plataforma de corte até a unidade de trilha e suportar, fisicamente, a plataforma. A função de transporte é realizada por meio de uma esteira alimentadora, que se encontra no interior do canal. As plantas trazidas

da plataforma são arrastadas sobre o fundo do canal, pela esteira alimentadora até o sistema de trilha;

- b) unidade de trilha e separação: têm a função de trilhar e de separar os grãos dos demais componentes das plantas. A unidade de trilha pode ser provida de rotor com fluxo de plantas no sentido tangencial e longitudinal. Comumente, o primeiro é chamado radial e o segundo axial (Fig. 6). O sistema radial é formado por um cilindro giratório e por um côncavo fixo, que o envolve parcialmente, ambos dispostos transversalmente na colhedora. A distância entre o cilindro e o côncavo é maior na dianteira que na parte posterior, para facilitar a entrada das plantas no sistema de trilha. Esses mecanismos podem ter dentes ou barras estriadas para atritar as plantas. No caso do feijoeiro, o cilindro de barras, comparado ao de dentes, danifica menos os grãos, pois a trilha dá-se mais pela fricção que pelo impacto nas vagens. Na trilha, a separação dos grãos do resto das plantas alcança 90%. Os demais grãos são separados pelo sacapalhas. Ainda faz parte da unidade um

batedor traseiro, posicionado entre o cilindro trilhador e o sacapalha, que completa a trilha e direciona o material para o sacapalha. Esse dispositivo agita o material trilhado, para extrair os grãos remanescentes e deslocar a palha para trás, a fim de descarregá-la sobre o terreno. O sistema de trilha axial compõe-se de um ou de dois rotores, dependendo do modelo da colhedora, e de um côncavo dispostos longitudinalmente na máquina. O rotor possui aletas na periferia distribuídas em formato helicoidal e opera dentro do côncavo, que é normalmente formado por cilindro fixo de chapa perfurada. À medida que as plantas são atritadas dentro do cilindro pelo rotor, os grãos vão sendo retirados dos restos vegetais pelos furos do côncavo. O tempo da trilha axial é maior que a radial pelo fato de o rotor operar com menor velocidade e ter maior comprimento. Assim, a trilha torna-se menos agressiva, o que ajuda a preservar a qualidade dos grãos, principalmente os de feijão, que se danificam facilmente na trilha. As máquinas dotadas deste sistema não possuem unidade de separação, pois o mecanismo realiza ao mesmo tem-

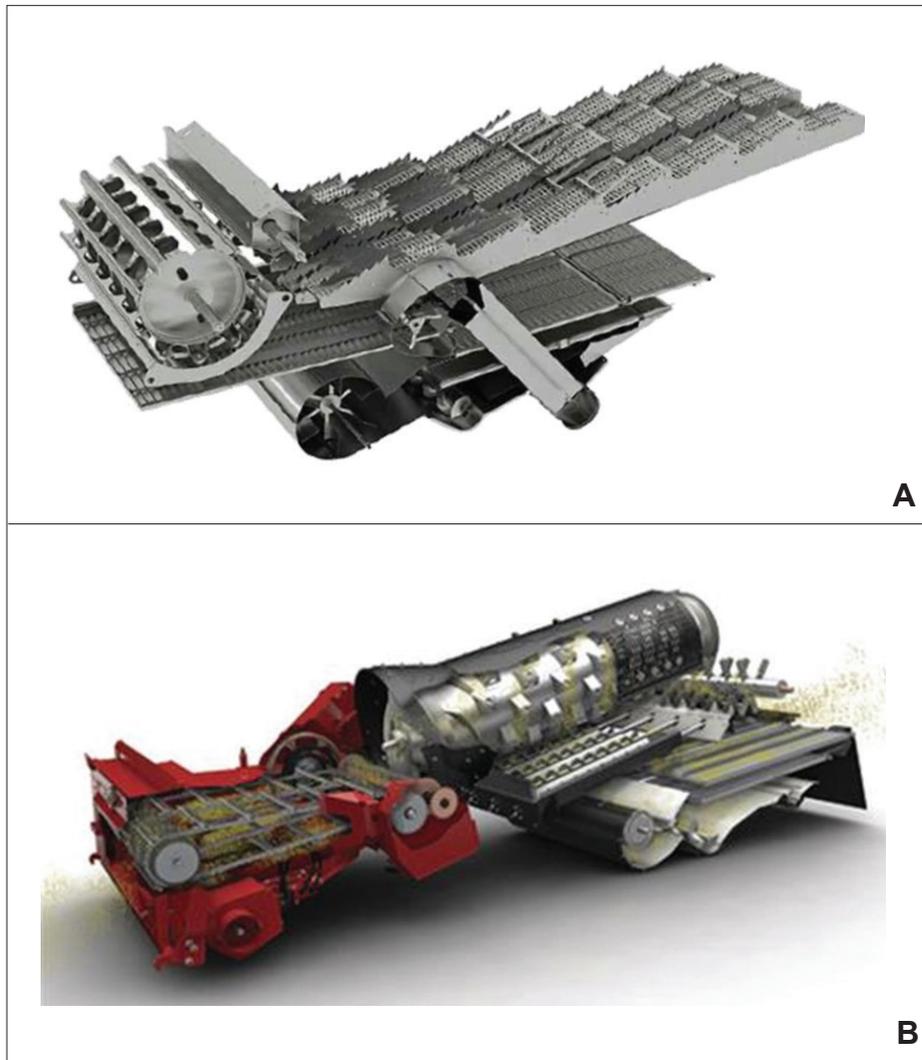


Figura 6 - Unidade de trilha e separação da colhedora-automotriz com cilindros de trilha  
Fonte: (A) Harvesto (2017) e (B) Case IH (2017).

Nota: A - Radial; B - Axial.

po a operação de trilha na sua parte inicial, a separação na sua parte final e o descarregamento da palha. Existem ainda as colhedoras híbridas, que associam a trilha radial com o rotor axial para trilhar e separar os grãos do resto da cultura. Nessas máquinas, o cilindro de trilha radial tem a função de somente alimentar o rotor axial, que realiza a trilha e a separação dos grãos, sendo retirado da máquina o sacapalha. Esses mecanismos têm sido utilizados mais na colheita do arroz;

c) unidade de limpeza: é constituída por bandejão, peneiras superior e

inferior, extensão da peneira superior e ventilador. Tem a função de separar os grãos do palhicho, palha curta, poeira e grãos não trilhados. A limpeza dos grãos dá-se por meio de peneiras e do vento produzido por um ventilador de pás. A extensão da peneira superior retém os grãos não trilhados que são conduzidos para a retrilha;

d) unidade de transporte e armazenamento: o transporte de produto dentro da colhedora inicia-se após a operação de limpeza, distinguindo-se dois fluxos que são o de grãos limpos e o de retrilha. No primei-

ro, os grãos são recolhidos sob a peneira inferior por um helicóide, que os conduz, lateralmente até um elevador, que transporta o material até o depósito de grãos. A descarga do depósito é feita por um conjunto de condutores helicoidais. O fluxo da retrilha é semelhante, no entanto, o material recolhido da extensão da peneira superior e aquele que passa por sobre a peneira inferior são levados, pelo elevador de retrilha, para o cilindro de trilha ou para o batedor traseiro. O armazenamento é feito no tanque graneleiro da colhedora cuja capacidade varia com o modelo de máquina.

#### Automação das colhedoras

A automação visa diminuir os esforços empregados na operação da colhedora e proporcionar aumento da produtividade e da qualidade do trabalho. Atualmente, as colhedoras podem contar com uma gama enorme de sistemas automatizados, que auxiliam desde a condução na lavoura até a regulagem e manutenção básica. Portanto, cada uma das unidades componentes da colhedora, vistas anteriormente, é passível de ser automatizada. Assim, a plataforma de corte pode ter regulagem automática para posicionar a altura de operação e variar as velocidades do molinete, do mecanismo de recolhimento de planta (caracol ou esteiras *draper*) em função do avanço da máquina e das condições da lavoura. No sistema de trilha pode haver variação automática tanto da rotação do cilindro, quanto do distanciamento entre o cilindro e o côncavo. Os sistemas de separação e limpeza podem-se autorregular em função das condições e quantidade de material a ser processado, sempre com o objetivo de obter mais rapidez na operação e com o mínimo de ocorrência de perdas. O controle de todo o processo de automação é normalmente realizado na cabine da colhedora, onde o operador pode atuar na regulagem de componente da máquina de acordo com

a necessidade. Em algumas colhedoras, o processo de manutenção básica também pode ser automatizado, principalmente no que se refere à lubrificação da máquina. Portanto, com a utilização da tecnologia, que se encontra disponível no mercado, a colhedora pode tornar-se um veículo autônomo, isto é, capaz de realizar as operações básicas com pouca interferência humana.

#### Acessórios para colhedora-automotriz de feijão-comum

As colhedoras-automotrizas para feijão-comum, por executarem a colheita rente ao solo, necessitam ser equipadas com plataforma de corte flexível e com um conjunto de acessórios, para diminuir os danos e a mistura de terra aos grãos. Estes acessórios são basicamente: dedos levantadores de plantas para evitar o corte das vagens; sapatas de plástico para apoiar e manter a barra de corte próxima do solo; chapas perfuradas na plataforma de corte, no alimentador do cilindro trilhador e no bandeirão para eliminar terra que entra na máquina; e redutor de velocidade do cilindro de trilha radial para cerca de 200 rpm e uso de elevador de canecas para danificar menos os grãos.

#### PERSPECTIVAS PARA A COLHEITA MECANIZADA DO FEIJÃO-COMUM

Até pouco tempo, a colheita mecanizada do feijoeiro era praticada de forma esporádica e estratégica, somente quando não se dispunha de mão de obra para realizar a operação manual, especialmente para arrancar as plantas. O uso de colhedoras no feijoeiro resultava em elevadas perdas de grãos, quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos. As máquinas eram comuns às outras culturas e não se ajustavam ao feijoeiro. Eram usadas sem se preocupar com os desperdícios de grãos. Atualmente, a tendência para a colheita do feijoeiro, cultivado principalmente nas médias e grandes lavouras, é a adoção dos procedimentos totalmente mecanizados, tanto para ceifar, quanto para trilhar as plantas,

utilizando-se de maquinários especializados. Além das vantagens da mecanização, a mudança de procedimento ocorre por causa da escassez e do custo da mão de obra, os quais elevam os gastos da colheita. Apesar dos avanços alcançados, principalmente com o desenvolvimento de equipamentos colhedores para o feijoeiro, a colheita ainda é uma prática de difícil realização, pois as perdas continuam elevadas. O surgimento de máquinas que permitem ceifar as plantas numa altura baixa, cerca de 100 mm distante do solo, representa um avanço para o feijoeiro, porém não minimizou os desperdícios de grãos. Novas barras para ceifar as plantas, mais flexíveis e com poder de operar rente ao solo, eficazes abridores de linhas de plantas nas colhedoras, efetivos levantadores para plantas de feijão-comum que se acamam, deverão surgir para melhorar o desempenho da unidade de apanha da máquina. A associação desses fatores com um bom manejo do solo e do plantio para deixar o terreno com a superfície lisa, sem torrões e sulcos, certamente irá favorecer à ceifa mecanizada das plantas. Por fim, ainda se constata que o maior entrave à colheita mecanizada do feijoeiro é o próprio feijoeiro. A maioria das cultivares não apresenta plantas com arquitetura de porte e de altura de inserção de vagens favoráveis ao emprego de máquinas colhedoras. Os feijões não possuem maturação uniforme e são, provavelmente, os mais sensíveis ao impacto mecânico da trilha, dentre todos os grãos cultivados. Além disso, existe uma grande exigência do mercado para que os grãos tenham elevada qualidade física. Isso dificulta a operação das máquinas e cria-se uma enorme demanda para que os programas de melhoramento de plantas desenvolvam cultivares com características mais favoráveis. É evidente que os estudos genéticos das plantas vêm-se intensificando e que muitas cultivares disponibilizadas aos produtores já possuem melhores características para a colheita mecanizada em comparação com as cultivares antigas. Contudo, considerando que a operação de colheita mecanizada ainda provoca

muito desperdício de grãos, que pode ser significativamente reduzido, a grande perspectiva para se colher o feijoeiro com sucesso é ter cultivares com características mais favoráveis à operação mecanizada, utilizar máquinas de colheita específicas e adotar BPA na lavoura, para otimizar o desempenho e as perdas quantitativas e qualitativas de grãos na operação.

#### REFERÊNCIAS

- CARNEIRO, J.E. de S.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: do plantio à colheita**, Viçosa, MG: UFV, 2015. Prefácio.
- CASE IH. **Axial flow 140 series: cleaning**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.caseih.com/apac/en-int/products/harvesters/axial-flow-140-series>>. Acesso em: 18 maio 2017.
- HARVESTO. **Dreschwerk mit maximaler leistung**. [S.l., 2017]. Disponível em: <<http://www.harvesto.de/de/Produkte/ROSTSELMASH/Maehdrescher/ACROS-580/>>. Acesso em: 18 maio 2017.
- MIAC MÁQUINAS AGRÍCOLAS. **Ceiflex: ceifador de feijão**. Pindorama, [2005]. Não paginado. Folder.
- MIAC MÁQUINAS AGRÍCOLAS. **Top Flex 4.5 - ceifador e enleirador de feijão**. Pindorama, [2017]. Disponível em: <<http://www.miac.com.br/conteudo/top-flex-45-ceifador-e-enleirador-de-feijao.html>>. Acesso em: 18 maio 2017.
- MIAC MÁQUINAS AGRÍCOLAS. **Transfer Line R - virador de feijão**. Pindorama, [2017]. Disponível em: <<http://www.miac.com.br/conteudo/transfer-line-r-virador-de-feijao.html>>. Acesso em: 18 maio 2017.

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- MORAES, M.L.B. de; REIS, A.V. dos; MACHADO, A.L.T. **Máquinas para colheita e processamento de grãos**. 2.ed.rev. e ampl. Pelotas: Universitária:UFPEL, 2005. 151p.
- SILVA, J.G. da. Colheita do feijão. In: CARNEIRO, J.E. de S.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015. p.327-355.
- SILVA, J.G. da.; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Colheita direta de feijão com colhedora automotriz axial. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.4, p.371-379, out./dez. 2009.

# Potencial da agricultura de precisão no cultivo de feijão

Marley Lamounier Machado<sup>1</sup>

Resumo - A agricultura de precisão, como ferramenta de melhoria de rendimento agrícola, poderia ser mais bem empregada em cultivos de feijão, a leguminosa mais importante para o consumo humano. Minas Gerais apresenta-se como o segundo maior produtor de feijão do País, mas tem a sétima posição em termos de produtividade. São apresentados métodos e técnicas de agricultura de precisão que poderiam ser utilizados para melhorar o setor produtivo do feijão, especialmente no estado de Minas Gerais. O sistema de agricultura de precisão compreende as etapas de coleta de dados, gerenciamento da informação (análises e interpretação), recomendações e aplicação de insumos à taxa variada. As principais atividades executadas para a coleta de dados são a utilização de sensores remotos, a amostragem de solos e de clima e o mapa de produtividade. Na fase de gerenciamento da informação (análises e interpretação) é produzido o mapa de variabilidade espacial da área de cultivo por diferentes técnicas, para em seguida proceder a análises e interpretações, visando às recomendações ou intervenções em locais específicos, como a aplicação à taxa variada, que corresponde à aplicação de insumos agrícolas em doses variadas em função da necessidade local da área de atividade agrícola. Existem ainda processos que devem ser melhorados na agricultura de precisão, mas há uma tendência de evolução que inclui o desenvolvimento de aplicativos, a expansão de equipamentos móveis com Global Navigation Satellit System (GNSS) e acesso à internet, armazenamento e processamento em nuvem.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Geoinformação. Geotecnologia. Mecanização agrícola. Taxa variada.

## Potential of the precision agriculture for common bean crop

Abstract - Precision agriculture, as a tool for improving yield, could be better employed for common bean, since it is the most important legume for human consumption. Although Minas Gerais is the second largest common bean producer in Brazil, the State has the seventh position in terms of yield. This article aims to discuss precision agriculture methods and techniques that could be used to improve the common bean production, especially in Minas Gerais. The precision agriculture comprises the following steps: data collection, information management (analyses and interpretation), recommendations and application of inputs at variable rates. The main activities related to data collection are using of remote sensors, soil and climate sampling and the yield map. During the information management phase the map of spatial variability of the crop area is produced by different techniques. After that, analyses and interpretations are performed to provide recommendations or interventions for specific sites, such as applications at variable rates (application of agricultural inputs in variable rates depending on the local needs). There are still many processes to be improved in precision agriculture, especially related to the development of applications and mobile equipments with Global Navigation Satellit System (GNSS), as well as internet access, cloud storage and processing.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Geoinformation. Geotechnology. Agricultural mechanization. Variable rate.

### INTRODUÇÃO

A Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS, 2017) prevê para a safra 2016/2017 os maiores índices de produtividade em grãos desde o período 2010/2011. Seriam 60.100,7 ha plantados, com produtividade

média prevista de 3.793 kg/ha. Dentre os grãos, os de maior aumento na produção são: arroz, feijão, soja e amendoim. Esse aumento na produtividade das lavouras ocorreu, principalmente, por causa de investimentos em insumos e máquinas agrícolas.

A mecanização agrícola permitiu a aplicação de insumos, plantio e colheitas de grandes áreas, de forma ágil e com o

mínimo de perda; o cultivo de mais de uma safra no ano em algumas regiões e, ainda, contribuiu para suprir a redução de trabalhadores rurais. Houve, entretanto, um aumento considerado a partir da instalação da indústria de tratores no ano de 1959, quando foi instituído o Plano Nacional da Indústria de Tratores de Rodas (AMATO NETO, 1985). Já a partir dos anos 70,

<sup>1</sup>Eng. Agrimensor, D.Sc. Engenharia Agrícola, Pesq. EPAMIG-DPPE-Geoprocessamento, Belo Horizonte, MG, marley@epamig.br

outros fatores contribuíram para o crescimento da frota brasileira, como a expansão agrícola, especialmente no Cerrado, e os estímulos governamentais, como o crédito subsidiado.

O aumento da produtividade agrícola no Brasil baseia-se, além do crescimento e da modernização da mecanização agrícola, no desenvolvimento de insumos agrícolas e na inovação tecnológica com novas cultivares adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas e com maior resistência a pragas e a doenças. Nesse sentido, o Brasil tem potencial para se tornar o maior exportador de alimentos do mundo. O Relatório 2015 da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (FAO-BRASIL, 2017) menciona que a produção brasileira será capaz de atender à demanda interna e, ainda, contribuir para alimentar o mundo, cuja população chegará a mais de 9 bilhões de pessoas, em 2050. Essa meta poderá ser alcançada, além de novas políticas públicas para o setor, com maior produção agrícola, considerando o aumento de produtividade ou de área plantada.

Portanto, a eficácia na aplicação dos recursos disponíveis é indispensável para a obtenção do sucesso nas atividades agrícolas, sendo assim necessário obter informações sobre os fatores que interagem na lavoura, procurando entendê-los, para que seus benefícios possam ser maximizados. Soares Filho (2014) menciona que na definição da produção agrícola há os fatores controláveis e os incontroláveis e, para ter sucesso na exploração, é fundamental a informação dos fatores de produção. Nesse caso, os campos cultivados podem ser uniformes ou apresentar variabilidade relacionada com o solo, o microclima e a época (aspecto temporal). Se as variações puderem ser medidas e registradas, poderiam ser usadas, por exemplo, para variar a utilização dos insumos otimizando a aplicação.

A tecnologia de agricultura de precisão é um conceito que se aplica a esse con-

texto. Pode ser definida como um sistema de gerenciamento da produção com base na variabilidade espacial e temporal da lavoura, visando tanto à otimização do lucro, como à maior sustentabilidade e, conseqüentemente, à redução da agressão ao meio ambiente em função do uso mais racional dos insumos agrícolas (GOEL et al., 2003). A proposta da agricultura de precisão é permitir que se faça em áreas extensas o que os pequenos produtores sempre fizeram, que é o tratamento dos detalhes, considerando as diferenças existentes em um talhão (SOARES FILHO, 2014). E pode ser entendida como um ciclo que se inicia na coleta dos dados, análises e interpretação dessas informações, geração das recomendações, aplicação no campo e avaliação dos resultados (GEBBERS; ADAMCHUK, 2010).

