

CIRCULAR TÉCNICA

91

Santo Antônio de Goiás, GO
Março, 2021

Feijão resistente ao mosaico-dourado

Flávia Rabelo Barbosa
Thiago Lívio Pessoa Oliveira de Souza
Adriane Wendland
Ariane Gaspar Costa
Eliane Dias Quintela
Francisco José Lima Aragão
Josias Correa de Faria
Rafael Vivian



Feijão resistente ao mosaico-dourado¹

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Em 2017, cerca de 97% do suprimento brasileiro de feijão (produção anual e estoques) foi destinado ao mercado nacional. Para atender à demanda, o feijão-comum é cultivado durante todo o ano, sob diferentes sistemas de cultivo, usando distintos níveis tecnológicos, em três épocas de semeadura: época das águas ou primeira safra (45,9% da produção); época da seca, também conhecida como safrinha, ou segunda safra (33,5% da produção); e época de inverno ou terceira safra (20,5% da produção) (Embrapa Arroz e Feijão, 2019).

Um dos fatores que comprometem a produtividade do feijão-comum e reduz a qualidade comercial dos grãos é a incidência de doenças, dentre as quais destaca-se o mosaico-dourado, causado pelo *Bean golden mosaic virus* - BGMV, principal virose do feijoeiro no Brasil.

Desde o início da década de 1990 foram avaliadas diferentes estratégias biotecnológicas para a obtenção de plantas geneticamente modificadas (GM) com resistência efetiva ou imunidade ao mosaico-dourado. Em 2000, uma nova estratégia, denominada de RNA interferente (RNAi), passou a ser também considerada, o que possibilitou, em 2004, a geração de uma linhagem de feijão-comum imune ao BGMV, identificada como evento Embrapa 5.1. Comercialmente chamada de tecnologia RMD (resistência ao mosaico-dourado), a resistência conferida por esse evento vem sendo a base utilizada pelo Programa de Melhoramento de Feijão-Comum da Embrapa para o

¹ Flávia Rabelo Barbosa, Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Thiago Lívio Pessoa Oliveira de Souza, Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Adriane Wendland, Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Ariane Gaspar Costa, Bióloga, mestre em Biologia, analista da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Eliane Dias Quintela, Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Francisco José Lima Aragão, Engenheiro-agrônomo, doutor em Biologia Molecular, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF. Josias Correa de Faria, Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia/Biotecnologia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Rafael Vivian, Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

desenvolvimento de cultivares do grupo carioca com resistência efetiva ao mosaico-dourado.

O mosaico-dourado (BGMV) do feijoeiro-comum

No Brasil, na Argentina e em países da América Central e do Caribe, o mosaico-dourado é uma doença de grande importância econômica em áreas cultivadas com o feijoeiro (Gálvez; Cárdenas, 1980; Costa, 1987; Faria et al., 2016). A doença é causada por um geminivírus e provoca perdas de produção de grãos que podem variar de 40% a 100%, dependendo da incidência, da época de plantio e da cultivar utilizada. Atualmente, seu nome é escrito como *Bean golden mosaic virus* (BGMV). O BGMV pertence ao gênero *Begomovirus* e é o vírus com maior potencial de severidade para o feijão-comum entre os já identificados (Faria; Aragão, 2013; Varsani et al., 2014).

Primeiramente encontrado no Brasil em 1961, no estado de São Paulo, foi descrito e caracterizado por Costa (1965). Na época, a doença não foi considerada uma ameaça ao feijoeiro, contudo já na década de 1970 ocorreram epidemias em plantios na época de semeadura da seca no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País. Nos anos seguintes houve rápida disseminação da doença, decorrente do aumento dramático das populações de mosca branca (*Bemisia tabaci*) associado à expansão do cultivo da soja, cultura hospedeira do inseto e do vírus (Costa, 1965, 1975; Fernandes et al., 2009). Atualmente, constitui-se em uma das principais limitações para a produção, sendo problema em todos os estados brasileiros onde se cultiva o feijão, exceto em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul.

Transmissão

O complexo de moscas brancas *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) tem sido referido como raças, biótipos, haplótipos e mitótipos (Moya et al., 2019). No mundo são conhecidos 41 biótipos de mosca branca, mas no Brasil estão presentes somente quatro: dois nativos da América, biótipos A1 e A2 e os biótipos B e Q, introduzidos no Brasil em 1989 e 2010, respectivamente (Marubayashi et al., 2013; Barbosa et al., 2015; Rizental, 2020).

Ao se alimentar, a mosca branca suga a seiva das plantas e injeta toxinas, causando danos diretos. Contudo, a sua ação prejudicial se deve, principalmente, a danos indiretos, por ser transmissora de mais de 300 espécies de vírus, alguns com significativo impacto econômico na produção de feijão-comum e de diversas hortaliças (Navas-Castillo et al., 2011; Czepak et al., 2017). Esses vírus pertencem a diferentes gêneros, como *Begomovirus*, *Crinivirus*, *Carlavirus*, *Ipomovirus*, *Torradovirus* e, recentemente, *Bean-associated cytorhabdovirus* (BaCV) (Navas-Castillo et al., 2011; Gilbertson et al., 2015; Faria et al., 2016; Pinheiro-Lima et al., 2020).

Na natureza, a transmissão do BGMV se dá apenas pela mosca branca, não havendo transmissão mecânica, nem por sementes (Costa, 1965, 1975). As moscas adquirem o vírus diretamente do floema e requerem um período latente antes de transmiti-lo à nova planta. A transmissão do vírus é feita pelos insetos adultos, sendo do tipo persistente circulativa não-propagativa, isto é, uma vez adquirido o vírus, a mosca transmite por todo o seu ciclo de vida, embora esse não se multiplique no vetor e não seja transmitido para os descendentes do inseto (Hohn, 2007). O biótipo B transmite o BGMV eficientemente para o feijoeiro (Yuki et al., 1998), assim como o biótipo Q, que é um excelente vetor tanto do BGMV como do *Cowpea mild mottle virus* (CPMMV) (Marchi, 2014; Bello, 2017).

O vetor possui alta transmissibilidade do vírus, com capacidade de transmissão similar a uma única mosca branca virulífera ou até 27 adultos (Gamez, 1971; Nardo; Costa, 1986). Em condições de campo, a correlação entre a população de mosca branca e a porcentagem de plantas com sintomas do BGMV nem sempre é positiva porque, mesmo em caso de baixa população da praga, pode ocorrer alta incidência da virose, devido à capacidade eficiente de transmissão da doença pela mosca (Andrade; Fernandes, 1994; Pereira; Boiça Júnior, 2000).

Dentre as plantas cultivadas, sabe-se que a soja (*Glycine max* L.) e todas as espécies do gênero *Phaseolus* são hospedeiras do BGMV. Outras hospedeiras incluem: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) - utilizada como cobertura verde; chicharo (*Lathyrus sativus* L.) - cultivada para o consumo humano; siratro (*Macroptilium atropurpureum*) - forrageira; feijão-de-pombinha (*Macroptilium lathyroides*) - cultivada como forragem e adubo verde

(Fernandes-Acioli et al., 2011; Lima et al., 2013; Walz et al., 2015); e soja perene (*Neonotonia wightii*) (Faria; Vilarinho, 2005).

De acordo com Walz et al. (2015), as espécies *Vigna mungo*, feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*), *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca*, guizo-de-cascavel (*Crotalaria incana*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) não são hospedeiras do BGMV.

