

LORENNALOPES DE SOUSA

,

**CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA GENÉTICA DA LINHAGEM  
MSU-7 À ANTRACNOSE**

MARINGÁ  
PARANÁ- BRASIL  
DEZEMBRO 2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LORENNALOPES DE SOUSA

**CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA GENÉTICA DA LINHAGEM  
MSU-7 À ANTRACNOSE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de Mestre.

MARINGÁ  
PARANÁ- BRASIL  
DEZEMBRO 2008

**DEDICO,**

A Deus,

*Por estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida, proporcionando-me paz, segurança e fé, fortalecendo-me frente a todos os obstáculos da vida.*

À minha família,

**Aos meus pais, *Maria Newta Lopes de Sousa e Luis Carlos de Sousa,***

*que estiveram comigo nos maus e bons momentos, me apoiando sempre com um braço acolhedor a me acolher, ou até mesmo repreendendo, mas mostrando sempre o caminho da verdade. Abdicaram muitas vezes seus próprios sonhos, só para poder realizar os meus sonhos. Se nasci, cresci, aprendi e me tornei quem sou, devo a eles, pois espalharam ao meu caminhar muitas esperanças, certezas e confiança.*

*Eu sei e tenho certeza que eles são os melhores PAIS do mundo!!*

**Henry Carlos Lopes de Sousa, maninho querido,**

*“Não se esqueça que, se a vida tiver que nos ensinar algo, com certeza será pelo caminho mais difícil.”*

**Edwirges Leite Lopes, Vovó amada,**

*Com ela aprendi que a paciência é uma árvore de raiz amarga, mas de frutos muito doces...*

**Leandro Buzahr Nóbrega,**

*“ Ser profundamente amado por alguém, nos dá força. Amar alguém profundamente nos dá coragem.”*

*“E quem irá dizer que não existe razão nas coisas feitas pelo coração...”*

***Amo todos vocês!!!***

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me concedido o que há de mais belo neste mundo, a vida.

À Universidade Estadual de Maringá, ao Departamento de Agronomia e ao Programa de Genética e Melhoramento, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Maria Celeste Gonçalves-Vidigal, orientadora, pelos ensinamentos, disponibilidade, dedicação, correções, sugestões e direcionamentos extremamente importantes, pela confiança em mim depositada e o meu muito obrigada e minha admiração.

Ao Professor Dr. Pedro Soares Vidigal Filho, pelas importantes contribuições oferecidas na condução deste trabalho.

À Dr<sup>a</sup>. Adriana Gonela, pela amizade e colaboração na condução deste trabalho.

Ao Professor Dr. Sérgio Tadeu Sibov, sempre me apoiando e incentivando a lutar pelos meus sonhos com honestidade e responsabilidade.

Aos professores do curso de Genética e Melhoramento da Universidade Estadual de Maringá, pelos ensinamentos.

A amiga Anelise da Silva Cruz, por ter sido companheira e por ter estado ao meu lado quando mais precisei, com palavras de carinho e incentivo.

A técnica de laboratório Kaciele Cristina da Costa Eing pela ajuda para a realização desse trabalho.

Aos funcionários da secretaria do PGM, Francisco José da Cruz e Maria Valquiria Magra, pelo carisma, dedicação e favores prestados.

A todos que acreditaram em meu futuro aqui conquistado.

## **BIOGRAFIA**

LORENNNA LOPES DE SOUSA, filha de Luiz Carlos de Sousa e Maria Newta Lopes de Sousa, nasceu em Goiânia, no Estado de Goiás, no dia 01 de julho de 1982.

Concluiu seus estudos de ensino fundamental no Centro Educacional Gotinhas do Saber e ensino médio no Colégio PREVEST, ambos na cidade de Goiânia, Estado Goiás.

Em 2002, ingressou na Universidade Católica de Goiás (UCG), graduando-se em Biologia em Fevereiro de 2004.

No ano de 2002 a 2003, foi bolsista de iniciação científica, trabalhando com Germinação de plantas do Cerrado, no Departamento de Biologia, Setor de Fisiologia, da UFG.

No período de 2004, foi bolsista de iniciação científica no Departamento de Zootecnia da UCG, no qual desenvolveu atividades de pesquisa em Marcadores Moleculares.

Em 2005, iniciou o Curso de especialização em Genética, na Universidade Católica de Goiás, concluindo o título em 12 de agosto de 2006 sob orientação da Professora Dr<sup>a</sup> Daniela Melo e Silva e em Biologia Vegetal, na Universidade Estadual de Goiás (UEG) defendendo o título em 02 de julho de 2006 sob orientação da Professora Dr<sup>a</sup> Thaís Cidarta Vieira.

Em março de 2007, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, nível de Mestrado, oferecido pela Universidade Estadual de Maringá, Paraná.

## ÍNDICE

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1.INTRODUÇÃO .....	1
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1.Importância do feijoeiro comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	4
2.2. Antracnose do feijoeiro comum .....	5
2.3. Variabilidade patogênica do <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> .....	8
2.4. Fontes de Resistência .....	12
2.5. Linhagem MSU 7-1.....	17
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Cultivares de feijão e raças fisiológicas de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> .....	21
3.2. Obtenção de gerações segregantes.....	21
3.3. Teste de herança da resistência.....	22
3.4. Teste de Alelismo .....	23
3.5. Preparo do inóculo.....	23
3.6. Inoculação e incubação.....	24
3.7. Avaliação dos sintomas.....	24
3.8. Análise estatística dos dados .....	25
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
4.1. Teste de Herança da Resistência.....	26
4.2. Teste de Alelismo .....	27
5.CONCLUSÕES .....	34
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

## RESUMO

SOUSA, Lorena Lopes de, M. Sc., Universidade Estadual de Maringá, Dezembro de 2008. **Caracterização da resistência genética da linhagem MSU-7 à Antracnose.** Professora orientadora: Maria Celeste Gonçalves-Vidigal. Professores Conselheiros: Pedro Soares Vidigal Filho.

A antracnose causada pelo *Colletotrichum lindemuthianum* é uma das mais importantes doenças fúngicas do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), afetando as cultivares suscetíveis. O método de controle mais eficiente e econômico dessa doença é a utilização de cultivares resistentes ao patógeno. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a resistência genética à antracnose em MSU 7-1 em relação aos genes *Co-1<sup>2</sup>*, *Co-2*, *Co-3/Co-9*, *Co-4<sup>3</sup>*, *Co-5*, *Co-6*, *Co-9*, *Co-10*, *Co-11*, *Co-12* e *Co-13*. As gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> foram obtidas dos cruzamentos entre MSU-7 e as cultivares Michigan Dark Red Kidney (MDRK), Widusa, Cornell 49-242, México 222, PI 207262, e TU, AB 136, G2333, linhagem H1, Ouro Negro, Michelite, Jalo Vermelho (JV) and Jalo Listras Pretas (JLP). A inoculação foi realizada com uma suspensão ajustada à concentração de 1,2 x 10<sup>6</sup> esporos/mL. Aproximadamente 10 dias após a inoculação procedeu-se a avaliação de sintomas. As plantas com notas de 1 a 3 foram consideradas resistentes e, aquelas com notas 4 a 9, foram consideradas suscetíveis. Os resultados dos cruzamentos entre MSU 7-1 e as cultivares JV e JLP apresentaram segregações de 15R:1S, indicando a ação de dois genes dominantes, estando um deles presente em MSU 7-1. As populações F<sub>2</sub> dos cruzamentos entre MSU 7-1 e as cultivares Widusa, Cornell 49-242, AB136, Ouro Negro e Michelite, ajustaram-se à razão de 63R:1S, indicando a presença de três genes independentes entre si, dois deles presente na linhagem MSU 7-1. Adicionalmente, a ausência de segregações nas gerações F<sub>2</sub> dos cruzamentos entre MSU 7-1 e as cultivares México, PI 207262, TU, G 2333 e a linhagem H1, comprovou que o gene (*Co-7*) presente em MSU 7-1 e o gene *Co-3* em México 222 é um alelo no loco *Co-3/Co-9*, ou seja, pertencem ao mesmo loco.

Palavras-chaves: *Phaseolus vulgaris*, *Colletotrichum lindemuthianum*, teste de alélismo.



## ABSTRACT

SOUSA, Lorena Lopes de, M. Sc., Universidade Estadual de Maringá, December, 2008. **Characterization of genetic resistance of MSU-7 to Anthracnose.** Adviser: Maria Celeste Gonçalves-Vidigal. Committee members: Pedro Soares Vidigal Filho.

Anthrachnose caused by *Colletotrichum lindemuthianum* is one of the most important fungal disease in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), affecting susceptible cultivars. The control method most efficient and economic of this disease is to utilize cultivars resistant to the pathogen. The objective of this work was to characterize the anthracnose resistance in MSU 7-1 line in relation to the genes *Co-1*<sup>2</sup>, *Co-2*, *Co-3/Co-9*, *Co-4*<sup>3</sup>, *Co-5*, *Co-6*, *Co-9*, *Co-10*, *Co-11*, *Co-12* e *Co-13*. The generations F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> were obtained from the crosses between MSU-7 and the cultivars Michigan Dark Red Kidney (MDRK), Widusa, Cornell 49-242, Mexico 222, PI 207262, e TU, AB 136, G2333, linhagem H1, Ouro Negro, Michelite, Jalo Vermelho (JV) and Jalo Listras Pretas (JLP). The inoculation was made using a spore suspension adjusted concentration of 1.2 x 10<sup>6</sup> spores/mL in distilled and sterilized water. After the inoculation, the plants were kept in a chamber for 96 hours at 20 ± 2°C temperature and controlled luminosity. Visual assessment for symptoms was carried out ten days later after inoculation using a scoring scale from 1 to 9. The plants with score of 1 and 3 were considered resistant, whereas the others were susceptible (scores 4 to 9). The results of crosses between MSU 7-1 and the JV and JLP cultivars had segregation of 15R:1S, indicating the action of two dominant genes, one of them being present in MSU 7-1. F<sub>2</sub> populations from crossing between MSU 7-1 and Widusa, Cornell 49-242, AB136, Ouro Negro and Michelite cultivars were adjusted to a ratio of 63R:1S, indicating the presence of three independent genes among themselves, two alleles present in MSU7-1 lineage. The absence of segregation in F<sub>2</sub> generations from crosses among MSU 7-1 lineage with Mexico 222, PI 207262, TU, G 2333 cultivars and H1 line, showed that the gene (*Co-7*) present in MSU 7-1 is an allelic in the locus *Co-3/Co-9* that is belong to the same *locus*.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*, *Colletotrichum lindemuthianum* alélism test.