A agricultura de precisão, também conhecida como *Precision Farming* ou *Site-Specific Crop Management* (manejo agrícola em locais específicos), surgiu como um sistema de gerenciamento de informações e teve seu crescimento potencializado a partir de avanços da tecnologia de posicionamento terrestre por satélites, inicialmente com o Global Positioning System (GPS) e hoje o Global Navigation Satellite System (GNSS); e de tecnologias de sensoriamento remoto. Os conceitos surgiram a partir do emprego dessas técnicas na agricultura, utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), juntamente com a aplicação de insumos em taxas variáveis.

O levantamento promovido por Bernardi e Inamasu (2014) indicou que os principais produtos agrícolas cultivados com ferramentas de agricultura de precisão foram a soja e o milho, seguidos pelo trigo e feijão. Soares Filho (2014) menciona que em pesquisa feita com agricultores do estado de Goiás, o feijão, juntamente com o sorgo, tem a preferência de 9,1% dos entrevistados em utilização de agricultura de precisão na cultura.

Assim, a agricultura de precisão, como ferramenta de melhoria de rendimento agrícola, poderia ser mais bem emprega-

da em cultivos de feijão, visto que essa cultura é a leguminosa mais importante para o consumo humano, pois constitui fonte de proteína ( $\cong 22\%$ ), vitaminas (ácido fólico) e minerais (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn) (BEEBE, 2012). E também pelo aspecto econômico, visto que, além de estar presente na dieta do brasileiro, tem o Brasil como um dos maiores exportadores mundiais e com perspectiva de aumento de 34,9% na produção da safra de 2016/2017 em relação a 2015/2016 (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS, 2017).

Nesse cenário, Minas Gerais apresenta-se como o segundo maior produtor de feijão do País, mas tem a sétima posição em termos de produtividade (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS, 2017). Portanto, pretende-se com este artigo apresentar métodos e técnicas de agricultura de precisão que poderiam ser utilizadas para melhorar o setor produtivo do feijão, especialmente no estado de Minas Gerais.

## ETAPAS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

O sistema de agricultura de precisão inclui resumidamente, as etapas de coleta de dados, gerenciamento da informação (análises e interpretação) e recomendações e aplicação de insumos à taxa variada.

### Coleta de dados

A etapa de coleta de informações compreende os dados da lavoura medidos em uma área já cultivada ou a ser cultivada. Significa quantificar a variabilidade existente e identificar sua localização no campo por coordenadas geográficas (georreferenciamento), tanto na produtividade dos cultivos como dos fatores que influenciam a produção.

A variabilidade e/ou presença de microclimas no domínio agrícola pode ser em função de diferentes fatores, conforme relatado por Damalgo et al. (2014):

- tipos de solos considerando as características físicas, químicas e biológicas;

- b) solos compactados ou com outros tipos de impedimentos físicos ou químicos na subsuperfície;
- c) capacidade de retenção de água dos solos;
- d) ataques de pragas e/ou doenças;
- e) presença de vegetação em crescimento ou simplesmente morta, visto a diferenciação na absorção de radiação solar e nas trocas dos fluxos térmicos e hídricos;
- f) exposição das vertentes, principalmente em áreas acidentadas, em que pode influenciar a quantidade de radiação solar durante o inverno, repercutindo na redução do rendimento de grãos e/ou no atraso da ocorrência de estádios fenológicos;
- g) aumento da população de plantas ou redução do espaçamento entre-linhas.

As principais atividades executadas para a coleta de dados são a utilização de sensores remotos, a amostragem de solos e de clima e o mapa de produtividade. Todas essas informações são adquiridas com a utilização de sistemas de posicionamento por satélites para a aquisição de coordenadas geográficas.

#### Sistemas de posicionamento por satélites

Sistemas de posicionamento por satélites são tecnologias que proporcionam informações de tempo e posição tridimensional em qualquer instante e lugar do planeta. Hoje, utiliza-se a sigla GNSS para designar os sistemas de posicionamento por satélites artificiais com cobertura mundial. É composto pelo conjunto de satélites norte-americano GPS e o conjunto de satélites russo Global Orbiting Navigation Satellite System (Glonass). Outros sistemas GNSS em desenvolvimento incluem o sistema europeu Galileo e o sistema chinês Compass ou Beidou-2.

Todos esses satélites transmitem informações referentes à sua posição e também à hora atualizada, sempre em

intervalos sistematicamente regulares. Os sinais provenientes dos satélites viajam na velocidade da luz ( $\cong 300$  mil km/s) até o receptor GNSS. Assim, o receptor calcula a distância de cada satélite com base no tempo para o deslocamento do sinal (bilionésimos de segundos). Essa distância define uma circunferência a partir da posição do satélite. Pela geometria, a interseção de três circunferências define um ponto (Fig. 1). Assim, o sinal de três satélites que chega ao receptor determina sua posição geográfica no plano e uma quarta circunferência define a altitude.

Em agricultura de precisão, utilizam-se dois métodos com GNSS que permitem uma melhora significativa na precisão da localização, o Differential GPS (DGPS) e o Real Time Kinematic (RTK).

O DGPS utiliza um receptor (base), fixo, colocado em um ponto de coordenadas conhecidas precisas. Paralelamente, outro receptor (rover) trabalha no levantamento de campo recebendo, ao mesmo tempo, os sinais dos mesmos satélites recebidos pelo receptor base. Em processamento pós-levantamento, o erro de recepção é calculado em dado instante entre o ponto de coordenada conhecida e

a coordenada medida pelo rover, sendo utilizado para a correção das coordenadas desse último receptor.

No sistema RTK, informações que permitem identificar o erro encontrado na estação base são transmitidas instantaneamente, em geral via sinal de rádio, para o receptor rover, não necessitando, assim, de pós-processamento para melhorar a precisão das coordenadas do levantamento de campo.

#### Sensoriamento remoto

Descreve técnicas e métodos para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre estes, por meio de sensores. Estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto na agricultura de precisão é importante, visto que muitas vezes o aumento na quantidade de amostra torna-se necessário para verificar a variabilidade espacial. Assim, a utilização desta ferramenta pode contribuir para avaliar a variabilidade

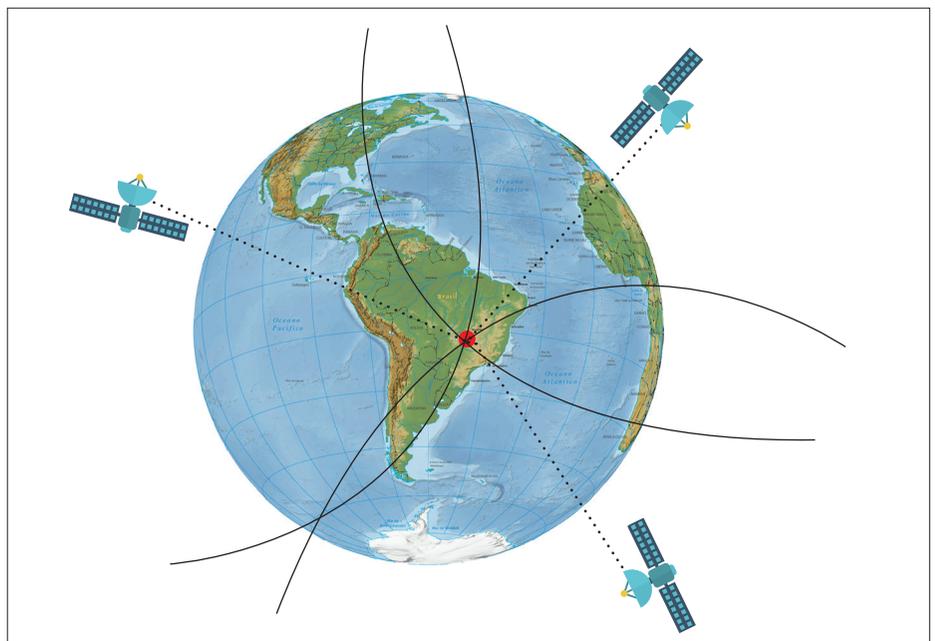


Figura 1- Funcionamento GNSS

Nota: GNSS - Global Navigation Satellite System.

espacial do solo e das culturas e possibilitar a redução do número de amostras, bem como contribuir para a automação da avaliação, otimizando o tempo e a mão de obra, mantendo a confiabilidade da estimativa (BERNARDI et al., 2015).

Em sensoriamento remoto tem ainda uma característica que seria a de visualizar uma cena em comprimentos de onda que vão além da sensibilidade humana. Huang et al. (2007) mencionam que no caso de doenças em cultivos, a utilização de bandas de frequência que vão além do limite de sensibilidade humana pode proporcionar a detecção dos primeiros sintomas da doença, caso os sintomas pré-visuals existam. Esse fato pode permitir a aplicação de fungicidas a taxas variadas nos locais e períodos adequados, como parte das estratégias de controle químico preventivo de doenças de feijão. Moshou et al. (2004) acrescentam que a pulverização uniforme não só apresenta custo elevado, mas também aumenta a probabilidade de contaminação das águas subterrâneas e de resíduos tóxicos nos produtos agrícolas.

Sensores remotos colocados em plataformas terrestres ou em plataformas de

baixa altitude oferecem diversas vantagens sobre metodologias convencionais de avaliação visual no local, dada a possibilidade de utilização de diferentes comprimentos de onda e da amplitude do campo visual dos sensores em função da altura de posicionamento. A Figura 2 apresenta sensores utilizados em plataformas terrestres em lavouras de feijão, onde é apresentado em destaque uma câmera multispectral de cinco bandas (Fluxdata-1665) e de um espectrorradiômetro (HandHeld-ASD) para a mensuração da reflectância em 750 comprimentos de onda de 1 nm.

Modelos matemáticos podem ser utilizados com o objetivo de melhorar a relação de dados provenientes de sensores remotos (bandas espectrais) com parâmetros da vegetação, visando à discriminação de diferentes condições fisiológicas das plantas. São definidos como uma combinação de dados de duas ou mais bandas espectrais. Esses modelos são conhecidos como índices de vegetação. Um dos mais utilizados é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) –, em que se utilizam as bandas do infravermelho próximo

(IV) e a banda do vermelho (V), conforme apresentado na Equação 1.

$$NDVI = \frac{(IV - V)}{(IV + V)} \quad (1)$$

#### Caracterização de microclimas

Variáveis climáticas que caracterizam um microclima podem ser medidas no solo, no dossel ou acima deste, especialmente aquelas ligadas às trocas gasosas, as quais permitem identificar, por exemplo, a demanda evaporativa da atmosfera.

Dentre essas variáveis destacam-se: balanço de radiação, balanço de energia, temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, molhamento foliar, precipitação pluvial, umidade do solo, fluxo de calor para o solo e temperatura deste, etc. Também, podem ser medidas respostas ecofisiológicas das plantas, como a interceptação de radiação solar, temperatura das folhas, condutância estomática e potencial da água nas folhas, as quais integram as relações no sistema solo-planta-atmosfera.

Na Figura 3 é apresentado exemplo de sensores que podem ser utilizados na identificação de microclimas.

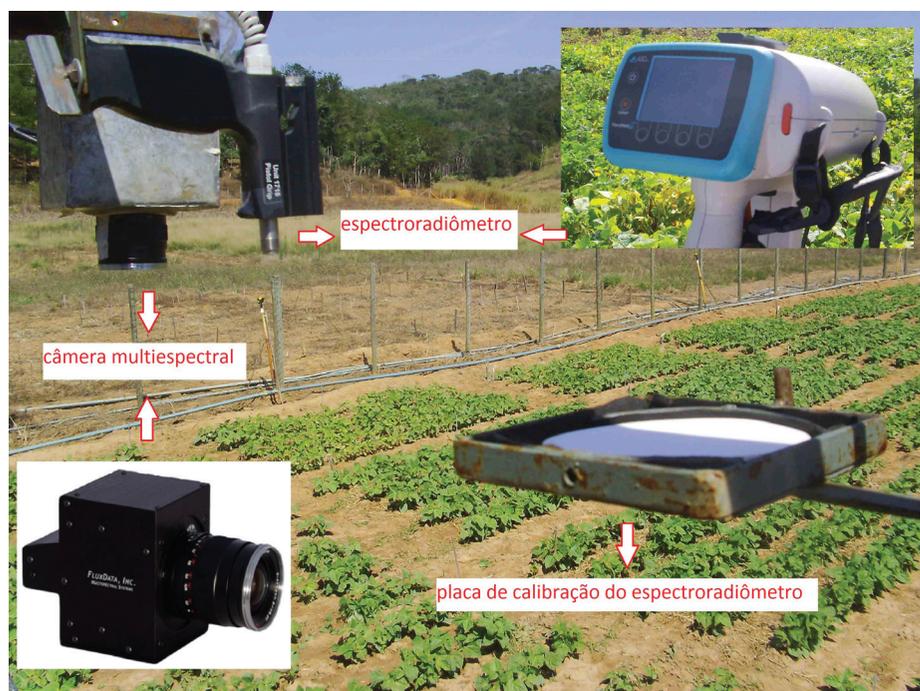


Figura 2 - Sensores utilizados em plataforma terrestre em plantio de feijão  
Fonte: Machado (2013).

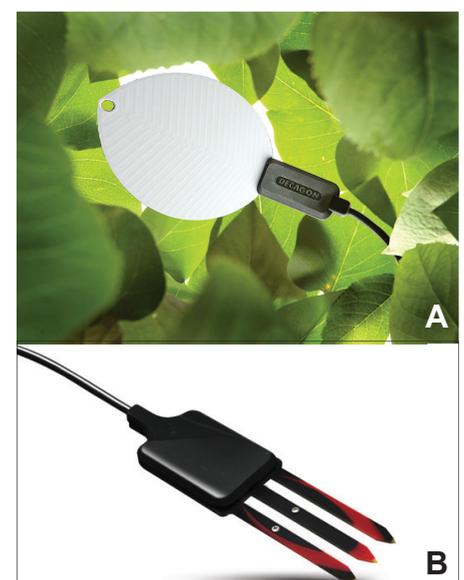


Figura 3 - Sensores de microclima  
Fonte: (A) Decagon Device (2017a) e (B) Decagon Device (2017b).

Nota: A - Sensor de molhamento foliar; B - Sensor de umidade, temperatura e condutividade elétrica do solo.

### Veículos aéreos não tripulados

Os veículos aéreos não tripulados (Vants) são aeronaves que possuem a característica de voar com ou sem plano de voo, sem tripulação a bordo, em que os controles das atividades a ser executadas podem ser feitos remotamente e/ou programados por sistemas computacionais. Também são conhecidos como drones (tradução do inglês: zangão), apesar de ser um termo genérico e poder descrever outros veículos que não necessariamente aeronaves. A Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) faz ainda uma subdivisão de Vant em aerodelos e aeronaves remotamente pilotadas (RPA). O primeiro é utilizado para lazer e o segundo para outros fins, como corporativo ou comercial. A Anac faz ainda uma subdivisão dos RPAs em três classes, conforme o peso máximo de decolagem: 1 - maior que 150 kg; 2 - de 25 a 150 kg e 3 - até 25 kg.

Todos os RPAs devem ter registro na Anac, mas os pertencentes à classe 3 não necessitam de habilitação, desde que voem até 121,92 m.

Avanços recentes na tecnologia computacional, desenvolvimento de software, materiais mais leves, sistemas globais de navegação, avançados links de dados, sofisticados sensores e miniaturização são

os motivos da expansão do uso de Vants (JORGE; INAMASU, 2013). A utilização de Vant na agricultura de precisão, por meio da cobertura aerofotogramétrica, deve-se principalmente à boa resolução das imagens obtidas e por estas não sofrerem obstrução por nuvens ou fumaça. Além disso, o método oferece maior liberdade ao usuário dada a resolução temporal, uma vez que as imagens podem ser obtidas no momento em que se fazem necessárias (GALVÃO, 2014).

Chiacchio, Teixeira e Tech (2017) descrevem a utilização de Vants para uma série de monitoramentos, tais como: qualidade de plantio, emergência da cultura; mapeamento de plantas invasoras; densidade de palha sobre o solo; zoneamento de solos e de áreas homogêneas de manejo; drenagem natural da parcela; amostragem orientada de solo; crescimento e desenvolvimento da cultura até a maturação; previsão de safra; avaliação da densidade da copa ou vigor da cultura; dentre outros. Essas atividades são de baixo custo quando comparadas a sistemas convencionais de aerofotogrametria, sendo que o custo final do processo de produção não sofreria alteração significativa, tornando-se viáveis o uso e a aplicação dessa ferramenta.

Na Figura 4A, é apresentado em detalhe o Vant. Na Figura 4B, mostra-se a

imagem do Vant utilizada para verificar a eficiência no plantio e, conseqüentemente, na colheita. Assim, é possível identificar as falhas no processo de plantio ou mesmo problemas no desenvolvimento da cultura.

### Amostragem de solo

O solo pode influenciar o crescimento vegetal pela capacidade de armazenamento de água, fornecimento de nutrientes e oxigênio. As propriedades do solo (físicas, químicas e biológicas) podem variar espacialmente em pequenas glebas, em função de diferentes fatores durante as atividades agrícolas, como a compactação do solo, práticas de manejo, adubação e rotação de culturas, etc.; e, em função também de fatores antrópicos, naturais e relacionados com a sua gênese. Essas variações devem ser monitoradas e quantificadas para entender os efeitos do uso da terra e dos sistemas de gestão de solos para que se façam as intervenções necessárias no momento, no local e na quantidade certa.

Em agricultura de precisão há uma alta demanda de amostras de solo, especialmente quando se utiliza a amostragem em grade e quando esta é comparada aos métodos convencionais. Embora os equipamentos convencionais de amostragem, como trado e sonda, por exemplo, possam ser empregados, é necessário aumentar o



Figura 4 - Falhas em plantio de soja detectadas por Vant  
Nota: A - Vant 3DR Solo; B - Identificação de falhas na cultura da soja.

Vant - Veículo aéreo não tripulado.

rendimento da operação, por meio de sistemas mecanizados e automatizados, por estes serem mais rápidos e eficientes (MOLIM; AMARAL; COLAÇO, 2015). Uma alternativa para a mensuração da variabilidade do solo pode ser os medidores de condutividade elétrica aparente do solo (CEa). Trata-se de uma medida que integra textura e disponibilidade de água, podendo auxiliar na interpretação das variações de rendimento das culturas e estar relacionada com a variabilidade espacial da produção das culturas (BERNARDI et al., 2015).

Uma diversidade de soluções tem surgido no mercado, tornando a coleta de solo operacionalmente viável, mesmo para grades de alta densidade amostral. Na Figura 5, observam-se um amostrador hidráulico do solo e um medidor de condutividade do solo.

### Gerenciamento da informação (análises e interpretação)

Nesta fase é produzido o mapa de variabilidade espacial da área de cultivo por diferentes técnicas, para em seguida proceder às análises e interpretações, visando às recomendações ou às intervenções em locais específicos, como aplicação à taxa variada, por exemplo. A seguir são descritos métodos e ferramentas utilizados para esse fim.

### Mapa de produtividade

O mapa de produtividade é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial das lavouras, pois corresponde tanto à quantificação quanto à localização de porção dos grãos colhidos no campo.

Para fazer a quantificação de grãos colhidos, utiliza-se um sensor de fluxo no elevador de grãos limpos da colhedora. A representação do mapa de produtividade é feita considerando o grão seco. Para isso, é necessário medir a umidade com que está sendo colhido com o uso de sensor específico. Após a correção da umidade, o sistema faz correção de erros embutidos no processo da quantificação da produtividade em função do grande volume de dados. Um receptor GPS, que é adaptado à colheitadeira, faz o georreferenciamento de cada porção de grãos colhidos, dando assim origem ao mapa. Este mapeamento propicia ajuda na tomada de decisão para aprimorar o sistema de produção.

A Figura 6 apresenta exemplo de mapa de produtividade em cultura de milho.

### Mapas de variabilidade espacial por geoestatística

A geoestatística é a estatística sobre uma população onde as observações possuem coordenadas geográficas definidas.

