

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ICA – Instituto de Ciências Agrárias

Mestrado em Produção Vegetal

**CARACTERIZAÇÃO DE LINHAGENS ELITE DE FEIJOEIRO-COMUM
QUANTO À REAÇÃO AO MOFO-BRANCO EM AMBIENTE PROTEGIDO**

JONAS MICAEL CORDEIRO DOS SANTOS

Montes Claros - MG

2016

Santos, Jonas Micael Cordeiro.

S237c 2016 Caracterização de linhagens elite de feijoeiro-comum quanto à reação ao mofo-branco em ambiente protegido / Jonas Micael Cordeiro dos Santos. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias/UFMG, 2016.
52 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

Orientador: Prof.º Demerson Arruda Sanglard.

Banca examinadora: Thiago Lívio Pessoa Oliveira de Souza, Silvia Nietsche, Fernando da Silva Rocha, Demerson Arruda Sanglard.

Referências: f: 38-50.

1. Phaseolus vulgaris. 2. Sclerotinia sclerotiorum. 3. Melhoramento genético vegetal. I. Sanglard, Demerson Arruda. II. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. III. Título.

CDU: 633.35

JONAS MICAEL CORDEIRO DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO DE LINHAGENS ELITE DE FEIJOEIRO-COMUM
QUANTO À REAÇÃO AO MOFO-BRANCO EM AMBIENTE PROTEGIDO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, para a obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Demerson Arruda Sanglard

Coorientador: Dr. Thiago Lívio Pessoa Oliveira de Souza

Montes Claros - MG

2016

JONAS MICAEL CORDEIRO DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO DE LINHAGENS ELITE DE FEIJOEIRO-COMUM
QUANTO À REAÇÃO AO MOFO-BRANCO EM AMBIENTE PROTEGIDO**

Prof. Demerson Arruda Sanglard
(Orientador – UFMG/ICA)

Aprovado em 29 de fevereiro em 2016.

Montes Claros - MG

2016

Dedico à minha família, aos amigos e à universidade.

AGRADECIMENTOS

Neste encerramento de mais um ciclo na minha vida e de mais uma vitória alcançada com muito esforço, ao lado de pessoas muito especiais, sem as quais não alcançaria o mesmo êxito, agradeço a Deus por sempre me abençoar com suas graças e me fortalecer sempre que necessário.

À minha família, pelo apoio incondicional, e principalmente minha avó Socorro e minha mãe Margaret, pela preocupação, apoio e muito amor. Obrigado por sempre poder contar com vocês nas horas felizes e principalmente nas horas de maior angústia.

O meu muito obrigado aos meus companheiros de mestrado, meus irmãozinhos Anna Regina e Rubens, a quem sempre pude recorrer nas inúmeras dúvidas e aflições durante esse tempo. Agradeço ao professor Demerson, pela paciência e pelos ensinamentos, e aos demais professores da UFMG.

À Ariadna Vieira, pelos conselhos e boa vontade em me passar seus conhecimentos e pela paciência em me “aguentar” sempre que surgia um problema.

Agradeço ao Dr. Thiago Souza pela sua excepcional coorientação e ensinamentos ao longo de todo o ano.

À Embrapa, pelo suporte técnico, e aos colegas e amigos do Programa de Melhoramento do Feijão e do Laboratório de Fitopatologia do Solo.

Aos amigos de Goiânia, pela parceria e ajuda na adaptação do novo local. À Ana Laura, pela amizade adquirida, sintonia de pensamentos e pelas caronas, sempre imprescindíveis.

Ao “Carlin”, pelo apoio em todos os momentos, pela atenção, paciência, carinho e profundo companheirismo. Agradeço imensamente pela sua presença durante e depois.

À FAPEMIG, pelo apoio financeiro durante todo tempo de estudo.

Enfim, devo grande parte de todas as vitórias alcançadas nessa trajetória a vocês. Muito obrigado!

RESUMO

O feijoeiro-comum representa uma importante fonte de proteínas em países da África e América do Sul. O Brasil se destaca na produção e consumo dessa leguminosa, ocupando a segunda posição mundial. Entretanto, a produtividade média nacional é baixa, com média de 1.038 Kg/ha. Diversos fatores bióticos e abióticos contribuem para a baixa produtividade da cultura. Dentre os fatores, destacam-se a ocorrência de mofo-branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum*. Assim, o objetivo deste trabalho é caracterizar linhagens elite de feijoeiro-comum, com grãos tipo carioca, quanto à reação ao mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em ambiente controlado. O experimento foi conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, e foram avaliados três ensaios de grãos do tipo carioca: (i) 11 genótipos do ensaio de VPR – variedades de ciclo precoce; (ii) 18 genótipos do ensaio de VCC – variedades de ciclo comum; (iii) ensaio de MBL – variedades potenciais resistentes ao mofo-branco. Os ensaios foram conduzidos em casa-de-vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e quatro plantas por parcela experimental. As sementes foram pré-germinadas e plantadas em vasos de 3,6 L. Com 35 dias, as plantas foram inoculadas pelo método do canudo modificado, na fase V5. As plantas foram mantidas sob temperatura média de 19 °C ± 1 °C e em três regimes de aspersão durante oito dias: i) umidade relativa (UR) de aproximadamente 100% durante as primeiras 48 horas; ii) UR próxima a 80% durante 96 horas; e iii) corte da aspersão nas últimas 48 horas. A avaliação foi realizada aos oito dias após a inoculação (DAI), atribuindo-se notas de 1 a 9 aos sintomas das plantas inoculadas. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e posterior teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de significância. Nos ensaios de VPR e VCC, as cultivares e linhagens foram agrupadas em três níveis distintos de resistência ao mofo-branco e em apenas dois níveis no ensaio de MBL. As cultivares e linhagens do ensaio de VPR se mostraram suscetíveis ao mofo-branco. A cultivar IPR Colibri apresentou a menor média de severidade, de 3,45. No ensaio de VCC, as linhagens CNFC 15460, CNFC 15504, CNFC 15458, CNFC 15497, BRS Estilo e CNFC 15507 apresentaram médias de 2,39 a 3,42, caracterizadas como resistentes, sendo este o ensaio que melhor representa a resistência do feijão contra *S.sclerotiorum*. Já no ensaio de MBL, nenhuma das cultivares e linhagens avaliadas apresentou resistência. Portanto, apenas as cultivares IPR Colibri e BRS Estilo foram recomendadas como potenciais fontes de resistência ao mofo-branco.

Palavras-Chave: *Phaseolus vulgaris*, *Sclerotinia sclerotiorum*, VCU, teste do canudo, grãos carioca, casa-de-vegetação.

CHARACTERIZATION OF ELITE LINEAGES OF COMMON-BEAN PLANT AS TO THE REACTION TO WHITE MOLD IN PROTECTED ENVIRONMENT

ABSTRACT

The common bean plant is an important source of protein in countries in Africa and South America. Brazil stands out in the production and consumption of this legume, occupying the second position worldwide. However, national average productivity is low, with an average of 1,038 kg / ha. Various biotic and abiotic factors contribute to low crop productivity. Among the factors, there is the occurrence of white mold caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. Thus, the objective of this work is to characterize elite lineages of common bean plant with grains kind carioca, as to the reaction to white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) in a controlled environment. The experiment was conducted at Embrapa Rice and Beans, and were evaluated three trials of grains of the carioca kind: (i) 11 genotypes of VPR testing - varieties of early cycle -; (ii) 18 genotypes of the VCC testing - varieties of common cycle -; (iii) testing MBL - potential varieties resistant to white mold. The tests were conducted at home-from-vegetation in a completely randomized design with three replications and four plants per experimental plot. The seeds were pre-germinated and planted in vases of 3.6 L. At 35 days, the plants were inoculated by the modified tube method, at V5 stage. The plants were kept under medium temperature of $19^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and in three sprinkler systems for eight days: i) relative humidity (RH) of about 100% during the first 48 hours; ii) RH next to 80% for 96 hours; and iii) cutting the sprinkler in the last 48 hours. The evaluation was performed eight days after inoculation (DAI), assigning scores from 1 to 9 to symptoms of the inoculated plants. The obtained data were subjected to analysis of variance and subsequent clustering test Scott-Knott at 5% significance. In VPC and VDC tests, the cultivars and lineages were grouped into three distinct levels of resistance to white mold and in only two levels in the test MBL. The cultivars and lineages of VPR test showed susceptible to white mold. The cultivar IPR Colibri showed the lowest average of severity, 3.45. In the VCC test, the lineages CNFC 15460, CNFC 15504, CNFC 15458, CNFC15497, BRS Style and CNFC 15507 showed average from 2.39 to 3.42, characterized as resistant, being this the test that best represents the bean resistance against *S.sclerotiorum*. Already in the MBL test, none of the evaluated lineages and cultivars showed resistance. Therefore, only the IPR colibri cultivars and BRS Style were recommended as potential sources of resistance to white mold.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, *Sclerotinia sclerotiorum*, VCU, tube test, carioca grains, home-from-vegetation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDA – Batata, Dextrose e Ágar

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DAE – Dias Após Emergência

DAI – Dias Após a Inoculação

DIC – Delineamento Inteiramente ao Acaso

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – *Food and Agriculture Organization*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MBL – Ensaio de Mofo-Branco