## 1.INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura de grande expressão econômica, sendo uma das leguminosas mais consumidas no Brasil (Vieira, 1983). O Brasil destaca-se como o maior produtor e consumidor de feijão, contribuindo com 17,53% da produção mundial (FAO, 2007). A produção brasileira no ano agrícola de 2007/08 foi de aproximadamente 3,51 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 4,17 milhões de hectares (CONAB, 2008).

Esta leguminosa é uma cultura que se adapta a diferentes condições edafoclimáticas, o que permite seu cultivo em várias épocas do ano, em quase todos os estados brasileiros (Yokoyama, 1996; Vieira et al., 1999). Entretanto, esta ampla adaptabilidade tem favorecido a ocorrência de pragas e de doenças que afetam a produtividade da cultura (Vieira et al., 1998).

Dentre as doenças do feijoeiro, a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Saccardo & Magnus) Lams.- Scriber, é uma das mais severas ocasionando perdas de até 100%, se as condições ambientais forem favoráveis (umidade relativa do ar acima de 95% e temperaturas moderadas, entre 13°C a 27°C, com um ótimo de 17°C) para o desenvolvimento da doença (Sartorato, 1996; Castro et al., 2007). Diminuindo assim o rendimento da cultura e depreciando a qualidade do produto, tornando-o indesejável para o consumo (Chaves, 1980).

Diferentes estratégias podem ser utilizadas para diminuir a incidência da antracnose como, conjunto de medidas culturais, químicas e genéticas, executadas de forma integrada e com caráter preventivo. Embora o plantio de cultivares resistente seja a medida de controle mais importante, sua aplicação pode ser dificultada em vista da grande variabilidade patogênica dos isolados do fungo (Pastor-Corrales et al., 1993; Sicard et al., 1997).

Estudos sobre a variabilidade do patógeno, bem como da co-evolução patógeno-hospedeiro se tornaram, portanto primordiais em programas que visam à obtenção de variedades resistentes à antracnose (Mahuku et al., 2002).

As raças de *C. lindemuthianum* são virulentas tanto para hospedeiros Mesoamericanos quanto para os Andinos, mostrando grande diversidade patogênica (Balardin et al., 1997). Entretanto, raças virulentas a hospedeiros andinos são mais patogênicas ao germoplasma do mesmo conjunto gênico

(Balardin et al., 1997; Balardin e Kelly, 1998; Melotto e Kelly, 2000). Portanto, para obter-se cultivares que possuam ampla base genética de resistência à antracnose do feijoeiro comum deve-se efetuar a piramidação de genes de origem Andina e de origem Mesoamericana em uma mesma cultivar (Young e Kelly, 1996a, b).

Atualmente já foram identificados treze genes e cinco alelos que conferem resistência à antracnose no feijoeiro comum, os quais foram designados pelos símbolos *Co-1* (Barrus, 1911; McRostie, 1919), *Co-1<sup>2</sup>* (Melotto e Kelly, 2000), *Co-1<sup>3</sup>* (Melotto e Kelly, 2000), *Co-1<sup>4</sup>*, (Alzate-Marin et al., 2003a), *Co-1<sup>5</sup>* (Gonçalves-Vidigal and Kelly, 2006), *Co-2* (Mastenbroek, 1960), *Co-3*, *Co-3<sup>2</sup>* (Bannerot, 1965; Fouilloux, 1976, 1979), *Co-4* (Fouilloux, 1976, 1979), *Co-4<sup>2</sup>* (Young et al., 1998); *Co-4<sup>3</sup>* (Alzate-Marin et al., 2007), *Co-5* (Bannerot, 1965; Fouilloux, 1979; Young et al., 1998; Alzate-Marin et al., 2007) *Co-6* (Schwartz et al., 1982; Gonçalves Vidigal, 1994; Young e Kelly 1996b), *Co-7* (Pastor-Corrales, et al., 1994a; Young et al., 1998), *co-8* que confere resistência recessiva (Alzate-Marin et al., 1997), *Co-9* originalmente descrito como *Co-3<sup>3</sup>* (Geffroy et al., 1999; Rodriguez-Suarez et al., 2004, Mendez-Vigo et al., 2005; Alzate-Marin, 2007), *Co-10* (Alzate-Marin et al., 2003a), *Co-11* (Gonçalves-Vidigal et al., 2007), *Co-12* (Gonçalves-Vidigal et al., 2008a) e *Co-13* (Vidigal Filho et al. 2006; Gonçalves-Vidigal et al., 2008b) presentes respectivamente, nas cultivares Michigan Dark Red Kidney, Cornell 49-242, México 222, TO, TU, AB 136, MSU 7-1, AB-136, BAT 93, Ouro Negro, Michelite, Jalo Vermelho e Jalo Listras Pretas.

Entretanto, o uso de cultivares resistentes passa a ser uma estratégia mais eficaz e econômica para o controle da antracnose e, portanto, se faz necessário a busca por novos genes de resistência para que não ocorra a utilização de genes específicos a uma ou poucas raças, o que conseqüentemente, levaria a concentração de alelos de virulência no patógeno. Além do mais, a obtenção de cultivares com resistência duradoura requer uma base genética ampla, já que isso evitaria o esgotamento da variabilidade genética disponível no hospedeiro.

Para facilitar o uso de MSU 7-1 como fonte de resistência à antracnose, a caracterização genética com relação às raças 7 e 64 de *C. lindemuthianum* é de fundamental importância, pois além da caracterização dos genes de resistência presentes na referida cultivar, a obtenção de marcadores moleculares ligados a

tais genes de resistência pode auxiliar nos programas de melhoramento do feijoeiro comum que visam à resistência à antracnose.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar os genes responsáveis pela resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum* presentes em MSU 7-1 de feijoeiro comum.

## 2.REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1.Importância do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)

O Brasil destaca-se como o maior produtor e consumidor de feijão, sendo responsável por 17,53% da produção mundial (FAO, 2007), qual seja 3,44 milhões de toneladas, em 4,02 milhões de hectares resultando numa produtividade de 855,54 kg ha<sup>-1</sup>, o que o colocou como o maior produtor mundial dessa cultura (FAO, 2007).

Na safra de 2007/2008, a estimativa é de que tenham sido plantados no Brasil 3,92 mil hectares, com uma produtividade média de 946 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2008). Na primeira e segunda safra de 2008 houve um decréscimo na produção em decorrência de estiagens e baixas temperaturas, mas na terceira safra está sendo esperado um crescimento nessa produção (CONAB, 2008). A região Sul é a maior produtora nacional de feijão, com produção de 629,4 mil toneladas, sendo o Estado do Paraná o maior produtor, representando 26% da produção brasileira, com o cultivo de 286,4 mil hectares e 413,4 mil toneladas; em segundo lugar está a região Sudeste, com 314,2 mil toneladas, o terceiro lugar é da Nordeste, com 201,5 mil toneladas, o quarto lugar fica com a região Centro-Oeste, com 112,5 mil toneladas, e em quinto e último lugar a região Norte, com 2,6 mil toneladas produzidas (CONAB, 2008).

Os grãos do feijoeiro comum constituem-se em um dos produtos agrícolas de maior expressão econômica e social do Brasil (Ramalho et al., 1993), sendo reconhecidamente uma importante fonte protéica e energética da população brasileira (Vieira, 1983; Borém e Carneiro, 1998). Além disso, os grãos do feijoeiro comum apresentam alguns componentes que tornam seu consumo vantajoso do ponto de vista nutricional, tais como: o elevado teor de lisina, fibra alimentar, alto conteúdo de carboidratos e a presença de vitaminas do complexo B (Soares, 1996).

A ampla adaptação edafoclimática apresentada pela planta do feijoeiro comum permite seu cultivo durante todo o ano, em quase todos os Estados brasileiros, possibilitando constante oferta do produto no mercado (Yokoyama, 1996; Vieira et al., 1999).

Nos últimos anos a cultura do feijoeiro comum vem sofrendo alterações em seu sistema de produção, deixando de ser uma cultura apenas de subsistência desenvolvida por pequenos produtores, e se transformando em uma cultura de alta tecnologia, com colheita mecanizada, uso de irrigação e insumos balanceados (Borém, 1997).

Embora o Brasil se destaque como o maior produtor mundial de feijão, sua produção não é suficiente para atender a demanda interna, que é de aproximadamente 13 kg habitante ano<sup>-1</sup> (Cipriano, 2006), sendo que nos primeiros nove meses de 2007 foram comprometidos aproximadamente 20 milhões de dólares com a importação de feijão (CONAB, 2007).

Em geral, o feijoeiro é afetado por fatores abióticos e bióticos, que resultam em perda de produtividade. Entre os fatores bióticos, podemos citar a antracnose, que é causada pelo fungo *C. lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib., a qual é uma das principais doenças do feijoeiro comum ( Bianchini et al., 2005).

O controle da antracnose é efetuado de diversas formas, mas a utilização de cultivares resistentes é uma das estratégias mais eficientes, principalmente por não onerar o custo de produção desta cultura. Embora o controle químico propicie resultados eficientes, ele pode ser inviável devido ao elevado custo (Paradela Filho et al., 1981).