As observações de uma determinada variável, embora possam variar consideravelmente entre si, seguem uma estruturação estabelecida pela natureza, apresentando continuidade espacial, de tal sorte que pontos de amostragem próximos tendem a ter valores mais semelhantes que pontos de amostragem distantes. Além disso, tendem a ter direções preferenciais, às quais podem ser estabelecidas, por exemplo, pela direção preferencial do vento, pelo sentido de declive do terreno, pelo sentido de fluxo das águas superficiais ou subterrâneas, seja no presente seja no passado geológico (HERRMANN et al., 2009).

A aplicação da geoestatística na agricultura de precisão tem por objetivo caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo e das culturas e estimar as inter-relações desses atributos no espaço e no tempo (BERNARDI; INAMASU, 2014).

A geoestatística utiliza-se de uma ferramenta chamada semivariograma, onde se obtém a variância entre amostras separadas de sucessivas distâncias “h” (Fig. 7). Com essa ferramenta é possível determinar a distância para a qual existe dependência espacial entre os teores estudados (alcance), a partir da qual pode-se determinar a direção de maior continuidade do fenômeno, assim como o comportamento da variável para pequenas distâncias de “h” (HERRMANN et al., 2009).

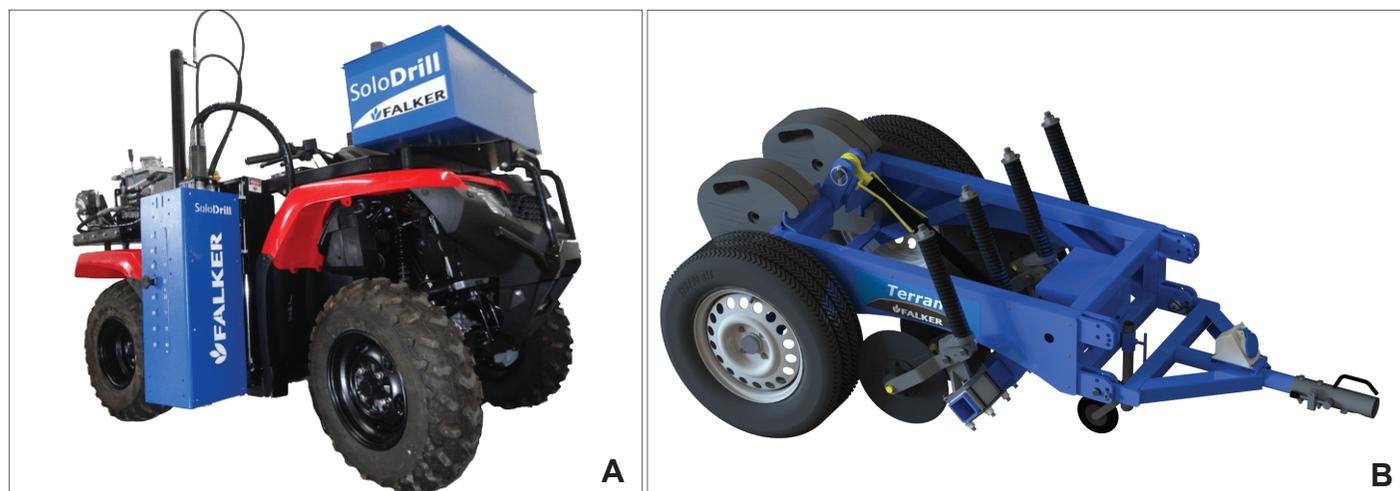


Figura 5 - Instrumentos de amostragem e mensuração de atributos do solo

Fonte: (A) Falker (2017a) e (B) Falker (2017b).

Nota: A - Amostrador hidráulico do solo; B - Medidor de condutividade elétrica do solo.

Com base no semivariograma é estabelecido um modelo matemático que se adapta à curva. Esse modelo é utilizado para interpolar as informações da grade amostral (krigagem) (Fig. 8). A krigagem constitui uma série de técnicas de análise de regressão que procura minimizar a variância estimada, a partir de um modelo prévio, que leva em conta a dependência estocástica (real) entre os dados distribuídos no espaço. Segundo Rossi, Dungan e Beck (1994), a krigagem leva em conta a minimização da variância do erro esperado, por meio de um modelo empírico da continuidade espacial existente ou do grau de dependência espacial com a distância ou a direção.

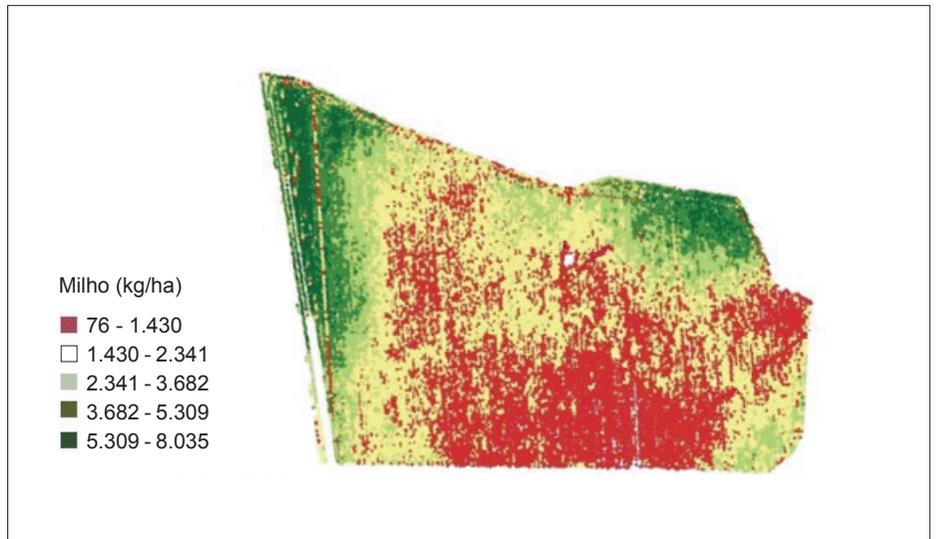


Figura 6 - Mapa de produtividade  
Fonte: Adaptado de Brasil (2013).

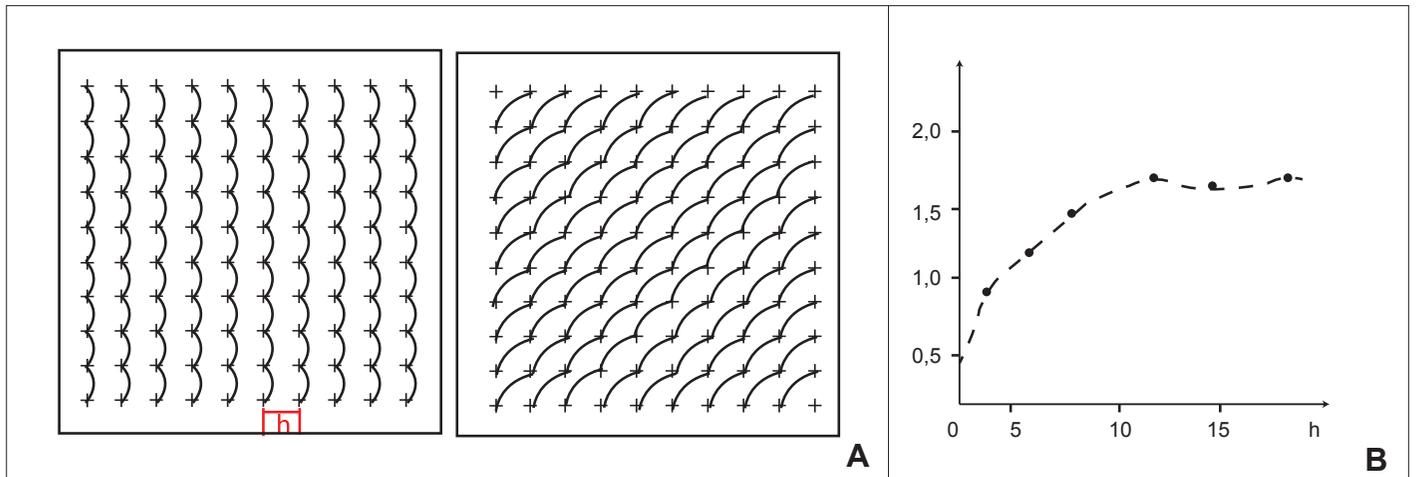


Figura 7 - Determinação de semivariograma pela dependência espacial

Nota: A - Obtenção de variância entre observações; B - Semivariograma.

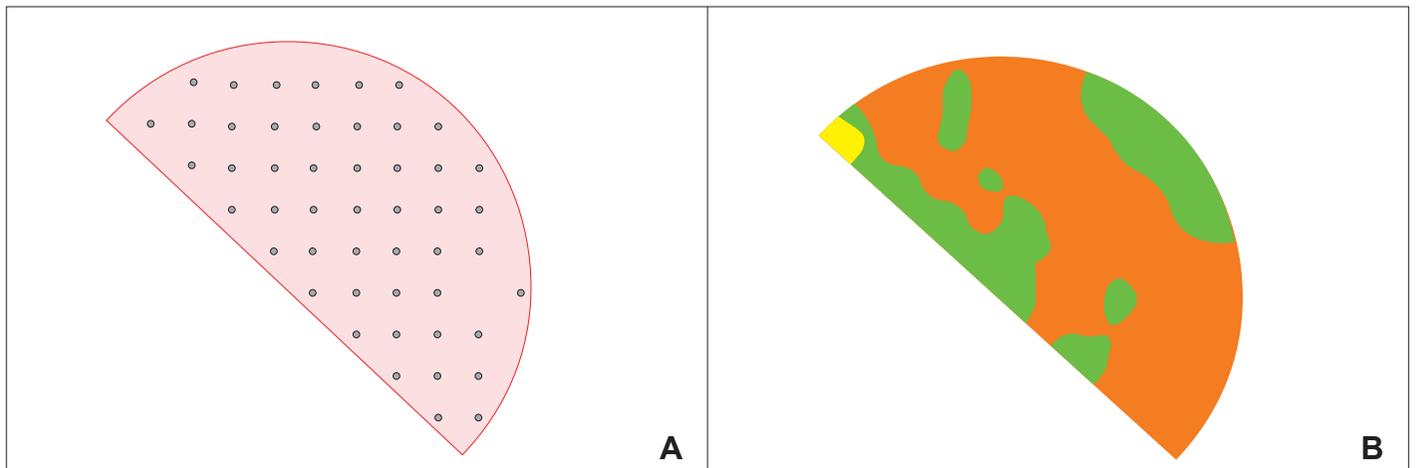


Figura 8 - Interpolação de pontos em grade regular por geoestatística

Nota: A - Grade regular de pontos; B - Pontos interpolados (krigagem).

Zonas de manejo e mapas de produtividade

Outra maneira de visualizar a variabilidade espacial das lavouras seria por meio das zonas de manejo, que correspondem à divisão de uma área em subáreas homogêneas. Também são descritas como a definição e a demarcação em campo de divisas para setores do talhão, onde serão aplicadas doses diferenciadas entre estas zonas (BRASIL, 2013). Assim, é uma ferramenta importante para a aplicação localizada de insumos. Exemplos de zonas de manejo são demonstrados na Figura 9.

Com base em informações interpoladas na forma de matriz e originadas de grade amostral de campo e/ou sensores, as zonas de manejo podem ser definidas utilizando SIG ou softwares específicos que possuam implementados, por exemplo, o algoritmo “Fuzzy K Means”. Esse algoritmo testa subagrupamentos de dados, buscando a minimização da variância intraclasse e a maximização da variância interclasse (MCBRATNEY; ODEH, 1997).

Exemplos da utilização de zonas de manejo:

- a) aplicação de agroquímicos: definido a partir do mapeamento de reboladeiras de plantas daninhas;
- b) aplicação de fertilizantes: definido a partir do potencial de produtividade;
- c) proteção ambiental: definindo as zonas de exclusão de produção agrícola;
- d) número de sementes por unidade de área: definido com base na textura do solo;
- e) identificar a variabilidade temporal e a tendência de produtividade de cada talhão proveniente de mapas de rendimento de várias safras.

Sistemas de Informações Geográficas

Os SIGs são constituídos por um conjunto de ferramentas especializadas em adquirir, armazenar, recuperar e transformar informações espaciais. Dados geográficos

descrevem objetos do mundo real em termo de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (aqueles mensurados em campo) e relações topológicas existentes. Portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento (BURROUGH, 1986).

São chamados sistemas porque são compostos por hardware, software, informações e pessoas que atuam em conjunto na manipulação de dados georreferenciados (TREVISAN; MOLIN, 2014). Esses autores mencionam ainda a descrição das principais características do SIG:

- a) formato dos dados: os dados espaciais podem ser divididos em duas categorias, as camadas de informação vetoriais e as de informação matriciais (raster). Os dados em formato vetorial são fundamentalmente pontos descritos por

coordenadas (vértices), que podem ser usados para formar linhas e polígonos. Os dados em formato raster são constituídos por uma matriz formada por um conjunto de pixels, regularmente distribuídos em linhas e colunas dando forma a uma imagem;

- b) visualização dos dados: o SIG permite que o usuário visualize e interaja com a representação espacial da informação e seus atributos que são os dados associados a esta (Fig. 10);
- c) manipulação dos dados: é a ação de selecionar ou modificar apenas feições que atendem a determinados critérios. Os critérios podem ser relacionados com os atributos da feição ou a sua geometria, podendo combinar os dois;
- d) interpolação dos dados: em agricultura de precisão há a necessidade de estimar valores de determinadas características em locais onde não se

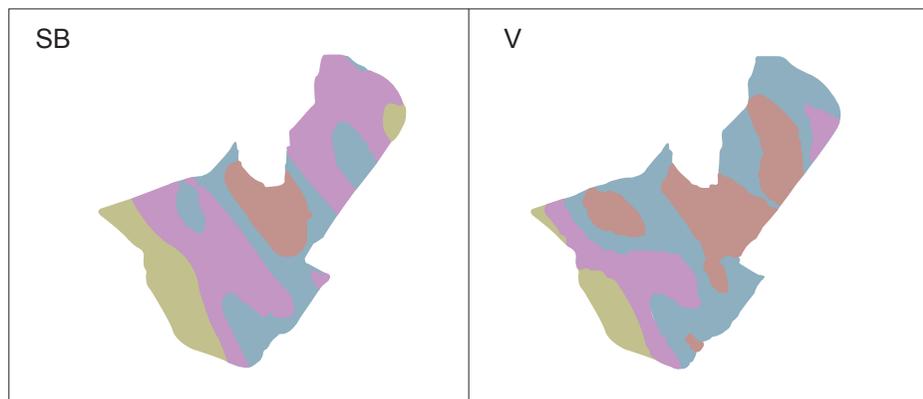


Figura 9 - Zonas de manejo de atributos do solo  
Fonte: Leite et al. (2011).

Nota: SB - Soma de bases; V - Saturação por bases.

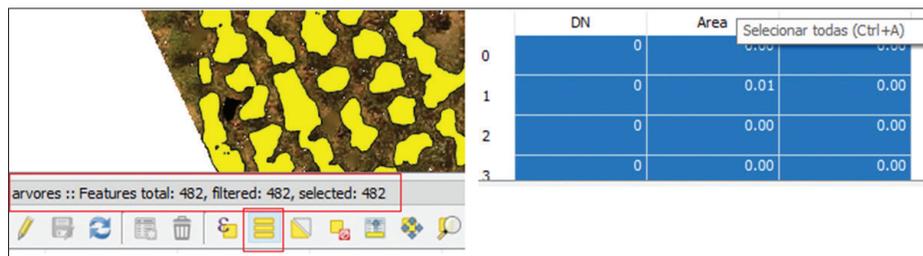


Figura 10 - Visualização dos dados em SIG: geometria e atributos  
Nota: SIG - Sistema de Informações Geográficas.

tem informação. Esse processo é feito pelo uso de métodos de interpolação, que utilizam a informação dos lugares com dados e a distância de separação dos pontos para estimar o valor nos locais desconhecidos. A Figura 8 apresenta exemplo de dados pontuais que foram interpolados;

e) álgebra de mapas: é o processo de combinar diferentes camadas de informação por meio de operações matemáticas e lógicas, a fim de pro-

duzir uma nova camada, que pode ser utilizada na tomada de decisões como na aplicação de insumos e sementes à taxa variada (Fig. 11);

f) processamento de imagem: é a possibilidade de registro (georreferenciamento) e ortoretificação das imagens, a fim de garantir a exatidão de sua localização geográfica, recorte ou criação de mosaicos, para que várias imagens formem uma única cobertura da área de interesse. E também a composição

de bandas e melhorias de contraste, para proporcionar boa visualização de diferentes feições presentes na área (Fig. 12).

### Aplicação à taxa variável

Corresponde à aplicação de insumos agrícolas em doses variadas em função da necessidade local da área de atividade agrícola. Já a semeadura à taxa variável consiste em quantificar o número de sementes em função do potencial produtivo em cada local da lavoura, o que pode re-

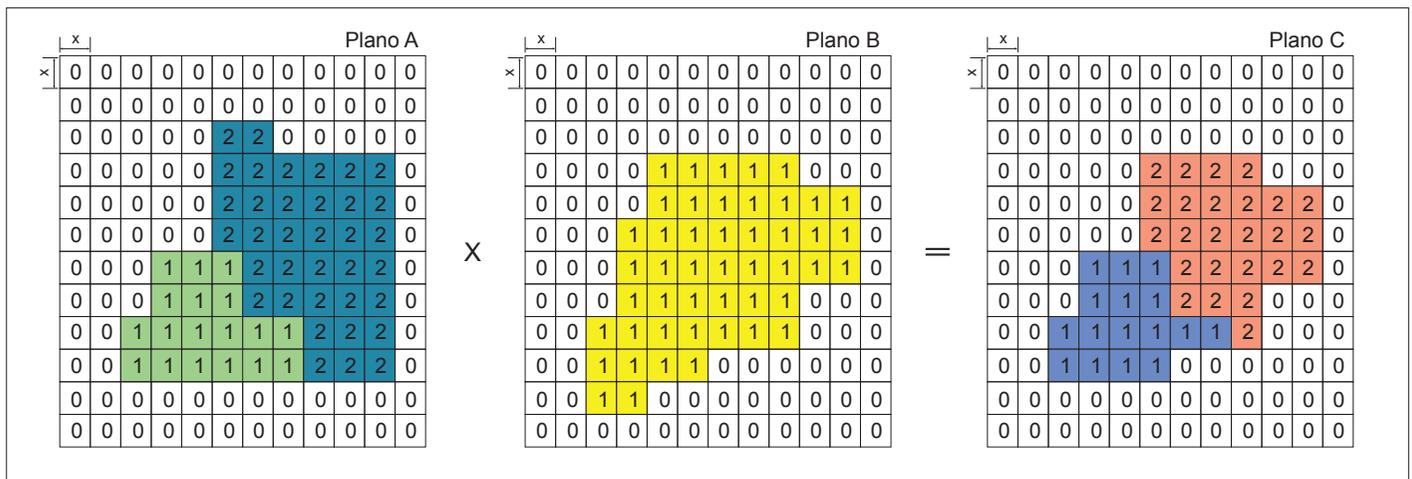


Figura 11 - Álgebra de mapas

Fonte: Machado et al. (2007).