QTL – *Quantitative Trait Loci*

V2 – Folhas Primárias Unifolioladas

V4 – 3ª folha trifoliada plenamente desdobrada

VCU – Valor de Cultivo e Uso

VCC – VCU de Linhagens Carioca de Ciclo Normal

VPR – VCU de Variedade Carioca de Ciclo Precoce

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ensaio VCC em vasos com plantas de feijão-comum na fase V2 em casa-de-vegetação.....	23
Figura 2 – Primeiro trifólio inoculado com disco de micélio crescido e coberto com ponteira.....	26
Figura 3 – Sintoma de mofo-branco no feijoeiro-comum inoculado com disco de micélio pelo teste do canudo.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo de área, produtividade e produção totais (Primeira, segunda e terceira safras) <i>Phaseolus vulgaris</i>	14
Tabela 2 – Descrição dos ensaios de cultivares e linhagens de feijão-comum tipo carioca, realizados em casa-de-vegetação, para avaliação quanto à resistência ao mofo-branco, local e ano.....	24
Tabela 3 – Escala descritiva de notas para avaliação de mofo-branco em feijão, baseadas na proporção de infecção na planta.....	28
Tabela 4 – Médias de graus de resistência de genótipos de feijoeiro-comum de grãos carioca e ciclo precoce (VPR) a <i>S. sclerotiorum</i>	29
Tabela 5 – Médias de graus de resistência de genótipos de feijoeiro-comum de grãos carioca e ciclo comum (VCC) a <i>S. sclerotiorum</i>	30
Tabela 6 – Médias de graus de resistência de genótipos de feijoeiro-comum de grãos carioca potenciais resistentes (VCC) a <i>S. sclerotiorum</i>	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. Cultura do feijoeiro.....	13
2.2. Mofo-branco do feijoeiro	16
2.2.1. <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	16
2.2.2. Métodos de inoculação.....	18
2.2.3. Resistência do feijoeiro ao mofo-branco.....	20
3. OBJETIVOS.....	22
3.1. Objetivo Geral	22
3.2. Objetivos Específicos	22
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1. Material genético	23
4.2. Instalação dos experimentos e avaliação da doença.....	25
4.3. Análises estatísticas	28
5.1. Ensaio.....	29
5.1.1. Ensaio VPR	29
5.1.2. Ensaio VCC	30
5.1.3. Ensaio MBL.....	31
6. DISCUSSÃO	33
7. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS.....	38

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) representa uma importante fonte de proteínas em países da África e América do Sul, sendo a fonte proteica mais acessível à população. Esse fator contribui significativamente para que essa espécie seja amplamente cultivada e consumida em diversos países em desenvolvimento (BROUGHTON *et al.*, 2003).

O Brasil se destaca na produção e consumo do feijão do gênero *Phaseolus*, sendo o segundo maior produtor dessa leguminosa (FAO, 2014). Mesmo com a relevância econômica da cultura, a produtividade média obtida no Brasil é insatisfatória e, de acordo com diversos estudos, os fatores bióticos e abióticos que incidem sobre a cultura são os principais responsáveis.

Aproximadamente 60% produção mundial do feijoeiro está submetida a estresses hídricos severos, sendo a cultura pouco tolerante, fazendo com que a seca fique em segundo lugar quanto à redução da produtividade, superada pela ocorrência de doenças (WHITE, 1993).

Na cultura do feijoeiro-comum ocorrem mais de 45 tipos de doenças. No Brasil, as principais doenças são a ferrugem, a mancha-angular, o mosaico-dourado, o crestamento bacteriano comum, a antracnose, a murcha-de-fusário e o mofo-branco. Dentre estas, o mofo-branco teve aumento nos últimos anos na safra de inverno, sob pivô central.

O mofo-branco é causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, o qual pode reduzir a produção. A ocorrência dessa doença está ligada diretamente com áreas de grande umidade e temperatura moderada, tornando-se ainda mais severa quando há maior crescimento vegetativo da cultura, que impede a penetração de luz pela densidade da folhagem, dificultando o arejamento das plantas (PURDY, 1979).

Para o manejo do mofo-branco no feijoeiro, são utilizados defensivos agrícolas no tratamento de sementes e/ou em aplicações foliares, em associação com diversas outras práticas culturais para o manejo. Assim, o uso de cultivares resistentes é considerada uma das mais importantes

estratégias no manejo dessa doença (VIEIRA, R. F. *et al.*, 2001; PAULA JÚNIOR *et al.*, 2004; NAPOLEÃO *et al.*, 2006; NAPOLEÃO *et al.*, 2007; MACENA *et al.*, 2011).

O lançamento de cultivares melhoradas de feijoeiro-comum com resistência aos principais fitopatógenos tem proporcionado importantes contribuições para a pesquisa agrícola e para a sociedade brasileira. Nos últimos dez anos, houve um incremento de 41% na produtividade, resultado dos trabalhos de melhoramento genético de plantas. Dessa forma, o estudo dos mecanismos de resistência fisiológica e de escape envolvidos na resistência do feijoeiro ao mofo-branco são necessários para aumentar a eficiência à resistência fisiológica (GONÇALVES; SANTOS, 2010).

Vários são os métodos para identificar resistência fisiológica em feijoeiro-comum, porém, segundo Petzoldt e Dickson (1996) e Singh e Terán (2008), o teste do canudo (*Straw Test*) é o método mais utilizado para a identificação da resistência fisiológica ao mofo-branco, uma vez que é rápido e eficiente na discriminação de genótipos resistentes.

Em trabalho realizado por Ferreira (2013), foi comprovada a eficácia desse método em comparação a outros testes para a discriminação de genótipos resistentes de feijoeiro-comum ao mofo branco.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é caracterizar linhagens elite de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca quanto à reação ao mofo-branco em ambiente controlado, visando identificar fontes de resistência a serem usadas como genitores pelos programas de melhoramento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Cultura do feijoeiro

O feijoeiro-comum pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (ARAÚJO *et al.*, 1996). Segundo Vavilov (1931), Debouck (1991), Mensack *et al.* (2010), entre outros, a espécie é originária das Américas. No Brasil e no mundo, é a base da alimentação, por ser a fonte proteica mais acessível à maior parte da população (BROUGHTON *et al.*, 2003).

No Brasil, é grande o número de pequenos produtores envolvidos na sua produção, porém há um crescente interesse de outras classes do agronegócio com a adoção de técnicas avançadas (GRANER; GODOY, JÚNIOR, 1967; YOKOYAMA, 2002).

O Brasil destaca-se na produção e consumo do feijão *Phaseolus*, sendo o segundo maior produtor dessa leguminosa (FAO, 2014), com produção de 2,698 milhões de toneladas e área plantada de cerca de 1,942 milhões de hectares, segundo levantamento da safra de 2014 (SILVA, 2015).

Mesmo com a relevância econômica da cultura, a produtividade média ainda é baixa, cerca de 1.389 kg ha⁻¹ na safra de 2014. De acordo com Del Peloso e Melo (2005), o potencial da espécie supera 4.000 kg ha⁻¹.

Segundo Salvador (2011), a adaptabilidade a diversos tipos de solos e climas é uma das grandes vantagens do feijoeiro, permitindo seu cultivo durante todo o ano em diferentes épocas e safras e em quase todos os estados brasileiros. O feijoeiro-comum é cultivado em todo o território junto com o feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*), que é chamado de macassar ou caupi.

Cada região do Brasil tem preferência por um dos vários tipos comerciais de grãos. Um dos exemplos é o feijão-preto, consumido em maior quantidade nos estados de Minas Gerais – principalmente na Zona da Mata e no Vale do Rio Doce –, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Até a década de 1970, o feijão-carioca possuía um mercado no país. Atualmente, dentre as variedades de feijão-comum, é o grão mais cultivado e

consumido no Brasil, com cerca de 70% do total da produção anual (DEL PELOSO; MELO, 2005). Porém, mesmo sendo o mais consumido, é o que mais enfrenta problemas como escurecimento rápido do tegumento dos grãos, depreciando economicamente o produto, pelo maior tempo de armazenamento, afetando diretamente os agricultores (VIEIRA, C. *et al.*, 2006).

Segundo Silva (2015), os maiores produtores nacionais de feijão são os estados do Paraná e Minas Gerais, com produção anual de aproximadamente 830 e 573 mil toneladas, respectivamente (Tabela 1). De acordo com estudos da Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura, haverá um pequeno aumento na safra e no consumo de 1,77% e 1,22% por ano, no período de 2010 a 2020, chegando a 4,31 milhões de toneladas (CONAB, 2014).

Tabela 1. Comparativo de área, produtividade e produção totais (Primeira, segunda e terceira safras) – *Phaseolus vulgaris*.

Estado	Área (ha)	Produção (mil toneladas)	Produtividade (kg/ha)
Paraná	519.166	830.244	1.599
Minas Gerais	376.625	573.203	1.522
Goiás	128.561	313.439	2.438
Bahia	404.273	226.743	561
São Paulo	90.813	198.027	2.181
Mato Grosso	106.859	176.640	1.653
Santa Catarina	88.018	145.171	1.649
Brasil	2.698.000	1.942.000	1.389

Fonte: Adaptado de Embrapa (2014).

Conforme estimativa do MAPA (2012), o consumo médio anual de feijão *per capita* é 16,50 kg/hab/ano. No início da década de 1970, o consumo *per capita* era de 25 kg/hab/ano. Uma das possíveis causas dessa queda seria o êxodo rural, que alterou os padrões de consumo da população, com o incremento de outras fontes de proteína, como a carne de frango.

Entretanto, o feijão e o arroz ainda constituem a dieta básica do brasileiro, principalmente o de baixa renda (VIEIRA; C. *et al.*, 2006). Assim, de acordo com os autores, o feijão complementa a dieta, uma vez que é rico em lisina, um aminoácido essencial, ganhando destaque também devido às grandes áreas plantadas e mão de obra empregada, com cerca de 7 milhões de homens/dia/ciclo de produção. Estudos têm sido feitos em relação à determinação da composição de aminoácidos para a inserção em programas de melhoramento (RIBEIRO *et al.*, 2007; PEREIRA, 2013; MESQUITA, 2014).

Para White (1993), a produção mundial é afetada pelo estresse hídrico em cerca de 60%, sendo o feijoeiro uma espécie pouco tolerante. Dessa forma, a seca é o principal fator abiótico responsável pela redução da produtividade. E, dentre os fatores bióticos, a ocorrência de doenças é a principal causa da maior redução da produtividade da cultura.

O feijoeiro-comum tem sua produção afetada por mais de 45 tipos de doenças, sendo de maior ou menor importância. Estas são causadas por diversos tipos de fitopatógenos, como fungos, bactérias, vírus e nematoides. As doenças mais presentes no Brasil são a ferrugem, a mancha-angular, o mosaico-dourado, o crestamento bacteriano comum, a antracnose, a murcha-de-fusarium e o mofo-branco. Para que medidas de controle sejam eficientes, é necessário o conhecimento das doenças e das condições favoráveis ao seu desenvolvimento (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994).

O mofo-branco é causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. O fungo ataca a parte aérea da planta, e um dos primeiros sintomas é a murcha da planta. As folhas apresentam um aspecto aquoso que se expande do pecíolo para o caule. As lesões se desenvolvem geralmente dentro dos tecidos, evoluindo para um micélio branco. Sua ocorrência é maior em regiões produtoras de clima mais ameno e com alta umidade (BOLTON *et al.*, 2006).