## **2.2. Antracnose do feijoeiro comum**

A antracnose do feijoeiro comum, cujo agente etiológico é o fungo *C. lindemuthianum* (Sacc. et Magnus) Lams.-Scrib., é uma das doenças de maior importância em todo o mundo, sendo especialmente prejudicial em regiões tropicais e subtropicais, onde temperaturas apresentam-se moderadas e frias e alta umidade relativa (Méndez-Vigo et al., 2005).

Esta doença apresenta caráter cosmopolita, com ocorrência mais severa em locais onde predominam temperaturas baixas, com um ótimo de 17°C e umidade elevada (Walker, 1952; Vieira, 1967). Temperaturas superiores a 30°C e inferiores a 13°C limitam tanto a infecção quanto o desenvolvimento do patógeno. Além disso, a esporulação é abundante nas vagens em temperaturas entre 14 e 18°C (Zaumeyer e Thomas, 1957; Pastor-Corrales e Tu, 1989).

O agente causal da antracnose foi primeiramente descrito em 1878 por Saccardo e Magnus, como *Gloeosporium lindemuthianum*, com base em coletas feitas por Lindemuth em Bonn, na Alemanha (Zaumeyer e Thomas, 1957). Posteriormente, Scribner, ao verificar a presença de setas transferiu-o para o gênero *Colletotrichum*. Portanto, este fungo pertence à classe dos Deuteromicetos (fungos imperfeitos), ordem Melanconiales, família Melanconiaceae (Kimati, 1980), e apresenta duas fases reprodutivas, uma assexuada ou imperfeita e outra sexuada ou perfeita.

Na fase assexuada, o *C. lindemuthianum* produz conídios num corpo de frutificação denominado acérvulo (Sutton, 1992). As hifas no micélio apresentam-se septadas e ramificadas, com coloração variando de hialina a quase negra (Walker, 1959). Os conídios são hialinos, unicelulares, podendo ser oblongos, circulares. A esporulação é abundante quando em condições favoráveis à ocorrência da doença, formando uma massa de conídios de coloração rosada (Chaves, 1980). Por ocasião da germinação, um conídio pode emitir um ou mais tubos germinativos ou continuar crescendo, proporcionando a formação de hifas e micélio (Roca, 2002).

Os conídios, quando em condições favoráveis, germinam seis a nove horas após o contato inicial com o hospedeiro. O tubo germinativo é formado, em seguida o apressório e, subseqüentemente, penetram mecanicamente pela cutícula e epiderme do mesmo. O aparecimento de sintomas pode ser observado a partir do sexto dia após o início da infecção (Kimati et al., 1997).

A fase sexuada *Glomerella cingulata* f. (Stonem Spaulde & V. Schrenk) sp. *phaseoli*, é muito difícil de ser encontrada na natureza, entretanto Damasceno e Silva et al. (2007) identificaram pela primeira vez a forma sexual na natureza no Estado de Minas Gerais. Por sua vez, a forma sexual já foi obtida tanto por indução quanto por desenvolvimento espontâneo (Roca, 1997; Camargo Júnior, 2004; Mendes-Costa e Souza, 2005). Os esporos sexuais ou ascósporos são resultantes dos processos de plasmogamia (fusão celular), seguido de cariogamia (fusão nuclear) e divisão meiótica, os quais são produzidos dentro de uma estrutura em forma de saco conhecida como asco. Os ascos localizam-se nos corpos de frutificação denominados peritécios, os quais possuem formato aproximadamente arredondado (Kimati et al., 1997).

Conforme McDonald e Linde (2002), patógenos que apresentam os dois ciclos sexuais possuem uma vantagem sobre os patógenos que tem somente o ciclo sexual ou assexuado. Durante o ciclo sexual, muitas combinações novas de alelos são produzidas e as mutações podem ser recombinadas em muitos arranjos genéticos diferentes.

O *C. lindemuthianum* é um patógeno necrotrófico, que sobrevive de uma safra a outra como micélio dormente no interior das sementes ou na forma de esporos em restos culturais, promovendo assim sua disseminação a longas distâncias e às gerações seguintes (Vieira, 1983). Na disseminação a curta distância, destaca-se os respingos de água da chuva, vento, insetos, animais, homem e implementos agrícolas que entram em contacto com as plantas infectadas (Kimati, 1980).

Os sintomas da antracnose são de fácil identificação e podem ser observados em qualquer órgão da parte aérea da planta, dependendo da intensidade da infecção e da fonte do inóculo, sendo visualizados nas folhas, nos caules, nas vagens e nas sementes (Sartorato, 2004).

Nas folhas, as infecções ocorrem no pecíolo e ao longo das nervuras, na face inferior da lâmina, escurecendo-os. Pode ser atingida a maioria das nervuras ou apenas algumas delas e quando o ataque é forte, formam-se manchas necrosadas nos tecidos adjacentes, diminuindo a área foliar da planta responsável pela elaboração de fotossíntese (Kimati, 1980; Vieira, 1983; Sartorato, 1988).

No caule e no pecíolo são, normalmente, em formato elíptico, deprimidas e escuras, podendo aprofundar-se no tecido infectado quando as condições são favoráveis (Paula-Junior e Zambolim, 2006).

Nas vagens, as lesões são circulares, inicialmente de coloração marrom-clara, evoluindo, posteriormente, para lesões deprimidas e escuras, com o centro mais claro (Paula-Junior e Zambolim, 2006). Da vagem, o patógeno pode atingir as sementes, provocando-lhes as manchas (Vieira, 1983; Sartorato, 1988).

Já nas sementes atacadas, apresentam lesões deprimidas, de tamanhos variáveis, isto é, desde pequenos pontos até manchas que cobrem a metade do grão. O patógeno pode atravessar o tegumento e atingir os cotilédones. No hipocótilo das plântulas recém nascidas podem surgir pequenas lesões escuras,



que gradualmente se estendem ao longo e em volta do caule, atingindo, por vezes, considerável tamanho (Vieira, 1983; Sartorato, 1988).

Esse patógeno sobrevive no interior das sementes, o que possibilita sua transmissão para longas distâncias, ou de um plantio para outro (Paula-Junior e Zambolim, 2006).

Uma vez que o patógeno sobrevive no interior das sementes, a sua disseminação pode ocorrer por longas distâncias e as perdas podem ser da ordem de 100%. Aliado a isso os restos da cultura também podem ser fonte de inóculo no campo, além de ventos, respingos de chuvas e irrigação também favorecerem essa disseminação (Costa e Rava, 2004).

Como forma de controle da antracnose a obtenção de cultivares resistentes por meio do melhoramento genético vem auxiliar na solução deste problema, diminuindo assim, os custos de produção (Paula-Junior e Zambolim, 2006).

No Brasil, as maiores áreas produtoras desta leguminosa apresentam condições muito favoráveis ao desenvolvimento e à dispersão do agente causal da antracnose. Assim, a incorporação da resistência a esta enfermidade em materiais agronomicamente bem adaptados é uma fase muito importante em qualquer programa de melhoramento (Sartorato, 1988; Vieira, 1983).

### **2.3. Variabilidade patogênica do *Colletotrichum lindemuthianum***

O fungo *C. lindemuthianum* possui ampla variabilidade patogênica em relação à capacidade de causar doença em várias cultivares, o que justifica o elevado número de raças fisiológicas existentes, aumentando assim a dificuldade no emprego da resistência genética (Rava et al., 1994; Sartorato, 2002).

Tal variabilidade pode ser devida à mutação, recombinação sexual, heterocariose, parassexualidade, transposons, fatores citoplasmáticos e polimorfismos cromossômicos (Sartorato, 2002).

O ciclo parassexual, aparentemente, tem importância na ampliação da variabilidade patogênica, entretanto, o relato e a demonstração desse mecanismo não tem tido sucesso em *C. lindemuthianum* (Roca, 1997; He et al., 1998).

Na forma assexual, a ampliação da variabilidade é muitas vezes realizada por meio de anastomoses entre hifas. Anastomoses são fusões entre as células,

onde ocorre a transferência de citoplasma e, conseqüentemente, material genético. Essas fusões são encontradas em muitos estágios do ciclo de vida do *C. lindemuthianum* (Glass et al., 2004).

Desta forma, esta ampla capacidade de variação do *C. lindemuthianum*, resulta no aparecimento de um grande número de raças, o que reduz a vida útil de uma cultivar com apenas um gene de resistência. Isso porque, esse gene que confere resistência apenas a algumas raças do patógeno, pode ser facilmente quebrado com o aparecimento de novas raças (Mahuku e Riascos, 2004).

Desde a descoberta da primeira raça por Barrus (1911, 1918), diversos trabalhos realizados por vários autores confirmam que o *C. lindemuthianum* possui ampla variabilidade patogênica (Burkholder, 1923; Andrus e Wade, 1942; Yerkes Jr. e Ortiz, 1956; Yerkes Jr., 1958; Goth e Zaumeyer, 1965; Cruickshank, 1966; Oliari et al., 1973; Schnock et al., 1975; Fouilloux, 1975; Pio Ribeiro e Chaves, 1975; Hubbeling, 1976; Krüger et al., 1977; Fouilloux, 1979; Menezes et al., 1982; Paradela Filho et al., 1991; Tu, 1994).

A antiga classificação da variabilidade patogênica de *C. lindemuthianum* era representada pelos grupos *Alfa*, *Beta*, *Gama*, *Delta*, Mexicano I, Mexicano II, Brasileiro I e Brasileiro II, e as raças fisiológicas dentro destes grupos de *Alfa*, *Alfa BR*, *Epsilon*, *Eta*, *Gama*, *Delta*, *Teta*, *Lambda*, *Capa*, *Mu*, Mexicano I, Mexicano II, Brasileiro I, *Zeta*, Brasileiro II e *Sigma*.

Até 1990, por não haver um sistema oficial de nomenclatura para as raças, começou a existir grande confusão, pois não havia uma forma de comparar resultados de avaliação de cultivares de diferentes regiões, sem a possibilidade de verificar a real dinâmica populacional do patógeno.