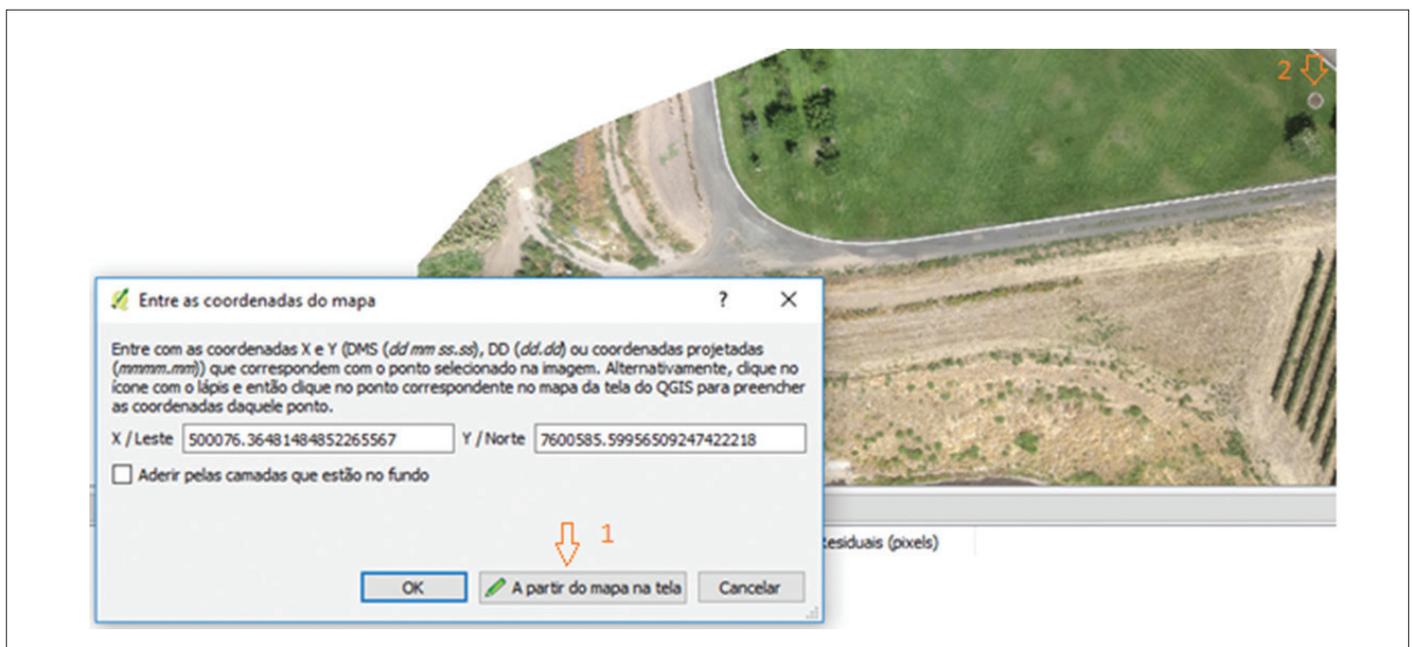


Figura 12 - Registro de imagem

presentar um número variável de densidade de plantas em diferentes localizações da lavoura.

Os mapas gerados de amostragens, geostatística, zonas de manejo e imagens obtidas de sensores remotos são utilizados para a identificação das áreas com as diferentes necessidades para aplicação dos insumos ou sementes.

São utilizados máquinas e equipamentos com mecanismos de regulação e com controladores de fluxo para sementes e insumos, que permitem variar automaticamente a quantidade a ser aplicada em função do mapa preestabelecido. Também são empregadas tecnologias para direcionamento das máquinas agrícolas, como a barra de luz e o piloto automático.

A barra de luz é um equipamento utilizado para orientar o operador em uma atividade agrícola, para que este possa ser direcionado para diminuir a sobreposição de faixas e de áreas sem a aplicação do insumo agrícola.

Com a utilização da tecnologia do piloto automático, os maquinários são conduzidos sobre uma linha planejada de aplicação, por meio do direcionamento automático do comando da direção, sem requerer nenhum esforço do operador. Essa tecnologia apresenta uma série de

vantagens, tais como, permitir a redução da compactação do solo por meio do controle do tráfego; permitir velocidades operacionais maiores; reduzir a fadiga do operador; permitir a operação mesmo com falta de visibilidade; otimizar o raio de manobras; minimizar erros de faixa; aumentar o rendimento operacional; permitir a redução do consumo de combustível; dentre outras (CIRANI; MORAES, 2010).

Hoje há monitores agrícolas integrados em um único equipamento, os quais desenvolvem diferentes tarefas no campo para fins de agricultura de precisão, desde que acoplados aos diferentes sensores e mecanismo específicos. A empresa Ag Leader<sup>2</sup>, por exemplo, oferece um sistema monitor com a capacidade de operar com barra de luz, controle de taxa variável, controle de múltiplos produtos, monitor de colheita, suporte para câmera de vídeo, permitindo que a localização e as operações do trator sejam monitoradas pela internet e em tempo real (Fig. 13).

Equipamentos como o GreenSeeker (TRIMBLE, 2017a) é utilizado com base em NDVI, para aplicação de nitrogênio em tempo real à taxa variada e para mapeamento de vigor da colheita (Fig. 14).

De forma similar, há também o Weed-Seeker (TRIMBLE, 2017b) que faz pulve-

rização seletiva na aplicação de herbicidas nos locais onde se encontram as plantas daninhas, promovendo uma economia de até 90% nos gastos com produtos químicos, segundo informação do fabricante.

Sistemas dessa natureza podem utilizar de imagens digitais tomadas de plataformas terrestres. As imagens são processadas e as plantas daninhas da cultura são identificadas (Fig. 15). Em seguida, é emitido sinal ao sistema de aplicação para abrir ou fechar determinada ponta da barra de pulverização de herbicidas.

Na agricultura de precisão têm surgido outras tecnologias, como a irrigação de precisão, visando à gestão da água (Fig. 16). Essa tecnologia utiliza de sensores que são instalados na lavoura para monitoramento, por exemplo, de umidade do ar e do solo, temperatura e quantidade de água na lavoura. Podem fazer previsões de chuva e da dinâmica da água no solo, indicação do excesso de água e indicação da possibilidade de doenças e pragas. Nesse último caso, o produtor tem a possibilidade de aplicar defensivos no momento certo.

No caso específico de umidade no solo, os sensores podem avaliar a frequência e a eficiência da irrigação na lavoura. Algumas empresas têm utilizado rede de sensores sem fio. Um software recebe as leituras



Figura 13 - Monitor agrícola  
Fonte: Ag Leader (2017).



Figura 14 - Funcionamento GreenSeeker  
Fonte: Trimble (2017a).

<sup>2</sup><http://www.agleader.com>



Figura 15 - Processamento digital de imagem para identificação de planta daninha  
Fonte: Molin et al. (2015).

Nota: A - Imagem original; B - Imagem processada.



Figura 16 - Sistema de irrigação à taxa variada  
Fonte: Valley (2017).

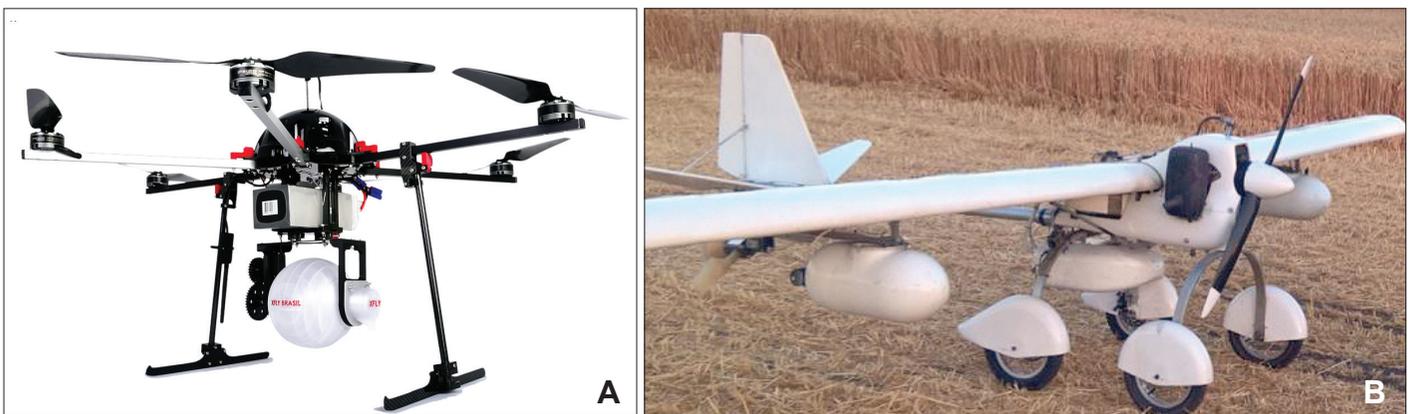


Figura 17- Vants utilizados em aplicação à taxa variada  
Fonte: (A) XFly (2017) e (B) Geiver (2017).

Nota: A - Lançador de *Trichogramma*; B - Pulverizador.

desses sensores e identificam os melhores horários, a intensidade da água e o local a ser lançada, possibilitando, assim, maximizar os efeitos da irrigação. Essa ação permite ainda a aplicação controlada da água, visando uma florada programada.

O uso dessa tecnologia permite não só a aplicação de água, mas também da quimigação (aplicação de fungicidas, inseticidas, etc.) e de fertirrigação, de forma remota ou no local, possibilitando a aplicação em parcelamento de área para um período específico.

Vants estão sendo utilizados recentemente em aplicações à taxa variada. A empresa XFly<sup>3</sup>, em parceria com a Associação Mineira dos Produtores de Algodão (Amipa), desenvolveu o lançador de *Trichogramma* na forma de ovos para combate a pragas. Pode ser usado para diferentes tipos de cultura, dado seu sistema de engrenagem que permite alterar a dosagem (Fig. 17A). A aplicação é feita de modo autônomo, controlado por GPS, em que o lançador é acionado apenas nas áreas de interesse, em porções variadas e sem o risco de danificar os ovos.

Outro sistema Vant utilizado para aplicação a taxa variada é o do tipo pulverizador. O sistema apresentado na Figura 17B é de asa fixa, alimentado a gás, foi projetado para voar a aproximadamente 6,7 m acima

<sup>3</sup><https://www.xflybrasil.com>

do solo. Em um dia, um drone pode cobrir 20,2 ha por voo. Opera de forma autônoma, embora um piloto de operação possa assumir o controle da unidade para gerenciar obstáculos, como linhas de energia elétrica ou árvores. Uma vez em voo, o sistema calcula continuamente a velocidade do vento, os níveis de combustível e de produtos químicos a serem pulverizados. Antes ou durante o voo, o sistema pode ajustar o ângulo de pulverização ou a distância entre cada linha. Quando os níveis de combustível são baixos, o sistema retorna automaticamente ao seu ponto de partida para reabastecimento.

### CARÊNCIAS E TENDÊNCIAS DA CULTURA DE PRECISÃO

Bernardi et al. (2015) mencionam a existência de lacunas no processo de agricultura de precisão:

- a) há a necessidade de estimular e ampliar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação das tecnologias nacionais, e também os processos de validação de tecnologias importadas e adaptação destas aos sistemas de cultivo brasileiros;
- b) melhoria na questão de amostragem de solo associado a conhecimentos pedológicos visando direcionar essas amostragens;
- c) maior uso de sensores pode ajudar a delimitar regiões (ou zonas de manejo) e, com base nesses limites, estabelecer pontos de amostragem mais direcionados;
- d) capacitação de técnicos e operadores para o planejamento e aplicação de corretivos e fertilizantes à taxa variável;
- e) melhoria na transferência de tecnologia em agricultura de precisão;
- f) avaliações a médio e a longo prazos dos efeitos das aplicações de insumos à taxa variável na variabilidade espacial e temporal do solo e na produtividade das culturas;

g) integrar outros aspectos relacionados com:

- o manejo e a conservação de solos, considerando-se variações de relevo e material de origem,
- a qualidade do solo, envolvendo aspectos relacionados com os atributos físicos, biológicos, a quantidade e a qualidade da matéria orgânica (MO) do solo,
- práticas de manejo relacionadas com o controle de plantas daninhas, pragas e doenças, rotação de culturas e formação de cobertura do solo.

Wilde (2016) menciona tendências da agricultura de precisão, como:

- a) empregos de tecnologias, como a semeadura de nuvens, a fim de regular o abastecimento de água local;
- b) emprego de robôs com incremento de sensores, visando melhoria na tomada de decisão na automatização do sector agroalimentar, incluindo cultivo, colheita e controle de plantas daninhas;
- c) aumento da escala de abrangência, passando a análise de necessidade de área para indivíduo (planta).

Outra tendência está relacionada com a chamada “agricultura digital”. Essa ferramenta inclui o desenvolvimento de aplicativos relacionados com a agricultura, a expansão de equipamentos móveis equipados com GNSS e acesso à Internet, o que permite o fácil acesso a diferentes informações relacionadas com a lavoura de forma georreferenciada. Associado a essa tecnologia estão o armazenamento e o processamento em nuvem que possibilitam vantagens como: agilidade na geração de mapas de variabilidade e recomendação agrícola; acesso dinâmico às informações; segurança dos dados; concentração de uma quantidade maior de dados; independência nos resultados; permite o produtor comparar suas infor-

mações de produção em sua área, cidade, região, etc.

### REFERÊNCIAS

- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS: safra 2016/17 - nono levantamento. Brasília: CONAB, v.4, n.9, jun. 2017. 157p.
- AG LEADER. **25 years of innovation: products & services**. Ames, Iowa, EUA, 2017. 35p. Disponível em: < [http://www.agleader.com/images/uploads/downloads/2017\\_AgLeaderProductCatalog.pdf](http://www.agleader.com/images/uploads/downloads/2017_AgLeaderProductCatalog.pdf)>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- AMATO NETO, J. A indústria de máquinas agrícolas no Brasil: origens e evolução. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v.25, n.3, p.57-69, jul./set. 1985.
- BEEBE, S. Common bean breeding in the tropics. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant breeding reviews**. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2012. v.36, cap.5, p.357-426.
- BERNARDI, A.C. de C.; INAMASU, R.Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, A.C. de C. et al. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: EMBRAPA, 2014. cap.60, p.559-577.
- BERNARDI, A.C. de C. et al. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.32, n.1/2, p.205-221, jan./ago. 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Agricultura de precisão**. 3.ed.rev. e atual. Brasília, 2013. 36p. (MAPA. Boletim Técnico).
- BURROUGH, P.A. **Principles of geographic information systems for land resources assessment**. Oxford: Oxford University, 1986. 194p.
- CHIACCHIO, S.S.R.; TEIXEIRA, B.E.; TECH, A.R.B. VANT: um estudo sobre a utilização de veículo aéreo não tripulado na agricultura de precisão. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n.24, p.5, 2017.
- CIRANI, C.B.S.; MORAES, M.A.F.D. de. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias

- de agricultura de precisão. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.48, n.4, p.543-565, out./dez. 2010.
- DALMAGO, G.A. et al. Potencial de aplicação da agrometeorologia em agricultura de precisão para produção de grãos. In: BERNARDI, A.C. de C. et al. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: EMBRAPA, 2014. cap.31, p.331-337.
- DECAGON DEVICES. **Água: LWS - sensor de molhamento foliar**. São José dos Campos, [2017a]. Disponível em: <<http://www.decagon.com.br/dosset/agua/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- DECAGON DEVICES. **Sensores de umidade do solo: 5TE - sensor de umidade, CE e temperatura do solo**. São José dos Campos, [2017b]. Disponível em: <<http://www.decagon.com.br/solos/sensores-umidade/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- FALKER. **Solução para agricultura de precisão: SoloDrill amostrador de solo hidráulico**. Porto Alegre, [2017a]. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/produto-solo-drill-amostrador-solo.php>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- FALKER. **Terram medidor de condutividade elétrica do solo**. Porto Alegre, [2017b]. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/produto-terram-medidor-condutividade-solo.php>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- FAO-BRASIL. **O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil 2015: agendas convergentes**. [S.l.], 2015. 44p. Disponível em: <[repositorio.unb.br/bitstream/10482/21925/1/SOFI%20Brasil%202015.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/21925/1/SOFI%20Brasil%202015.pdf)>. Acesso em: 9 dez. 2017.
- GALVÃO G.M. **Acurácia da mosaicação gerada por veículo aéreo não tripulado utilizado na agricultura de precisão**. 2014. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014.
- GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V.I. Precision agriculture and food security. **Science**, v.327, n.5967, p.828-831, Feb. 2010.
- GEIVER, L. Ukraine drone flights prove UAV crop spraying becoming reality. **UAS Magazine**, 2 Feb. 2017. Disponível em: <<http://www.uasmagazine.com/articles/1648/ukraine-drone-flights-prove-uav-crop-spraying-becoming-reality>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- GOEL, P.K. et al. Potential of airborne hyperspectral remote sensing to detect nitrogen deficiency and weed infestation in corn. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.38, n.2, p.99-124, Feb. 2003.
- HERRMANN, J.C. et al. Dispersão espacial x amostragem pontual: a geoestatística como ferramenta de análise do mercúrio em solos de Rondônia, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, v.23, n.1, p.131-138, 2009.
- HUANG, W. et al. Identification of yellow rust in wheat using in-situ spectral reflectance measurements and airborne hyperspectral imaging. **Precision Agriculture**, v.8, n.4/5, p.187-197, Oct. 2007.
- JORGE, L.A. de C.; INAMASU, R.Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. In: BERNARDI, A.C. de C. et al. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: EMBRAPA, 2014. cap.8, p.109-134.
- LEITE, D.M. et al. Uso da condutividade elétrica aparente do solo para determinação de zonas de manejo para aplicação de fertilizantes em área cultivada com pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 40., 2011, Cuiabá. **Anais... Geração de tecnologias inovadoras e o desenvolvimento do Cerrado brasileiro**. Cuiabá: SBEA, 2011. 1 CD-ROM.
- MCBRATNEY, A.B.; ODEH, I.O.A. Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. **Geoderma**, Amsterdam, v.77, n.2/4, p.85-113, June 1997.
- MACHADO, M.L. **Deteção de doenças do feijão por características espectrais**. 2013. 119f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- MACHADO, M.L. et al. Zoneamento agro-pedoclimático da mamona para o estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**. Geotecnologias, Belo Horizonte, v.28, n.241, p.72-78, nov./dez. 2007.
- MOLIN, J.P.; AMARAL, L.R. do; COLAÇO, A.F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 223p.
- MOSHOU, D. et al. Automatic detection of “yellow rust” in wheat using reflectance measurements and neural networks. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.44, n.3, p.173-188, Sept. 2004.
- ROSSI, R.E.; DUNGAN, J.L.; BECK, L.R. Kriging in the shadows: geostatistical interpolation for remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v.49, n.1, p.32-40, July 1994.
- SOARES FILHO, R. **Diagnóstico da agricultura de precisão no sudoeste do estado de Goiás**. 2014. 94f. Tese (Doutorado em Fito-tecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- TREVISAN, R.G.; MOLIN, J.P. **Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para agricultura de precisão**. Piracicaba: USP-ESALQ, [2014]. 5p. (USP-ESALQ. LAP - Agricultura de Precisão, Boletim Técnico, 1). Disponível em: <<http://www.agriculturadeprecisao.org.br/upimg/publicacoes/agricultura-de-precisao---boletim-tecnico--02-12-2014.PDF>>. Acesso: 21 jun. 2017.
- TRIMBLE. **GreenSeeker System**. [Sunnyvale, CA, EUA, 2017a]. Disponível em: <[http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-475150/022503-1123A\\_GreenSeeker\\_DS\\_MarketSmart\\_USL\\_0415\\_LR\\_web.pdf](http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-475150/022503-1123A_GreenSeeker_DS_MarketSmart_USL_0415_LR_web.pdf)>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- TRIMBLE. **Sistema WeedSeeker**. [Sunnyvale, CA, EUA, 2017b]. Disponível em: <[www.trimble.com.br/Agriculture/weedseeker.aspx](http://www.trimble.com.br/Agriculture/weedseeker.aspx)>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- VALLEY. **Fotos**. Uberaba, [2017]. Disponível em: <<http://www.valmont.com.br/sitenovo/Fotos>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- WILDE, S. de. **The future of technology in agriculture**. The Hague: STT Netherlands Study Centre for Technology Trends, 2016. 118p. (STT. Publication, 81). Disponível em: <<https://stt.nl/stt/wp-content/uploads/2016/05/ENG-Toekomstverkenning-agri-food-Web.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- XFLY BRASIL TECNOLOGIA. **Projetos especiais**. Bauru, [2017]. Disponível em: <<https://www.xflybrasil.com/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

# Oliveira no Brasil: tecnologias de produção



O livro *Oliveira no Brasil: tecnologias de produção* aborda temas que vão desde a distribuição da oliveira na América Latina, história de sua introdução em Minas Gerais, considerações sobre mercado consumidor, botânica, anatomia, aplicações de técnicas modernas de biotecnologia e marcadores moleculares, variedades mais plantadas nos países produtores, registro e proteção de cultivares, pragas, doenças, poda, adubação, até o preparo de azeitonas para mesa, extração de azeite de oliva, índices de qualidade e legislação pertinente, e ainda vantagens do azeite de oliva para a saúde humana.