2.2. Mofo-branco do feijoeiro

2.2.1. *Sclerotinia sclerotiorum*

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* pertence ao filo dos Ascomycetes, classe Leotiomycetes, ordem Helotiales, família Sclerotiniaceae, grupo dos fungos mitospóricos, subgrupo Hifomicetos (AGRIOS, 2005; KRUGNER; BACCHI, 1995). Esse fungo ataca mais de 408 espécies, desde dicotiledôneas, como amendoim e feijão, até monocotiledôneas, como as cebolas e as tulipas, causando a doença denominada mofo-branco (BOLAND; HALL, 1994).

Atualmente, o mofo-branco é a doença do feijoeiro que causa maiores perdas em áreas irrigadas do Brasil, principalmente nas safras de outono-inverno-primavera (VIEIRA, C. *et al.*, 2006). O fungo pode infectar qualquer parte da planta, mas os sintomas têm início nas inflorescências, axilas das folhas e ramos laterais (KIMATI *et al.*, 2005). O estágio de floração plena e a formação de vagens são as fases mais vulneráveis à infecção (SAGATA, 2010).

A infecção acontece com a degradação da parede celular por enzimas como as endopoligalacturonases (PGs), que despolimerizam os componentes das pectinas das lamelas médias e paredes celulares primárias (ALGHISI; FAVARON, 1995; ANNIS; GOODWIN, 1997). A planta pode, assim, ativar seus mecanismos de defesa produzindo proteínas inibidoras de PGs, limitando o potencial destrutivo do fungo (OLIVEIRA, 2010).

O início da doença se dá por reboleiras na lavoura, com manchas encharcadas, e crescimento micelial branco e cotonoso (mofo-branco), seguido de murchamento da folhagem, com formação de corpos duros e negros, de formato irregular, dentro do tecido e sobre ele, chamados de escleródios. Os tecidos doentes secam, tornando-se leves e quebradiços. Já as sementes ficam sem brilho, enrugadas e mais leves (VIEIRA, C. *et al.*, 2006).

Um dos fatores que agravam a incidência do mofo-branco é a formação de estruturas de resistência, os escleródios (COOK *et al.*, 1975).

Estes sobrevivem no solo por alguns anos, sendo que a doença é mais destrutiva em temperaturas que variam de 15 a 25 °C, com alta umidade. Esses escleródios são muito resistentes a altas temperaturas (até 600 °C), congelamento e substâncias químicas (SCHNEIDER *et al.*, 2012).

A produção dos escleródios acontece quando o crescimento micelial encontra um ambiente com nutrientes limitantes (CHRISTIAS; LOCKWOOD, 1973). A germinação dos escleródios se dá em ambientes com alta umidade do solo, com temperatura ótima de 10 °C, podendo variar entre 6 e 30 °C (ABREU, 2011). A germinação ocorre nas formas miceliogênica e carpogênica. Na miceliogênica, são produzidos os micélios hialinos, septados, que na planta hospedeira utilizam enzimas para penetrar a cutícula, mecanismos de força via apressórios ou pelos estômatos (LUMSDEN, 1979; LUMSDEN; DOW, 1973). Já na forma carpogênica, são produzidos vários apotécios, pequenos cogumelos, que liberam ascósporos de 2 a 17 dias. A maior produção ocorre entre o quarto e o nono dia de vida do apotécio, podendo chegar a 2 milhões de ascósporos. Eles podem germinar na superfície de um tecido saudável, porém não podem infectá-lo sem a presença de fontes de nutrientes e água externas.

A severidade do ataque do fungo está relacionada às condições climáticas. As infecções no campo podem durar anos e estão diretamente relacionadas à diminuição da produção de 30 a 80% em áreas irrigadas (SCHWARTZ *et al.*, 1987), podendo chegar a 100% em períodos chuvosos caso não haja medidas preventivas (OLIVEIRA *et al.*, 2005; MELO *et al.*, 2007).

A ocorrência dessa doença está ligada diretamente com áreas de grande umidade e temperatura moderada, tornando-se ainda mais severa quando há maior crescimento vegetativo da cultura, o que impede a penetração de luz pela densidade da folhagem, dificultando o arejamento das plantas. Assim, culturas como o feijão, a soja, a alface, o repolho, o tomate rasteiro, entre outras, são suscetíveis (PURDY, 1979). O processo infeccioso é intensificado por fatores como temperatura, umidade relativa do ar, potencial hídrico e períodos nos quais as plantas estão submetidas a umidade (BERG; LENTZ, 1968; GROGAN; ABAWI, 1975; CAESAR;

PEARSON, 1983). Fatores bióticos, como a presença de micro-organismos antagonistas, e a ação dos fatores ambientais podem limitar o processo infeccioso (BOLAND; HUNTER, 1988; BOLAND; INGLIS, 1989; HANNUSCH; BOLAND, 1996).

Para o controle da doença, várias práticas de manejo são utilizadas, tais como: i) uso de defensivos agrícolas no tratamento de sementes e/ou em aplicações foliares; ii) utilização de maiores espaçamentos e menores populações de plantas; iii) aumento do turno de rega; iv) quimigação; v) rotação de culturas; e vi) plantio direto (VIEIRA, R. F. *et al.*, 2001; PAULA JÚNIOR *et al.*, 2004; NAPOLEÃO *et al.*, 2006; NAPOLEÃO *et al.*, 2007; MACENA *et al.*, 2011).

Apesar de essas práticas apresentarem níveis consideráveis de controle, apresentam elevados custos de produção, risco ambiental, inviabilidade operacional e técnica. Assim, o uso de cultivares parcialmente resistentes pode ser uma alternativa viável no complemento do manejo dessa doença.

2.2.2. Métodos de inoculação

O desenvolvimento de metodologias adequadas à inoculação de plantas do feijoeiro com *S. sclerotiorum* (Lib.) de Bary é de grande importância na avaliação e seleção de genótipos resistentes ao mofo-branco (TOLEDO-SOUZA; COSTA, 2003) Em virtude da expressão e detecção de os mecanismos de resistência fisiológica serem confundidos pelas condições ambientais e mecanismos de escape da planta, metodologias têm sido estudadas com o objetivo de selecionar genótipos de feijoeiro resistentes ao mofo-branco com maior rapidez e eficiência (GONÇALVES, 2013).

Em estudos realizados por Miklas *et al.* (1992), foram utilizadas hastes de feijoeiro com 11 e 28 dias, cortadas e inoculadas com micélio. Já Schwartz *et al.* (1987) infestaram o solo com escleródios 90 dias antes do plantio, para que houvesse apotécios no período de floração na criação de uma metodologia de inoculação. Kull *et al.* (2003) compararam diversos métodos para a inoculação do mofo-branco no feijoeiro. Os autores utilizaram os

métodos de corte na haste (*cut-stem*), inoculação em cotilédone (*cotyledon*) e folha destacada (*detached leaf*). Como conclusão, o método de *cut-stem* foi superior aos outros métodos, apresentando maior correlação, menor coeficiente de variação e maior sensibilidade aos níveis de resistência observados.

Um método no qual não se utilizam plantas em florescimento foi utilizado por Leone e Tonneijck (1990). Esse método é simples para selecionar cultivares de feijoeiro resistentes a *S. sclerotiorum*. Foram utilizadas folhas primárias destacadas; pulverizou-se uma suspensão de ascósporos; para que houvesse estimulação da patogenicidade, adicionou-se KH_2PO_4 ou misturas de fosfato inorgânico e glicose ao inóculo.

Wegulo *et al.* (1998) realizaram uma avaliação de vários métodos de inoculação em casa-de-vegetação com plantas de soja, nos quais utilizaram micélio em folhagem, na haste, em folhas destacadas, entre outros. Os autores concluíram que o método de inoculação de micélio em folha destacada apresentou maior correlação entre ambiente controlado e baixo coeficiente de correlação em campo.

Diversos métodos estão disponíveis para o estudo da resistência ao mofo-branco em feijoeiro, como o método de inoculação de folhas ou axilas foliares com discos BDA contendo micélio do fungo (STEADMAN *et al.*, 1997), inoculação de escleródios em campo após a emergência da planta (HUANG *et al.*, 2003), crescimento de calos em meio contendo filtrado de patógenos (MIKLAS *et al.*, 1992).

Em trabalho realizado por Ferreira *et al.* (2013), o teste do canudo (*Straw Test*) foi o método mais eficiente, em comparação com com o teste do chumaço de algodão, flor infectada em planta intacta, disco BDA (Batata, Dextrose e Ágar) em planta intacta, disco BDA em folha destacada e flor infectada em folha destacada. Assim, o teste do canudo é comum para se detectar, de forma eficiente, a resistência ao mofo-branco (PÉREZ-VEGA *et al.*, 2012; MIKLAS *et al.*, 2013; MIKLAS *et al.*, 2014; SCHWARTZ; SINGH, 2013; LEITE *et al.*, 2016).

2.2.3. Resistência do feijoeiro ao mofo-branco

Uma das importantes contribuições das instituições de ensino e pesquisa para a sociedade brasileira é o desenvolvimento de cultivares melhoradas de feijoeiro-comum. Essa contribuição do melhoramento genético do feijoeiro corresponde a 41% de aumento na produtividade, 21% de decréscimo de área plantada e 12% de acréscimo na produção (MELO, 2009).

Os mecanismos de escape e resistência fisiológica estão envolvidos na resistência do feijoeiro ao mofo-branco. O mais eficiente para o controle do mofo-branco é a resistência fisiológica. A resistência completa é inexistente no feijoeiro, porém certos níveis de resistência parcial foram identificados nessa cultura (GONÇALVES; SANTOS, 2010).

São poucas as linhagens comerciais que possuem resistência parcial, esse fato deve-se ao caráter quantitativo da resistência parcial, com moderada herdabilidade e imprecisão na avaliação dessa reação de resistência (MIKLAS, 2006). Já os mecanismos de escape estão relacionados aos caracteres morfológicos como porosidade do dossel e arquitetura da planta (KOLKMAN; KELLY, 2002), o que pode limitar ou estimular o estabelecimento e o desenvolvimento da doença, afetando as condições microclimáticas, como luminosidade, umidade, aeração e deposição de água (KOLKMAN; KELLY, 2003).