Diante desse fato, Pastor-Corrales (1991) propôs a utilização de um grupo de cultivares em uma ordem pré-estabelecida, baseado no sistema binário proposto por Habgood (1970), o qual são utilizadas 12 cultivares diferenciadoras (proposto pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT, 1990) ( $d_n$ ), as quais são identificadas com os números de 1 a 12 (Quadro 1).

A obtenção do nome de uma nova raça se faz pela soma dos valores numéricos ( $2^{dn-1}$ ) de cada cultivar diferenciadora que é suscetível ao isolado do patógeno. O valor 2 representa o número de classes de reações consideradas (resistente ou suscetível), enquanto n é função da ordem das diferenciadoras Pastor-Corrales (1991). Por exemplo, a raça 7 (1 + 2 + 4) vence a cultivar

Michelite ( $2^0$ ) a cultivar Michigan Dark Red Kidney ( $2^1$ ) e a cultivar Perry Marrow ( $2^2$ ).

Estudos desenvolvidos por Rava et al. (1994) demonstraram a equivalência do sistema de denominação clássica das raças e do sistema de classificação binário. A adoção deste processo de padronização permitiu a comparação dos dados de diferentes grupos de pesquisa (Mahuku e Riascos, 2004).

A partir do momento da adoção do sistema de padronização, diversos autores passaram a utilizar esta metodologia na identificação de raças e caracterização de genes de resistência, o que permitiu até o momento, a identificação de aproximadamente 118 raças de *C. lindemuthianum* nas diversas regiões produtoras do mundo (Rava et al., 1993; Rava et al., 1994; Kelly et al., 1994; Balardin et al., 1997; González et al., 1998; Thomazella et al. 2000; Mahuku e Riascos, 2004; Talamini et al. 2004; Damasceno e Silva et al. 2007; Sansigolo et al., 2008).

Quadro 1 – Cultivares diferenciadoras utilizadas na classificação de raças de *C. lindemuthianum* em feijoeiro comum utilizando o sistema binário proposto por Habgood (1970)

	Cultivares diferenciadoras	Pool gênico	Valor binário	Valor numérico ( $2^{dn-1}$ )
1.	Michelite	Mesoamericanos	$2^0$	1
2.	Michigan Dark Red Kidney	Andinos	$2^1$	2
3.	Perry Marrow	Andinos	$2^2$	4
4.	Cornell 49-242	Mesoamericanos	$2^3$	8
5.	Widusa	Andinos	$2^4$	16
6.	Kabbon	Andinos	$2^5$	32
7.	México 222	Mesoamericanos	$2^6$	64
8.	PI 207262	Mesoamericanos	$2^7$	128
9.	TO	Mesoamericanos	$2^8$	256
10.	TU	Mesoamericanos	$2^9$	512
11.	AB 136	Mesoamericanos	$2^{10}$	1024
12.	G 2333	Mesoamericanos	$2^{11}$	2048

A frequência das raças de *C. lindemuthianum* nas diversas regiões em que a cultura do feijoeiro comum é afetada pelo patógeno no mundo varia,

havendo predominância em países como Nicarágua, México e Estados Unidos das raças tais como, a 264, 320, 1608, 1545.

Cerca de 53 raças do patógeno já foram identificadas no Brasil (0,1, 4, 5, 7, 8, 17, 23, 31, 52, 55, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 86, 87, 89, 93, 95, 96, 97, 101, 102, 105, 109, 111, 117, 119, 121, 123, 125, 127, 137, 193, 217, 249, 320, 321, 337, 339, 343, 453, e 585) (Andrade et al. 1999; Thomazella et al., 2002;; Alzate-Marin e Sartorato, 2004, Bonett et al., 2008; Sansigolo et al., 2008; Gonela et al., 2008), os patótipos mais freqüentes são os 65, 73, 81 e o 87, ocorrentes principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina, Goiás e Distrito Federal.

No Estado do Paraná apresentou a maior variabilidade de raças de *C. lindemuthianum* (29 raças), seguido por Goiás (17 raças), Santa Catarina (16 raças) e o Rio Grande do Sul (14 raças) (Alzate-Marin e Sartorato, 2004).

Enquanto que, no Brasil há um predomínio de raças como, por exemplo, as raças 65, 73, 81 e 87 (Alzate-Marin e Sartorato, 2004). Este comportamento reflete provavelmente as diferenças nos germoplasmas utilizados e também nas práticas agrícolas de cada região (González et al., 1998). Pesquisas realizadas no Estado do Paraná, fizeram com que identificassem 42 raças de *C. lindemuthianum*, sendo as duas últimas as raças 4 e 8 (Araújo, 1973; Menezes e Dianese, 1988; Rava, 1994; Thomazella et al., 2002; Bonett et al., 2008; Sansigolo et al., 2008; Gonela et al., 2008).

O atual sistema de nomenclatura de raças de *C. lindemuthianum* tem facilitado a troca de informações entre pesquisadores de regiões distintas, assim como na identificação de fontes de resistência de cultivares de diferentes regiões e da dinâmica populacional do patógeno. Entretanto, ainda não é um sistema ideal, pois as 12 cultivares diferenciadoras dificilmente representam todos os genes do hospedeiro, dificultando a classificação precisa das raças (Damasceno e Silva et al., 2007).

Araya (2003) afirmou que as implicações genéticas da co-evolução em cada ambiente estão relacionadas aos diferentes mecanismos de patogenicidade (genes) apresentados pelas populações nativas ou emergentes do patógeno, uma vez que seus respectivos hospedeiros oferecem uma diversidade similar quanto a genes de resistência. Sendo assim, torna-se relativamente complexo combater esta doença.

Após vários anos de estudos sobre o fungo *C. lindemuthianum*, pôde-se verificar sua ampla variabilidade patogênica e a dificuldade que essa representa para o controle da antracnose quando se utiliza a resistência genética.

Portanto, dentro das estratégias do sistema integrado de controle a doenças, a resistência genética é considerada uma importante alternativa, por ter a necessidade de estudos de cultivares resistentes que se tornam suscetíveis devido à alta variabilidade do patógeno (Pastor-Corrales et al., 1995; Young e Kelly, 1996a).

#### **2.4. Fontes de Resistência**

A estabilidade e a longevidade da variabilidade da resistência dependem da variação genética de *C. lindemuthianum*, representada pela sua especialização fisiológica e pela habilidade dos isolados apresentarem patogenicidade diferenciada para cada variedade de feijoeiro (Baurus, 1911).

A resistência genética ao *C. lindemuthianum* foi observada pela primeira vez na cultivar *Wells Red Kidney* (Barrus, 1911; Barrus, 1918), governada por um único gene andino dominante, inicialmente designado gene *A*, que confere resistência às raças alfa e beta (Burkolder, 1918; McRostie, 1919). Atualmente, esse gene é conhecido como *Co-1*, constatado pela primeira vez na cultivar Michigan Dark Red Kidney por McRostie (1919). Esse gene andino foi o primeiro utilizado para desenvolver cultivares de feijoeiro resistente.

Mastenbroek (1960) determinou que a cultivar Cornell 49-242 originária da Venezuela, possuía um gene dominante, denominado *Are*, que conferia resistência a todas as raças conhecidas na época (alfa, beta, gama e delta), sendo este de extrema importância para muitos programas de melhoramento genético. Posteriormente, Menezes e Dianese (1988) relataram que esse gene conferia resistência também às raças épsilon, zeta, eta, teta, lambda e mu.

Na década de 1960, o êxito alcançado no controle da antracnose do feijoeiro comum em países do continente Europeu, com a incorporação do gene *Are* (*Co-2*), demonstrou a viabilidade e a eficiência da resistência vertical no controle da doença (Fouilloux, 1979).

Vieira (1983) relatou que o uso do gene *Are* (*Co-2*), em programas de melhoramento, forneceu resultados satisfatórios na obtenção de cultivares

resistentes. Porém o autor afirmou que a ampla utilização do gene *Are* (*Co-2*), conduziu a uma situação perigosa, uma vez que essa resistência é governada por somente um gene e, conseqüentemente, seria facilmente superado pelo aparecimento de alguma nova raça. Conforme o autor, esse fato levou os pesquisadores europeus a procurarem novas fontes de resistência. Este fato ocorreu com o aparecimento das raças 31 e 89, as quais venceram a resistência apresentada pela cultivar Cornell 49-242 (Menezes e Dianese, 1988; Rava et al., 1994).

Em 1969, na Europa, utilizando as linhagens mexicanas Mexico 222 e México 227, identificou um gene dominante e designou-o como *Mexique 1*, sendo este diferente e independente do *Are*. Em 1976, Hallard e Trebuchet, citados por Vieira (1983) demonstraram a existência de uma série alélica no loco *Mexique 1*: o alelo *Mexique 1a*. Esse alelo confere resistência a todas as raças, com exceção da raça alfa-Brasil (Bannerot, 1985).

A resistência do alelo *Mexique 1a* é dominante sobre *Mexique 1b* para a raça capa (Fouilloux, 1979). Além disso, o mesmo autor verificou que a cultivar TO apresentava um gene dominante e independente dos demais conhecidos anteriormente, e o denominou de *Mexique 2*. Este gene confere resistência às raças alfa, beta, gama, delta, epsilon, lambda, capa e alfa-Brasil. Outro gene descrito pelo autor, presente na cultivar TU foi denominado de *Mexique 3* (Fouilloux, 1976).

A cultivar AB 136 consiste numa das fontes de resistência para o agente causador da antracnose, *C. lindemuthianum*. Essa cultivar foi avaliada em relação a isolados provenientes da Colômbia e apresentou reação intermediária a um isolado, sendo resistente a quatro isolados (Schwartz et al., 1982). Contudo, esse gene foi denominado de Q por Gonçalves-Vidigal (1994).