Sintomas, danos e perdas

Em campo, os sintomas do mosaico-dourado raramente aparecem nas folhas primárias. Os primeiros sintomas ocorrem dos 14 aos 17 dias se o vírus for transmitido nas plantas recém-emergidas. Os folíolos da primeira folha trifoliolada frequentemente aparecem curvados para baixo ou encarquilhados, ocorrendo clareamento e/ou clorose das nervuras, dependendo da cultivar. Contudo, os sintomas nítidos da doença são observados quando as plantas têm entre três e quatro folhas trifolioladas (25 a 30 dias - estágio fenológico V4). As folhas do feijoeiro ficam com uma aparência amarelo-intensa, com aspecto de mosaico-dourado-brilhante. As plantas infectadas até 20 dias após a emergência, no estágio fenológico V3, podem mostrar grande redução no porte, abortamento das flores, vagens deformadas, sementes descoloridas, deformadas e de tamanho, peso e qualidade reduzidos (Faria et al., 2016). Quanto mais jovem a planta for infectada, mais significativos serão os danos. Após o florescimento, as perdas devido ao vírus são reduzidas. Os danos são proporcionais à porcentagem de plantas infectadas pelo BGMV e ao estágio de desenvolvimento da planta na época da infecção (Quintela; Barbosa, 2015).

A mosca-branca pode ocasionar danos diretos e indiretos. No feijoeiro, os danos diretos, embora pouco frequentes, podem ocorrer quando a população da mosca branca é muito elevada. Grande parte do alimento ingerido pelo inseto é excretado na forma de um líquido doce, que serve de meio de crescimento para fungos saprófitas, de coloração negra (fumagina), interferindo no processo de fotossíntese e respiração da planta, causando alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, reduzindo a produtividade e a qualidade dos grãos. Os danos indiretos são causados pela transmissão de vírus, principalmente o mosaico-dourado e, mais recentemente, foi detectado a necrose da haste da soja (Faria et al., 2016). Os danos são proporcionais

ao grau de suscetibilidade da cultivar plantada, à porcentagem de plantas com infecção pelo vírus e ao estágio de desenvolvimento da planta na época da inoculação. Após o florescimento, as perdas por causa do vírus são reduzidas, contudo podem atingir até 100% quando ocorrem altas populações de mosca branca virulífera no início do desenvolvimento da planta de feijão (Faria; Yokoyama, 2008; Quintela; Barbosa, 2015).

Acredita-se que, pelo menos, 200 mil hectares já foram inviabilizados para o cultivo do feijoeiro na safra da seca nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul (São Paulo e Norte do Paraná) do Brasil, devido ao BGMV. Dependendo do ano agrícola, as perdas de feijão decorrentes do ataque do mosaico-dourado são estimadas entre 90 e 300 mil toneladas, quantidade suficiente para alimentar entre seis a 15 milhões de pessoas (Duarte, 2015; Souza et al., 2018).

Em trabalho conduzido em casa de vegetação, Costa e Cupertino (1976) observaram redução na produção de sementes de 85% e 48%, respectivamente, quando as plantas foram infectadas com o BGMV aos 15 e aos 30 dias após a semeadura. Constataram também o aparecimento de sementes descoloridas e deformadas nas plantas infectadas com o BGMV aos 15 dias (2%) e 30 dias (26%). Posteriormente, Menten et al. (1980) baseando-se na ocorrência visual ou não do BGMV, na época da floração, em condições de campo, verificaram que as perdas foram de 64% na produção de grãos e de 71% na produção de sementes. Observaram ainda efeito negativo sobre os parâmetros de velocidade de emergência das plântulas derivadas dessas sementes, no comprimento dos hipocótilos e na altura das plântulas. Também em condições de campo, Almeida et al. (1984) estudaram plantas que apresentavam infecção precoce e tardia da virose. A redução no número de vagens por planta e da produção de grãos foi, respectivamente, de 52% e 73% na infecção precoce, e de 22% e 43% na infecção tardia. Faria e Yokoyama (2008) determinaram para as cultivares Pérola, Carioca e Jalo Precoce, que a inoculação uniforme e precoce das plantas, até 21 dias após a emergência (DAE), resultou em perda total de produção. A partir dessa época ocorreu uma diferenciação entre cultivar precoce e de ciclo médio/tardio, dando-se a inoculação aos 28 DAE, com redução da deformação das vagens significativa apenas para a cultivar precoce. A inoculação aos 35 DAE não teve efeito sobre a cultivar Jalo Precoce, mas mostrou efeito sobre as de ciclo mais longo. Ficou claro que as perdas estão correlacionadas ao período de floração. A in-

fecção pelo BGMV após o final da floração (49 a 56 DAE) resultou em pouco ou nenhum dano às plantas e à produção.

Detecção e identificação

A detecção visual do BGMV parece ser fácil, contudo pode haver outras viroses associadas à sintomatologia. Para um diagnóstico seguro, métodos como a imunoabsorção enzimática (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay - Elisa) e o de reação em cadeia da polimerase (Polymerase Chain Reaction - PCR) são recomendados. Por meio dessas técnicas, amostras em larga escala podem ser avaliadas em laboratório. A imunocromatografia, conhecida como cromatografia de fluxo lateral, também pode ser utilizada para a identificação segura do BGMV, com as vantagens: facilidade de execução; não necessidade de laboratório; tempo reduzido para o diagnóstico; maior estabilidade e repetitividade de resultados; e menor custo. Um produto comercial para a identificação do BGMV, com base em imunocromatografia, é comercializado pela empresa AGDIA (<https://orders.agdia.com/products>).

Estratégias de controle do inseto vetor

A utilização apenas de inseticidas químicos não tem sido suficiente para evitar perdas econômicas nas lavouras, por isso várias medidas preconizadas pelo manejo integrado de pragas (MIP) foram propostas pela pesquisa, tais como o controle químico, o controle biológico, o vazio sanitário, o manejo da resistência aos inseticidas, o uso de cultivares tolerantes ou resistentes à virose, entre outras (Quintela, 2000; Quintela; Barbosa, 2015).

Controle químico

O principal método de controle da virose tem sido a aplicação de inseticidas, visando controlar o vetor, a mosca branca. Contudo, embora seja uma importante ferramenta de controle, o uso intensivo das mesmas moléculas e, muitas vezes, não associado a outras técnicas de manejo, rapidamente tem-se reduzido a vida útil dos inseticidas e selecionado genótipos da mosca branca resistentes à maioria dos produtos disponíveis no mercado, limitando a eficiência do controle químico. Aproximadamente 23 princípios ativos estão

registrados para o controle da mosca-branca (Brasil, 2019), entretanto poucos deles se mostraram eficientes. A alta migração de adultos provenientes de diversas plantas hospedeiras contribui para multiexposições das populações aos inseticidas, resultando em aumento da pressão de seleção e promoção do desenvolvimento de resistência a várias classes de inseticidas. Indivíduos resistentes já foram observados para diversos grupos químicos, incluindo os organofosforados, os carbamatos, os piretroides, os ciclodienos, os reguladores de crescimento e os neonicotinoides (Silva et al., 2009; Cardoso, 2014; Lima, 2014).

Controle biológico

No Brasil, até o presente, os inimigos naturais da mosca branca são pouco explorados. Na literatura existem vários inimigos naturais relatados como capazes de regular as populações desse inseto. Dentre os predadores observados no feijoeiro, temos: *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera, Coccinellidae), *Coleomegilla maculata*, *Eriopis connexa* (Coleoptera, Chrysomelidae), *Chrysopa* spp. (Neuroptera, Chrysopidae) e *Scymnus* sp. (Coleoptera, Coccinellidae). Entre os parasitoides: *Encarsia formosa*, *Encarsia deserti*, *Encarsia pergandiella*, *Encarsia transversa*, *Eretmocerus mundus* e *Eretmocerus californicus* (Quintela et al., 1992; Oliveira, 1997; Moreira, 2001).

Ocorrências naturais de fungos entomopatogênicos causando epizootias em mosca branca foram relatadas no Brasil para *Cordyceps* spp. (*Isaria*) (Rangel et al., 1998b) e *Aschersonia* spp. (Ascomycota: Hypocreales) (Costa et al., 1998; Rangel et al., 1998a). Em Goiás foram observadas epizootias em ninfas e adultos da mosca branca, causadas pelo fungo entomopatogênico *Cordyceps javanica* (Quintela et al., 2016). Pesquisas são realizadas na Embrapa Arroz e Feijão para produção, formulação e aplicação em campo desse fungo (Vital et al., 2014; Boaventura et al., 2018).