A reação de resistência do feijoeiro-comum ao fungo *S. sclerotiorum* é governada por um único gene (ANTONIO *et al.*, 2008). Segundo Genchev e Kiryakov (2002), a resistência no campo é controlada por um gene de efeito dominante. Já em ensaios conduzidos em casa-de-vegetação, o efeito genético é recessivo. Um único gene de efeito dominante, proveniente do cruzamento interespecífico entre *P. vulgaris* e *P. coccineus*, controlou a reação de resistência dessas progênies (ABAWI *et al.*, 1978; SCHWARTZ *et al.*, 2006). Foram observados padrões de herança monogênica dominante em cruzamentos de linhagens de *P. coccineus* (LITHOURGIDIS *et al.*, 2005).

Segundo Petzoldt e Dickson (1996) e Singh e Terán (2008), o teste do canudo (*Straw Test*) é o método mais utilizado na identificação de resistência

fisiológica ao mofo-branco. Carneiro *et al.* (2011) evidenciaram que o controle genético se dá pelo efeito aditivo, com chances de ganho de seleção.

Foram identificados mais de 35 QTLs (*Quantitative Trait Loci*) associados à resistência ao mofo-branco, evidenciando, assim, o padrão de herança poligênica desse caráter (SCHWARTZ; SINGH, 2013).

Miklas *et al.* (2013) abordaram a dificuldade de se aplicar a seleção assistida por marcadores moleculares na introdução de QTLs de resistência ao mofo-branco em cultivares e linhagens elite, devido às dificuldades em discriminar a resistência fisiológica de mecanismos de escape da planta. Dessa maneira, os autores sugerem a avaliação de multilocais, em campos com alta pressão da doença, como estratégia para a seleção de genótipos superiores.

Mudanças morfológicas nas plantas podem garantir a alta capacidade do escape ao mofo-branco, como arquitetura ereta, dossel estreito e poroso com baixos níveis de acamamento. Além disso, a cultura pode ser manejada por meio de maior espaçamento entre linhas, população reduzida e utilização de plantas do tipo I e II.

A utilização do manejo adequado também reduz a ocorrência de mofo-branco no campo, pois não permite a formação de microclimas imprescindíveis ao processo infeccioso (SINGH, 1982; COYNE *et al.*, 1974; SCHWARTZ *et al.*, 1978; KOLKMAN; KELLY, 2003; MIKLAS *et al.*, 2013). De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), a influência de fatores ambientais pronunciada é um desafio à mensuração da contribuição de fatores genéticos para o aumento da expressão do caráter sob estudo.

Segundo Gonçalves e Santos (2010), há muitas controvérsias sobre as informações relativas ao mofo-branco no feijoeiro, uma vez que essas informações não são suficientes para estimar os níveis de resistência das cultivares de feijoeiro. De acordo com Melo (2009), esses níveis são insuficientes para garantir produtividades estáveis da cultura em regiões onde o clima é favorável e a incidência da doença é elevada.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Caracterizar linhagens elite de feijoeiro-comum com grãos carioca quanto à reação ao mofo-branco em ambiente controlado.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar potenciais fontes de resistência ao mofo-branco entre cultivares e linhagens elite com grãos tipo carioca, para serem utilizadas como genitores no programa de melhoramento da Embrapa.
- Recomendação de cultivares resistentes ao mofo-branco.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material genético

A avaliação final de linhagens de feijoeiro-comum foi realizada com ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), em parceria com Unidades da Embrapa, instituições públicas e privadas. Os ensaios obedeceram aos requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão, definido como o valor da combinação das características agrônômicas da cultivar com as suas propriedades de uso em atividades agrícolas, industriais, comerciais e/ou de consumo *in natura*. Essas exigências foram estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o registro de novas cultivares.

Foram avaliados três ensaios de feijão comum com grãos do tipo carioca em VCU (Tabela 2): (i) oito linhagens elite e três cultivares do ensaio de VPR – variedade carioca de ciclo precoce; (ii) quatorze linhagens e quatro cultivares do ensaio de VCC – variedade carioca de ciclo comum; e (iii) doze linhagens e quatro cultivares do ensaio de MBL – variedade carioca com potenciais resistências ao mofo-branco.



Figura 1 – Ensaio VCC em vasos com plantas de feijão-comum na fase V2 em casa-de-vegetação. Fonte: Do autor, 2016.

Tabela 2. Descrição dos ensaios de cultivares e linhagens de feijão-comum tipo carioca, realizados em casa-de-vegetação, para avaliação quanto à resistência ao mofo-branco, local e ano.

Variedade de ciclo precoce (VPR)		Variedade de ciclo comum (VCC)		Variedades com potenciais resistências ao mofo-branco (MBL)	
Tratamento	Linhagem/Cultivar	Tratamento	Linhagem/Cultivar	Tratamento	Linhagem/Cultivar
1	BRS Notável	1	BRS Estilo	1	BRS Requite
2	Carioca Precoce	2	BRS Notável	2	BRS Cometa
3	IPR Colibri	3	IPR 139	3	BRS Estilo
4	CNFC 15502	4	Pérola	4	CNFC 9500
5	CNFC 15625	5	CNFC 15458	5	CNFC 11962
6	CNFC 15626	6	CNFC 15460	6	CNFC 10762
7	CNFC 15629	7	CNFC 5462	7	CNFC 11954
8	CNFC 15630	8	CNFC 15475	8	CNFC 10429
9	CNFC 15873	9	CNFC 15480	9	CNFC 11948
10	CNFC 15874	10	CNFC 15497	10	CNFC 10729
11	CNFC 15875	11	CNFC 15504	11	CNFC 15038
-	-	12	CNFC 15507	12	CNFC 15049
-	-	13	CNFC 15513	13	CNFC 15086
-	-	14	CNFC 15534	14	CNFC 10762
-	-	15	GEN 45/57 -4-2-1/4	15	RP-1
-	-	16	GEN 45/57 -7-3-1/4	16	BRSMG Madrepérola
-	-	17	C4-7-7-2-2	-	-
-	-	18	C4-7-8-1-2	-	-

Fonte: Do autor, 2016.

4.2. Instalação dos experimentos e avaliação da doença

As sementes foram pré-germinadas em papel para germinação por dois dias em germinador com umidade e temperatura controladas, no Laboratório de Análise de Sementes da Embrapa Arroz e Feijão. Foram transplantadas cinco plântulas por vaso, sendo uma desbastada na fase V2 (folhas primárias unifolioladas).

Os ensaios foram conduzidos em casa-de-vegetação, em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), com três repetições, sendo avaliadas quatro plantas por parcela experimental (Figura 1). Cada parcela experimental era composta por um vaso com quatro plantas. Foi calculada a média por vaso. As plantas de feijoeiro foram cultivadas em vasos de 3,5 L, com quatro plantas por vaso. Foram utilizados substrato comercial Plantmax®, solo do tipo Latossolo Vermelho) e areia peneirada em uma mistura na proporção de 1:2:1 v/v. A adubação foi realizada conforme as recomendações técnicas para a cultura. Quando necessário, as plantas foram tutoradas com o auxílio de hastes de madeira e cordões de algodão.

O estágio fenológico para a inoculação foi o V4 (3ª folha trifoliada plenamente desdobrada), aproximadamente 35 dias após emergência (DAE), utilizando-se o isolado “SS12”. O isolado “SS12”, antigo “SS1370”, é proveniente de uma área de produção de feijão em Ponta Grossa-PR. Esse isolado é utilizado como padrão de agressividade na coleção de fitopatógenos mantida pelo Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás-GO.

O fungo foi repicado duas vezes em placas de Petri contendo meio de batata dextrose e ágar (BDA) com cloranfenicol (1 $\mu\text{L mL}^{-1}$ de meio BDA) e incubado a 20 °C por 72 horas. Três dias após a segunda repicagem, foram realizadas as inoculações em câmara de crescimento com temperatura e umidade controladas, pelo método do *Straw Test* modificado, em que se substituiu o canudo de plástico por ponteira de micropipeta com filtro de 200 μL , a fim de manter maior umidade do meio BDA (FERREIRA, 2013). O método consiste em cortar a haste do primeiro trifólio de cada planta a cerca de 1,0 cm do nó onde se encaixa uma ponteira com disco de meio de cultura

BDA contendo o micélio crescido de *S. sclerotiorum* (Figura 2) (SCHWARTZ; BRICK, 2004).



Figura 2 – Primeiro trifólio inoculado com disco de micélio crescido e coberto com ponteira.
Fonte: Do autor, 2016.

As plantas foram mantidas sob temperatura média de $19\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e em três regimes de aspersão durante o tempo de infecção (oito dias): i) umidade relativa (UR) de aproximadamente 100% durante as primeiras 48 horas; ii) UR próxima a 80% durante 96 horas; e iii) corte da aspersão nas últimas 48 horas.

A avaliação foi realizada oito dias após a inoculação (DAI), atribuindo-se notas de 1 a 9 aos sintomas das plantas inoculadas (Tabela 3) (Figura 3) (TERÁN *et al.*, 2006).



Figura 3 – Sintoma de mofo-branco no feijoeiro-comum inoculado com disco de micélio pelo teste do canudo.
Fonte: Do autor, 2016.

Tabela 3. Escala descritiva de notas para avaliação de mofo-branco em feijão, baseadas na proporção de infecção na planta.

Grau (nota)	Proporção de infecção na planta	Potencial
1	Apenas na haste inoculada	Resistente
2	Na gema inoculada	
3	Além da gema sem infectar o lado oposto a gema	Moderadamente resistente
4	Todos os lados da haste infectados	
5	30% da planta infectada	Moderadamente suscetível
6	50% da planta infectada	
7	70% da planta infectada	Suscetível
8	90% da planta infectada	
9	Planta morta	

Fonte: Adaptado de Terán *et al.* (2006).

4.3. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), sendo os efeitos dos tratamentos comparados pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de significância.