No Estado do Paraná, Menezes e Dianese (1988) avaliaram o comportamento das cultivares comerciais e as linhagens de feijão: Rio Negro, Iapar 20, Tarumã, Evolutie, AB 136, A 321, A 373, A 381, G 2338, G 2641 e G 3367. Deste modo, neste estudo verificaram que as mesmas eram resistentes às raças alfa, delta, epsilon, zeta, eta, teta, capa, lambda e mu.

Balardin e Pastor-Corrales (1990) utilizando as raças alfa, alfa-Brasil, teta, capa, lambda, delta, zeta, C 236 e epsilon kenia, verificaram que Cornell 49-242 foi suscetível às raças alfa-Brasil e capa. Por sua vez, Kaboon foi suscetível à

raça lambda e, as cultivares PI 207262 e TO apresentaram resistência intermediária à raça zeta. Em relação às raças inoculadas, verificou-se que as cultivares TU, AB 136 e G 2333 foram resistentes a todas.

A cultivar AB 136 foi estudada por Rava et al. (1994), e mostrou-se uma excelente fonte de utilização, pois demonstrou-se resistente a 25 raças de *C. lindemuthianum* coletadas no Brasil. Pastor-Corrales et al. (1994a), concluíram que somente a cultivar G 2333 foi resistente a todos 380 isolados do patógeno utilizados no estudo. Em estudos recentes, foi relatado que a cultivar G 2333 possui três genes de resistência, quais sejam: *Co-4*<sup>2</sup>, identificado por Young et al. (1998) e Silvério et al. (2002); o gene *Co-5*, descrito por Young e Kelly (1996a); e o gene *Co-7* relatado, por Young et al. (1998) e Poletine et al. (2000).

Kelly e Young (1996a) divulgaram uma nova nomenclatura dos genes de resistência às raças da antracnose. As cultivares de feijoeiro comum Cornell 49-242, Mexico 222, TO e TU, as quais possuem, respectivamente, os genes *Are*, *Mexique 1*, *Mexique 2* e *Mexique 3*, de acordo com a nova nomenclatura foram renomeados: *Co-2*, *Co-3*, *Co-4* e *Co-5*, respectivamente.

O Quadro 2 apresenta os símbolos novos e originais dos genes, fonte de resistência e Marcadores moleculares ligados aos genes que conferem resistência à antracnose de resistência à antracnose, no qual o símbolo *Co* refere-se ao *Colletotrichum*.

Diversos estudos sobre a caracterização de genes de resistência foram conduzidos utilizando o conjunto de cultivares diferenciadoras de raças do *C. lindemuthianum*. Sendo assim, novos genes e alelos de resistência foram identificados tanto no conjunto gênico Andino quanto Mesoamericano: *Co-1* (Barrus, 1911; McRostie, 1919), *Co-1*<sup>2</sup> (Melotto e Kelly, 2000), *Co-1*<sup>3</sup> (Melotto e Kelly, 2000), *Co-1*<sup>4</sup>, (Alzate-Marin et al., 2003a), *Co-1*<sup>5</sup> (Gonçalves-Vidigal and Kelly, 2006), *Co-2* (Mastenbroek, 1960), *Co-3*, *Co-3*<sup>2</sup> (Bannerot, 1965; Fouilloux, 1976, 1979), *Co-4* (Fouilloux, 1976, 1979), *Co-4*<sup>2</sup> (Young et al., 1998); *Co-4*<sup>3</sup> (Alzate-Marin et al., 2007), *Co-5* (Bannerot, 1965; Fouilloux, 1979; Young et al., 1998; Alzate-Marin et al., 2007) *Co-6* (Schwartz et al., 1982; Gonçalves Vidigal, 1994; Young e Kelly 1996b), *Co-7* (Pastor-Corrales, et al., 1994a; Young et al., 1998), *co-8* que confere resistência recessiva (Alzate-Marin et al., 1997), *Co-9* originalmente descrito como *Co-3*<sup>3</sup> (Geffroy et al., 1999; Rodriguez-Suarez et al., 2004, Mendez-Vigo et al., 2005; Alzate-Marin, 2007), *Co-10* (Alzate-Marin et al.,

2003a), *Co-11* (Gonçalves-Vidigal et al., 2007), *Co-12* (Gonçalves-Vidigal et al., 2008a) e *Co-13* (Gonçalves-Vidigal et al., 2008b). Os programas de melhoramento genético do feijoeiro comum tanto do Brasil quanto do exterior têm constantemente realizado pesquisas na busca de novas fontes de resistência à antracnose. Até o presente momento foram identificados 10 genes de resistência de origem Mesoamericana e três de origem Andina. Dentre esses últimos, estão os genes *Co-12*, presente em Jalo Vermelho e o *Co-13*, presente em Jalo Listras Pretas (Vidigal Filho et al. 2006; Gonçalves-Vidigal et al., 2008 a,b).

Além desses genes, também foram caracterizados os genes *Co-11* (mesoamericano), presente na cultivar Michelite (Gonçalves-Vidigal et al., 2007) e o alelo *Co-1<sup>5</sup>*, de origem andina, presente na cultivar Widusa (Gonçalves-Vidigal e Kelly, 2006). O gene *Co-9* foi primeiramente descrito por Geffroy et al. (1999) na variedade BAT93 e posteriormente esse gene foi denominado de alelo *Co-3<sup>3</sup>* (Gonçalves-Vidigal et al. dados não publicados; Rodríguez-Suárez et al. 2004; Mendéz-Vigo et al. 2005), estando presente também na cultivar diferenciadora PI 207262 (Alzate-Marin et al. 2003c).

O gene *Co-4* foi primeiramente identificado no genótipo TO como Mexicano II por Fouilloux (1979). Um segundo alelo desse gene, o *Co-4<sup>2</sup>* está presente no genótipo SEL 1308, derivado da cultivar diferenciadora G 2333, considerado o mais resistente à antracnose (Young et al., 1998). Este alelo apresenta um espectro de resistência superior ao do gene *Co-4* original e é o mais importante dentre os genes resistência descritos no feijoeiro (Balardin e Kelly, 1998; Silvério et al., 2002).

As cultivares diferenciadoras que possuem o gene *Co-4* e seus alelos (*Co-4<sup>2</sup>* e *Co-4<sup>3</sup>*), e os genes *Co-5* e *Co-6* atuando individualmente ou em conjunto com outros genes, são aquelas que conferem maior espectro de resistência à antracnose no Brasil (Silva e Santos, 2001).

Na atualidade a utilização de técnicas de biotecnologia tem propiciado a identificação de marcadores moleculares associados aos genes de resistência *Co-1*, *Co-2*, *Co-4*, *Co-5*, *Co-6*, *Co-8*, *Co-9* e *Co-10* (Kelly e Vallejo, 2004). A identificação destes marcadores moleculares tem contribuído para o desenvolvimento de cultivares resistentes ao *C. lindemuthianum* mediante a utilização de seleção assistida e da piramidação destes genes de resistência.



Quadro 2 - Genes e seus respectivos símbolos novos e originais, fonte de resistência e Marcadores moleculares ligados aos genes que conferem resistência à antracnose (Kelly e Vallejo, 2004) modificado

Genes	Original	Fontes dos genes	Marcadores genéticos	Localização no mapa	Referências
Co-1		MDRK			McRostie (1919) Vallejo e Kelly (2002)
Co-1 <sup>2</sup> Co-1 <sup>3</sup> Co-1 <sup>4</sup> Co-1 <sup>5</sup>	A	Kaboon Perry Marrow AND 277 Widusa	OF10 <sub>530</sub> SE <sub>ACT</sub> /M <sub>CCA</sub>	B1	Melotto e Kelly (2000) Alzate-Marin et al. (2003b) Gonçalves-Vidigal et al. (2003)
Co-2	Are	Cornell 49-242	OQ4 <sub>1440</sub> OH20 <sub>450</sub> SH20 <sub>1000</sub> B355 <sub>1000</sub> SCAreoli <sub>1000</sub>	B11	Mastenbroek (1960) Adam-Blondon et al. (1994) Young e Kelly (1996b) Geffroy et al. (1998)
Co-3 Co-3 <sup>2</sup>	Mexique 1	México 222 México 227		B4	Bannerot, (1965) Fouilloux, (1979) Rodríguez-Suárez et al., (2004)
Co-4		TO	C08, SC08 <sub>910</sub>		
Co-4 <sup>2</sup>	Mexique 2	<sup>b</sup> G 2333 SEL 1308	SAS13 <sub>950</sub> SH18 <sub>1100</sub> SBB14 <sub>1150/1050</sub> SY20 <sub>830</sub>	B8	Fouilloux, (1979) Young et al. (1998) Arruda et al. (2000) Awale e Kelly (2001) Kelly et al. (2003)
Co-4 <sup>3</sup>		<sup>a</sup> PI 207262	OY20, Y20 <sub>830</sub>		
Co-5	Mexique 3	TU G 2333 SEL1360	OAB3 <sub>450</sub> SAB3 <sub>400</sub>	B7	Young e Kelly, (1996a) Young et al. (1998) Vallejo e Kelly, (2001) Campa et al.(2005)
Co-6	Q	AB 136	OAH1 <sub>780</sub> OAK20 <sub>890</sub> AZ20, SAZ20 <sub>845</sub> SZ04 <sub>567</sub>	B7	Gonçalves-Vidigal, (1994) Young e Kelly, (1996b, 1997) Queiroz et al. (2004)
Co-7	<sup>c</sup> NA	G 2333	NA	NA	Young et al. (1998)
co-8	NA	AB 136	OPAZ20	NA	Alzate-Marin et al. (2001b) Geffroy et al. (1999)
Co-9/Co-3 <sup>3</sup>	NA	BAT 93 PI 207262	SB12 <sub>350</sub> SW12 <sub>700</sub>	B4	Correa et al. (2000) ; Miklas et al., 2000; Singh et al. 2000; Méndez-Vigo et al. (2002); Rodríguez-Suárez et al., 2008
Co-10	NA	Ouro Negro	F10, SF10 <sub>1072</sub>	B4	Correa et al. (2000) Alzate-Marin et al. (2003a)
Co-11	NA	Michelite	NA	NA	Gonçalves-Vidigal et al. (2007)
Co-12	NA	Jalo Vermelho	NA	NA	Gonçalves-Vidigal et al. (2008a)
Co-13	NA	Jalo Listras Pretas	V20 <sub>680</sub>	NA	Gonçalves-Vidigal et al. (2008a) Lacanal et al., 2008

<sup>c</sup>NA Nenhum Disponível; MDRK – Michigan Dark Red Kidney; <sup>a</sup>PI 207262 possui dois genes, <sup>b</sup>G2333 possui três genes

Um dos mais significativos avanços tecnológicos da agricultura tem sido representado pelo uso da resistência genética no controle de doenças de plantas e, a utilização de cultivares resistentes é o método de controle mais indicado, por ser mais barato e de fácil utilização (Vieira, 1983). Segundo o mesmo autor, a resistência genética de plantas a fitopatógenos pode ser classificada com base em seus números de genes envolvidos, ou seja, resistência monogênica, quando a presença de um único gene é suficiente para conferir resistência.