Embora a ocorrência natural de *Beauveria bassiana* em mosca-branca não tenha sido verificada, existem vários produtos comerciais à base do fungo registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para o controle de *B. tabaci* (Brasil, 2019).

Controle utilizando a genética

Com o objetivo de identificar fontes de resistência ao mosaico-dourado entre cultivares, variedades crioulas, coletas e diferentes acessos de feijão-

-comum, pesquisadores de várias instituições fizeram esforços para avaliar muitos genótipos, na busca por resistência ao BGMV e o desenvolvimento de cultivares resistentes à virose. Trabalhos com esse propósito começaram ainda na década de 1970, sendo identificados no Brasil apenas genótipos com resistência parcial ou com baixo nível de tolerância à doença, quando em condições de alta população do inseto vetor e alta incidência da virose (Costa, 1975; Costa; Cupertino, 1976; Pompeu; Kranz, 1977; Bianchini, 1994, 1999; Pessoni et al., 1997; Duarte, 2015; Faria et al., 2016; Iapar, 2019).

Uma vez não identificados no Brasil genótipos com resistência efetiva ao BGMV, a Embrapa optou em investir na transgenia para a obtenção de plantas resistentes ao mosaico-dourado. A estratégia que rendeu melhores resultados foi a denominada de RNA interferente (RNAi). Isso possibilitou a geração da tecnologia RMD.

O desenvolvimento da RMD apresenta vantagens econômicas e ambientais, como diminuição das perdas de grãos (maior produção com mais qualidade), maior garantia das colheitas e redução da aplicação de defensivos. Possibilita também o cultivo do feijoeiro em épocas e regiões críticas, garantindo a oferta de grãos e a estabilidade de preço para o consumidor.

Tecnologia RMD

Na Embrapa, desde o início da década de 1990, estratégias biotecnológicas foram avaliadas para a obtenção de plantas geneticamente modificadas com resistência efetiva ou imunidade ao mosaico-dourado. Em 2004 houve a geração de uma linhagem de feijão-comum imune ao BGMV, a qual foi identificada como evento Embrapa 5.1. Comercialmente chamada de tecnologia RMD, a resistência conferida por esse evento é a base utilizada pelo Programa de Melhoramento de Feijão-Comum da Embrapa para o desenvolvimento de cultivares do grupo carioca com resistência efetiva ao mosaico-dourado.

Desenvolvimento

Devido à dificuldade para obter plantas imunes ao BGMV por meio de métodos de melhoramento convencionais, a Embrapa utilizou técnicas de en-

genharia genética e desenvolveu o feijão Embrapa 5.1, resistente ao vírus do mosaico-dourado. A linhagem foi obtida utilizando a estratégia de RNA interferente (RNAi), que consistiu na inserção de um fragmento de DNA derivado do vírus no seu genoma nuclear, visando gerar uma molécula de fita dupla de RNA que interfere no ciclo de replicação do mesmo nas células do feijoeiro-comum, silenciando o gene viral *rep*. Como consequência da falta de expressão do gene *rep*, a replicação viral é interrompida e as plantas tornam-se resistentes ao vírus.

Biossegurança

De acordo com as resoluções normativas da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), o feijão geneticamente modificado é considerado seguro, tanto para o consumo humano quanto para o meio ambiente e teve sua liberação comercial aprovada em 2011. As análises genética e molecular mostraram que os transgenes foram inseridos em um único locus do genoma nuclear e se mantiveram estáveis por várias gerações de autofecundação e após cruzamentos com cultivares comerciais. A caracterização agrônômica do feijoeiro-comum Embrapa 5.1 não mostrou qualquer alteração fenotípica quando comparado com o feijoeiro-comum parental não geneticamente modificado (não-GM). Os experimentos foram realizados em campos cultivados em Goiás, Minas Gerais e Paraná e os resultados mostraram que as plantas do feijoeiro-comum Embrapa 5.1 não causaram qualquer impacto diferente ao meio ambiente, quando comparadas com as de feijoeiro-comum não-GM (Faria; Aragão, 2013).

A segurança ambiental do cultivo do Embrapa 5.1 foi demonstrada também por meio do estudo de possíveis efeitos sobre os diversos organismos que interagem com a planta em condições de campo. Não foram observados efeitos diferentes sobre populações de artrópodes associados ao feijoeiro-comum Embrapa 5.1 nem ao feijoeiro-comum não-GM, tanto na parte aérea como na superfície do solo. Foram realizadas as análises quantitativa e qualitativa da macrofauna e da mesofauna, sem a observação de quaisquer alterações significativas. Adicionalmente, foram feitos estudos do impacto sobre rizóbio e a fixação biológica de nitrogênio sobre outras bactérias do solo e fungos micorrízicos. Os resultados indicaram que o feijoeiro-comum Embrapa 5.1 não tem impacto diferente do feijoeiro-comum não-GM sobre as comunida-

des de microrganismos associados à cultura, em condições brasileiras (Faria; Aragão, 2013).

Características agronômicas e de interesse do consumidor

A segurança alimentar do feijão-comum contendo o evento Embrapa 5.1 foi demonstrada por vários estudos durante o processo de liberação comercial junto à CTNBio, que confirmaram a composição alimentar equivalente a outras cultivares de feijão não-GM cultivadas no País. A análise de composição foi realizada em grãos colhidos de campos cultivados nas três principais regiões produtoras de feijão no Brasil para determinação dos teores de açúcares, vitaminas, minerais, aminoácidos, proteína total, extrato etéreo, ácido fítico e inibidores de tripsina. Os resultados demonstraram que o feijão Embrapa 5.1 é nutricionalmente equivalente a outros feijões não-GM cultivados e produzidos no País. Também foram realizados estudos de alimentação de animais com o feijão GM, os quais não demonstraram alterações em relação aos animais alimentados com o feijão parental não-GM (Faria; Aragão, 2013). Dessa forma, o feijão RMD é seguro para o consumo e essa comprovação foi um pré-requisito para a liberação comercial.

Cultivares RMD e a rastreabilidade em campo

A cultivar RMD deve ser passível de rastreamento em todas as etapas da cadeia produtiva do feijão, desde a produção de sementes e grãos até o empacotamento e a comercialização. Para manter a tecnologia viável a longo prazo, o monitoramento desse produto é essencial.

Já existem no mercado métodos de identificação de transgenia que podem ser aplicados de forma ampla a diversas espécies. As análises, denominadas de PCR, permitem identificar a existência e a quantificação da presença de produtos e/ou subprodutos transgênicos. Atualmente, diversos laboratórios de análise genética prestam esse serviço para os mercados de milho e soja, os quais são também capazes de identificar a presença do feijão RMD, o que dá segurança para toda a cadeia em relação à sua rastreabilidade.

A Embrapa desenvolveu e publicou metodologias para a identificação específica do feijão RMD, de forma qualitativa (Bonfim et al., 2007) ou quantitativa

(PCR em tempo real) (Trembl et al., 2014), passíveis de serem realizadas rotineiramente em qualquer laboratório de análise genética.

Recentemente, foi desenvolvida uma metodologia mais simples, barata e sensível para detecção específica do feijão RMD, denominada LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification), que possibilita a amplificação do DNA alvo sob condições isotérmicas (Teixeira et al., 2020), tornando-se o primeiro kit LAMP desenvolvido no Brasil para detecção de organismos geneticamente modificados (OGMs) exclusivo para identificar e rastrear cultivares de feijão com a tecnologia RMD. O resultado é obtido após a extração do DNA total das amostras de plantas ou de sementes de feijão e todo o processo é realizado no período de 40 a 90 minutos. A sensibilidade é dez vezes maior que a PCR tradicional, sem uso de aparelhos complexos como termocicladores, cubas de eletroforese e fotodocumentadores. A interpretação visual dos produtos LAMP possibilita a diferenciação entre amostras transgênicas e não transgênicas. Ao final da reação, a mudança de cor é observada a olho nu, sob luz natural, obtendo-se o resultado sem necessidade de pós-tratamento do produto para evitar contaminação e poluição ambiental. A metodologia dispõe também da versatilidade de execução em ambientes com recursos limitados, como laboratórios, modestamente equipados, armazéns ou cooperativas com estrutura mínima.