5. RESULTADOS

5.1. Ensaio

5.1.1. Ensaio VPR

Conforme os resultados da inoculação artificial, as cultivares/linhagens avaliadas agruparam-se em três grupos distintos em relação à reação ao mofo-branco (Tabela 4). Esse resultado indica a existência de variância genética entre as linhagens e cultivares avaliadas. O coeficiente de variação (CV) apresentado de 16,92% evidencia que o ensaio foi conduzido com precisão experimental, indicando menor erro associado às observações. Coeficientes de variação de 14,10 a 20,30% foram encontrados em estudos similares com feijão (KOLKMAN; KELLY, 2000).

Tabela 4. Médias de graus de resistência de genótipos de feijoeiro-comum de grãos carioca e ciclo precoce (VPR) a *S. sclerotiorum*.

Cultivares/linhagens	Médias*
IPR Colibri	3,45 a
CNFC 15502	5,25 b
Carioca Precoce	6,08 b
CNFC 15625	6,31 b
CNFC 15626	7,17 c
CNFC 15873	7,42 c
CNFC 15629	7,47 c
CNFC 15875	7,94 c
CNFC 15630	8,14 c
CNFC 15874	8,64 c
BRS Notável	8,72 c
Média Geral	6.96
CV (%)	16.92

*As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor, 2016.

A cultivar IPR Colibri destacou-se por seu menor valor médio quanto à reação ao mofo-branco, evidenciando, assim, maior nível de resistência à doença. Valores médios entre 1 e 4 são considerados resistentes. As linhagens CNFC 15626, CNFC 15873, CNFC 15629, CNFC 15875, CNFC 15630, CNFC 15874 e a cultivar BRS Notável obtiveram os maiores graus de doença, constituindo-se, dessa maneira, como o grupo com maior suscetibilidade ao mofo-branco.

5.1.2. Ensaio VCC

As cultivares e linhagens avaliadas no ensaio de VCC foram agrupadas em três grupos distintos (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de graus de resistência de genótipos de feijoeiro-comum de grãos carioca e ciclo comum (VCC) a *S. sclerotiorum*.

Cultivares/linhagens	Médias*
CNFC 15460	2,39 a
CNFC 15504	2,44 a
CNFC 15458	2,67 a
CNFC 15497	2,92 a
BRS Estilo	3,11 a
CNFC 15507	3,42 a
IPR 139	5,50 b
CNFC 15534	5,70 b
C4-7-7-2-2	6,03 b
BRS Notável	6,17 b
Pérola	6,84 b
GEN 45/57 -4-2-1/4	6,95 b
C4-7-8-1-2	7,33 c
GEN 45/57 -7-3-1/4	7,78 c
CNFC 15513	7,83 c
CNFC 15480	8,25 c
CNFC 15462	8,33 c
CNFC 15475	8,42 c
Média Geral	5,67
CV (%)	18,71

*As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor, 2016.

O coeficiente de variação de 18,71% apresentado evidencia a precisão experimental, indicando menor erro associado às observações. As linhagens CNFC 15460, CNFC 15504, CNFC 15458, CNFC 15497, BRS Estilo e CNFC 15507 apresentaram as menores médias de graus de doença, caracterizando-se como um grupo de maior resistência, com médias de 2,39 a 3,42. O segundo grupo apresentou médias que variam de 5,50 a 6,95, formado pelas cultivares BRS Notável e Pérola. O grupo de maior suscetibilidade foi formado pelas linhagens C4-7-8-1-2, GEN 45/57 -7-3-1/4, CNFC 15513, CNFC 15480, CNFC 15462 e CNFC 15475, com média de 7,99.

5.1.3. Ensaio MBL

De acordo com os resultados obtidos a partir da inoculação artificial por teste do canudo, as cultivares e linhagens avaliadas formaram apenas dois grupos. O primeiro grupo obteve médias entre 4,69 e 6,89, sendo classificado como de moderada suscetibilidade. O segundo grupo apresentou médias mais elevadas, sendo que alguns genótipos apresentaram nota 9, nível máximo de suscetibilidade (Tabela 6).

Tabela 6. Médias de graus de resistência de genótipos de feijoeiro-comum de grãos carioca potenciais resistentes (VCC) a *S. sclerotiorum*.

Cultivares/linhagens	Médias*
CNFC 15086	4,69 a
RP-1	5,78 a
CNFC 10762	6,89 a
CNFC 11954	7,67 b
Madre Pérola	7,75 b
CNFC 15049	7,92 b
BRS Estilo	8,00 b
CNFC 15038	8,17 b
BRS Cometa	8,27 b
CNFC 9500	8,27 b
CNFC 10729	8,47 b
BRS Requite	8,58 b
CNFC 11948	8,67 b
CNFC 11962	8,75 b
CNFC 10762	8,78 b
CNFC 10429	9,00 b
Média Geral	7,85
CV (%)	13,12

*As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor, 2016.

6. DISCUSSÃO

Diversos estudos sobre o controle genético da resistência ao mofo-branco têm sido publicados, principalmente para a cultura do feijão. Miklas *et al.* (2001) concluíram que a herdabilidade da resistência do feijoeiro ao mofo-branco em ambiente controlado pelo método do teste do canudo foi menor em comparação com ensaios de campo. De acordo com os autores, esse fato ocorre porque a resistência fisiológica quanto aos mecanismos de escape contribui para a resistência em campo.

Segundo estudos feitos por Lehner *et al.* (2015), em geral, os genótipos de origem Andina possuem níveis mais elevados de resistência fisiológica comparados aos genótipos Mesoamericanos, entretanto o potencial produtivo apresenta comportamento inverso. Essa resistência foi comprovada pelos autores em linhagens de origem Andina, que obtiveram altos níveis de resistência ao mofo-branco no Brasil.

O grão do tipo carioca é o mais consumido no Brasil e não existem cultivares com altos níveis de resistência ao mofo-branco adaptadas às condições brasileiras, o que faz da seleção de genótipos uma etapa fundamental. Algumas cultivares brasileiras apresentam certos níveis de resistência, como as populações da base de estudo de alguns programas de melhoramento (CARNEIRO *et al.*, 2011a; CARVALHO *et al.*, 2013; GONÇALVES; SANTOS, 2010; SILVA *et al.*, 2014). Entretanto, esses níveis ainda são baixos se comparados às fontes de resistência parcial das variedades não adaptadas, como G122 e EX Rico.

O teste do canudo tem se mostrado eficiente nos estudos de herdabilidade e na seleção de genótipos de feijão resistentes ao mofo-branco (ANTÔNIO, 2014; MIKLAS *et al.*, 2001a; MIKLAS, DELORME; RILEY, 2003; PARK *et al.*, 2001; CARNEIRO *et al.*, 2011a). Em trabalho realizado por Carneiro (2014), o método do *Straw Test* mostrou-se efetivo no estudo da herdabilidade e, embora tenham sido observados valores de baixas magnitudes, estes foram suficientes para sugerir a presença de resistência nos genótipos avaliados.

Carvalho (2014), avaliando a reação de progênies de feijão tipo carioca ao mofo-branco, também demonstrou a eficiência do teste do canudo na discriminação dos genótipos. De acordo com o autor, esse teste deve ser empregado em conjunto com o teste do ácido oxálico, pois ambos fornecem resultados distintos. Além da combinação do teste do canudo com o teste do ácido oxálico, Leite *et al.* (2016) aplicaram o uso da seleção recorrente na seleção de progênies através do método *Straw Test* e da arquitetura da planta. Os resultados indicaram que os progressos genéticos obtidos foram de 11% ao ano para resistência ao mofo-branco e de 15% ao ano para arquitetura da planta.

Sabe-se que os processos metabólicos das plantas são cada vez mais reconhecidos como fundamentais para a resistência a doenças. Contudo, em feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), os processos moleculares e metabólicos que conferem tolerância ao mofo-branco são, em grande parte, desconhecidos. Em um estudo realizado por Robison *et al.* (2014), a diversidade de alterações metabólicas em cultivares foi relatada como um dos mecanismos da resistência de plantas a *S. sclerotiorum*.

O envolvimento do ácido oxálico na patogenicidade de alguns fungos necrotróficos já é bem conhecido (DUTTON; EVANS, 1996). A hipótese de Bateman e Beer (1965) é de que o ácido oxálico exerce um efeito tóxico direto através da acidificação do ambiente no interior da lamela média, sequestrando o cálcio na forma de cristais insolúveis de oxalato e atuando na degradação da parede celular e na máxima atividade de enzimas que comprometem a integridade da parede.

De acordo com os diversos estudos realizados acerca do patógeno, bem como da aplicação de distintos métodos fitotécnicos, bioquímicos e moleculares na identificação de genótipos resistentes, verifica-se a importância da utilização combinada de diversas estratégias visando à seleção de indivíduos superiores.

As etapas de avaliação e seleção de genótipos com moderado nível de resistência ao mofo-branco são prioridades para o desenvolvimento de novas cultivares de feijão do tipo carioca. Souza *et al.* (2014) selecionaram quatro de 35 progênies, provenientes de seleção recorrente, com resistência a

mancha-angular e que apresentaram nível de resistência ao mofo-branco semelhante ao da fonte de resistência G122. Carneiro *et al.* (2011a), por meio de cruzamentos entre linhagens de feijoeiro – G122 (resistente) e M20 (suscetível) –, inferiram que inoculações sucessivas aumentam as chances de detecção de populações resistentes, incrementando a precisão de detecção de diferentes respostas das populações ao patógeno.

O ensaio das variedades precoces (VPR) em ambiente protegido não obteve uma média geral esperada quando comparado com avaliações em campo feitas em outros estudos, pois precocidade em campo pode favorecer a ocorrência de condições microclimáticas limitantes ao progresso do mofo-branco (KOLKMAN, KELLY, 2003). Além disso, outras características, como porte e arquitetura, densidade de dossel, posição de inserções de vagens, acamamento, podem influenciar consideravelmente a ocorrência dessa doença em campo (FULLER *et al.*, 1984; SCHWARTZ *et al.*, 1987; LOBO JUNIOR *et al.*, 2009).

As seleções de genótipos em campo podem favorecer indiretamente o aumento da frequência de alelos que conferem escape ao patógeno (HUNTER *et al.*, 1982; STEADMAN, 1983). Assim, associações com precocidade em campo e em ambiente protegido não são observadas (FERREIRA, 2013; MELO *et al.*, 2010).