[www.informeagropecuario.com.br](http://www.informeagropecuario.com.br)  
[publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)  
(31) 3489-5002



# Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades

Djalma Ferreira Pelegrini<sup>1</sup>, Luiza Maria Capanema Bezerra<sup>2</sup>, Rebecca Gramiscelli Hasparyk<sup>3</sup>

**Resumo** - O segmento da produção de feijão passou por um intenso processo de transformação técnica nas últimas três décadas, que promoveu um significativo aumento da produtividade. Destaca-se o desenvolvimento de cultivares mais produtivas, portadoras de resistência a doenças, com grãos de ótima qualidade. A melhoria das práticas de irrigação, da conservação de solos e do manejo integrado de pragas e doenças possibilitou cultivos no inverno, a terceira safra. Tais progressos, contudo, repercutiram em redução da área de cultivo, concentração da produção e menor participação dos agricultores familiares. Configurou-se um padrão de produção orientado para a monocultura praticada em grande escala, com características de baixa sustentabilidade ambiental e instabilidade mercadológica. **Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Agricultura familiar. Progresso técnico. Tecnologia agrícola. Produção. Mercado.

## Common bean production dynamics in Brazil: technical progress and limitations

**Abstract** - The common bean production sector has undergone an intense process of technical progress in the last three decades in Brazil, which has promoted a significant increase in productivity. We highlight the development of more productive cultivars, which are resistant to diseases and produce high quality grains. Improvements in irrigation, soil conservation and integrated pest and disease management practices made it possible to grow common beans during the winter in Brazil ("third crop"). These advances, however, had important repercussions, such as reduction of crop area, concentration of production and lower participation of family growers, which resulted in a monoculture oriented pattern of production on a large scale, with characteristics of low environmental sustainability and market instability.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*. Family farming. Technical progress. Agricultural technology.

### INTRODUÇÃO

A secular cultura do feijão tem sido uma das principais fontes de alimentos para a população brasileira. Durante séculos foi conduzida em caráter eminentemente familiar em sistemas de policultivo ou em consórcio com outras culturas, com destaque para o milho.

Com a intensificação dos processos de industrialização e urbanização, e consequente êxodo rural, um grande contingente de agricultores migrou para as cidades, a partir da década de 1960. Motivada pela desestruturação da agricultura familiar (à época denominada pequena produção,

campesinato, produção de subsistência, etc.) a oferta de feijão foi reduzida, enquanto o abastecimento interno passou a constituir motivo de preocupação.

Até o início da década de 1980, quase todo o feijão produzido em Minas Gerais provinha da safra de primavera-verão (feijão das "águas") e da safra de verão-outono (feijão da "seca"), com pouco uso de irrigação. (VIEIRA; PAULA JÚNIOR, 2006, p. 437).

Foi um período em que a produtividade de feijão era considerada baixa, uma vez que não ultrapassava 600 kg por hectare.

A modernização da agricultura brasileira, empreendida a partir dos estímulos da Revolução Verde, impôs o ritmo das transformações no campo, principalmente a partir da década de 1970. De acordo com Martine e Garcia (1987), o projeto de modernização conservadora, adotado após 1964, privilegiou as culturas dinâmicas (destinadas à exportação e/ou à agroindústria), enquanto relegou a produção das culturas que constituem a base da alimentação da população (para as quais o feijão e a mandioca são os melhores exemplos) para um segundo plano. Nesse ambiente, os sistemas de produção tradicionais típicos

<sup>1</sup>Zootecnista, Dr. Geografia, Pesq. EPAMIG-DPTT, Belo Horizonte, MG, djalma@epamig.br

<sup>2</sup>Economista, Dra. Política Científica e Tecnológica, Pesq. IAC - Centro de Grãos e Fibras, Campinas, SP, luiza@iac.sp.gov.br

<sup>3</sup>Graduanda Ciências Econômicas UFMG, Estagiária/EPAMIG-DPTT, Belo Horizonte, MG, rebeccagramiscelli@gmail.com

da agricultura familiar foram desestimulados, perderam visibilidade e sofreram um franco processo de decadência por efeito dos processos modernizantes.

Os serviços oficiais de pesquisa, constituídos pelas universidades e os institutos de pesquisa públicos, a exemplo das Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas)<sup>4</sup> e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em parceria com as instituições de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater), conseguiram estabelecer um conjunto de medidas técnicas em condições de promover incrementos significativos na produção e na produtividade do feijão (com reflexos na redução da área de cultivo), somente a partir de meados da década de 1980, tomando como base o modelo tecnológico euroamericano de modernização agrícola, já aplicado no desenvolvimento de sistemas de produção para as culturas dinâmicas.

As medidas técnicas indicadas consistiam em correção e adubação dos solos, mecanização das operações agrícolas, controle químico de pragas e doenças e desenvolvimento de cultivares mais produtivas para condução em sistema de monocultura. Com efeito, pode-se afirmar que o cultivo intensivo de feijão, praticado em monocultura, é relativamente recente no quadro histórico da agricultura brasileira, e resultou de um esforço de racionalização das técnicas de cultivo com vistas à transformação tecnológica deste segmento.

O evidente aumento da produção e da produtividade, concomitante às importações periódicas, contribuiu para minimizar as crises no abastecimento do mercado interno. O desenvolvimento de técnicas modernas fez elevar a produtividade média, tanto para os cultivos de primeira safra como para os de segunda safra, e possi-

bilitou o cultivo de feijão no inverno – a terceira safra.

Dada a síntese do progresso tecnológico da agricultura brasileira e a inserção da produção de feijão neste contexto, este artigo apresenta uma análise da evolução das safras, como reflexo da aplicação das inovações tecnológicas, para, em seguida, tratar dos benefícios promovidos pelo progresso técnico na cultura do feijão, assim como das fragilidades identificadas no modelo de produção, no que diz respeito aos aspectos socioeconômicos, ambientais e mercadológicos.

### **EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO, PRODUTIVIDADE E ÁREA DE CULTIVO NOS ESTADOS DO CENTRO-SUL DO BRASIL**

Os Estados do Centro-Sul<sup>5</sup> concentram, atualmente, mais de 80% da produção de feijão-comum, *Phaseolus vulgaris*, embora essa espécie seja cultivada em praticamente todos os Estados do Brasil. Feijões da espécie *Vigna unguiculata* (denominados Caupi, Fradinho, Verde, dentre outros) são também importantes para o abastecimento interno, e são cultivados, em geral, nos Estados do Norte e do Nordeste do Brasil. Esta análise diz respeito apenas à espécie *Phaseolus vulgaris*, e restringe-se à produção do Centro-Sul, pois é indicativa da dinâmica de evolução do segmento de cultivo de feijão-comum no Brasil. A análise desenvolvida por Wander e Silva (em fase de elaboração)<sup>6</sup>, aborda a produção de feijão em nível nacional.

A produção de feijão no Centro-Sul manteve-se no mesmo patamar entre as safras de 1976/1977 e 1990/1991, enquanto crescia a população brasileira e aumentava a demanda pelo produto. Nesse período, a safra mais expressiva foi a de 1980/1981,

enquanto a de 1985/1986 apresentou a menor produção, como pode ser observado no Gráfico 1.

A área plantada com feijão apresentou uma redução contínua a partir da safra 1985/1986, simultaneamente à melhoria dos índices de produtividade. A produção aumentou, gradativamente, a partir da safra de 1997/1998, embora com variações cíclicas. Maiores oscilações na produção têm sido verificadas nos últimos anos, principalmente a partir da safra de 2010/2011, como demonstra o Gráfico 1.

A área plantada na safra 2015/2016, que corresponde a 1.333 mil hectares, representa apenas 52% da área plantada na safra de 1976/1977, embora a produção tenha aumentado de 1.487,7 mil toneladas para 2.097,4 mil toneladas no mesmo período, conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017). O aumento da produção concomitante à redução da área de cultivo caracteriza o expressivo aumento da produtividade, que se verifica a partir da safra 1984/1985, conforme Gráfico 1.

A Tabela 1, que apresenta uma síntese da evolução dos indicadores relacionados com a produção de feijão no Centro-Sul do Brasil, entre as safras de 1984/1985 e 2015/2016, permite observar que a redução na área de cultivo foi mais acentuada na primeira safra do que na segunda. Por outro lado, a participação da terceira safra (cuja coleta de dados por parte da Conab inicia-se na safra 1985/1986) tornou-se expressiva, e corresponde atualmente a cerca de 20% da produção total.

O estado do Paraná é o maior produtor de feijão do País. Lidera a produção de primeira safra e vem-se mantendo nesta posição desde, pelo menos, 1976/1977, embora com pequenas variações. A produ-

<sup>4</sup>O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) iniciou seus estudos com o feijoeiro em 1932, com destaque para avaliações da capacidade produtiva, porte de planta e resistência às doenças (CHIORATO; CARBONELL, 2014).

<sup>5</sup>Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso compõem a Região Centro-Sul do Brasil.

<sup>6</sup>Artigo: “Perfil da produção e dos produtores de feijão no Brasil” desta publicação.

ção de segunda safra desse Estado começou a crescer a partir do início da década de 1990, de modo que, atualmente, o Paraná também é líder em produção na segunda safra. Entretanto, a produção deste Estado é irrisória no que diz respeito à terceira safra.

A produção de feijão de primeira safra de Minas Gerais começou a tornar-se expressiva a partir do início da década de 1990. Quanto à segunda safra, embora tenha sido mais expressiva ao longo da década de 2000 e reduzida nos últimos anos, permanece no mesmo patamar. A redução da área plantada, tanto na primeira como na segunda safra, foi relativamente compensada pelo aumento da produtividade. Além disso, o surgimento dos plantios em terceira safra contribuiu para a manutenção de Minas Gerais em segundo lugar na produção de feijão.

Nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a produção de feijão de primeira safra reduziu-se a partir da safra 1984/1985, enquanto a produção de São Paulo, embora tendo oscilado, cresceu ligeiramente nos últimos anos. A produção de feijão do estado de Goiás, que na safra 1984/1985 era pouco significativa, cresceu de modo que, atualmente, é inferior apenas às produções do Paraná e Minas Gerais.

O cultivo de feijão na época seca, que corresponde à terceira safra, expandiu-se a partir de meados da década de 1980, por efeito da intensificação do uso de tecnologia de irrigação, dentre outras tecnologias. A produtividade da terceira safra é superior à da primeira safra em cerca de 42,0%, e em relação à produtividade da segunda safra é superior em cerca de 96%. A produção concentra-se, especialmente, no domínio dos Cerrados, nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso.

Apesar do aumento da produção e da produtividade de feijão no período das secas, no cômputo geral, a produção da terceira safra é menos representativa do que a da primeira e a da segunda safra, conforme pode-se verificar tanto na Tabela 1 quanto no Gráfico 2. Um ponto que deve ser destacado, e que pode ser observado

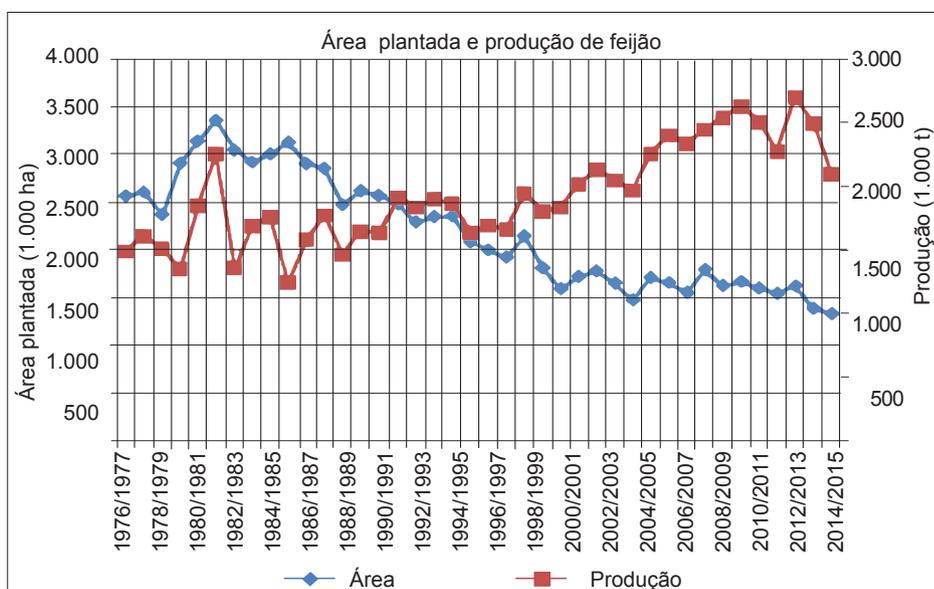


Gráfico 1 - Produção e produtividade de feijão nos Estados do Centro-Sul do Brasil - safras 1976/77 a 2015/16

Fonte: Conab (2017).

Tabela 1 - Evolução da área de cultivo, produção e produtividade de feijão, no Centro-Sul do Brasil, no período 1984 - 2016

Descrição	1ª safra		2ª-safra		3ª-safra	
	1984/1985	2015/2016	1984/1985	2015/2016	1984/1985	2015/2016
Área plantada (1.000 ha)	1.690,2	543,8	1.319,1	616,8	0	172,4
Produção (1.000 t)	1.074,3	921,2	684,7	759,5	0	417,3
Produtividade (kg/ha)	636,0	1.694,0	519,0	1.231,0	0	2.420,0

Fonte: Conab (2017).

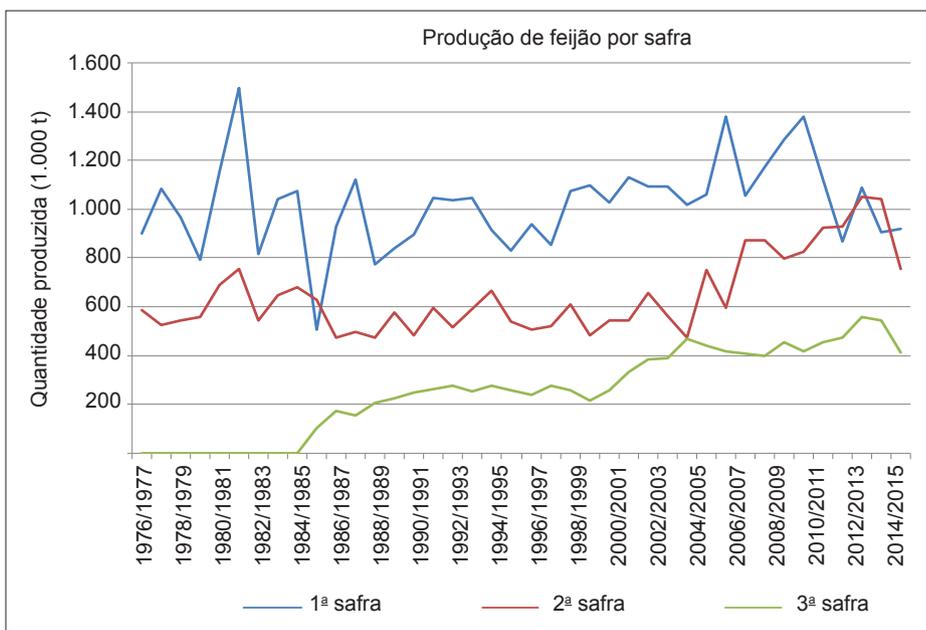


Gráfico 2 - Distribuição da produção de feijão nos Estados do Centro-Sul do Brasil, de acordo com as safras anuais

Fonte: Conab (2017).

no Gráfico 2, diz respeito ao fato de que as produções relacionadas com as três safras têm apresentado grandes variações anuais.

### **CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA PARA O PROGRESSO TÉCNICO NA CULTURA DO FEIJÃO**

A contar de meados da década de 1980, gradativamente a pesquisa agrícola passou a disponibilizar um conjunto de tecnologias que se tornaram fundamentais para aumentar a produção e a produtividade, tanto para cultivos em sequeiro como irrigado. Os trabalhos de seleção e de melhoramento de cultivares viabilizaram o desenvolvimento de plantas mais produtivas, com hábito de crescimento adequado à colheita mecanizada. Isso resultou em aumento da oferta de grãos de ótima qualidade e variedade (cores e sabores), enquanto diversas características agrônomicas foram incorporadas às plantas, a exemplo da resistência a um número expressivo de doenças. O refinamento das técnicas destinadas à adequação dos níveis de nutrientes no solo, incluindo os microelementos, e enriquecimento das sementes com molibdênio resultou em incrementos significativos na produção, principalmente em regiões com menor disponibilidade nos solos. Além disso, a recomendação de práticas adequadas de conservação de solos e do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e Manejo Integrado de Doenças (MID) também constituiu importantes contribuições da pesquisa.

Salienta-se que nos últimos anos outras pautas também têm sido consideradas nos Programas de Melhoramento Genético do Feijoeiro, a exemplo de qualidade tecnológica do grão, tolerância à alta temperatura e déficit hídrico, características nutracêuticas e o desenvolvimento dos tipos de grãos especiais (CHIORATO; CARBONELL, 2014).

A adoção de sistemas de irrigação para áreas de cultivo localizadas no domínio dos Cerrados tomou o significado de abertura de uma nova fronteira agrícola, de modo que plantios tornaram-se possíveis durante

os meses de seca, o que viabilizou a terceira safra de feijão, algo impensável há quatro décadas.

Avanços para aumentar o tempo de armazenagem têm sido alcançados nos últimos anos, especialmente em razão da seleção da cultivar BRSMG Madrepérola, do grupo comercial carioca, que apresenta escurecimento lento do tegumento. A fixação desta característica resulta na possibilidade de extensão do tempo de armazenagem, com conseqüente redução de prejuízos e ampliação dos estoques reguladores.

### **AGRICULTURA FAMILIAR E PRODUTIVIDADE**

É importante analisar a temática relacionada com a melhoria dos índices de produtividade, a conseqüente redução de preços e seus efeitos de redução da área de cultivo, concentração da produção e diminuição do número de produtores de feijão-comum.

Cochrane (1993) explica que os momentos de grande progresso técnico correspondem exatamente àqueles em que os agricultores passaram por graves crises decorrentes de pressões baixistas sobre os preços. Alves (2001) concorda com a afirmação de que a adoção de tecnologias repercutiu na queda dos preços dos produtos agrícolas, embora identifique também a política de manutenção do câmbio sobrevalorizado no Brasil como causa do desequilíbrio entre oferta e demanda de feijão durante a década de 1990.

De acordo com Abramovay (1992, p.215-216):

a essência do fenômeno reside num mecanismo que se difundiu na literatura de economia agrícola sob o nome de *treadmill*.

A “esteira de preços” pode ser verificada quando um agricultor ou um pequeno grupo de agricultores adota uma inovação tecnológica que promove aumento de produtividade ou redução dos custos operacionais, e, com isso, obtem-se melhoria do

resultado econômico do empreendimento. Em breve outros agricultores seguirão o exemplo do agricultor eficiente, e a adoção da nova tecnologia promoverá elevação da oferta e redução dos preços. Contudo, a produtividade auferida pelos agricultores que não adotaram a inovação permanecerá no patamar anterior ao surgimento da inovação, com o agravante de que os preços foram rebaixados. Nesta condição, tais agricultores (que não adotaram a inovação) terão suas margens de lucro reduzidas e, provavelmente, em curto ou médio prazo vão abandonar a atividade.

É evidente que se trata de um processo que gera benefícios e prejuízos. A queda de preços beneficia diretamente os consumidores, o comércio em geral e a parcela dos agricultores que adotaram as novas tecnologias. As conseqüências negativas desse processo recaem, sobretudo, nos agricultores menos competitivos.

Tratando-se especificamente do caso da cultura do feijão no Brasil:

é claro que essa redução de área selecionou terras de pior qualidade e agricultores menos capazes” (ALVES, 2001, p.13).

Os agricultores que foram tidos como menos capazes dizem respeito àqueles que, durante décadas, foram privados do crédito oficial, da ausência de tecnologias adequadas às suas condições e da assistência técnica apropriada: os agricultores familiares, a pequena produção e a produção de subsistência.