Os ensaios LAMP desenvolvidos para detecção de evento GM, juntamente com a extração de DNA sob condições alcalinas NaOH e a adição de *neutral red*, compõem o kit de detecção rápida, exclusivo para identificar e rastrear cultivares de feijão com tecnologia RMD. Além disso, a metodologia dispõe da versatilidade de execução em ambientes com recursos limitantes e possibilita o rastreio local, podendo ser aplicada em laboratórios modestamente equipados, armazéns ou cooperativas com estrutura mínima.

Programa de gestão responsável (PGR)

Visando assegurar a rastreabilidade, contenção, segregação e qualidade dos ensaios em campo e em condições controladas envolvendo o feijão RMD, a Embrapa Arroz e Feijão desenvolveu um programa de gestão responsável (Stewardship) para a tecnologia RMD, que consiste em um sistema de qualidade que assegura o atendimento de legislações pertinentes e permite identificar,

controlar e monitorar fatores que impactam na qualidade e na segurança da tecnologia. O programa estabelece práticas para a execução das atividades, critérios para uso de infraestrutura, documentos para capacitação da equipe e para o registro das ações executadas, padrões para a identificação e a sinalização de materiais e infraestrutura, fluxo de comunicação em incidentes e estratégias de monitoramento do produto e dos processos. A adoção do PGR possibilita a rastreabilidade do evento Embrapa 5.1 e a coexistência entre cultivares RMD e convencionais, evitando potenciais impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da disponibilização e do uso da tecnologia.

Rastreabilidade na cadeia produtiva, segregação de produtos, comercialização e rotulagem

A Tecnologia RMD é uma nova ferramenta que dá aos produtores maior rentabilidade nas lavouras, reduzindo as perdas causadas pelo BGMV e conferindo sustentabilidade ao sistema de produção do feijão. Para que a Tecnologia RMD mantenha sua longevidade no mercado e os grãos produzidos a partir dessa tecnologia atendam aos requisitos legais pertinentes, produtores de grãos e todas as empresas envolvidas no processo de beneficiamento, empacotamento e comercialização, deverão ter cuidados adicionais com o produto, além das demais exigências já existentes para grãos de feijão convencional.

Por ser tratar de um produto transgênico, produtores e empresas deverão garantir a rastreabilidade do processo de pós-colheita, bem como o controle das etapas, desde a retirada dos grãos do campo até a compra pelo consumidor. Dentre as principais etapas, estão: pré-limpeza, secagem, beneficiamento, transporte, armazenamento, empacotamento e comercialização. Para cada etapa os responsáveis deverão respeitar as boas práticas, as quais compreendem um conjunto de princípios, normas e recomendações técnicas aplicadas para a produção, o processamento e o transporte de alimentos.

Para atender às necessidades dos consumidores, uma série de requisitos de qualidade são exigidos, entre os quais os aspectos relacionados ao processamento, aos valores nutricional e funcional, além dos ligados à aparência, à praticidade e à conveniência e, principalmente, isenção de substâncias e materiais estranhos.

A qualidade do feijão com a tecnologia RMD ofertado ao consumidor é amparada pela Lei nº 9.972, de 25 de março de 2000, a qual prevê a classificação do produto, especialmente quando: 1) os produtos são destinados diretamente à alimentação humana, ou seja, vegetais em condições de oferecimento ao consumidor final; 2) nas operações de compra e venda do poder público; e 3) nos portos, aeroportos e postos de fronteiras, quando da importação. A gestão do processo fica a cargo da Coordenação Geral de Qualidade Vegetal (CGQV) do Mapa, responsável pela classificação e certificação de produtos vegetais, fiscalizando estabelecimentos que preparam, embalam e comercializam os produtos destinados diretamente ao consumo humano.

Os responsáveis por cada etapa deverão ainda obedecer ao Regulamento Técnico do Feijão, aprovado pela Instrução Normativa nº 12 do Mapa, de 28 de março de 2008, observando os critérios e procedimento de comercialização e rotulagem do produto ofertado ao consumidor. Por ser um produto transgênico, produtores e empresas de beneficiamento e comercialização deverão observar as exigências da Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, e do Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003 que a regulamenta, referente aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou sejam produzidos de OGMs. A rotulagem do feijão com a tecnologia RMD deve seguir a Portaria nº 2.680/2003 do Ministério da Justiça, que estabelece o uso obrigatório do símbolo de transgênicos.

Tecnologia RMD como ferramenta para o manejo integrado da mosca-branca e viroses associadas

BRS FC401 RMD é a primeira cultivar de feijão-comum registrada e protegida no Brasil com resistência efetiva ao mosaico-dourado, e a primeira geneticamente modificada desenvolvida em todo o mundo, sendo, portanto mais uma ferramenta tecnológica que pode beneficiar pequenos e grandes produtores. Contudo, nenhuma estratégia de controle, quando usada isoladamente, tem demonstrado ser efetiva para doenças causadas por geminivirus. Para o manejo da mosca-branca, do mosaico-dourado e da necrose da haste da soja, o ideal é a combinação de medidas de controle, para que a incidência das viroses seja reduzida para níveis satisfatórios e os prejuízos minimizados.

Manejo da mosca-branca e do BGMV com a tecnologia RMD

Com uso da tecnologia RMD o mosaico-dourado é totalmente controlado, mas o manejo é necessário para o controle do CPMMV, o *Carlavirus* (também conhecido por mosqueado suave do caupi), agente causal da necrose da haste da soja, virose transmitida também pela mosca branca. Outras viroses também podem ocorrer em menor incidência, como as citadas nesta publicação posteriormente.

O manejo da mosca-branca é extremamente desafiador, pois a ninfa se localiza na parte inferior das folhas e o inseto vetor do vírus possui grande capacidade de reprodução e de adaptação às condições adversas, necessitando de curtos períodos de tempo para a aquisição e a transmissão do BGMV, sendo selecionados facilmente para desenvolver resistência aos inseticidas. Além disso, no campo, a frequência de adultos virulíferos da mosca branca é desconhecida (Quintela, 2001).

Manejo na pré-semeadura

- Eliminar plantas cultivadas ou voluntárias hospedeiras da mosca-branca e de fontes alternativas de viroses, por exemplo, as soqueiras e rebrotas de algodão, as tigueras de soja e de feijão-comum, dentre outras;
- Estabelecer áreas sentinelas para monitorar a incidência de viroses e semear o feijão convencional 15 a 20 dias antes do início do plantio das lavouras em áreas de 5 m x 5 m;
- Semear a cultivar de feijão RMD conforme posicionamento, nas épocas de plantio das águas (outubro a meados de dezembro) e de inverno (abril a meados de junho), quando a população de mosca branca é baixa ou moderada. Devido às altas populações de mosca branca provenientes da cultura da soja, o cultivo do feijão da seca (semeadura de janeiro a fevereiro) deve ser evitado. A cultura também é hospedeira da necrose da haste da soja (mosqueado suave do caupi), doença causada pelo CPMMV, o que faz com que as moscas sejam virulíferas, de grande potencial epidemiológico;

- Evitar a semeadura escalonada do feijão após feijão ou após a soja, pois as plantações mais velhas servem de fonte de inóculo de viroses como o CPMMV para as novas áreas;
- Observar a direção do vento na escolha da área a ser plantada quanto a possíveis migrações da mosca branca de outras lavouras de culturas hospedeiras;
- Observar os períodos de vazio sanitário do feijão para os estados de Minas Gerais e Goiás e para o Distrito Federal, estabelecidos principalmente para evitar o aumento de plantas infectadas por viroses (BGMV e CPMMV) no campo;
- Realizar o tratamento das sementes com inseticidas recomendados para o controle da mosca-branca (Tabela 1).