No presente estudo, podemos destacar que houve variações significativas quanto à reação de resistência ao mofo-branco pelo método do teste de canudo. No ensaio de VCC, seis linhagens apresentaram nível moderado de resistência ao mofo-branco, podendo ser consideradas como potenciais candidatas em programas de seleção recorrente.

O ensaio de MBL contendo variedades de grão carioca com potenciais níveis de resistência ao mofo-branco foi o que mais apresentou suscetibilidade. Assim, maiores esforços no campo da pesquisa devem ser tomados para que se tenham maiores fontes de resistência na progressão do programa de melhoramento genético do feijoeiro-comum, principalmente o desenvolvido pela Embrapa.

Espera-se que os resultados obtidos no presente trabalho possam subsidiar futuros trabalhos de desenvolvimento de cultivares nos programas

de melhoramento genético, otimizando a escolha de indivíduos resistentes à doença. Além disso, o estudo do controle genético do mofo-branco no feijoeiro-comum pode abrir novas perspectivas para trabalhos de mapeamento genético e de QTLs para a doença.

7. CONCLUSÃO

As cultivares e linhagens do ensaio de VPR se mostram pouco resistentes ao mofo-branco.

No ensaio de VCC, as linhagens CNFC 15460, CNFC 15504, CNFC 15458, CNFC 15497, BRS Estilo e CNFC 15507 apresentam médias de 2,39 a 3,42, sendo caracterizadas como resistentes. Sendo assim, esse ensaio é o que melhor representa a resistência do feijoeiro a *S. sclerotiorum*.

Já no ensaio de MBL, nenhuma das cultivares e linhagens apresenta resistência.

São recomendadas apenas as cultivares BRS Estilo e IPR Colibri, como sendo potenciais fontes de resistência do feijoeiro-comum de grãos carioca ao mofo-branco.

Contudo, há variabilidade genética na população para o mofo-branco, podendo essa variabilidade ser explorada em programa de melhoramento para mofo-branco utilizando essa população.

REFERÊNCIAS

- ABAWI, G.; PROVVIDENTI, R.; CROSIER, D.; HUNTER, J. Inheritance of resistance to White mold disease in *Phaseolus coccineus*. **Journal of Heredity**, v. 69, n. 3, p. 200-202, 1978.
- ABREU, M. J. **Caracterização de isolados do agente causal do mofo-branco do feijoeiro**. Dissertação (Mestrado e melhoramento de plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Academic, 2005.
- ALGHISI, P.; FAVARON, F. Pectin-degrading enzymes and plant-parasite interactions. **European Journal of Plant Pathology**, v. 101, n. 4, p. 365-75, 1995.
- ANNIS, S. E.; GOODWIN, P. H. Recent advances in the molecular genetics of plant cell wall-degrading enzymes produced by plant pathogenic fungi. **European Journal of Plant Pathology**, v. 103, n. 1, p. 1-14, 1997.
- ANTONIO, R. P. **Identificação de QTLs de resistência ao mofo branco e de mecanismos bioquímicos envolvidos na resposta de defesa em feijoeiro**. 2014. 156 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- ANTONIO, R. P.; SANTOS, J. B.; SOUZA, T. P.; CARNEIRO, F. F. Genetic control of the resistance of common beans to white mold using the reaction to oxalic acid. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 3, p. 733-740. 2008.
- ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro-comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996.
- ARFAOUI, A.; EL HADRAMI, A.; DAAYF, F.; ADAM, L. The use of calcium and manganese foliar nutrition to induce resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 104, n. 11, p. 9-9). 3340, Pilot Knob Road, St Paul, Mn 55121 Usa: Amer Phytopathological Soc, 2014.
- BARBOSA, Flávia Rabelo; DE OLIVEIRA GONZAGA, Augusto César. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2012.
- BASTIEN, M.; HUYNH, T. T.; GIROUX, G.; IQUIRA, E.; RIOUX, S.; BELZILE, F. A reproducible assay for measuring partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 92, n. 2, p. 279- 288, 2012.
- BATEMAN, D. F.; BEER, S. V. Simultaneous production and synergistic action of oxalic acid and polygalacturonase during pathogenesis by *Sclerotinia rolfsii*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 55, n. 2, p. 204-211, 1965.

BERG, L. V. D.; LENTZ, C. The effect of relative humidity and temperature on survival and growth of *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Botany**, v. 46, n. 12, p. 1477-1481, 1968.

BOLAND, G. J.; HALL, R. Evaluating soybean cultivars for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* under field conditions. **Plant Disease**, v. 71, n. 10, p. 934-936, 1987.

BOLAND, G. J.; HALL, R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 16, n. 2, p. 93-100, 1994.

BOLAND, G. J.; HUNTER, J. Influence of *Alternaria alternata* and *Cladosporium cladosporioides* on white mold of bean caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 10, n. 2, p. 172-177, 1988.

BOLAND, G. J.; INGLIS, G. Antagonism of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) of bean by fungi from bean and rapeseed flowers. **Canadian Journal of Botany**, v. 67, n. 6, p. 1775-1781, 1989.

BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, London, v.7, n.1, p. 1-16, 2006.

BRAUN, U.; CROUS, P.W. **Proposal to conserve the name Pseudocercospora against Stigmina and Phaeoisariopsis**. **Taxon**, v. 55, p. 803, 2006.

BROUGHTON, W. J.; HERNÁNDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant and Soil**, 252, p. 55-128, 2003.

CAESAR, A. J.; PEARSON, R. Environmental factors affecting survival of ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 73, n. 7, 1983.

CARNEIRO, F. F. **Genética da resistência do feijoeiro ao mofo-branco e uso do retrocruzamento assistido por marcadores microssatélites**. 2014. 84 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CARNEIRO, F. F.; SANTOS, J. B. D.; GONÇALVES, P. R. C.; ANTONIO, R. P.; SOUZA, T. P. D. Genetics of common bean resistance to white mold. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, n. 2, p. 165-173, 2011a.

CARNEIRO, F. F.; SANTOS, J. B.; LEITE, M. E. Oxalic acid reaction and Phs SCAR marker of common bean progenies derived from recurrent selection based on grain yield. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 54, p. 136-137, 2011b.

CARVALHO, R. S. B. **Reação de progênies de feijão tipo carioca ao mofo branco**. 2014. 73 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CARVALHO, R. S. B.; LIMA, I. A.; ALVES, F. C.; SANTOS, J. B. Selection of carioca common bean progenies resistant to White mold. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 13, n. 3, p. 172-177, 2013.

CASLER, M. D. **Breeding forage crops for increased nutritional value**. In: *Advances in Agronomy*, Vol. 71. D. L. Sparks, ed. Academic Press, San Diego, CA, 2001.

CHRISTIAS, C.; LOCKWOOD, J.L. Conversion of mycelial constituents in four sclerotium forming fungi in nutrient deprived conditions. **Phytopathology**, Lancaster. v. 63, p. 602-605, 1973.

CHUN, D.; KAO, L.; LOCKWOOD, J.; ISLEIB, T. Laboratory and field assessment of resistance in soybean to stem rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 71, n. 9, p. 811, 1987.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Estimativas de produção feijão-comum na safra 2013/2014**. Brasília: CONAB, 2014.

CONAB. (Companhia Nacional de Abastecimento). **Produção feijão-comum na safra 2012/2013**. Brasília,: CONAB, 2013.

COOK, A. A. **Diseases of tropical and subtropical fruits and nuts**. New York: Hafner Press, 1975.

COOK, G. E.; STEADMAN, J. R.; BOOSALIS, M. G. Survival of *Whetzelinia sclerotiorum* and initial infection of dry edible beans in Western Nebraska. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 65, n. 3, p. 250-255, 1975.

COYNE, D.; STEADMAN, J.; ANDERSON, F. Effect of modified plant architecture of great northern dry bean varieties (*Phaseolus vulgaris*) on white mold severity, and components of yield. **Plant Disease Reporter**, v. 58, n. 4, p. 379-382, 1974.

DEBOUCK, D. G. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. Van; VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CIAT, 1991. p. 55-118.

DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. **Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro-comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005.

DICKSON, M.; HUNTER, J.; BETTER, M.; CIGNA, J. Selection for resistance in *Phaseolus vulgaris* L. to white mold disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **J. Am. Soc. Hortic. Sci**, v. 107, p. 231-234, 1982.

DUTTON, M. V.; EVANS, C. S. Oxalate production by fungi: its role in pathogenicity and ecology in the soil environment. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 42, n. 9, p. 881-895, 1996.

EMBRAPA. **PA4 – Branco ativo de Germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris*)**. 2016. Disponível em: <<http://plataformarg.cenargen.embrapa.br/pnrg/rede-vegetal/projetos-componentes/pc3-bancos-ativos-de-germoplasma-de-especies-leguminosas-oleaginosas-e-fibrosas/planos-de-acao/pa4-banco-ativo-de-germoplasma-de-feijao-phaseolus-vulgaris>>. Acesso em: 01 fev. 2016.

FAO (Food and Agriculture Organization). **Produção mundial de feijão-comum**. Roma: FAO, 2014.

FARIA, L. C. de; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; PEREIRA, H. S.; DEL PELOSO, M. J.; BRAS, A. J. B. P.; MOREIRA, J. A. A.; CARVALHO, H. W. L. de; BORGES, S. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; CABRERA DIAZ, J. L.; CALGARO, M.; WENDLAND, A.; SOUZA, T. L. P. O. de; LIMA, L. F. **Progresso genético em 22 anos de melhoramento do feijoeiro-comum do grupo carioca no Brasil**. EMBRAPA, p. 1622-1626, 2013.

FERREIRA, L. U.; SOUZA, T. L. P. O.; LOBO JÚNIOR, M.; PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; WENDLAND, A.; MELO, P. G. S. Avaliação de Métodos de Inoculação Artificial e Caracterização de Cultivares de Feijoeiro-comum Quanto à Reação ao Mofo-branco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura. **Anais...** Viçosa, MG: SBMP, 2013.

FULLER, P.; COYNE, D.; STEADMAN, J. Inheritance of resistance to white mold disease in a diallel cross of dry beans. **Crop Science**, v. 24, n. 5, p. 929-933, 1984.

GENCHEV, D.; KIRYAKOV, I. Inheritance of resistance to white mold disease (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) in the breeding line A 195 of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 2/3, p. 181-187, 2002.