## 2.5. Linhagem MSU 7-1

A linhagem MSU 7-1, proveniente da Michigan State University, é uma das fontes de resistência à antracnose que tem despertado o interesse dos pesquisadores por ser portadora dos alelos *Co-5* e *Co-7*, além de possuir caracteres desejáveis tais como sementes de tamanho pequeno (semelhantes ao da cultivar Cornell 49-242), coloração preta, hábito de crescimento indeterminado tipo IV (ereto), caule com forte dominância apical e número reduzido de ramos laterais, pouco desenvolvidos.

Em trabalho realizado por Vallejo, 2007 (comunicação pessoal) testando a resistência de cinco linhagens de MSU 7 de feijoeiro comum derivadas de G2333, SEL 111 e SEL 1360, a resistência da linhagem MSU 7-1 foi avaliada com três raças (7, 73 e 448) de *C. lindemuthianum*, resultando em resistência a todas elas.

A linhagem MSU 7-1 é oriunda de SEL 111 que carrega o gene de resistência *Co-5* e *Co-7* a antracnose, genes estes derivados da cultivar diferenciadora G2333 (Kelly e Vallejo, 2004; Vallejo - comunicação pessoal).

Gonela et al., 2008 ao estudarem isolados coletados no Estado do Paraná, observaram alta susceptibilidade nas cultivares diferenciadoras Michelite (*Co-11*), México 222 (*Co-3*), MDRK (*Co-1*), Cornell 49-242 (*Co-2*), Widusa (*Co-1<sup>5</sup>*) e Perry Morrow (*Co-1<sup>2</sup>*), não recomendando a utilização destas como fontes de resistência. Ao contrário das cultivares TU (*Co-5*), AB 136 (*Co-6*) e G 2333 (*Co-4<sup>2</sup>*, *Co-5*, *Co-7*) que se apresentaram resistentes a todos os 49 isolados testados, demonstrando que são importantes fontes de resistência para a utilização destas em programas de melhoramento genético do feijoeiro comum que visam o controle da antracnose.

No Quadro - 3 podem ser notadas algumas raças de *C. lindemuthianum* as quais a linhagem MSU 7-1 é resistente, aproximadamente 103 raças de *C. lindemuthianum* são observadas nas diversas regiões produtoras do mundo e 53 raças nas regiões do Brasil e 49 raças no Estado do Paraná (Rava et al., 1993; Rava et al., 1994; Kelly et al., 1994; Balardin et al., 1997; González et al., 1998; Thomazella et al. 2000; Mahuku e Riascos, 2004; Talamini et al. 2004; Damasceno e Silva et al. 2007; Sansigolo, 2008; Gonela et al., 2008).

Quadro 3 – Espectro de resistência da a linhagem MSU 7-1 ao *C. lindemuthianum*

	Alelos de resistência	Raças que ocorrem no Mundo	Raças de ocorrência no Brasil	Número de raças
Linhagem MSU 7-1	Co-5	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 19, 23, 26, 27, 31, 36, 38, 39, 47, 55, 64, 65, 73, 81, 87, 89, 121, 128, 129, 132, 133, 137, 139, 192, 193, 201, 209, 256, 257, 261, 264, 320, 321, 337, 357, 384, 385, 388, 392, 393, 448, 449, 453, 457, 465, 469, 513, 515, 517, 521, 523, 525, 529, 535, 593, 641, 647, 651, 653, 833, 905, 1025, 1033, 1049, 1088, 1089, 1093, 1097, 1153, 1161, 1165, 1217, 1344, 1417, 1431, 1433, 1435, 1472, 1473, 1481, 1489, 1497, 1545, 1549, 1561, 1600, 1601, 1609, 1645, 1673, 1677, 1741, 1929, 1945, 1985, 1993, 2001, 2009, 2047	0, 1, 7, 8, 17, 23, 31, 55, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 86, 87, 89, 93, 95, 96, 97, 101, 102, 105, 109, 111, 117, 119, 121, 123, 125, 127, 137, 193, 217, 249, 320, 321, 337, 339, 343, 453	103
	Co-7	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 19, 23, 26, 27, 31, 36, 38, 39, 47, 55, 64, 65, 73, 81, 87, 89, 121, 128, 129, 132, 133, 137, 139, 192, 193, 201, 209, 256, 257, 261, 264, 320, 321, 337, 357, 384, 385, 388, 392, 393, 448, 449, 453, 457, 465, 469, 1025, 1033, 1049, 1088, 1089, 093, 1097, 1153, 1161, 1165, 1217, 1344, 1417, 1431, 1433, 1435, 1472, 1473, 1481, 1489, 1497, 3481, 3545	0, 1, 7, 17, 55	83

Segundo Pereira, (2003) as cultivares possuidoras dos genes *Co-5* e *Co-7*, só têm sua resistência quebrada por raças com número binário superior a 2047, ainda não identificada no Brasil.

Inicialmente, o gene *Co-5* era conhecido como Mexique 3, foi descrito inicialmente na cultivar TU originária do cruzamento entre Tenderette x México e posteriormente encontrado nas cultivares SEL 1360, G2338 e G 2333 (*Co-4<sup>2</sup>*, *Co-5* e *Co-7*) possuidora de três genes independentes responsáveis pela resistência a todos patótipos de *C. lindemuthianum* identificados no Brasil (Fouilloux, 1979; Young e Kelly, 1996; Young et al., 1998).

Pastor-Corrales et al. (1994a) utilizaram a raça 521 da antracnose para a identificação dos genes de resistência presentes na cultivar G 2333. Esta cultivar foi suscetível à raça 521, demonstrando que o gene *Co-5* não confere resistência a essa raça. Deste modo, os autores concluíram que além do gene *Co-7* mais dois genes de resistência estavam presentes nesta cultivar, os quais atuariam de forma complementar.

Os autores Young et al. (1998), confirmaram que a cultivar G 2333 possuía três genes independentes (*Co-4<sup>2</sup>*, *Co-5* e *Co-7*) e para a identificação deste gene, foi realizado cruzamento entre SEL 111 (*Co-5*, *Co-7*), resistente à raça 521, com uma cultivar suscetível a Black Magic. De acordo com Kelly e Vallejo (2004), o *locus Co-7* foi descrito como sendo o terceiro gene independente da cultivar G 2333.

Entretanto, o *Co-7*, presente na cultivar G2333 (Young et al., 1998) é um dos alelos mais importantes por conferir resistência a todas as raças identificadas no Brasil (Quadro – 3) (Rava, et al., 1994).

A linhagem H1 possuidora do gene *Co-7* foi utilizada neste trabalho a fim de auxiliar na caracterização do gene presente na linhagem MSU 7-4. A linhagem H1 foi obtida por um programa de retrocruzamento da Universidade Federal de Lavras, que utilizou as linhagens ESAL696 e CI140 como genitores recorrentes e como genitor doador foi utilizada linhagens resistentes a fim de transferir os alelos de resistência presentes na cultivar G 2333 para linhagens com grãos do tipo Carioca e adaptadas ao Estado de Minas Gerais (Lima et al., 2008).

Mediante o exposto, a linhagem MSU 7-1 é uma alternativa para a caracterização dos genes responsáveis pela resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum*. Uma vez que visando a busca de soluções para minimizar a

incidência da antracnose, o emprego da resistência genética tem merecido especial destaque dentro de um sistema integrado de controle a doenças, pois não onera custos de produção e contribui para evitar o controle químico. O desenvolvimento de cultivares resistentes é viável, pois existem vários genes independentes que conferem resistência a várias raças do patógeno (Pastor-Corrales et al., 1994b; Rava et al., 1994; Young e Kelly, 1996).

Para facilitar o uso da linhagem MSU 7-1 como fonte de resistência à antracnose, a caracterização genética com relação à raça 7 e 64 de *C. lindemuthianum* é de fundamental importância, uma vez que possibilita a caracterização dos genes de resistência presentes na referida cultivar.

### 3.MATERIAL E MÉTODOS

#### **3.1. Cultivares de feijão e raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum***

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e no laboratório de biotecnologia do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (NUPAGRI) pertencente à Universidade Estadual de Maringá.

Com o objetivo de caracterizar os genes de resistência à antracnose presentes na linhagem MSU 7-1, foram desenvolvidas populações segregantes F<sub>2</sub> derivadas dos cruzamentos com as cultivares MDRK, Widusa, Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TU, AB 136, G2333, linhagem H1, Ouro Negro, Michelite, Jalo Vermelho (JV) e Jalo Listras Pretas (JLP). As populações segregantes F<sub>2</sub> foram obtidas a partir do cultivo das populações F<sub>1</sub>, em condições de casa de vegetação.