Tabela 1. Ingredientes ativos registrados para o controle de ninfas e/ou adultos da mosca branca no feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.).

Inseticida	Adultos	Ninfas
Tratamento de sementes		
Tiametoxam	X	
Imidacloprido	X	
Pulverização foliar		
Acetamiprido	X	
Neonicotinoide + piretroide	X	
Tiametoxam + clorantraniliprole + óleo	X	X
Ciantraniliprole	X	X
Piriproxifen		X
Espiromesifeno		X
Buprofezina		X

Manejo no desenvolvimento da cultura

- Monitorar as populações de mosca branca para a tomada de decisão de controle, não pulverizando as lavouras antes de realizar o monitoramento de campo, verificando a presença de adultos e ninfas (Anexo 1);

- Amostrar as plantas de feijão para determinar o grau de incidência das viroses (Anexo 1);
- Utilizar inseticidas eficientes e seletivos, pois o controle químico sem obedecer aos preceitos do MIP pode levar à seleção de genótipos da mosca resistentes aos inseticidas, reduzir a população de inimigos naturais e ocasionar problemas ao meio ambiente e elevar os custos de produção;
- Utilizar inseticidas registrados para o controle de adultos e ninfas da mosca branca;
- Rotacionar os inseticidas com modos de ação distintos, isto é, não repetir aplicações de mesmo grupo químico, visando evitar ou retardar a pressão de seleção da resistência da mosca branca.

Manejo na pós-colheita

- Eliminar as plantas cultivadas ou voluntárias hospedeiras da mosca-branca e de fontes alternativas de viroses;
- Monitorar os adultos e as ninfas da mosca branca nas plantas voluntárias ou áreas sentinelas para a tomada de decisão de controle nas culturas subsequentes.

Outras viroses do feijoeiro transmitidas pela mosca branca

O BGMV é a principal virose do feijoeiro na América Latina, entretanto outras viroses são transmitidas pela mosca branca:

- a) *Cowpea mild mottle virus* (CPMMV) - mosqueado suave do caupi, mosaico angular do feijoeiro Jalo ou necrose da haste da soja. Em condições naturais é transmitido, de modo não persistente, pela mosca branca *B. tabaci* (Iwaki et al., 1982; Muniyappa; Reddy, 1983; Marubayashi et al., 2010). Em casa de vegetação, para a transmissão eficiente do vírus, são necessários 20 insetos por planta, em um período de aquisi-

ção entre 15 e cinco minutos para a inoculação. Além do feijão-comum, o vírus foi encontrado em *Macroptilium* spp., *Blainvillea rhomboidea*, *Cleome affinis*, *Rhynchosia minima*, *Senna* spp., *Desmodium* spp. e *Sida* spp., na região Nordeste do Brasil (Faria et al., 2016).

O primeiro relato da ocorrência de CPMMV no Brasil se deu em feijoeiro Jalo, nos estados de São Paulo e do Paraná, em 1979. As plantas infectadas apresentavam um mosaico angular característico e, assim, a doença foi denominada de mosaico angular do feijoeiro Jalo, considerada de pouca importância, na época (Gaspar et al., 1985). Posteriormente, com base em testes serológicos, foi observado que a doença era causada pelo CPMMV. Em plantas atacadas, Costa et al. (1983) não observaram redução de produção em feijão do tipo carioca, mas a cultivar Jalo teve até 31% de perda. Contudo, em soja, Almeida et al. (2003) relataram em 85% a 100% dos casos em que ocorre a necrose da haste. No Brasil não há relato de transmissão do vírus pelas sementes de feijão ou de soja.

Em 2013, o CPMMV reapareceu no feijoeiro, sendo observado nas regiões Central e Sul do País. Se destacou nas linhagens de feijão-comum RMD, uma vez que são imunes ao BGMV e que os sintomas do vírus, por serem mais severos, geralmente mascaram os sintomas de CPMMV. As plantas infectadas chamaram a atenção pelo aspecto de encarquilhamento foliar, frequentemente associado à necrose das nervuras visíveis no lado abaxial das folhas. As plantas novas inoculadas apresentam clorose fraca entre nervuras, sintoma denominado de mosqueado (Faria et al., 2016).

- b) *Sida micrantha mosaic virus* (SimMV) (gênero *Begomovirus*, família *Geminiviridae*). No Brasil, nos anos 1960, a virose foi descrita originalmente em plantas de *Sida micrantha*, com sintomas típicos de mosaico (Jovel et al., 2004). SimMV também é comumente encontrada em soja, no Brasil Central e na região Sudeste, causando mosaico e distorção foliar (Fernandes et al., 2009). O vírus também já foi isolado de quiabo (*Abelmoschus esculentum*) (Aranha et al., 2011), de chili (*Capsicum chilense*) e de maracujazeiro (*Passiflora edulis*). Um isolado de SimMV foi recuperado de feijão-de-vagem no estado de Goiás, o qual foi infectivo em feijão e na soja por bombardeamento do DNA clonado (Fernandes-

Acioli et al., 2011), entretanto nada se conhece sobre a expansão do vírus.

- c) *Macrottilium yellow spot virus* (MaYSV) (gênero *Begomovirus*, família *Geminiviridae*). Encontrado infectando naturalmente *Macrottilium* spp., *Calopogonium mucunoides*, *Canavalia* sp. e *Desmodium glabrum* no Nordeste brasileiro (Silva et al., 2012; Ramos Sobrinho et al., 2014; Fontenele et al., 2016), foi também isolado de feijão-comum e de feijão-de-lima (*Phaseolus lunatus*) nos estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco e Sergipe (Ramos Sobrinho et al., 2014). Contudo, não foi encontrado em feijoeiro nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil (Ramos Sobrinho et al., 2014). Sabe-se que MaYSV infecta o feijão e a soja, podendo também infectar outras espécies, ainda sem confirmação (Silva et al., 2012).
- d) *Bean-associated cytorhabdovirus* (BaCV) - Vírus detectado em pelo menos cinco estados brasileiros, sugerindo ampla distribuição. Nunca foi encontrado isoladamente, exceto no feijão RMD e, por isso, não são conhecidos exatamente os sintomas, tampouco os danos causados. Infecta também a soja e o caupi, pelo menos experimentalmente (Pinheiro-Lima et al., 2020).

Cultivares RMD

BRS FC401 RMD é uma cultivar de feijão carioca geneticamente modificada (GM) para resistência ao mosaico-dourado, sendo a primeira de feijão GM já desenvolvida em todo o mundo e a primeira efetivamente resistente à doença obtida no Brasil. Tem elevado potencial produtivo, similar às cultivares convencionais disponíveis no mercado, como a BRS Estilo, e grãos carioca com a qualidade comercial exigida pela indústria, com o mesmo padrão da Pérola. Quanto à reação a doenças, apresenta resistência ao mosaico-dourado (BGMV) e ao mosaico-comum (BCMV), além de resistência moderada à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e à ferrugem (*Uromyces appendiculatus*). Possui plantas de ciclo normal, com média de 87 dias da emergência à maturação fisiológica, recomendada para o plantio nas épocas das águas (outubro a dezembro) e de inverno (abril a junho) na região do Brasil Central, principalmente nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato

Grosso, Bahia e no Distrito Federal, sobretudo onde há histórico e risco de ocorrência do mosaico-dourado (Souza et al., 2018).

A Embrapa continua desenvolvendo novas cultivares com a tecnologia RMD, mas somente para a classe comercial carioca. Está em curso o desenvolvimento da segunda geração do feijão RMD, visando agregar à resistência ao mosaico-dourado a resistência à carlavirose e obter plantas ainda mais produtivas, com maior qualidade comercial de grãos e de melhor arquitetura, o que permitirá a colheita mecânica direta, com menores perdas. Linhagens elites de feijão RMD de segunda geração já foram desenvolvidas, e sua avaliação agrônômica final em ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) iniciou em 2019. Considerando as etapas seguintes de registro, proteção e produção de sementes, a cultivar de segunda geração, com as características desejadas, deverá ser lançada daqui a dois ou três anos.