GODOY G, STEADMAN JR, DICKMAN MB, DAM R. Use of mutants to demonstrate the role of oxalic acid in pathogenicity of *Sclerotinia sclerotiorum* on *Phaseolus vulgaris*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 37, p.179-181, 1990.

GONÇALVES, P. R. C. **Reação de progênies de feijão, derivadas de seleção recorrente para mofo-branco, ao ácido oxálico**. 2013. 56 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/handle/1/372>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

GONÇALVES, P. R. C.; SANTOS, J. B. Physiological resistance of common bean cultivars and lines to white mold based on oxalic acid reaction. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 53, p. 236-237, 2010.

GRAEF, G.; STEADMAN, J.; DIERS, B. **Reaction of soybean cultivars to Sclerotinia stem rot in field, greenhouse, and laboratory evaluations.** *Crop Science*, v. 40, n. 3, p. 665-669, 2000.

GRANER, E. A.; GODOY JÚNIOR, C. **Culturas da Fazenda Brasileira.** 4. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1967.

GROGAN, R.; ABAWI, G. Influence of water potential on growth and survival of *Whetzelinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 65, p. 122-138, 1975.

GULYA, T. J.; MILLER, J. F. **Advances in the development of sunflower germplasm with resistance to both Sclerotinia stalk rot and head rot, and the possible role of calcium in Sclerotinia resistance.** Proceedings of the 2007 National Sclerotinia Initiative Annual Meeting. Minneapolis, 2007.

HANNUSCH, D.; BOLAND, G. Influence of air temperature and relative humidity on biological control of white mold of bean (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Phytopathology**, v. 86, n. 2, p. 156-162, 1996.

HERMS, D.A., ANDW.J. MATTSON. The dilemma of plants: To grow or defend. **The Quarterly Review of Biology**, v. 67, p. 283-335, 1992.

HUANG, H. C.; MUNDEL, H. H.; ERICSON, R. S. Effect of physiological resistance and plant architecture on yield of dry bean under disease pressure of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Plant Protection Bulletin**, Taiwan, v. 45, p. 169-176, 2003.

HUNTER, J.; DICKSON, M.; BOETTGER, M.; CIGNA, J. Evaluation of plant introductions of *Phaseolus spp.* for resistance to white mold [*Sclerotinia sclerotiorum*]. **Plant Diseases**, v. 66, 1982.

HUNTER, J.; DICKSON, M.; CIGNA, J. Limited-term inoculation: a method to screen bean plants for partial resistance to white mold. **Plant Disease**, v. 65, n. 5, p. 414, 1981.

KIMATI, H.; DIERS, B. Inheritance of partial resistance to *Sclerotinia stem rot* in soybean. **Crop Science**, v. 40, n. 1, p. 55-61, 2000.

KIMATI, H.; HARTMAN, G.; MANANDHAR, J.; KIMATI, I.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia.** 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. V. 2.

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. Agronomic traits affecting resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, v. 42, n. 3, p. 693-699, 2002.

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. An indirect test using oxalate to determine physiological resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 1, p. 281-285, 2000.

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. QTL conferring resistance and avoidance to white mold in common bean. **Crop Science**, v. 43, n. 2, p. 539-548, 2003.

KOLKMAN, J.; KELLY, J. QTL conferring resistance and avoidance to white mold in common bean. **Crop Science**, v. 43, n. 2, p. 539-548, 2003.

KOOMAN, P.L., AND R. RABBINGE. An analysis of the relation between dry matter allocation to the tuber and earliness of a potato crop. **Annals of Botany**, v. 77, p. 235-242, 1996.

KRUGNER, T. L.; BACCHI, L. M. A. Fungos. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. V.1. p. 46-96.

KULL, L. S.; VUONG, T. D.; POWERS, K. S.; ESKRIDGE, K. M.; STEADMAN, J. R.; HARTMAN, G. L. Evaluation of resistance screening methods for *Sclerotinia* stem rot of soybean and dry bean. **Plant Disease**, v. 87, n.12, p. 1471-1476, 2003.

LARA, L. A.; SANTOS, J. B.; BALESTRE, M.; LIMA, I. A.; PAMPLONA, A. K.; VELOSO, J. S.; SILVA, P. H. Identification of QTLs of resistance to white mold in common bean from multiple markers by using Bayesian analysis. **Genetics and molecular research**, v. 14, n. 1, p. 1124-1135, 2014.

LARSEN, K. M.; HAUF, D. C.; KELLY, J. D.; GRAFTON, K. F.; MIKLAS, P. N.; TERPSTRA, K. A. QTL analysis of ICA Bunsu-derived resistance to white mold in a pintox navy bean cross. **Crop Science**, v. 47, n. 1, p. 174-179, 2007.

LEHNER, M. S.; TEIXEIRA, H.; PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; LIMA, R. C.; CARNEIRO, J. E. S. Adaptation and resistance to diseases in Brazil of putative sources of common bean resistance to white mold. **Plant Disease**, v. 99, n. 8, p. 1098-1103, 2015.

LEITE, M. E.; DIAS, J. A.; SOUZA, D. A. D.; ALVES, F. C.; PINHEIRO, L. R.; SANTOS, J. B. D. Increasing the resistance of common bean to white mold through recurrent selection. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 1, p. 71-78, 2016.

LEONE, G.; TONNEIJCK, A. E. G. A rapid procedure for screening the resistance of bean cultivars (*Phaseolus vulgaris*) to *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotiorum*. **Euphytica**, Wageningen, v.48, n. 2, p. 87-90, 1990.

LITHOLDO JÚNIOR, C. G.; GOMES, E.; JÚNIOR, M. L.; NASSER, L.; PETROFEZA, S. Genetic diversity and mycelial compatibility groups of the plant-pathogenic fungus *Sclerotinia sclerotiorum* in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 10, n. 2, p. 868-877, 2011.

LITHOURGIDIS, A. S.; ROUPAKIAS, D. G.; DAMALAS, C. A. Inheritance of resistance to sclerotinia stem rot (*Sclerotinia trifoliorum*) in faba beans (*Vicia faba* L.). **Field crops research**, v. 91, n. 2, p. 125-130, 2005.

LOBO JUNIOR, M.; GERALDINE, A.; CARVALHO, D.; COBUCCI, T. Uso de cultivares de feijão comum com arquitetura ereta e ciclo precoce para escape do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico**, v. 182, 2009.

LUMSDEN, R. D. Histology and physiology of pathogenesis in plant diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n. 8, p. 890-896, 1979.

LUMSDEN, R. D.; DOW, R. L. Histopathology of *Sclerotinia sclerotiorum* infection of bean. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 63, p. 708-715, 1973.

LYONS, M.; DICKSON, M.; HUNTER, J. Recurrent selection for resistance to white mold in *Phaseolus* species. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 112, n. 1, p. 149-152, 1987.

MACENA, A. M. F.; CANTERI, M. G.; FERREIRA JUNIOR, J. P. Plant spacing and management of crop residues for control of *Sclerotinia sclerotiorum* in bean. **Ciênc. Rural**, v. 41, n. 11, p. 1871-1873, 2011.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Consumo médio alimentar do feijão-comum no Brasil**. Brasília: MAPA, 2012.

MAXWELL, D. P.; LUMSDEN, R. D. Oxalic acid production by *Sclerotinia sclerotiorum* in infected bean and in culture. **Phytopathology**, v. 60, p.1395-1398, 1970.

MELO, L. C. **Procedimentos para condução de experimentos de valor de cultivo e uso em feijoeiro-comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009.

MELO, L. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. D.; DIAZ, J. L. C.; DEL PELOSO, M. J.; RAVA, C. A.; COSTA, J. D. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 715-723, 2007.

MELO, L. C.; PELOSO, M. J. D.; PEREIRA, H. S.; FARIA, L. C. D.; COSTA, J. G. C. D.; DÍAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A.; ABREU, Á. D. F. B. BRS Estilo: common bean cultivar with Carioca grain, upright growth and high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 377-379, 2010.

MENSACK, M.M.; FITZGERALD, V.K.; RYAN, E.P.; LEWIS, M.R.; THOMPSON, H.J.; BRICK, M.A. Evaluation of diversity among common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from two centers of domestication using comics technologies. **BMC Genomics**, v.11, p.1-33, 2010.

MESQUITA, F. R. **Linhagens de feijão**: composição química e digestibilidade protéica. 2014. 44 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MIKLAS, P. N. **Potential marker-assisted selection for resistance to white mold in pinto and great northern bean**. In: NATIONAL SCLEROTINIA INITIATIVE ANNUAL MEETING, 2006.

MIKLAS, P. N.; DELORME, R.; RILEY, R. (2003). Identification of QTL conditioning resistance to white mold in snap bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 128, n. 4, p. 564-570, 2003.

MIKLAS, P. N.; GRAFTON, K. F.; NELSON, B. D. Screening for partial physiological resistance to white mold in dry bean using excised stems. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 2, p. 321-327, 1992.

MIKLAS, P. N.; JOHNSON, W. C.; DELORME, R.; GEPTS, P. QTL conditioning physiological resistance and avoidance to white mold in dry bean. **Crop Science**, v. 41, n. 2, p. 309-315, 2001.

MIKLAS, P. N.; KELLY, J. D.; BEEBE, S. E.; BLAIR, M. W. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical to MAS breeding. **Euphytica**, v. 147, n. 1, p. 105-131, 2006.

MIKLAS, P. N.; KELLY, J. D.; STEADMAN, J. R.; MCCOY, S. Registration of pinto bean germplasm line USPT-WM-12 with partial white mold resistance. **Journal of Plant Registrations**, v. 8, n. 2, p. 183-186, 2014.

MIKLAS, P. N.; PORTER, L. D.; KELLY, J. D.; MYERS, J. R. Characterization of White mold disease avoidance in common bean. **European Journal of Plant Pathology**, v. 135, n. 3, p. 525-543, 2013.

MKWAILA, W.; TERPSTRA, K. A.; ENDER, M.; KELLY, J. D. Identification of QTL for agronomic traits and resistance to white mold in wild and landrace germplasm of common bean. **Plant Breeding**, v. 130, n. 6, 2011.

NAPOLEÃO, R.; CAFÉ FILHO, A. C.; LOPES, C. A.; BHERING NASSER, L. C.; APARECIDO MAROUELLI, W. Efeito da frequência de rega e da umidade do solo sobre a germinação carpogênica de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 1, p. 80-82, 2007.