A área de plantio de feijão apresentou uma redução de mais de 47%, entre meados da década de 1970 e os dias atuais: passou de 4.538,5 mil hectares, na safra de 1976/1977, para 2.837,5 mil hectares, na safra de 2015/2016.

Olhando por trás dos números, pode-se imaginar que, não havendo expansão da fronteira agrícola, a redução da área para cultivo de feijão significou aumento do território para crescimento de outras culturas. Porém, é evidente que a redução da área de cultivo representa apenas um lado da moeda. O outro lado traduz-se por

um processo acentuado de concentração da produção de feijão durante as últimas quatro décadas.

A ênfase na metodologia de pesquisa por produto, que visava agilizar os processos de pesquisa e difusão das tecnologias, teve o efeito de desestimular a prática dos consórcios e dos policultivos (MARTINE; GARCIA, 1987; CARVALHO, 1996). Em contraste com a grande lavoura, conduzida em sistema de monocultura, a prática de cultivo em consórcio foi e ainda é adotada sobretudo por agricultores familiares – que contam com pouca terra e pouco capital – especialmente porque se trata de uma prática que possibilita a elevação da produção de alimentos sem a necessidade de insumos dispendiosos, oferece oportunidades de diversificação das fontes de renda, permite o uso mais intensivo de pequenas áreas e contribui para redução do risco de insucesso cultural (VIEIRA, 2006).

Apesar de entender que o cultivo de feijão em consórcio oferece mais vantagens do que os estandes puros aos agricultores que operam em pequena escala, Vieira (2006, p.497) alega que:

À medida que o nível tecnológico da agricultura evolui, as culturas consorciadas tornam-se crescentemente mais difíceis de ser manejadas, mormente quando a mecanização é introduzida.

Além disso, Vieira (2006) relaciona o impedimento de utilização, em maior grau, de técnicas agrícolas mais eficientes e capazes de conduzir a altos rendimentos culturais como a grande desvantagem do consórcio de culturas.

Com frequência, o menor grau de utilização de tecnologias modernas na cultura do feijão foi relacionado com os pequenos agricultores, quando comparados aos agricultores que operam em grande escala.

Os pequenos produtores, aos poucos, diminuirão a participação na produção de feijão, principalmente aqueles que não adotaram métodos mais eficientes

de cultivo. Esse espaço está gradativamente ocupado por médios/grandes agricultores que, com melhor uso de tecnologia aumentam sua participação. (LLOLATO; SEPULCRI; DEMARCHI, 2001, p.47).

Lollato, Sepulcri e Demarchi (2001, p.47) ainda destacam que:

eventuais lançamentos de variedades melhor adaptadas à colheita mecânica tenderá [sic] a elevar a participação dos médios e grandes agricultores.

Redução da área de cultivo, diminuição do número de agricultores e concentração da produção são algumas das alterações que ocorreram nas estruturas sociais rurais, resultantes do desenvolvimento tecnológico. Desse modo, parece claro que, no segmento do feijão, à semelhança dos demais segmentos da agricultura, priorizou-se a monocultura e a orientação para a grande lavoura, em detrimento da produção pequena e familiar.

Conclui-se que os benefícios decorrentes do progresso técnico na cultura do feijão, nas últimas décadas, não foram distribuídos de forma equitativa entre os diversos grupos que compõem a classe dos agricultores. Essa constatação tem o poder de inutilizar os argumentos de neutralidade que, com frequência, alguns pretendem imputar à pesquisa.

Salienta-se que a perda de espaço da agricultura familiar não está relacionada somente com a cultura do feijoeiro. Essa é uma tendência observada na maioria dos segmentos da agricultura no Brasil, que tem destacado um processo de descapitalização e empobrecimento de parte considerável dessa classe social. Ao contrário do que se esperava, com a implementação de políticas agrárias e agrícolas (e públicas) tem ocorrido um maior acesso aos mercados e capitalização do grupo que já possuía níveis mais elevados de renda, bem como maior participação nas cadeias produtivas (GUANZIROLI; BUAINAIN; DI SABBATO, 2012).

Os produtores de feijão que se enquadram no conjunto que pode ser caracte-

rizado como mais pobre na agricultura familiar não têm-se beneficiado com o avanço tecnológico promovido pela pesquisa realizada nas últimas décadas. Este fato pode ser um indicativo da participação desses produtores de forma marginal ou até excludente, no segmento produtivo do feijão, e também um problema socioeconômico de magnitude considerável para os tomadores de decisão no âmbito das políticas públicas.

## **MODERNO PADRÃO AGRÍCOLA E PROBLEMÁTICA AMBIENTAL**

O agravamento da crise ambiental ameaça a sobrevivência das gerações futuras ao mesmo tempo em que impõe limites ecológicos ao crescimento econômico e populacional. Por esta razão, a questão ambiental tem sido identificada como um dos problemas de mais difícil solução que a humanidade deverá enfrentar nas próximas décadas.

As consequências do desajuste ambiental podem ser percebidas nas alterações climáticas, no derretimento das geleiras, destruição das florestas tropicais, redução dos nutrientes do solo e da biodiversidade, erosão e desertificação, contaminação da água e dos solos com agrotóxicos, na fuga das abelhas, dentre outros efeitos.

A compreensão de que os danos provocados à natureza pela humanidade resultam de uma variedade de transformações associadas à modernização, de caráter tecnológico, econômico, político, social e ideológico é consenso entre um número expressivo de pesquisadores. Os fenômenos que condicionam a crise ambiental mostram-se intimamente imbricados, são interdependentes e não podem ser compreendidos a partir de um referencial teórico restrito.

O pressuposto de que crescimento econômico e progresso tecnológico implicam, necessariamente, em desenvolvimento social tem sido veementemente questionado, simplesmente porque não é sempre que esta correlação se manifesta.

Argumenta-se que a humanidade deve aumentar a capacidade de controle e regulação das atividades econômicas, a fim de respeitar os limites impostos pela natureza, uma vez que está cada vez mais claro que o descontrole ambiental tende a ameaçar a sustentabilidade ambiental e econômica dos sistemas de produção em muitos países, inclusive no Brasil.

É notório que algumas das principais conquistas da agricultura moderna opõem-se diretamente à conservação da natureza, o que torna urgente a tarefa de promover a adequação dos sistemas de produção agrícola com base na adoção de práticas de produção sustentáveis. O aumento da produtividade na agricultura não pode mais ser tomado como único critério orientador da pesquisa, uma vez que é preciso também valorizar a estabilidade e a sustentabilidade dos sistemas de produção.

A evolução dos modernos sistemas de produção de feijão, praticados em monocultura, foi orientada, principalmente a partir da década de 1990, pelo controle das etapas de desenvolvimento fenológico das plantas, identificação das condições ambientais necessárias, relacionadas com época e temperatura, nutrição mineral, escolha do material genético adequado às condições de meio, controle de plantas competidoras e controle de pragas e doenças. Nos plantios realizados no inverno, o aperfeiçoamento de sistemas de irrigação foi necessário. Tratando-se de planta muito suscetível ao ataque de diversas espécies de insetos, moluscos, ácaros e nematoides e que também sofre com a incidência de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus capazes de ocasionar perdas significativas na produção e redução drástica da produtividade, o cultivo do feijoeiro em grande escala, em sistema de monocultura, tem constituído ambiente de grande instabilidade ecológica.

Paula Júnior, Vieira e Zambolim (2004) destacam o aumento da incidência e da severidade de doenças, assim como o aparecimento de novas doenças como causas da redução de produtividade das

lavouras de feijão de inverno conduzidas com irrigação. De fato, é possível verificar a estagnação, ou até mesmo a redução da produtividade de feijão na terceira safra no estado de Minas Gerais. Após ter atingido a marca de 2.700 kg/ha, na safra de 2004/2005, a produtividade tem-se mantido em um patamar inferior, conforme os dados da Conab (2017).

Os cultivos de primeira e segunda safra constituem áreas imensas em que se pratica a monocultura do feijão, cujos coeficientes técnicos, para efeitos de planejamento, sugerem a aplicação de 0,65 kg de fungicida, 1 L de inseticida e 3,5 L de herbicida por hectare. Considerando que a Conab (2017) estimou a área de cultivo de feijão em Minas Gerais em 334.500 ha, significa que 217,4 t de fungicidas, somadas a 1,5 milhão de litros de inseticidas e herbicidas impactaram o ambiente somente na safra 2015/2016. É importante registrar que esta estimativa é otimista, uma vez que a frequência de pulverizações é aumentada em áreas com maior incidência de pragas e doenças. Infelizmente os efeitos provocados pelo uso de agrotóxicos na saúde da população e sobre os ecossistemas têm sido pouco estudados.

O expressivo volume de água necessário para condução das extensas lavouras de feijão irrigadas com sistema de pivô central, somente no estado de Minas Gerais, compreende cerca de 69.100 ha. Silveira e Stone (2004) informam que são necessários cerca de 2 mil litros de água para produzir 1 kg de feijão, em cultivo de inverno, com irrigação. É necessário avaliar as consequências desse modelo de produção no contexto em que se acirra a crise hídrica, especialmente se forem consideradas as fragilidades ambientais do bioma Cerrado, onde está instalada a maioria dos sistemas de irrigação com pivô central.

Em sistemas tradicionais de produção, em policultivos ou consórcio com outras culturas, a produtividade das áreas de cultivo de feijão atingia patamares muito inferiores aos alcançados atualmente nos

sofisticados sistemas de monocultura. Há de considerar, contudo, que, atualmente, muitos agricultores têm obtido êxito no cultivo agroecológico de feijão, em consórcio com milho ou com café, em Minas Gerais (Fig. 1). Vieira (2006) explica que o cultivo de feijão em consórcio aumenta a proteção vegetativa do solo contra a erosão, permite melhor controle da flora espontânea em comparação com o cultivo solteiro, e possibilita a redução da incidência de pragas e doenças, tanto na cultura prevalente como na consorte.

Em vista disso, sugere-se a consideração e a avaliação de sistemas de produção com tais características por parte das organizações de pesquisa. A avaliação de experiências que se têm mostrado exitosas, no que diz respeito à dimensão ambiental, pode indicar a medida das adequações nos programas de pesquisa. A geração e a socialização de práticas agrícolas sustentáveis correspondem a um desafio que somente pode ser enfrentado pela pesquisa pública social e ambientalmente responsável.

## **PROGRESSO TÉCNICO E MERCADO DE FEIJÃO**

Os avanços tecnológicos alcançados possibilitaram a expansão da capacidade de produção de feijão no Brasil. Apesar disso, o mercado tem-se mostrado instável nos últimos anos, pela alternância de períodos de abastecimento e desabastecimento. A sugestão de preços mínimos próximos ao custo de produção é fator agravante, já que, com frequência, desestimula os agricultores para novos plantios.

A produção de feijão na terceira safra aparece nas estatísticas da Conab somente a partir de 1985 e mostra-se crescente até a safra 2013/2014 nos Estados do Centro-Sul do Brasil, quando atinge seu ponto máximo. Contudo reduz significativamente na safra 2015/2016, para um volume abaixo do que foi produzido na safra 2004/2005. A produtividade não tem apresentado alterações significativas desde a safra 2009/2010. A área de cultivo da terceira



Fotos: Leonardo Leles Santos Silva

Figura 1 - Cultivo de feijão em consórcio com café, em Poço Fundo, MG

safrinha atingiu o ponto máximo na safra 2013/2014, nos Estados do Centro-Sul. Contudo, reduziu para 172.400 ha na safra 2015/2016, área que se aproxima da que foi plantada na safra 1997/1998.

A expansão do cultivo de feijão para áreas com possibilidade de irrigação – a terceira safra – representou a grande esperança, pela via do agronegócio, de compensar a queda da produção resultante da desestruturação da agricultura familiar. Chagas et al. (2004) interpretaram as oscilações de produção e de preço de feijão, registradas até meados da década de 2000, como consequência da inconsistência das políticas agrícolas governamentais, e sugeriram que os preços tenderiam a flutuar menos acentuadamente em razão da crescente incorporação de áreas não tradicionais e do cultivo em áreas irrigadas. Contudo, essa expectativa não se confirmou. Passados mais de dez anos, a regularidade de oferta de feijão e a estabilidade de preços ainda não foram alcançadas.

Por um lado, o mercado de feijão caracteriza-se pelas variações de preferência de caráter regional. Por outro, a produção tem sido afetada por aumentos e quedas de preço, como também por fatores naturais. A participação das importações e exportações representa pouco na dinâmica do mercado

interno de feijão, para além do fato de que se trata de um produto de cadeia curta, de pouco processamento, destinado aos consumos interno e regional. As características que lhe impõem rápido decréscimo de qualidade inviabilizam a estocagem por longos períodos. O armazenamento de um ano para outro, por si só, repercute em dificuldades na comercialização, ao contrário do que ocorre com as *commodities*. Além disso, as tentativas de padronizar o feijão têm sido relativamente infrutíferas. Assim, ao invés de nomear a cultura do feijão, esta deveria ser tratada cultura dos feijões, em razão da variabilidade de cultivares e da preferência regional por sabores e cores. Os feijões do grupo comercial carioca constituem uma exceção, pois detêm hoje cerca de 60% do mercado de consumo. Tais feijões despertaram o interesse dos pesquisadores principalmente por apresentar características agrônomicas desejáveis, relacionadas com produtividade e resistência a doenças, e não em razão de suas características organolépticas. Trata-se de um caso em que o gosto dos consumidores foi ajustado em desfavor de feijões tidos como de melhor sabor, em um contexto em que a crise de abastecimento perdura por décadas.

Veiga (1991), assim como Abramovay (1992), deixa claro que a estabilização

dos mercados internos de alimentos, na maioria dos países de economia capitalista avançada, foi construída a partir de políticas públicas de apoio à agricultura familiar. No caso da produção de feijão no Brasil, optou-se por um caminho inverso, quando se procurou desenvolver para o feijão um padrão agrícola semelhante ao que se impingiu às culturas dinâmicas, ou seja, milho, soja, trigo e cana-de-açúcar. Está evidente que o feijão não apresenta comportamento mercadológico semelhante às *commodities* agrícolas. Mercados que se estruturam local, ou regionalmente, em geral funcionam com muito mais eficiência para produtos que detêm características mercadológicas semelhantes às que apresenta o feijão.

Para além da “esteira de preços”, que explica apenas parte do fenômeno da redução da área de cultivo, a competição com outras culturas, a exemplo das *commodities* soja, milho e trigo, parece intensamente relacionada com o decréscimo da área de plantio nos últimos anos, especialmente naquelas que dispõem de irrigação. Agricultores que plantam grandes áreas irrigadas, e que estão atentos à rentabilidade de seus sistemas de produção, têm encontrado novas alternativas mais rentáveis e estáveis de produção. A preferência por culturas mais dinâ-

micar, orientadas para a exportação ou para a agroindústria, é uma característica histórica dos grandes produtores brasileiros, como enfatizam Martine e Garcia (1987), especialmente porque para estas existem estratégias próprias de estímulo à produção, a exemplo da venda futura e de créditos para aquisição de insumos. Cabe mencionar ainda que o sistema de formação internacional de preços das *commodities* garante uma menor variação e maior visibilidade do mercado, uma vez que este passa a depender não somente do cenário nacional, mas mundial.

Como contraponto, os agricultores familiares, em geral, são menos relutantes em aceitar margens de lucro reduzidas, fundamentalmente porque se preocupam também com a estabilidade de seus sistemas de produção, e não somente com a rentabilidade de seus investimentos. Além disso, reservam parte da produção para o autoconsumo, e vendem o excedente. Desse modo, a produção familiar pode garantir uma oferta mais constante no mercado de feijão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não permanecem dúvidas a respeito da contribuição positiva da pesquisa para o progresso técnico da cultura do feijão no Brasil. Os avanços tecnológicos em termos de produtividade, resistência a doenças e qualidade tecnológica dos grãos, dentre outros, foram essenciais para melhoria do atendimento à demanda dos consumidores.

Apesar disso, parece evidente que o padrão intensivo imposto pela moderna agricultura tem-se mostrado pouco compatível com a necessária regularidade que exige o suprimento de alimentos para o mercado interno. O modelo proposto em meados da década de 1980 para enfrentar a crise no abastecimento de feijão, apoiado essencialmente na monocultura tecnicada, praticada em grande escala, tem-se mostrado mercadologicamente instável, ambientalmente insustentável e socialmente injusto.

Em face do exposto sugere-se que os programas de pesquisa e desenvolvimento, conduzidos em diversas organizações no Brasil, incorporem em suas pautas a busca por resultados que possibilitem o aumento da participação dos agricultores familiares no segmento da produção de feijão, seja para alimentação da própria família, seja para a venda excedente no mercado. Acredita-se que a maior participação dos agricultores familiares promoverá melhor regularidade de abastecimento dos mercados, em níveis local e regional.

A preferência por metodologias que oferecem oportunidade de participação aos agricultores e extensionistas nos trabalhos de pesquisa provavelmente poderá resultar em incremento de produção por parte dos agricultores familiares, com reflexos positivos no desenvolvimento rural. Certamente, os grupos de agricultores familiares que ainda resistem cultivando suas sementes crioulas em consórcio com outras culturas – mesmo nas regiões de agricultura mais modernizadas do País – poderão contribuir grandemente para a (re)construção de uma agricultura mais humana e com mais respeito ao ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. Campinas: HUCITEC: UNICAMP, 1992. 275p.
- ALVES, E.R. de A. Quem ganhou e quem perdeu com a modernização da agricultura brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.39, n.3, p.9-39, jul./set. 2001.
- CARVALHO, S.M.P. de. A importância da superação do paradigma produtivista pelos sistemas estaduais de pesquisa. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.13, n.1, p.21-42, 1996.
- CHAGAS, J.M. et al. Produtividade e custo de produção de feijão em diferentes níveis tecnológicos. **Informe Agropecuário**. Feijão de alta produtividade, Belo Horizonte, v.25, n.223, p.7-12, 2004.
- CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.M.

O melhoramento genético de feijoeiro no Instituto Agronômico IAC (1932 a 2014). **O Agrônomo**, Campinas, v.64/66, p.6-13, 2012/2014.

COCHRANE, W.W. **The development of american agriculture: a historical analysis**. 2.ed. Mineapolis: University of Minnesota, 1993. 501p.

CONAB. **Levantamento de safra - séries históricas: feijão 1ª, 2ª e 3ª safra**. Brasília, 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina\\_objcmsconteudos=2#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos)>. Acesso em: 14 jun. 2017.

GUANZIROLI, C.E.; BUAINAIN, A.M.; DI SABBATO, A. Dez anos de evolução da Agricultura Familiar no Brasil: (1996 e 2006). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.50, n.2, p.351-370, abr./jun. 2012.

LOLLATO, M.A.; SEPULCRI, O.; DEMARCHI, M. **Cadeia produtiva do feijão: diagnóstico e demandas atuais**. Londrina: IAPAR, 2001. 47p. (IAPAR. Documento, 25).

MARTINE, G.; GARCIA, R.C. **Os impactos sociais da modernização agrícola**. São Paulo: Caetés, 1987. 271p.

PAULA JÚNIOR, T.J. de; VIEIRA, R.F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro. **Informe Agropecuário**. Feijão de alta produtividade, Belo Horizonte, v.25, n.223, p.99-112, 2004.

SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F. Irrigação. **Informe Agropecuário**. Feijão de alta produtividade, Belo Horizonte, v.25, n.223, p.74-82, 2004.

VEIGA, J.E. da. **O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica**. São Paulo: HUCITEC: USP, 1991. 150p.

VIEIRA, C. Cultivos consorciados. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2.ed.atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2006. cap.17, p.493-528.

VIEIRA, R.F.; PAULA JÚNIOR, T.J. de. Sementes: veículos de disseminação de patógenos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2.ed.atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2006. cap.15, p.437-476.

# Perfil da produção e dos produtores de feijão no Brasil

Alcido Elenor Wander<sup>1</sup>, Osmira Fátima da Silva<sup>2</sup>

Resumo - A produção de feijão no Brasil é realizada por estabelecimentos agropecuários com diferentes tamanhos de área colhida. Os dados do Censo Agropecuário de 2006 ainda demonstram que a maior parte da produção de feijão-comum, no Brasil, é proveniente de pequenas áreas de produção, nas quais incluem-se os agricultores familiares. Boa parte da produção é destinada ao autoconsumo das famílias, especialmente nas regiões onde predominam áreas menores de cultivo. Por outro lado, mesmo os pequenos produtores de feijão destinam parte de sua produção ao mercado. Apesar das oscilações, os preços recebidos pelos agricultores têm sido compensadores, o que estimula os produtores a se manterem na atividade.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Regiões produtoras. Agricultura familiar. Agricultura empresarial.