Referências

- ALMEIDA, A. M. R.; PIUGA, F. F.; KITAJIMA, E. W.; GASPAS, J. O.; VALENTIN, N.; BENATO, L. C.; MARIN, S. R. R.; BINNECK, E.; OLIVEIRA, T. G. de; BELINTANI, P.; GUERZONI, R. A.; NUNES JUNIOR, J.; HOFFMANN, L.; NORA, P. S.; NEPOMUCENO, A. L.; MEYER, M. C.; ALMEIDA, L. A. **Necrose da haste da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 44 p. (Embrapa Soja. Documentos, 221). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/467195>
- ALMEIDA, L. D. de; PEREIRA, J. C. V. N. A.; RONZELLI JÚNIOR, P.; COSTA, A. S. Avaliação de perdas causadas pelo mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 213-219, jun. 1984.
- ANDRADE, O. T.; FERNANDES, J. J. Incidência do mosaico dourado do feijoeiro e flutuação populacional de mosca-branca, na safra 92/93, em Uberlândia, MG. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, p. 299, ago. 1994. Suplemento. Ref. 199. Edição dos Resumos do XXVII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Itajaí, ago. 1994.
- ARANHA, S. de A.; ALBUQUERQUE, L. C. de; BOITEUX, L. S.; INOUE-NAGATA, A. K. Detection and complete genome characterization of a begomovirus infecting okra (*Abelmoschus esculentus*) in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 1, p. 14-20, jan./fev. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762011000100002>
- BARBOSA, L. F.; YUKI, V. A.; MARUBAYASHI, J. M.; MARCHI, B. R.; PERINI, F. L.; PAVAN, M. A.; BARROS, D. R.; GHANIM, M.; MORIONES, E.; NAVAS-CASTILLO, J. KRAUSE-SAKATE, R. First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 501-504, Apr. 2015. <https://doi.org/10.1002/ps.3909>
- BELLO, V. H. **Transmissão de vírus pelas espécies crípticas de Bemisia tabaci Mediterranean e Middle East-Asia minor 1**. 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.

- BIANCHINI, A. Novas linhagens de feijoeiro resistentes ao vírus do mosaico dourado e cultivares recomendadas para o controle da virose. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, p. 329, ago. 1994. Suplemento. Ref. 387. Edição dos Resumos do XXVII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Itajaí, ago. 1994.
- BIANCHINI, A. Resistance to bean golden mosaic virus in bean genotypes. **Plant Disease**, v. 83, n. 7, p. 615-620, July 1999. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.7.615>
- BOAVENTURA, H. A.; QUINTELA, E. D.; SANTOS, E. do N.; SILVA, J. F. A. e; TEIXEIRA, S. J. C.; PEREIRA, R. C.; FONSECA, D. C. M. da. *Isaria javanica*: novo defensivo biológico para o controle da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., Gramado. **Saúde, ambiente e agricultura**: anais. Gramado: SEB, 2018.
- BONFIM, K.; FARIA, J. C.; NOGUEIRA, E. O. P. L.; MENDES, E. A.; ARAGÃO, F. J. L. RNAi-mediated resistance to bean golden mosaic virus in genetically engineered common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Molecular Plant Microbe Interactions**, v. 20, n. 6, p. 717-726, June 2007. <https://doi.org/10.1094/MPMI-20-6-0717>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de agrotóxicos fitossanitário. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 12 abr. 2019.
- CARDOSO, M. S. **Efeito de plantas hospedeiras na susceptibilidade de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B a inseticidas químicos**. 2014. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- COSTA, A. S. Fitoviroses do feijoeiro no Brasil. IN: BULISANI, E. A. (Ed.). **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 173-256.
- COSTA, A. S. Increase in the population density of *Bemisia tabaci*, a threat of widespread virus infection of legume crops in Brazil. In: BIRD, J.; MARAMOROSH, K. (Ed.). **Tropical disease of legumes**. New York: Academic Press, 1975. p. 27-49.
- COSTA, A. S. Three whitefly-transmitted diseases of beans in the State of São Paulo, Brazil. **FAO Plant Protection Bulletin**, v. 13, n. 6, p. 121-130, 1965.
- COSTA, A. S.; GASPAR, J. O.; VEGA, J. Mosaico angular do feijoeiro Jalo causado por um "carlavírus" transmitido pela mosca branca *Bemisia tabaci*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 325-337, jun. 1983.
- COSTA, C. L.; CUPERTINO, F. P. Avaliação de perdas na produção de feijoeiro causadas pelo vírus do mosaico dourado. **Fitopatologia Brasileira**, v. 1, n. 1, p. 18-25, fev. 1976.
- COSTA, V. A.; RAGA, A.; GABRIEL, D.; SOUZA FILHO, M. F.; BATISTA FILHO, A. Incidência do fungo *Aschersonia* sp. sobre *Bemisia argentifolii* em plantas daninhas na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17., 1998, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SEB, 1998, v. 1, p. 470.
- CZEPAK, C.; LE SENECHAL, M.; GODINHO, K. C. A.; GUIMARÃES, H. O.; BARBOSA, M. F. J.; LIMA, M. R. de M.; SILVÉRIO, R. F.; WEBER, I. D.; COELHO, A. S. G. Mosca branca: pequena devastadora. **Cultivar Grandes Culturas**, n. 221 p. 29-35, out. 2017.
- DUARTE, J. Um sistema de feijão transgênico para enfrentar o mosaico-dourado. **XXI Ciência para a Vida**, n. 11, p. 26-33, set./dez. 2015.

- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados de conjuntura da produção de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2018)**. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 28 nov. 2019.
- FARIA, J. C. de; ARAGÃO, F. J. L. **Embrapa 5.1: o feijoeiro geneticamente modificado resistente ao mosaico dourado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 48 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 291). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/974491>
- FARIA, J. C. de; VILARINHO, R. M. Detecção, clonagem parcial e sequenciamento de um begomovirus de soja perene semelhante ao Bean Golden Mosaic Virus. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 1, p. 29-32. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 182).
- FARIA, J. C. de; YOKOYAMA, M. **Integração da avaliação de danos causados pelo mosaico dourado do feijoeiro: o papel de culturas hospedeiras do vetor do vírus e manejo da praga e doença**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 230). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/216245>
- FARIA, J. C. de; ARAGÃO, F. J. L.; SOUZA, T. L. P. O.; QUINTELA, E. D.; KITAJIMA, E. W.; RIBEIRO, S. da G. **Golden mosaic of common beans in Brazil: management with a transgenic approach**. APS Features, 2016. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150080/1/CNPAF-2016-APS.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2019.
- FERNANDES, F. R.; CRUZ, A. R. R.; FARIA, J. C.; ZERBINI, F. M.; ARAGÃO, F. J. L. Three distinct begomoviruses associated with soybean in central Brazil. **Archives of Virology**, v. 154, n. 9, p. 1567-1570, Sept. 2009. <https://doi.org/10.1007/s00705-009-0463-0>
- FERNANDES-ACIOLI, N. A. N.; PEREIRA-CARVALHO, R. C.; FONTENELE, R. S.; LACORTE, C.; RIBEIRO, S. G.; BOITEUX, M. E. de N. F.; BOITEUX, L. S. First report of *Sida micrantha* mosaic virus in *Phaseolus vulgaris* in Brazil. **Plant Disease**, v. 95, n. 9, p. 1196, Sept. 2011. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-10-0343>
- FONTENELE, R. F.; POPPIEL, R.; MATOS, V. O. L.; COSTA, A. F.; FARIA, J. C.; RIBEIRO, S. G. First report of *Macropodium yellow spot virus* in *Desmodium glabrum* in Brazil. **Plant Disease**, v. 100, n. 3, p. 657, Mar. 2016. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-15-1086-PDN>
- GÁLVEZ, G. E.; CÁRDENAS, M. R. Whitefly-transmitted viroses. In: SCHWARTZ, H. F.; GÁLVEZ, G. E. (Ed.). **Bean production problems: disease, insect, soil and climatic constraints of *Phaseolus vulgaris***. Cali: CIAT, 1980. p. 261-289.
- GAMEZ, R. Los virus del frijol en Centroamérica. I. Transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Gen.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. **Turrialba**, v. 21, n. 1, p. 22-27, enero-marzo 1971.
- GASPAR, J. O.; BERIAM, L. O. S.; ALVES, M. N.; OLIVEIRA, A. R.; COSTA, A. S. Serological identity of bean angular mosaic and Cowpea mild mottle viruses. **Fitopatologia Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 195-199, fev. 1985.
- GILBERTSON, R. L.; BATUMAN, O.; WEBSTER, C. G.; ADKINS, S. Role of the insect superectors *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in the emergence and global spread of plant viruses. **Annual Review of Virology**, v. 2, p. 67-93, 2015. <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-031413-085410>
- HOHN, T. Plant virus transmission from the insect point of view. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 46, p. 17905-17906, Nov. 2007. <https://doi.org/10.1073/pnas.0709178104>