As sementes das cultivares foram obtidas no banco de germoplasma do NUPAGRI e as linhagens MSU 7-1 fornecida por Vallejo e James D. Kelly (Michigan State University) e a linhagem H1 por João Bosco dos Santos (Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa postal 37, Lavras, MG).

Para a confirmação dos dados coletados foram realizados testes de alelismo (para os cruzamentos em que ambas cultivares são resistentes) e de herança da resistência (para os cruzamentos onde apresentam reações de resistência e suscetibilidade entre as cultivares) ambas foram inoculadas com as raças 7 e 64 (somente nos cruzamentos envolvendo JV e JLP) de *C. lindemuthianum*.

#### **3.2. Obtenção de gerações segregantes**

As sementes das cultivares utilizadas nesse estudo foram semeadas em vasos de polietileno com capacidade de 05 dm<sup>3</sup> contendo solo (Plantmax) e colocados para crescer em casa de vegetação, realizando-se irrigações diárias a fim de manter-se o solo próximo da sua capacidade de campo.

A fim de estimular o desenvolvimento das plantas, colocou-se adubação nitrogenada líquida e pouco antes da floração (importante para o enchimento dos grãos) adubação potássica.

Nas adubações nitrogenadas, utilizaram 50 g de sulfato de amônio, 2 litros de água<sup>-1</sup> (2,5%), aplicando-se 250 mg de N em 50 mL de água. vaso<sup>-1</sup>. A adubação potássica foi realizada na forma de Cloreto de Potássio (14g K<sub>2</sub>O. 2 litros H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>). No experimento também foram efetuados tratamentos fitossanitários com duas aplicações do inseticida Tamaron Br, na dosagem de 10 mL do produto para cada 10 litros de calda de pulverização para controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e, ainda, duas aplicações do fungicida Folicur 200 CE, para controle de oídio (*Blumeria graminis f. sp. tritici*) na dosagem de 25 mL para cada 10 litros de calda de pulverização.

No período de floração foi efetuada hibridação artificial nos cruzamentos entre a linhagem MSU 7-1 usada como progenitor masculino e as cultivares MDRK, Widusa, Cornell 49-242, México 222, TO, PI 207262, TU, AB 136, G2333, linhagem H1, Ouro Negro, Michelite, Jalo Vermelho (JV) e Jalo Listras Pretas (JLP) como progenitores femininos. A partir desses cruzamentos, foram obtidas sementes F<sub>1</sub> e estas posteriormente, semeadas para obtenção da geração F<sub>2</sub> por meio de autofecundação, resultando em aproximadamente 100 sementes por cruzamento.

As sementes da geração F<sub>2</sub> foram semeadas em bandejas plásticas contendo substrato Plantmax. Essas bandejas foram mantidas em casa de vegetação até o surgimento das primeiras folhas trifolioladas, para que se procedesse à inoculação.

### **3.3. Teste de herança da resistência**

O teste de herança da resistência foi aplicado nos cruzamentos onde existiam tanto reações de resistência quanto de suscetibilidade a fim de adquirir informação de herança da resistência à raça 7 de *C. lindemuthianum*. O cruzamento realizado para obtenção deste teste foi entre MSU 7-1 (R) e MDRK (S).

### 3.4. Teste de Alelismo

O teste de alelismo foi realizado nos cruzamentos onde ambas cultivares envolvidas apresentaram reação de resistência as raças 7 e 64 de *C. lindemuthianum*. Esse teste teve como objetivo testar a independência dos genes presente em MSU 7-1 dos genes previamente caracterizados. Os cruzamentos realizados entre MSU 7-1 e as cultivares Widusa, Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TU, AB 136, G2333, linhagem H1, Ouro Negro e Michelite, utilizaram-se a raça 7 e em Jalo Vermelho e Jalo de Listras Pretas foi utilizada a raça 64.

### 3.5. Preparo do inóculo

As raças 7 e 64 de *C. lindemuthianum* usadas neste trabalho, foram fornecidas por James D. Kelly e Aloísio Sartorato (Embrapa Arroz e Feijão-CNPAF, Caixa Postal 179, Santo Antônio de Goiás, GO), respectivamente.

Kelly et al. (1994), realizaram um estudo com quatro isolados do *C. lindemuthianum* coletados em Michigan e Dakota do Norte, a partir de sementes produzidas em Michigan no ano de 1993. Após o estudo, demonstraram que três destes isolados eram semelhantes, sendo classificados como raça 73 (semelhante à raça alfa-Brasil encontrada em Ontário) e o outro isolado foi classificado como a raça 7, sendo semelhante à raça delta. Também encontrada em Ontário no ano de 1976. Thomazella et al. (2002) utilizaram quarenta e nove isolados do *C. lindemuthianum* coletados no Estado do Paraná relataram a ocorrência da raça 7 no interior do Estado do Paraná, em Paranavaí.

A raça 64 foi originada do isolado, obtido das folhas da cultivar Capixaba, encontrado principalmente no Espírito Santo – Brasil (Gonçalves-Vidigal et al., 2007) e de acordo com Rava et al., 1994 a raça 64 pertence ao grupo Mexicano I.

O preparo do inóculo seguiu a metodologia proposta por Cárdenas et al. (1964), que consiste na multiplicação dos esporos de cada isolado de *C. lindemuthianum* em tubos de ensaio contendo vagens (8 a 10 cm) parcialmente imersas (1 a 2 cm) em meio ágar-água esterilizadas, em autoclave, por 40 minutos a 120°C. Após a repicagem do isolado para as vagens, as mesmas foram incubadas por 14 dias a 20°C, em câmara de crescimento (B.O.D.), para esporulação do patógeno.



### **3.6. Inoculação e incubação**

Decorrido o período necessário para o desenvolvimento do fungo, foi realizada a retirada das vagens dos tubos. A seguir, com o auxílio de uma pinça, as vagens foram colocadas em um becker contendo água destilada esterilizada para obtenção de esporos. Com a finalidade de se obter uma suspensão líquida contendo somente esporos, tal suspensão foi filtrada através de uma camada dupla de gaze.

Na determinação da concentração de esporos de cada isolado do patógeno foram efetuadas cinco contagens em microscópio, com o auxílio do hematocítômetro (câmara de Neubauer-Preciss). Após a contagem, a suspensão de esporos foi ajustada à concentração aproximada de  $1,2 \times 10^6$  esporos  $\text{mL}^{-1}$  de água destilada esterilizada.

A seguir, procedeu-se a inoculação de progenitores e plantas  $F_2$  oriundas dos cruzamentos. Para tanto, as bandejas contendo as plantas que se encontravam com a primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida (aproximadamente 14 dias após o plantio), foram transferidas para câmara de nevoeiro com temperatura de aproximadamente  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , onde se procedeu a inoculação. Esse procedimento foi realizado por meio da utilização de um atomizador De Vilbiss, número 15, adaptado com um reservatório para a suspensão de esporos, nebulizando-se nas faces abaxial e adaxial das folhas, a partir da adaptação do método empregado por Cárdenas et al. (1964).

Após a inoculação, as plântulas foram mantidas na mesma câmara por 72 horas, controlando-se a luminosidade (12 h de iluminação de 680 lux / 12 h de escuro) e com aproximadamente 100% de umidade relativa. Após o período de incubação, as plantas foram transferidas para bancadas, em ambiente apropriado, com temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , sob luz artificial, onde permaneceram até realização das avaliações.

### **3.7. Avaliação dos sintomas**

A avaliação visual dos sintomas em cada plântula foi realizada aproximadamente 10 dias após a inoculação, utilizando-se a escala de severidade

proposta por Balardin et al. (1990), cujos valores variaram de 1 a 9, em plantas individuais, conforme descrito abaixo:

- 1 - ausência de sintomas;
- 2 - até 1% da nervura apresentando manchas necróticas, perceptíveis somente na face inferior das folhas;
- 3 - maior frequência de sintomas foliares descrita no grau anterior, até 3% das nervuras afetadas;
- 4 - até 1% das nervuras apresentando manchas necróticas, perceptíveis em ambas as faces das folhas;
- 5 - maior frequência dos sintomas foliares descrita no grau anterior, até 3% das nervuras afetadas;
- 6 - manchas necróticas nas nervuras, perceptíveis em ambas as faces das folhas, e presença de algumas lesões em talos, ramos e pecíolos;
- 7 - manchas necróticas na maioria das nervuras e em grande parte do tecido mesofílico adjacente, que se rompe. Presença de abundantes lesões no talo, ramos e pecíolos;
- 8 - manchas necróticas em quase todas as nervuras, muito abundante em talos, ramos, pecíolos, ocasionando rupturas, desfolhação e redução do crescimento das plantas;
- 9 - maioria das plantas mortas.

As plantas que receberam notas de 1 a 3 foram consideradas resistentes enquanto plantas com notas de 4 a 9 foram consideradas suscetíveis.

### **3.8. Análise estatística dos dados**

A partir dos dados obtidos pelas segregações nas populações F<sub>2</sub> dos fenótipos de resistência e suscetibilidade, com auxílio do recurso computacional do Programa Genes (Cruz, 2001), foi realizada a análise genético-estatística, por meio da aplicação do teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ).

## 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Teste de Herança da Resistência

O teste de herança da resistência teve por objetivo obter informação a respeito da herança da resistência à raça 7 de *C. lindemuthianum* no cruzamento entre a linhagem MSU 7-1 (R) e a cultivar diferenciadora MDRK (S).

O resultado das segregações da população F<sub>2</sub>, obtidas do cruzamento entre MSU 7-1 x MDRK, para a realização do teste de herança da resistência está representado no (Quadro 4). As proporções observadas ajustaram-se a razão de segregação de 15R:1S, na população F<sub>2</sub> deste cruzamento, demonstrando que a resistência à raça 7 é conferida por dois genes dominantes presentes em MSU 7-1 (*Co-5* e *Co-7*).