## Common bean production and producer profile in Brazil

Abstract - Bean production in Brazil is done by farms with variable acreage. Official data related to the Brazilian agricultural production still show that most of the common bean production in Brazil comes from small production areas, including family farmers. Much of the production is self-consumed by producing families, especially in regions where smaller growing areas dominate. On the other hand, even small bean producers sell part of their production. Despite the fluctuations, the prices received by the farmers have been compensating to the producers, stimulating them to remain in the activity.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Family farming. Commercial agriculture.

### INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (WANDER, 2007). Aproximadamente 77% da produção nacional de feijões refere-se ao feijão-comum, e 23%, ao feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (FERREIRA et al., 2002).

No Brasil, a depender da região, o feijão é cultivado em três safras distintas: a primeira (safra das águas ou safra de verão), com plantio nos meses de agosto a novembro e colheita de novembro a fevereiro; a segunda (safra da seca ou safrinha), com plantio de dezembro a março e colheita de março a junho; a terceira (safra de inverno ou irrigada), com plantio de abril a julho e colheita de julho a outubro (WANDER; DEL PELOSO; FARIA, 2007).

Os custos de produção variam conforme a época de cultivo e grau de intensificação da produção (WANDER et al., 2005).

Os preços do feijão apresentam variação no tempo, ao longo do ano, em função das épocas de colheita, e no espaço, em função da localização das principais regiões produtoras. Mudanças nos preços ao longo da cadeia normalmente ocorrem de forma assimétrica, ou seja, aumentos e diminuições de preço não são repassados de forma imediata e plena para outros mercados. Elevações de preços para os produtores normalmente são repassadas imediatamente aos mercados de atacado e de varejo. Já as quedas de preços aos produtores costumam levar de dois a três meses, até que sejam plenamente repassadas aos consumidores (CUNHA; WANDER, 2014). Entre as regiões produtoras, os

preços recebidos pelos produtores também não são ajustados em tempo real, uma vez que ocorrem custos de transação entre regiões que retardam e dificultam os ajustes de preços entre mercados. Os custos de transação da cointegração entre mercados produtores são decorrentes, principalmente, da distância entre mercados produtores, associada à precariedade da logística existente (ASSUNÇÃO; WANDER, 2015).

Conforme Spers e Nassar (2004), no sistema de comercialização do feijão ocorrem as seguintes falhas de mercado:

- a) assimetria de informação;
- b) forte incerteza;
- c) pouca transparência de preços.

Yokoyama (2002) demonstra que o consumo aparente per capita entre 1985 e 2001 praticamente manteve-se estável, em

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, alcido.wander@embrapa.br

<sup>2</sup>Economista, Analista EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, osmira.silva@embrapa.br

torno de 15 kg/hab./ano. No início dos anos 2000, este consumo manteve-se no mesmo patamar (WANDER, 2007).

A falta de um mercado internacional e a perecibilidade do produto tornam difícil estimar a estacionalidade e fazer projeções baseando-se em dados históricos do produto. (FUSCALDI; PRADO, 2005, p.28).

O Brasil precisa identificar as preferências dos consumidores de países importadores e buscar se definir, estrategicamente, para alcançar a autossuficiência em feijão. Isso é de crucial importância para que sejam conduzidos programas de melhoramento genético voltados para a exportação de feijão num futuro a médio e longo prazos (WANDER, 2005).

A rentabilidade ao produtor tem apresentado variações consideráveis ao longo dos anos, principalmente, pela oscilação nos preços (WANDER; SILVA, 2014).

No consumo de feijão, alguns pontos que merecem destaque são: aumento do consumo fora do domicílio (WANDER, 2007; WANDER; CHAVES, 2011); individualização das refeições e homogeneização do gosto alimentar (BARBOSA, 2007).

Como o feijão é uma das principais fontes de proteína vegetal na dieta da população, sua produção é de grande importância para assegurar o acesso aos consumidores. Assim, buscou-se, neste contexto, identificar e descrever o perfil da produção de feijão no Brasil.

## INFORMAÇÕES ESTATÍSTICAS DO FEIJÃO

Os dados estatísticos utilizados referem-se ao Censo Agropecuário 2006 (2012), à Pesquisa Agrícola Municipal (2016) e ao histórico de safras de feijão (CONAB, 2017). No caso do Censo Agropecuário, sabe-se da defasagem temporal dos dados, porém, não existem dados mais recentes disponíveis.

Nos dados do Censo Agropecuário 2006, foram considerados de forma agregada o feijão-preto em grão e o feijão de cor em grão, bem como o total para o feijão-

comum. O feijão de cor inclui diversos grupos comerciais carioca, vermelho, roxinho etc., para os quais não há estatísticas específicas. O feijão-fradinho foi considerado como sendo exclusivamente feijão-caupi, o qual não faz parte do escopo deste trabalho. Foram extraídas informações como área colhida, produção, venda, valor da produção de feijão agrupado por área colhida, condição legal do produtor para o Brasil como um todo, bem como para os principais Estados produtores, ou seja, Paraná, Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Bahia, a exemplo do trabalho de Silva e Wander (2013).

Considerou-se, como agricultura familiar, o que determina a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006 (BRASIL, 2006), que considera agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

- possui área menor ou igual a 4 (quatro) módulos fiscais;
- utiliza mão de obra predominantemente da família;
- obtem a maior parte da renda das atividades econômicas relacionadas com o estabelecimento;
- a gestão é feita pela família.

## Principais regiões produtoras

A produção nacional de feijões (comum + caupi) tem sido de aproximadamente, 3,3 milhões de toneladas por ano. Em 2015, esta produção foi de 3,1 milhões

de toneladas. A produção ocorre em todas as cinco regiões geográficas do País, com destaque para Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste (Tabela 1).

Todos os Estados brasileiros produzem feijões. No entanto, nos Estados de baixa latitude predomina o feijão-caupi. Os seis maiores produtores Paraná, Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso, Goiás e São Paulo respondem, juntos, por mais de 80% da produção nacional (Tabela 2).

Da produção nacional de 3,09 milhões de toneladas de feijões, em 2015, 44% foram oriundos da primeira safra, 42% da segunda safra e 14% da terceira safra. A primeira safra ocorre principalmente no Paraná, Bahia, Minas Gerais, Goiás e São Paulo. A segunda safra ocorre no Paraná, Mato Grosso, Bahia e Minas Gerais. Na terceira safra, destacam-se Minas Gerais e Goiás (Tabela 2).

## Número e tamanho de unidades produtoras de feijão-comum

Considerando-se como feijão-comum os dois tipos “preto” e “de cor”, tem-se um universo de 731,4 mil produtores, com uma produção total de, aproximadamente, 2 milhões de toneladas em 2005/2006. É possível que o número total seja menor, uma vez que, em tese, um mesmo estabelecimento pode ter produzido feijão-comum preto e de cor, tendo sido, assim, contado duas vezes no Censo. Não há como confirmar esta dupla contagem a partir dos dados disponíveis (Tabela 3).

Tabela 1 - Produção de feijão nas cinco regiões brasileiras - 2015

Região	Produção (t)	Participação (%)	Participação acumulada (%)
Sul	960.338	31,08	31,08
Sudeste	760.393	24,61	55,69
Centro-Oeste	668.897	21,65	77,34
Nordeste	638.856	20,67	98,01
Norte	61.530	1,99	100,00
Total	3.090.014	100,00	-

Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal (2016).

Nota: Elaboração do autor.

Tabela 2 - Produção de feijão por safra nos Estados brasileiros - 2015

Estados	1ª safra (t)	2ª safra (t)	3ª safra (t)	Total		
				Tonelada	Participação (%)	Participação acumulada (%)
Paraná	341.105	380.490	4.618	726.213	23,50	23,50
Minas Gerais	161.713	157.402	190.049	509.164	16,48	39,98
Bahia	224.865	189.614	186	414.665	13,42	53,40
Mato Grosso	18.490	240.024	60.367	318.881	10,32	63,72
Goiás	131.142	44.231	114.090	289.463	9,37	73,09
São Paulo	110.673	55.283	70.043	235.999	7,64	80,72
Santa Catarina	97.057	41.719	-	138.776	4,49	85,22
Rio Grande do Sul	60.767	34.582	-	95.349	3,09	88,30
Ceará	63.201	4.149	-	67.350	2,18	90,48
Piauí	45.878	1.653	-	47.531	1,54	92,02
Maranhão	15.623	30.295	-	45.918	1,49	93,50
Pernambuco	4.265	29.295	-	33.560	1,09	94,59
Distrito Federal	26.237	3.087	4.172	33.496	1,08	95,67
Mato Grosso do Sul	1.055	25.822	180	27.057	0,88	96,55
Pará	9.884	14.916	-	24.800	0,80	97,35
Rondônia	19.475	-	-	19.475	0,63	97,98
Espírito Santo	3.941	9.026	516	13.483	0,44	98,42
Alagoas	120	10.532	-	10.652	0,34	98,76
Sergipe	510	7.482	-	7.992	0,26	99,02
Tocantins	1.780	5.343	528	7.651	0,25	99,27
Paraíba	3.555	3.464	-	7.019	0,23	99,50
Acre	-	4.226	-	4.226	0,14	99,63
Rio Grande do Norte	4.030	139	-	4.169	0,13	99,77
Amazonas	2.121	308	5	2.434	0,08	99,85
Roraima	1.964	-	-	1.964	0,06	99,91
Rio de Janeiro	664	1.083	-	1.747	0,06	99,97
Amapá	-	980	-	980	0,03	100,00
Brasil (total)	1.350.115	1.295.145	444.754	3.090.014	100,00	-

Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal (2016).

Nota: Elaboração do autor.

Tabela 3 - Número de estabelecimentos, quantidade produzida e vendida, valor da produção e área colhida de feijão-comum por grupo de área colhida - Brasil - 2006

Grupo de área colhida	Estabelecimento		Quantidade produzida		Quantidade vendida		Venda/ Produção (%)	Valor da produção	
	Número	Participação (%)	Tonelada	Participação (%)	Tonelada	Participação (%)		Mil Reais	Participação (%)
Pequeno	682.819	93,36	373.314	18,79	208.788	14,52	55,93	309.253	19,80
Médio	41.843	5,72	595.508	29,97	384.394	26,74	64,55	460.808	29,50
Grande	6.736	0,92	1.018.022	51,24	844.414	58,74	82,95	791.862	50,70
Subtotal	731.398	100,00	1.986.844	100,00	1.437.596	100,00	72,36	1.561.923	100,00

Fonte: Dados básicos: Censo Agropecuário 2006 (2012).

Nota: Grupo de área colhida - Pequeno (&gt; 0 a &lt; 5 ha), Médio (5 a &lt; 50 ha) e Grande (&gt; ou = 50 ha).

Percebe-se que 99,08% dos produtores cultivam menos de 50 ha, 0,77% dos produtores cultivam de 50 a menos de 200 ha, ou seja, apenas 0,15% dos produtores cultivam áreas de feijão-comum acima de 200 ha.

Os produtores de feijão-comum com área colhida até 200 ha (99,85% dos produtores) são responsáveis por 78,29% da produção de feijão-comum.

Algumas constatações importantes a ser destacadas em relação ao tamanho da área colhida de feijão-comum por estabelecimento:

- a) existe uma grande diversidade de tamanhos de área colhida de feijão-comum por estabelecimento;
- b) a esmagadora maioria dos produtores de feijão-comum (> 99%) cultiva esta cultura em áreas de até 50 ha;
- c) nas propriedades com área colhida de feijão-comum de até 50 ha, o autoconsumo representa 45% da produção no caso do feijão-comum de cor e 30% no caso do feijão-comum preto;
- d) o autoconsumo representa 27,64% da produção de feijão-comum no Brasil;
- e) o percentual de autoconsumo diminui com o aumento da área colhida;
- f) os estabelecimentos que cultivam feijão-comum em 200 ha ou mais representam apenas 0,15% do total, e respondem por 21,71% da produção de feijão-comum.

### Tipo de cultivo

O feijão-comum cultivado de forma solteira (cultivo simples) é praticado por 55,1% dos estabelecimentos que cultivam feijão-comum. Esse tipo de cultivo representa 62,4% da área colhida, 74,2% da produção e 82% da quantidade comercializada. Aproximadamente 80% do feijão-comum produzido no cultivo simples é destinado ao mercado.

Já o cultivo associado<sup>3</sup> (consórcio com culturas anuais) é praticado por 38,4% dos estabelecimentos que cultivam feijão-comum. Esse sistema de cultivo representa 32% da área colhida e responde por 20,7% da produção e 14,1% da quantidade comercializada. Aproximadamente 49% do feijão-comum produzido no cultivo associado é destinado ao mercado.

Por sua vez, o cultivo intercalado<sup>4</sup> (entrelinhas de culturas perenes ou florestais) foi praticado por 3,4% dos estabelecimentos que cultivam feijão-comum. Esse tipo de cultivo ocupou 2,4% da área colhida e representou 2,2% da produção e 1,9% da quantidade comercializada. Em média, 61% do feijão-comum produzido no cultivo intercalado é destinado ao mercado.

Já os sistemas de cultivo considerados como mistos (vários tipos de cultivo diferentes no mesmo estabelecimento) eram praticados por apenas 3,2% dos estabelecimentos que cultivam feijão-comum. Esse tipo de produção ocupava 3,3% da área colhida e respondia por 3% da produção e 2% da quantidade comercializada. Aproximadamente 50% do feijão-comum produzido da forma mista é destinado ao mercado (Tabela 4).

É notória, portanto, a presença do cultivo associado (consórcio) ou intercalado. O consórcio com culturas anuais é feito por mais de 38% dos produtores, ocupando 32% da área colhida total e gerando 21% da produção de feijão-comum no Brasil.

### Tipo de agricultura

A agricultura familiar representa 89,5% dos produtores de feijão-comum, os quais eram responsáveis por 61,9% da quantidade total produzida e 75,6% da área colhida de feijão-comum. Já a agricultura não familiar era praticada por 10,5% dos produtores de feijão-comum, os quais respondiam por 38,1% da quantidade total produzida e 24,4% da área colhida de feijão-comum.

Algumas constatações importantes (Tabela 5):

- a) a maioria dos produtores de feijão-comum é considerada familiar, segundo a Lei nº 11.326, de 24/7/2006 (BRASIL, 2006);
- b) a participação da agricultura familiar na produção nacional de feijão-comum é de 62%<sup>5</sup>.

Dentre os Estados classificados para o estudo, a Bahia é o que possui o maior número de estabelecimentos agropecuários vinculados à agricultura familiar na atividade do cultivo do feijão-comum, com uma participação de 89,61% do total de 96.096 estabelecimentos cadastrados. Porém, o maior volume de produção e área colhida concentra-se no estado do Paraná, onde são produzidas 316,010 mil toneladas de feijão-comum, as quais são colhidas em 217,554 mil hectares, com rendimento médio de 1.453 kg/ha.

<sup>3</sup>Cultivo associado: quando diferentes produtos da lavoura temporária foram plantados, alternadamente, numa mesma área, ou quando diferentes produtos da lavoura permanente foram plantados, simultaneamente, numa mesma área, ou ainda quando os produtos da lavoura permanente foram plantados, simultaneamente, numa mesma área, com essências florestais. Ex.: feijão e milho plantados em linhas alternadas (CENSO AGROPECUÁRIO, 2007, p.146).

<sup>4</sup>Cultivo intercalado: quando o produto da lavoura temporária foi plantado nas ruas (entrelinhas) das plantações de produtos da lavoura permanente ou de essências florestais. Ex. feijão colhido nas entrelinhas do cafezal (CENSO AGROPECUÁRIO, 2007, p.146-147).

<sup>5</sup>Na estimativa divulgada por França, Del Grossi e Marques (2009), em que a agricultura familiar seria responsável por 70% da produção de feijão, está incluído o feijão-caupi.

Tabela 4 - Número de estabelecimentos, quantidade produzida e vendida, valor da produção e área colhida de feijão-comum por tipo de cultivo - Brasil - 2006

Tipo de cultivo	Número de estabelecimentos agropecuários		Quantidade produzida		Quantidade vendida		Área colhida	
	Unidade	Participação (%)	Tonelada	Participação (%)	Tonelada	Participação (%)	Hectares	Participação (%)
Simplex	402.698	55,06	1.473.213	74,15	1.178.652	81,99	1.365.126	62,36
Associado	280.721	38,38	410.371	20,65	202.675	14,10	700.066	31,98
Intercalado	24.683	3,37	44.512	2,24	27.065	1,88	52.207	2,38
Misto	23.296	3,19	58.746	2,96	29.204	2,03	71.860	3,28
Total	731.398	100,00	1.986.844	100,00	1.437.598	100,00	2.189.259	100,00

Fonte: Dados básicos: Censo Agropecuário 2006 (2012).

Tabela 5 - Produção de feijão-comum por classificação de grãos e tipificação de agricultura<sup>(1)</sup>, nos estados do Paraná, Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Bahia - 2006

Especificação	Feijão-comum (total)				
	Familiar	Participação (%)	Não familiar	Participação (%)	Total
Brasil					
Estabelecimento (nº)	654.361	89,47	77.037	10,53	731.398
Produção (t)	1.228.869	61,83	757.975	38,15	1.986.843
Área colhida (ha)	1.655.074	75,61	533.927	24,39	2.189.001
Rendimento (kg/ha)	742		1.420		908
Paraná					
Estabelecimento (nº)	68.839	87,39	9.937	12,61	78.776
Produção (t)	316.010	66,14	161.799	33,86	477.809
Área colhida (ha)	217.554	68,68	99.211	31,32	316.765
Rendimento (kg/ha)	1.453		1.631		1.508
Minas Gerais					
Estabelecimento (nº)	84.786	84,57	15.465	15,43	100.251
Produção (t)	81.068	30,02	188.966	69,98	270.034
Área colhida (ha)	101.320	46,58	116.206	53,42	217.526
Rendimento (kg/ha)	800		1.626		1.241
Goiás					
Estabelecimento (nº)	1.638	72,13	633	27,87	2.271
Produção (t)	3.622	3,63	96.208	96,37	99.830
Área colhida (ha)	3.363	6,39	49.252	93,61	52.615
Rendimento (kg/ha)	1.077		1.953		1.897
São Paulo					
Estabelecimento (nº)	3.116	69,90	1.342	30,10	4.458
Produção (t)	23.428	19,06	99.481	80,94	122.909
Área colhida (ha)	15.750	21,99	55.888	78,01	71.638
Rendimento (kg/ha)			1.780		1.716
Bahia					
Estabelecimento (nº)	96.069	89,61	11.134	10,39	107.203
Produção (t)	186.000	78,21	51.835	21,79	237.835
Área colhida (ha)	190.924	78,98	50.827	21,02	241.751
Rendimento (kg/ha)	974		1.020		984

Fonte: Dados básicos: Censo Agropecuário 2006 (2012).

Nota: Modificado na Embrapa Arroz e Feijão pelos autores, em novembro de 2012.

(1) Agricultura familiar, conforme Lei nº 11.326, de 24/7/2006 (BRASIL, 2006).

A importância da agricultura familiar do feijoeiro-comum, em volume de produção, estende-se do estado do Paraná, decrescendo para os estados da Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Goiás.

A agricultura não familiar, ou seja, a agricultura empresarial é responsável por cerca de 38% da produção nacional do feijão-comum no Brasil, o que corresponde a 757,975 mil toneladas, colhidas em 533,927 mil hectares, com rendimento médio de 1.420 kg/ha.

O estado de Goiás é o primeiro produtor de feijão-comum em agricultura empresarial, com uma produção de 96,208 mil toneladas colhidas em 49,252 mil hectares, com destaque para a produtividade, com os produtores obtendo 1.953 kg/ha, seguido pelos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Bahia.