IAPAR. **Feijão carioca**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1983>. Acesso em: 27 jun. 2019.

IWAKI, M.; THONGMEEARKON, P.; PROMMIN, M.; HONDA, Y.; HIBI, J. Whitefly transmission and some properties of Cowpea mild mottle virus on soybean in Thailand. **Plant Disease**, v. 66, n. 5, p. 365-368, May 1982. <https://doi.org/10.1094/PD-66-365>

JOVEL, J.; RESKI, G.; ROTHENSTEIN, D.; RINGEL, M.; FRISCHMUTH, T.; JESKE, H. *Sida micrantha mosaic* is associated with a complex infection of begomoviruses different from *Abutilon mosaic virus*. **Archives of Virology**, v. 149, p. 829-841, Apr. 2004. <https://doi.org/10.1007/s00705-003-0235-1>

LIMA, A. T. M.; SOBRINHO, R. R.; GONZÁLEZ-AGUILERA, J.; ROCHA, C. S.; SILVA, S. J. C.; XAVIER, C. A. D.; SILVA, F. N.; DUFFY, S.; ZERBINI, F. M. Synonymous site variation due to recombination explains higher genetic variability in begomovirus populations infecting non-cultivated hosts. **Journal of General Virology**, v. 94, n. 2, p. 418-431, Feb. 2013. <https://doi.org/10.1099/vir.0.047241-0>

LIMA, J. F. dos S. **Suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B do estado de Goiás**. 2014. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

MARCHI, B. R. **Associação de begomovirus e crinivirus com *Bemisia tabaci* espécie New World 2 e *Trialeurodes vaporariorum***. 2014. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu.

MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; ROCHA, K. C. G.; MITUTI, T.; PELEGRINOTTI, F. M.; FERREIRA, F. Z.; MOURA, M. F.; NAVAS-CASTILLO, J.; MORIONES, E.; PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATE, R. At least two indigenous species of the *Bemisia tabaci* complex are present in Brazil. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1/2, p. 113-121, Feb. 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2012.01714.x>

MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; WUTKE, E. B. Transmissão do *Cowpea mild mottle virus* pela mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo B para plantas de feijão e soja. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 158-160, abr./jun. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052010000200009>

MENTEN, J. O. M.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Avaliação de danos causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (VMDF). **Turrialba**, v. 30, n. 2, p. 173-176, abr./jun. 1980.

MOREIRA, M. A. B. Occurrence of *Encarsia formosa* as biological control agent of silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci*), in the State of Rio Grande do Norte, Brazil. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 7., 2001, Poços de Caldas. **Livro de resumos...** Poços de Caldas: Sociedade Entomológica do Brasil, 2001. p. 358.

MOYA, R. S.; BROWN, J. K.; SWEET, A. D.; WALDEN, K. K. O.; PAREDES-MONTERO, J. R.; WATERHOUSE, R. M.; JOHNSON, K. P. Nuclear orthologs derived from whole genome sequencing indicate cryptic diversity in the *Bemisia tabaci* (Insecta: Aleyrodidae) complex of whiteflies. **Diversity**, v. 11, n. 9, article 151, Aug. 2019. <https://doi.org/10.3390/d11090151>

MUNIYAPPA, V.; REDDY, D. V. R. Transmission of *Cowpea mild mottle virus* by *Bemisia tabaci* in a non persistent manner. **Plant Disease**, v. 67, n. 2, p. 391-393, Apr. 1983. <https://doi.org/10.1094/PD-67-391>

NARDO, E. A. B. de; COSTA, A. S. Diferenciação de isolados do complexo brasileiro do vírus do mosaico dourado do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 11, n. 3, p. 655-666, out. 1986.

- NAVAS-CASTILLO J.; FIALLO-OLIVÉ, E.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. **Annual Review of Phytopathology**, v. 49, p. 219-248, 2011. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095235>
- OLIVEIRA, M. R. V. Controle biológico de *Bemisia argentifolii* Bellow & Perring, com parasitóides In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16.; ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 7., 1997, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Entomológica do Brasil, 1997. p. 9.
- PEREIRA, M. F. A.; BOIÇA JÚNIOR, A. L. Protection periods of *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) attack, on bean crop (*Phaseolus vulgaris*), in three sowing date. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 21., 2000, Foz do Iguassu. **Abstracts...** Londrina: Embrapa Soja, 2000. v. 2, p. 703.
- PESSONI, L. A.; ZIMMERMANN, M. J. O.; FARIA, J. C. Genetic control of characters associated to bean golden mosaic geminivirus resistance in *Phaseolus vulgaris* L. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 20, n. 1, p. 51-58, mar. 1997. <https://doi.org/10.1590/S0100-84551997000100010>
- PINHEIRO-LIMA, B.; PEREIRA-CARVALHO, R. C.; ALVES-FREITAS, D. M. T.; KITAJIMA, E. W.; VIDAL, A. H.; LACORTE, C.; GODINHO, M. T.; FONTENELE, R. S.; FARIA, J. C.; ABREU, E. F. M.; VARSANI, A.; RIBEIRO, S. G.; MELO, F. L. Transmission of the bean-associated Cytorhabdovirus by the whitefly *Bemisia tabaci* MEAM1. **Viruses**, v. 12, n. 9, article 1028, Sept. 2020. <https://doi.org/10.3390/v12091028>
- POMPEU, A. S.; KRANZ, W. M. Linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes ao vírus do mosaico dourado. **Summa Phytopathologica**, v. 3, n. 2, p. 162-163, abr./jun. 1977.
- QUINTELA, E. D. **Manejo integrado de pragas do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 46). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/192814>
- QUINTELA, E.D. **Manejo integrado de pragas do feijoeiro no plantio de inverno**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em foco, 38). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/208362>
- 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: Ed. UFV, 2015. p. 242-269.
- QUINTELA, E. D.; ABREU, A. G.; LIMA, J. F. S.; MASCARIN, G. M.; SANTOS, J. B.; BROWN, J. K. Reproduction of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) B biotype in maize fields (*Zea mays* L.) in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, n. 11, p. 2181-2187, Nov. 2016. <https://doi.org/10.1002/ps.4259>
- QUINTELA, E. D.; SANCHEZ, S. E. M.; YOKOYAMA, M. Parasitismo de *Encarsia* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) sobre *Bemisia tabaci* (Genasius, 1889) (Homoptera: Aleyrodidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 21, n. 3, p. 471-475, 1992.
- RAMOS SOBRINHO, R.; XAVIER, C. A. D.; PEREIRA, H. M. B.; LIMA, G. S. A.; ASSUNÇÃO, I. P.; MIZUBUTI, E. S. G.; DUFFY, S.; ZERBINI, F. M. Contrasting genetic structure between two begomoviruses infecting the same leguminous hosts. **Journal of General Virology**, v. 95, n. 11, p. 2540-2552, Nov. 2014. <https://doi.org/10.1099/vir.0.067009-0>
- RANGEL, D. E. N.; CORREIA, A. do C. B.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; CROISFELTS, P. Epizootia de fungos *Aschersonia* spp. em mosca-branca *Bemisia argentifolii*, em lavouras de soja, em Miguelópolis, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17., 1998. Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: Sociedade Entomológica do Brasil, 1998a. v. 1, p. 332.