NAPOLEÃO, R.; NASSER, L.; LOPES, C.; CAFÉ FILHO, A. Neon-S, novo meio para detecção de *Sclerotinia sclerotiorum* em sementes. **Summa Phytopathologica**, v.32, p.180-182, 2006.

NELSON, P. E., TOUSSOUN, T. A.; MARASAS, W. F. O. **Fusarium species: an illustrated manual for identification**. The Pennsylvania State University Press. 1993.

NOYES, R. D.; HANCOCK, J. G. Role of oxalic acid in the *Sclerotinia* wilt of sunflower. **Physiology plant Pathology**, London, v. 18, n. 2, p. 123-132, 1981.

OLIVEIRA, F. Manejo do mofo-branco. **Revista DBO Agrotecnologia**, v. 2, n. 4, 2005.

OLIVEIRA, M. B. Characterization of the dry polygalacturonase inhibiting protein (PGIP) gene family during *Sclerotinia sclerotiorum* (Sclerotiniaceae) infection. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 2, p. 994-1004, 2010.

OLIVEIRA, R. P.; CRISTOFANI, M.; MACHADO, M. A. Integrated genetic map of citrus base on RAPD markers. **Fruits**, Montpellier, v. 60, n. 3, p. 187-193, 2005.

PARK, S. O.; COYNE, D. P.; STEADMAN, J. R.; SKROCH, P. W. Mapping of QTL for resistance to white mold disease in common bean. **Crop Science**, v. 41, n. 4, p. 1253-1262, 2001.

PASTOR-CORRALES, M.A. Variación patogênica de *Colletotrichum lindemuthianum*, el agente causal de la antracnosis del frijol y una propuesta para su estandarización. In: PASTOR-CORRALES, M.A. (Eds.). **La antracnosis del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en la America Latina**. Cali: CIAT, v.113, p. 212-239, 1992.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; CARNEIRO, J. E. S. Foliar application of calcium chloride and calcium silicate decreases white mold intensity on dry beans. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 171-174, 2009.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; COELHO, R. R.; CARNEIRO, J. E. S.; ANDRADE, M. J. B. RESENDE, A. M. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central brasileira: 2007-2009**. Viçosa: Epamig, 2008.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças dos feijoeiros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 99-112, 2004.

PAULA JÚNIOR, T.J.; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006. p.359-414.

PELOSO, M. J. Del. Antracnose do feijoeiro no Estado de Minas Gerais-Brasil. In: PATOR-CORRALES, M. (Ed). **La antracnosis del frijol común, *Phaseolus vulgaris*, en América Latina**. Cali, Colômbia, p. 86-108, 1992.

PELTIER, A. J.; HATFIELD, R. D.; GRAU, C. R. Soybean stem lignin concentration relates to resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 93, n. 2, p. 149-154, 2009.

PEREIRA, R. F. **Caracterização bioquímica, nutricional e funcional de genótipos elite de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

PÉREZ-VEGA, E.; PASCUAL, A.; CAMPA, A.; GIRALDEZ, R.; MIKLAS, P. N.; FERREIRA, J. J. Mapping quantitative trait loci conferring partial physiological resistance to white mold in the common bean RIL population Xana x Cornell 49242. **Molecular Breeding**, v. 29, n. 1, p. 31-41, 2012.

PETZOLDT, R.; DICKSON, M. Straw test for resistance to white mold in beans. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 39, p. 142-143, 1996.

PLANT, A. B.; LAMBERT, D. H. Host traits influencing severity of white mold of potatoes in a rainfed environment. **American Journal of Potato Research**, v. 90, n. 4, p. 386-394, 2013.

PURDY, L. H. *Sclerotinia sclerotiorum*: History, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. **Phytopathology**, v. 69, p. 875-889, 1979.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E.; POERSCH, N. L.; MALLMANN, C. A. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p. 1393-1399, 2007.

RIBEIRO, T. **Seleção de Genótipos de Feijoeiro Resistentes à Doenças e com Caracteres Agronômicos Superiores**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de Concentração em Genética) – Instituto Agronômico, Campinas, 2014.

ROBISON, F. M.; SCHWARTZ, H. F.; HEUBERGER, A. L.; PRENNI, J. E.; BRICK, M. A. Dry edible bean exhibits variation in metabolic and hormone profiles associated with partial resistance to white mold, *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 14, n. 104, p. 99-99, 2014.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Encarte do Informações Agronômicas**, n.68, 16 p., 1994.

SAGATA, E. **Métodos de inoculação e avaliação da resistência de genótipos de soja à *Sclerotinia sclerotiorum***. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

SALGADO, M. O.; SCHWARTZ, H. F.; BRICK, M. A. Inheritance of resistance to a Colorado race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* in common beans. **Plant Disease**. v.79 p.279-281, 1995.

SALVADOR, C. A. **Análise da conjuntura agropecuária, safra 2011 – Feijão**, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/feijão_2011_12.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2015.

SALVADOR, C. A. **Análise da conjuntura agropecuária, safra 2011/2012 – Feijão**. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural, out. 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/feijão_2011_12.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2015.

SCHNEIDER, L.; RUBENS, C. A.; PONTE, E. M. D. Podridão branca da haste. In: SCHNEIDER, L. *et al.* (Ed) **Fitopatologia.net**: herbário virtual. Porto Alegre: UFRGS, 2012. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/fitossan/fitopatologia/ficha.php?id=255>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

SCHWARTZ, H. F.; BRICK, M. A. Dry bean production and pest management. **Regional Publication**, n. 2, 2004.

SCHWARTZ, H. F.; CASCIANO, D. H.; ASENDA, J. A.; WOOD, D. R. Field measurement of White mold effects upon dry beans with genetic resistance or upright plant architecture. **Crop Science**, v. 27, n. 4, p. 699-702, 1987.

SCHWARTZ, H. F.; OTTO, K.; TERÁN, H.; LEMA, M.; SINGH, S. P. Inheritance of white mold resistance in *Phaseolus vulgaris* x *P. coccineus* crosses. **Plant Disease**, v. 90, n. 9, p. 1167-1170, 2006.

SCHWARTZ, H. F.; SINGH, S. P. Breeding common bean for resistance to white mold: A review. **Crop Science**, v. 53, n. 5, p. 1832-1844, 2013.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. Factors affecting sclerotium populations of *Sclerotinia sclerotiorum* and apothecium production. **Phytopathology**, v. 68, n. 3, 1978.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J.; COYNE, D. Influence of *Phaseolus vulgaris* blossoming characteristics and canopy structure upon reaction to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 68, n. 3, 1978.

SCOLES, G. J. S. G. J.; SEXTON, A. C. S. A. C.; WHITTEN, A. R. W. A. R.; HOWLETT, B. J. H. B. J. Population structure of *Sclerotinia sclerotiorum* in an Australian canola field at flowering and stem-infection stages of the disease cycle. **Genome**, v. 49, n. 11, p. 1408-1415, 2006.

SILVA, O. F. da. **Dados conjunturais do feijão (área, produção e rendimento)**. Brasil - 1986 a 2014. Disponível em: <www.cnpaf.Embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 05 dez. 2015.

SILVA, P. H.; SANTOS, J. B.; LIMA, I. A.; ALVES, F. C.; LARA, L. A. Reaction of common bean lines and aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum* isolates. **Genetic and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 9138-9151, 2014.

SINGH, S. P. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 25, p. 92, 1982.

SINGH, S. P.; SCHWARTZ, H. F. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. **Crop Science**, v. 50, n. 6, p. 2199- 2223, 2010.

SINGH, S. P.; TERÁN, H. Evolution of screening methods for detection of physiological resistance to white mold in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 51, p. 40-41, 2008.

SOUZA, D. A. D.; PEREIRA, F. A. C.; DIAS, J. A.; LEITE, M. E.; SANTOS, J. B. D. Reaction of common bean progenies to white mold derived from recurrent selection. **Ciência Rural**, v. 44, n. 4, p. 583-587, 2014.

STAVELY, J.R. The Bean plant. In: HALL, R. (Ed.). **Compendium of bean disease**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1994. p.1-5.

STEADMAN, J. R. White mold: a serious yield-limiting disease of bean. **Plant Disease**, v. 67, n. 4, p. 346-350, 1983.

STEADMAN, J.; POWERS, K.; HIGGINS, B. Screening common bean for white mold resistance using detached leaves. **Bean Improvement Cooperative**, v. 40, 1997.

TERÁN, H.; LEMA, M.; SCHWARTZ, H. F.; DUNCAN, R.; GILBERTSON, R.; SINGH, S. P. Modified Petzoldt and Dickson scale for white mold rating of common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 49, p. 115, 2006.

TOLEDO-SOUZA, E. D.; COSTA, J. L. Métodos de inoculação de plântulas de feijoeiro para avaliação de germoplasma quanto à resistência a *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 56-63, 2003.

VAVILOV, N. I. Mexico and Central America as the principal center of origin of cultivated plants of the New World. **Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding**, 36, p. 1-179, 1931.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.

VIEIRA, R. F.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PERES, A. P.; MACHADO, J. C. Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 770-773, 2001.

VUONG, T.; HOFFMAN, D.; DIERS, B.; MILLER, J.; STEADMAN, J.; HARTMAN, G. **Evaluation of Soybean, Dry Bean, and Sunflower for Resistance to**. *Crop Science*, v. 44, n. 3, p. 777-783, 2004.

WEGULO, S.; YANG, X.; MARTINSON, C. Soybean cultivar responses to *Sclerotinia sclerotiorum* in field and controlled environment studies. **Plant Disease**, v. 82, n. 11, p. 1264-1270, 1998.

WHITE, J. W. Implications of carbon isotope discrimination studies for breeding common bean under water deficits. In: EHLRINGER, J. R.; HALL, A. E.; FARQUHAR, G. D.; SAUGIE, B. (Ed.). **Stable isotopes and plant carbon-water relations**. San Diego: Academic Press, 1993.

YOKOYAMA, L.P. Aspectos conjunturais da produção de feijão. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. **Produção de feijoeiro-comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.249-292.

ZHOU T, BOLAND GJ. Mycelial growth and production of oxalic acid by virulent and hypovirulent isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 21, p. 93-99, 1999.