### **Principal mês de plantio no Brasil e principais Estados produtores**

O plantio de feijão-comum ocorre mensalmente, durante todo o ano no Brasil. Sua distribuição é orientada, principalmente, pelos hábitos e tradições alimentares locais, associados à expectativa do aumento de renda dos produtores e de suprimento das necessidades do mercado. E as frequências dos plantios são maiores nos meses de maio, setembro e outubro (Tabela 6).

No estado do Paraná, na safra das águas e seca, o processo decisório para o plantio do feijão-comum acontece, especialmente, em função da preferência do consumidor pelo feijão-comum preto e, em grande parte, realizado por produtores familiares. A participação média e efetiva do plantio do feijão-comum representa 35% da área total cultivada com o feijão-comum, nos meses de setembro e outubro, neste Estado.

No estado de Minas Gerais, assim como no Paraná, também é observada a ocorrência mensal do plantio do feijão-comum, durante todo o ano agrícola, com

maior frequência no mês de março, com o feijão-comum preto e de cores, representando 37,8% e 18,7% do total estadual, respectivamente.

Em Goiás, o plantio do feijão-comum é focado na safra das águas e da seca, de outubro a fevereiro, com forte movimentação dos agricultores familiares e empresariais, representando 14,1% no mês de outubro e 21,4% no mês de novembro, em relação ao total da área cultivada com o feijão-comum pelo Estado, predominando o feijão-comum de cores.

No estado de São Paulo, os meses de julho a setembro são mais demandados para o plantio do feijão-comum, ficando a safra das águas caracterizada especialmente pelo plantio do feijão-comum de cores. O plantio do feijão-comum preto também é realizado durante todos os meses do ano, com maior frequência nos meses de julho a outubro.

Já no estado da Bahia, no cultivo do feijão-comum, há um grande número de produtores familiares, que desenvolvem as práticas do cultivo associado a outras culturas. Isto ocorre durante todo o período do ano, porém com maiores frequências nos meses de abril, maio e novembro. Nesse Estado, o plantio do feijão-comum preto concentra-se nos meses de abril e maio e o plantio do feijão-comum de cores nos meses de maio e novembro.

### **Principal mês de colheita no Brasil e principais Estados produtores**

As colheitas de feijão-comum no Brasil ocorrem, praticamente, durante todos os meses do ano agrícola, com maior ênfase do mês de dezembro a fevereiro, mas despontando-se também no mês de agosto, principalmente por causa da colheita do feijão-comum preto nos estados da Bahia e Goiás (Tabela 7).

As colheitas do feijão-comum de cores também ocorrem mensalmente em todos os Estados do presente estudo. As maiores

frequências de colheitas são registradas nos meses de dezembro a março, no estado do Paraná; em fevereiro, junho e julho, em Minas Gerais; em fevereiro, junho, agosto e setembro, em Goiás; em novembro e dezembro, em São Paulo e, em agosto e setembro, na Bahia.

O maior volume anual de produção de feijão-comum é colhido no estado do Paraná, que também é responsável pela maior produção de feijão-comum preto, no território nacional. O maior volume de feijão-comum de cores é obtido pelas colheitas do estado de Minas Gerais, sendo este Estado o maior produtor de feijão-comum de cores, no Brasil.

Estes números expressivos da produção de feijão pela agricultura familiar passam por contestações e transformações. Dentre os contestadores das estatísticas do Censo Agropecuário 2006 está Hoffmann (2015). Segundo esse autor, a afirmação das autoridades de que a agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos no Brasil é falsa. Conforme Hoffmann (2015), as preparações à base de feijão foram de 11,2% do consumo pelas pessoas, em 2008-2009. Em uma situação hipotética de não haver nenhuma exportação da agricultura familiar e com uma inflação de 15% entre o ano do Censo Agropecuário de 2006 e janeiro de 2009, Hoffmann (2015) estimou que a produção da agricultura familiar corresponde a 21,4% do valor total das despesas com alimentos das famílias do País.

Outro aspecto importante é o fato de a produção de feijão passar por mudanças. Romão (1981) já alertava para este fato, em São Paulo, desde a década de 1980. Em períodos mais recentes, já após o Censo Agropecuário de 2006, autores que buscavam os produtores familiares identificados naquele levantamento já não os encontravam mais (SILVEIRA, 2015). Ou seja, uma parcela significativa de agricultores familiares que produzia feijão em 2006, por diversas razões deixou de fazê-lo em anos mais recentes.

Tabela 6 - Distribuição anual do plantio de feijão-comum e área utilizada no Brasil e nos principais Estados produtores

Principal mês do plantio	Brasil		Paraná		Minas Gerais		Goiás		São Paulo		Bahia	
	Hectare	Participação (%)	Hectare	Participação (%)	Hectare	Participação (%)	Hectare	Participação (%)	Hectare	Participação (%)	Hectare	Participação (%)
Janeiro	150.715	6,9	9.922	3,1	11.892	5,5	5.221	9,9	2.645	3,7	5.401	2,2
Fevereiro	191.972	8,8	15.920	5,0	21.937	10,2	4.477	8,5	6.911	9,7	3.438	1,4
Março	207.441	9,5	6.448	2,0	44.754	20,8	4.163	7,9	4.651	6,5	6.600	2,7
Abril	110.602	5,1	2.738	0,9	14.451	6,7	4.905	9,3	5.644	7,9	14.392	6,0
Mai	507.206	23,2	2.176	0,7	4.970	2,3	8.405	16,0	3.632	5,1	145.404	60,4
Junho	64.719	3,0	1.122	0,4	2.985	1,4	2.965	5,6	1.681	2,4	12.894	5,4
Julho	26.841	1,2	2.400	0,8	4.943	2,3	1.485	2,8	9.316	13,0	914	0,4
Agosto	91.760	4,2	26.517	8,4	1.829	0,8	203	0,4	19.814	27,7	722	0,3
Setembro	305.636	14,0	109.930	34,8	7.252	3,4	267	0,5	11.193	15,7	1.113	0,5
Outubro	288.885	13,2	112.298	35,6	46.698	21,7	7.407	14,1	3.452	4,8	6.496	2,7
Novembro	185.041	8,5	18.564	5,9	46.811	21,7	11.240	21,4	831	1,2	33.489	13,9
Dezembro	58.405	2,7	7.831	2,5	7.024	3,3	1.752	3,3	1.740	2,4	9.983	4,1
Total	2.189.223	100,0	315.866	100,0	215.546	100,0	52.511	100,0	71.510	100,0	240.846	100,0

Fonte: Dados básicos: Censo Agropecuário 2006 (2012).

Nota: Modificado na Embrapa Arroz e Feijão pelos autores, em julho de 2012.

Tabela 7 - Distribuição anual da colheita de feijão-comum e volume da produção no Brasil e nos principais Estados produtores

Principal mês da colheita	Brasil		Paraná		Minas Gerais		Goiás		São Paulo		Bahia	
	Tonelada	Participação (%)	Tonelada	Participação (%)	Tonelada	Participação (%)	Tonelada	Participação (%)	Tonelada	Participação (%)	Tonelada	Participação (%)
Janeiro	277.381	14,0	158.998	33,3	22.982	8,5	6.365	6,4	2.848	2,3	3.611	1,5
Fevereiro	250.422	12,6	96.624	20,2	55.123	20,4	17.619	17,6	2.046	1,7	7.302	3,1
Março	125.311	6,3	27.986	5,9	22.522	8,3	5.119	5,1	6.818	5,5	4.288	1,8
Abril	87.237	4,4	14.864	3,1	18.318	6,8	6.122	6,1	3.715	3,0	1.940	0,8
Mai	161.897	8,1	26.973	5,6	22.835	8,5	6.574	6,6	6.318	5,1	2.689	1,1
Junho	157.389	7,9	11.123	2,3	43.774	16,2	15.204	15,2	6.046	4,9	5.016	2,1
Julho	136.415	6,9	6.958	1,5	33.071	12,2	5.984	6,0	7.003	5,7	15.320	6,4
Agosto	308.287	15,5	2.647	0,6	25.042	9,3	16.749	16,8	10.015	8,1	133.223	56,0
Setembro	151.684	7,6	1.503	0,3	8.998	3,3	10.860	10,9	3.866	3,1	56.323	23,7
Outubro	28.384	1,4	1.593	0,3	5.730	2,1	3.681	3,7	5.694	4,6	3.098	1,3
Novembro	78.400	3,9	16.327	3,4	3.968	1,5	3.564	3,6	42.291	34,4	1.655	0,7
Dezembro	224.037	11,3	112.212	23,5	7.669	2,8	1.793	1,8	26.248	21,4	3.371	1,4
Total	1.986.844	100,0	477.809	100,0	270.034	100,0	99.830	100,0	122.909	100,0	237.835	100,0

Fonte: Dados básicos: Censo Agropecuário 2006 (2012).

Nota: Modificado na Embrapa Arroz e Feijão pelos autores, em julho de 2012.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de feijão no Brasil é feita por estabelecimentos agropecuários com diferentes tamanhos de área colhida. Os dados do Censo Agropecuário de 2006 ainda demonstram que a maior parte da produção de feijão-comum, no Brasil, é proveniente de pequenas áreas de produção, as quais incluem os agricultores familiares.

Boa parte da produção é destinada ao autoconsumo das famílias, especialmente nas regiões onde predominam áreas de cultivo menores. Por outro lado, mesmo os pequenos produtores de feijão destinam parte de sua produção ao mercado. Apesar das oscilações, os preços recebidos pelos agricultores têm sido compensadores aos produtores, estimulando-os a se manterem na atividade.

## REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, P.E.V.; WANDER, A.E. Transaction costs in beans market in Brazil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.45, n.5, p.933-938, May 2015.
- BARBOSA, L. Feijão com arroz e arroz com feijão: o Brasil no prato dos brasileiros. *Horizontes Antropológicos*, Porto Alegre, v.13, n.28, p.87-116, jul./dez. 2007.
- BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 25 jul. 2006. p.1.
- CENSO AGROPECUÁRIO 2006: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação - segunda apuração. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: < [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006\\_segunda\\_apuracao/default.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006_segunda_apuracao/default.shtm)>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- CENSO AGROPECUÁRIO 2006: manual do recenseador CI - 1.09 A. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 188p. Disponível em: < [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/instrumentos\\_de\\_coleta/doc1131.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/instrumentos_de_coleta/doc1131.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- CONAB. **Levantamento de safra - séries históricas: feijão**. Brasília, 2017. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- CUNHA, C.A. da; WANDER, A.E. Asymmetry in farm-to-retail dry bean price transmission in São Paulo, Brazil. *Journal on Chain and Network Science*, Wageningen, v.14, n.1, p.31-41, 2014.
- 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. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 135).
- FRANÇA, C.G. de; DEL GROSSI, M.E.; MARQUES, V.P.M. de A. **O Censo Agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil**. Brasília: MDA, 2009. 96p.
- FUSCALDI, K. da C.; PRADO, G.R. Análise econômica da cultura do feijão. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, ano 14, n.1, p.17-30, jan./mar. 2005.
- HOFFMANN, R. A agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos no Brasil? *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, v.21, n.1, p.417-421, 2015.
- PESQUISA AGRÍCOLA MUNICIPAL 2015: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: < [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2015/default\\_publicacao.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2015/default_publicacao.shtm)>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- ROMÃO, D.A. **Do auto consumo a produção capitalista: a evolução da produção de feijão no estado de São Paulo**. 1981. 198f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SILVA, O.F. da; WANDER, A.E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 63p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 287).
- SILVEIRA, M.A. da. **Percepção da competitividade da produção e comercialização de feijão pela agricultura familiar no estado de Goiás**. 2015. 183f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- SPERS, E.E.; NASSAR, A.M. Competitividade do sistema agroindustrial do feijão. In: FARINA, E.M.Q. (Coord.). **Competitividade do agribusiness brasileiro**. São Paulo: USP-FEA: FIA-PENSA, 2004. p.103-251.
- WANDER, A.E. Perspectivas de mercado interno e externo para o feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v.2, p.892-895. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 182).
- WANDER, A.E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.37, n.2, p.7-21, fev. 2007.
- WANDER, A.E.; CHAVES, M.O. Consumo per capita de feijão no Brasil de 1998 a 2010: uma comparação entre consumo aparente e consumo domiciliar. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. 1 CD-ROM.
- WANDER, A.E.; SILVA, O.F. da. Rentabilidade da produção de feijão no Brasil. In: CAMPOS, S.K. et al. **Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2014. v. 2: O desafio da rentabilidade na produção, p.135-146.
- WANDER, A.E. et al. Economic viability of small scale organic production of rice, common bean and maize in Goiás State, Brazil. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, Witzhausen, v.108, n.1, p.51-58, 2007.
- WANDER, A.E. et al. **Sistemas de cultivo e custos de produção de feijão no Brasil, nas safras 2003/2004 e 2004/2005**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 24p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 180).
- YOKOYAMA, L.P. **Tendências de mercado e alternativas de comercialização do feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 4p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 43).

# INSTRUÇÕES AOS AUTORES

## INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, bimestral, de caráter técnico-científico e tem como objetivo principal difundir tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG, seus parceiros e outras instituições para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Trata-se de um importante veículo de orientação e informação para todos os segmentos do agronegócio, bem como de todas as instituições de pesquisa agropecuária, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, técnicos, extensionistas, empresários e demais interessados. Tem como finalidade a difusão de tecnologia, devendo, portanto, ser organizada para atender às necessidades de informação de seu público, respeitando sua linha editorial e a prioridade de divulgação de temas resultantes de projetos e programas de pesquisa realizados pela EPAMIG e seus parceiros.

A produção do Informe Agropecuário segue uma pauta e um cronograma previamente estabelecidos pelo Conselho de Publicações da EPAMIG e pela Comissão Editorial da Revista, conforme demanda do setor agropecuário e em atendimento às diretrizes do Governo. Cada edição versa sobre um tema específico de importância econômica para Minas Gerais.

Do ponto de vista de execução, cada edição do Informe Agropecuário terá de um a três Editores técnicos, responsáveis pelo conteúdo da publicação, pela seleção dos autores dos artigos e pela preparação da pauta.

## APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS ORIGINAIS

Os artigos devem ser enviados em CD-ROM ou por e-mail, no programa Microsoft Word, fonte Arial, corpo 12, espaço 1,5 linha, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

Os quadros devem ser feitos também em Word, utilizando apenas o recurso de tabulação. Não se deve utilizar a tecla Enter para formatar o quadro, bem como valer-se de “toques” para alinhar elementos gráficos de um quadro.

Os gráficos devem ser feitos em Excel e ter, no máximo, 15,5 cm de largura (em página A4). Para tanto, pode-se usar, no mínimo, corpo 6 para composição dos dados, títulos e legendas.

As fotografias a serem aplicadas nas publicações devem ser recentes, de boa qualidade e conter autoria. Podem ser enviados, preferencialmente, os arquivos originais da câmera digital (para fotografar utilizar a resolução máxima). As fotos antigas devem ser enviadas em papel fotográfico (9 x 12 cm ou maior), cromo (slide) ou digitalizadas. As fotografias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm na extensão JPG.

Não serão aceitas fotografias já escaneadas, incluídas no texto, em Word. Enviar os arquivos digitalizados, separadamente, na extensão já mencionada (JPG, com resolução de 300 DPIs).

Os desenhos feitos no computador devem ser enviados na sua extensão original, acompanhados de uma cópia em PDF, e os desenhos feitos em nanquim ou papel vegetal devem ser digitalizados em JPG.

## PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os colaboradores técnicos da revista Informe Agropecuário devem observar os prazos estipulados formalmente para a entrega dos trabalhos, bem como priorizar o atendimento às dúvidas surgidas ao longo da produção da revista, levantadas pelo Editor técnico, pela Revisão e pela Normalização. A não observação a essas normas trará as seguintes implicações:

- a) os colaboradores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- b) os colaboradores da Empresa poderão ter seus trabalhos excluídos ou substituídos, a critério do respectivo Editor técnico.

O Editor técnico deverá entregar ao Departamento de Informação Tecnológica (DPIT), da EPAMIG, os originais dos artigos em CD-ROM ou por e-mail, já revisados tecnicamente (com o apoio dos consultores técnico-científicos), 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão linguística e normalização da revista.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

## ESTRUTURAÇÃO DOS ARTIGOS

Os artigos devem obedecer à seguinte sequência:

- a) **título (português e inglês):** deve ser claro, conciso e indicar a ideia central, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses, fórmulas e nomes científicos que dificultem a sua compreensão;
- b) **nome do(s) autor(es):** deve constar por extenso, com numeração sobrescrita para indicar, no rodapé, sua formação e títulos acadêmicos, profissão, instituição a que pertence e e-mail.  
Exemplo: Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, epamisul@epamig.br;
- c) **resumo/abstract:** deve ser constituído de texto conciso (de 100 a 250 palavras), com dados relevantes sobre a metodologia, resultados principais e conclusões;
- d) **palavras-chave/keywords:** devem constar logo após o resumo. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título;
- e) **texto:** deve ser dividido basicamente em: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e enfatizar o objetivo do artigo;
- f) **agradecimento:** elemento opcional;
- g) **referências:** devem ser padronizadas de acordo com o “Manual para Publicações da EPAMIG”, que apresenta adaptação das normas da ABNT.

Com relação às citações de autores e ilustrações dentro do texto, também deve ser consultado o Manual para Publicações da EPAMIG.

**NOTA:** Estas instruções, na íntegra, encontram-se no “Manual para Publicações da EPAMIG”. Para consultá-lo, acessar: [www.epamig.br](http://www.epamig.br), em Publicações/Publicações Disponíveis ou Biblioteca/Normalização.

# Planta

Consultoria e Planejamento

## PROJETOS:

+RURAIS

+EMPRESARIAIS

+TOPOGRAFICOS



### REALIZAMOS SEUS PROJETOS DE:

- Custeio agrícola e pecuário
- Aquisição de bovinos (Leite e/ou corte)
- Aquisição de máquinas e equipamentos (PSI/FINAME)
- Recuperação de pastagem
- Implantação de florestas comerciais (Eucalipto)
- Correção de solo - Plantio direto
- Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
- Construção de benfeitorias (curral, cercas, galpões e outros)
- Construção de silos e armazens de grãos (PCA)
- Pivôs e equipamentos de irrigação
- Projetos Empresariais
- Georreferenciamento
- Locação de pivo central
- Projetos Planialtimétricos
- Cadastro Ambiental Rural - CAR
- Loteamento
- Reserva legal
- Topografia em geral

ATENDEMOS TODAS AS INSTITUIÇÕES FINANCEIRAS E LINHAS DE CRÉDITO

**AGENDE SUA VISITA:**  
**(61) 3361-2122**

ESCRITÓRIO BRASÍLIA - DF  
SIA SUL Qd. 5-C Lt. 13 Sl. 205/206



LINDSAY ADVANTAGE  
SOLUÇÕES DE IRRIGAÇÃO  
QUE AUMENTAM SEUS LUCROS



TENHA O FIELDNET EM TODOS OS SEUS PIVÔS, INDEPENDENTE DA MARCA.  
GERENCIE TODA SUA IRRIGAÇÃO EM UMA ÚNICA PLATAFORMA

#### FIELDNET PIVOT CONTROL

Atualizando um pivô existente com o Pivot Control, você tem todas as vantagens do FieldNET by Lindsay, na internet e nos dispositivos móveis, incluindo alertas em tempo real.

- Controle total de pivôs, bombas, injetores e monitoramento de sensores
- Posicionamento por GPS para uma irrigação precisa
- Instalado no centro do Pivô
- Compatível com praticamente qualquer pivô
- Taxa de irrigação variável (VRI) básica de até 360 setores

[www.lindsay.com.br](http://www.lindsay.com.br)

\*consulte o distribuidor ou sobre condições de instalação.



DISTRIBUIDOR LINDSAY AUTORIZADO

# SISTEMIG

IRRIGAÇÃO  
E MÁQUINAS

[www.sistemig.com.br](http://www.sistemig.com.br)

**(38) 3215-1582**

MONTES CLAROS - MG



## OFERECENDO SOLUÇÕES CONFIÁVEIS EM TECNOLOGIA DE IRRIGAÇÃO

- ✓ Irrigação por gotejamento;
- ✓ Irrigação por aspersão;
- ✓ Irrigação por microaspersão;
- ✓ Tubos, conexões, bombas e peças em geral.