RANGEL, D. E. N.; CORREIA, A. do C. B.; BOIÇA JÚNIOR, A. L. Ocorrência do fungo entomopatogênico *Paecilomyces* sp. (Deuteromycotina, Hyphomycetes) em mosca-branca *Bemisia argentifolii* (Hemiptera, Aleyrididae) e sua distribuição no algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17., 1998. Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: Sociedade Entomológica do Brasil, 1998b. v. 1, p. 333.

RIZENTAL, M. **Distribuição temporal e espacial de haplótipos de *Bemisia tabaci* (GENNADIUS, 1889) no Brasil.** 2020. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitossanidade) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SILVA, L. D.; OMOTO, C.; BLEICHER, B.; DOURADO, P. M. Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 1, p. 116-125, jan./fev. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000100013>

SILVA, S. J. C.; CASTILLO-URQUIZA, G. P.; HORA-JÚNIOR, B. T.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. S. A.; PIO-RIBEIRO, G.; MIZUBUTI, E. S. G.; ZERBINI, F. M. Species diversity, phylogeny and genetic variability of begomovirus populations infecting leguminous weeds in northeastern Brazil. **Plant Pathology**, v. 61, n. 3, p. 457-467, June 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02543.x>

SOUZA, T. L. P. O.; FARIA, J. C.; ARAGÃO, F. J. L.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. de; WENDLAND, A.; AGUIAR, M. S.; QUINTELA, E. D.; MELO, C. L. P.; HUNGRIA, M.; VIANELLO, R. P.; PEREIRA, H. S.; MELO, L. C. Agronomic performance and yield stability of the RNA interference-based Bean Golden Mosaic Virus-resistant common bean. **Crop Science**, v. 58, n. 2, p. 579-591, Mar./Apr. 2018. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.06.0355>

TEIXEIRA, N. C.; WENDLAND, A.; OLIVEIRA, M. I. D. S.; BRANDÃO, L. T. D.; SOUZA, T. L. P. O.; FARIA, J. C.; DEL PELOSO, M. J.; CORTES, M. V. C. B. Rapid identification of RNA-interference-based resistance to *Bean golden mosaic virus* in transgenic common beans via loop-mediated isothermal amplification. **Crop Science**, v. 60, n. 6, p. 3004-3012, Nov./Dec. 2020. <https://doi.org/10.1002/csc2.20107>

TREML, D.; VENTURELLI, G. L.; BROD, F. C. A.; FARIA, J. C.; ARISI, A. C. M. Development of an event-specific hydrolysis probe quantitative real-time polymerase chain reaction assay for Embrapa 5.1 genetically modified common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 49, p. 11994-12000, Dec. 2014. <https://doi.org/10.1021/jf503928m>

VARSANI, A.; NAVAS-CASTILLO, J.; MORIONES, E.; HERNÁNDEZ-ZEPEDA, C.; IDRIS, A.; BROWN, J. K.; ZERBINI, F. M.; MARTIN, D. P. Establishment of three new genera in the family Geminiviridae: Becurtovirus, Eragrovirus and Turncurtovirus. **Archives of Virology**, v. 159, n. 8, p. 2193-2203, Aug. 2014. <https://doi.org/10.1007/s00705-014-2050-2>

VITAL, R. C. de J.; QUINTELA, E. D.; MASCARIN, G. M.; LIMA, J. F. dos S. Patogenicidade de *Isaria* spp. a ninfas de *Bemisia tabaci* biótipo B. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 25., 2014, Goiânia. **Entomologia integrada à sociedade para o desenvolvimento sustentável**: anais. Goiânia: Sociedade Entomológica do Brasil, 2014.

WALZ, D. M.; FREITAS, A. T. de; NOVAES, T. G. de; MOLINA, R. de O.; BIANCHINI, A.; BUSSULO, J. Identificação de hospedeiros alternativos da família Fabaceae ao mosaico dourado do feijoeiro. In: SIMPÓSIO DE BIOQUÍMICA E BIOTECNOLOGIA, 2015, Londrina. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2015. p. 184-187.

YUKI, V. A.; LOURENÇÃO, A. L.; KUNIYUKI, H.; BETTI, J. A. Transmissão experimental do vírus do mosaico dourado do feijoeiro por *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 4, p. 675-678, dez. 1998.

ANEXO 1

PLANILHA DE LEVANTAMENTO
Sistema de Alerta para Mosca-Branca e Vírus Associados



Data: ___/___/___ Data semeadura: ___/___/___ Amostrador (a): _____

Área (tamanho e local): _____ Idade da cultura: _____ DAE _____

Coordenadas (GPS): _____

ADULTOS - MOSCA-BRANCA

Folhelo	Pontos de amostragem					Total	Média
	1	2	3	4	5		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Média geral							

NINFAS - MOSCA-BRANCA

Folhelo	Pontos de amostragem					Total	Média
	1	2	3	4	5		
1							
2							
3							
4							
5							
Média geral							

PLANTAS COM SINTOMAS DE VIROSE

Pontos amost.	Nº total plantas	Nº de plantas com vírus	% incidência do vírus
1			
2			
3			
4			
5			
Média			

METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM:
AMOSTRAR CINCO PONTOS POR ÁREA NAS BORDAS DAS LAVOURAS

Amostragem de adultos e ninfas: Adultos

Em cada ponto de amostragem, contar o número de adultos presentes em dez folíolos, localizados no terço superior das plantas.

Ninfas

Em cada ponto de amostragem, coletar cinco folíolos da parte basilar e mediana da planta com o auxílio de uma lupa de bolso de $\geq 20\times$ de aumento.

Em cada folha estimar o número de adultos ou ninfas presentes baseado na escala abaixo:

- 0 ninfa ou adulto/folhelo;
- Menos que dez ninfas ou adultos/folhelo;
- 11-30 ninfas ou adultos/folhelo;
- 31-60 ninfas ou adultos/folhelo;
- 61-100 ninfas ou adultos/folhelo;
- mais de 100 ninfas ou adulto/folhelo.

Amostragem de plantas com sintomas de virose:

1. Marcar 2 m de linha em cada ponto de amostragem e contar o número total de plantas e o número de plantas com sintomas de infecção por vírus.
2. Calcular a % de incidência de plantas infectadas: (número de plantas infectadas/número total de plantas) x 100.

Observações: área amostrada e outras observações importantes:

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão
 Rod. GO 462 Km 12 Zona Rural,
 Caixa Postal 179
 CEP 75375-000,
 Santo Antônio de Goiás, GO
 Fone: (62) 3533 2105
 Fax: (62) 3533 2100
 www.embrapa.br
 www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
 Publicação digital - PDF (2021)



MINISTÉRIO DA
 AGRICULTURA, PECUÁRIA
 E ABASTECIMENTO



Comitê de Publicações
 da Embrapa Arroz e Feijão

Presidente
Roselene de Queiroz Chaves

Secretário-Executivo
Luiz Roberto Rocha da Silva

Membros
Ana Lúcia Delalibera de Faria, Luís Fernando Stone, Newton Cavalcanti de Noronha Júnior, Tereza Cristina de Oliveira Borba

Supervisão editorial
Luiz Roberto Rocha da Silva

Revisão de texto
Luiz Roberto Rocha da Silva

Normalização bibliográfica
Ana Lúcia Delalibera de Faria

Projeto gráfico da coleção
Fabiano Severino

Editoração eletrônica
Luiz Roberto Rocha da Silva

Foto da capa
Sebastião José de Araújo

CGLE 016282