Na cultivar Andina MDRK o gene *Co-1* (Burkholder, 1918) não atua no processo de resistência à antracnose frente à raça 7, demonstrando suscetibilidade a essa raça fisiológica de *Colletotrichum lindemuthianum*. Logo, esse resultado indica que dois genes dominantes, presentes na linhagem MSU 7-1, são responsáveis pela resistência à raça 7 de *C. lindemuthianum* nesse cruzamento. Resultado similar foi obtido por Gonçalves-Vidigal et al. (1997), no estudo da herança da resistência, na população F<sub>2</sub>, do cruzamento entre PI 207262 x MDRK, inoculada com a raça delta a proporção de segregação ajustou-se a uma razão de 15R:1S, demonstrando a presença de dois genes dominantes presentes em PI 207262 e que o gene de MDRK não atua nessa reação.

Por sua vez Pathania et al. (2006), em estudo para avaliação de fontes de resistência e herança em feijoeiro roxo indiano ao *C. lindemuthianum*, utilizando a raça 515, nas populações F<sub>2</sub> dos cruzamentos Jawala x G 2333 e Kanchan x G 2333 obtiveram uma proporção de segregação 15R:1S sugerindo que a resistência em G 2333 a raça indiana 515 é controlada por dois genes dominantes independentes com efeito idêntico. O gene *Co-5* também está presente na cultivar TU (Kelly e Vallejo, 2004), a qual é suscetível à raça 515, demonstrando que o gene *Co-5* teve sua resistência quebrada em ambas cultivares.

Embora a resistência da cultivar G2333 à antracnose tenha sido testada e confirmada por Pastor-Corrales (1994a) e Young et al. (1998). A referida cultivar

apresentou suscetibilidade às raças 3481 e 3545 da Costa Rica e Argentina, as quais são virulentas aos genes *Co-4*<sup>2</sup>, *Co-5* e *Co-7*. Entretanto, a cultivar TU é resistente a essas raças demonstrando interação entre estes genes (Mahuku e Riascos, 2004). Deste modo, alguns trabalhos utilizando G 2333 relatam que genes duplos são responsáveis pela resistência à antracnose (Cardenas et al., 1964; Muhalet et al., 1981; Young e Kelly, 1996b).

Quando se compara o resultado obtido dos cruzamentos entre a linhagem MSU 7-1 com as cultivares Andinas (Michigan Dark Red Kidney, e Widusa), no teste herança utilizando a raça 7 de *C. lindemuthianum*, verificou-se que somente a cultivar MDRK foi suscetível (Quadro 4).

Quadro 4 - Herança da resistência – segregação 15R:1S na população F<sub>2</sub> do cruzamento entre MSU 7-1 x MDRK (raça 7)

Cruzamento MSU 7-1 x ( <i>Co-5</i> e <i>Co-7</i> )	Raça	Gene de Resistência	Proporção Observada		Proporção Esperada	$\chi^2$	Probabilidade
			R <sup>a</sup>	S <sup>b</sup>	R:S		
MDRK <sup>*</sup>	7	<i>Co-1</i>	81	5	15:1	0,028	0,87

<sup>a</sup>R = Resistente; <sup>b</sup>S = Suscetível; Michigan Dark Red Kidney<sup>\*</sup>

A partir dos dados obtidos, pode-se afirmar que os genes presentes na reação de resistência do cruzamento MSU 7-1 x MDRK frente à raça 7 de *C. lindemuthianum* estão presentes na linhagem MSU 7-1 (*Co-5* e *Co-7*).

O resultado do teste do qui-quadrado, aplicado aos dados obtidos desse cruzamento, comprovaram a hipótese da presença de dois genes dominantes presentes nas reações de resistência à antracnose.

#### 4.2. Teste de Alelismo

Com o objetivo de testar a independência entre os genes previamente caracterizados presentes na linhagem MSU 7-1 foram realizados testes de alelismo. Nos cruzamentos obtidos entre MSU 7-1 e as cultivares Widusa, Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TU, AB 136, G2333, linhagem H1, Ouro Negro e

Michelite utilizou-se a raça 7 e entre MSU 7-1 x Jalo Vermelho e entre MSU 7-1 x Jalo de Listras Pretas foi utilizada a raça 64 de *C. lindemuthianum*.

O teste de alelismo foi realizado nos cruzamentos onde ambas cultivares envolvidas apresentaram reação de resistência as raças 7 e 64 de *C. lindemuthianum*.

Os resultados dos testes de alelismo das doze populações F<sub>2</sub>, oriundas dos cruzamentos entre a linhagem MSU 7-1 e as cultivares Widusa, Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TU, AB 136, G2333, linhagem H1, Ouro Negro, Michelite, Jalo Vermelho (JV) e Jalo Listras Pretas (JLP) estão apresentados no Quadro abaixo.

Quadro 5 - Teste de alelismo para caracterização genética da resistência em MSU 7-1. Reação das treze populações F<sub>2</sub> às raças 7 e 64 de *Colletotrichum lindemuthianum*

Cruzamentos MSU 7-1 x	Raça	Gene de Resistência	Proporção Observada		Proporção Esperada R:S	$\chi^2$	Probabilidade
			R <sup>a</sup>	S <sup>b</sup>			
Widusa	7	<i>Co-1</i> <sup>5</sup>	140	5	63:1	0,033	0,67
Cornell 49-242	7	<i>Co-2</i>	118	2	63:1	0,008	0,93
México 222	7	<i>Co-3</i>	125	0	-	-	-
PI 207262	7	<i>Co-9/Co-3</i> <sup>3</sup> , <i>Co-4</i> <sup>3</sup>	165	0	-	-	-
TU	7	<i>Co-5</i>	154	0	-	-	-
AB 136	7	<i>Co-6</i>	94	1	63:1	0,161	0,69
G 2333	7	<i>Co-5, Co-7</i>	156	0	-	-	-
H1	7	<i>Co-7</i>	110	0	-	-	-
Ouro Negro	7	<i>Co-10</i>	166	2	63:1	0,151	0,70
Michelite	7	<i>Co-11</i>	147	6	63:1	0,553	0,20
JV <sup>d</sup>	64	<i>Co-12</i>	94	7	15:1	0,079	0,78
JLP <sup>e</sup>	64	<i>Co-13</i>	143	9	15:1	0,028	0,87

<sup>a</sup>R = Resistente; <sup>b</sup>S = Suscetível; <sup>c</sup>JV = Jalo Vermelho; <sup>d</sup>JLP = Jalo Listras Pretas

Nas populações  $F_2$  oriundas dos cruzamentos entre MSU 7-1 x Widusa, Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TU, AB 136, G2333, linhagem H1, Ouro Negro, Michelite, Jalo Vermelho (JV) e Jalo Listras Pretas (JLP) quando inoculadas, separadamente, com a raça 7 apresentaram segregação ajustada à razão de 63R:1S, em todos os cruzamentos, evidenciando a presença de três genes dominantes independentes para cada cruzamento, sendo dois genes presentes em MSU 7-1 (*Co-5* e *Co-7*) e um gene em cada cultivar utilizada: *Co-1<sup>5</sup>* (Widusa), *Co-2* (Cornell 49-242), *Co-6* (AB 136), *Co-10* (Ouro Negro) e *Co-11* (Michelite), indicando a independência desses genes.

Resultados semelhantes foram observados por Alzate-Marin et al. (2007) nos cruzamentos entre PI 207262 x Cornell 49-242 e PI 207262 x TU, os quais indicaram que os genes de resistência *Co-2* de Cornell 49-242 e *Co-5* de TU são independentes dos dois genes presentes em PI 207262.

De acordo com o exposto os resultados observados neste trabalho corroboram com os dados encontrados por Vidigal (1994) em estudos de alelismo, nas populações derivadas dos cruzamentos entre PI 207262 x MDRK e PI 207262 x Cornell 49-242 onde a segregação, também, ajustou-se a razão de 63R:1S.

Por sua vez, os testes de alelismo realizados nas duas populações  $F_2$  derivadas dos cruzamentos entre MSU 7-1 e as cultivares Jalo Vermelho (JV) e Jalo Listras Pretas (JLP), quando inoculadas com a raça 64 de *C. lindemuthianum*, apresentaram segregações que se ajustaram a uma razão de 15R:1S. Fato que indica a presença de dois genes de resistência, sendo um deles o gene *Co-5* em MSU 7-1 e o outro o *Co-12* em Jalo Vermelho ou *Co-13* em Jalo Listras Pretas. É importante ressaltar que neste cruzamento a linhagem MSU 7-1 demonstrou a presença de apenas um gene, uma vez que a resistência do gene *Co-7/Co-3* é superada pela raça 64 (Gonçalves-Vidigal, 2008c).

De modo semelhante, Young et al. (1998) obtiveram uma segregação de 15R:1S quando inocularam uma população  $F_2$  derivada do cruzamento entre SEL 1360 e G2333, ambas portadoras do gene *Co-5*, com a raça 1545 de *C. lindemuthianum* demonstrando que dois alelos independentes controlam a resistência à estas raças.

Melotto e Kelly (2000) verificaram a proporção de segregação de 15R:1S na população  $F_2$  derivada do cruzamento entre Cornell 49-242 x Kaboon,

utilizando a raça 7 de *C. lindemuthianum* e nos cruzamentos Kaboon x MDRK, FM M38 x Kaboon, Perry Marrow x Kaboon, MDRK x Perry Marrow usando a raça 73 de *C. lindemuthianum*. A proporção 15R:1S sugeriu a presença de dois genes independentes, sendo um o gene *Co-2* de Cornell 49-242 e o outro gene alélico ao *Co-1* de MDRK, denominado *Co-1*<sup>2</sup> em Kaboon.

Assim como Gonçalves-Vidigal et al. (2008c) ao analisarem populações F<sub>2</sub>, inoculadas com a raça 7, afirmaram que MSU 7-1, México 222, PI 207262, e BAT 93 possuem um mesmo locus de resistência à raça 7 de *C. lindemuthianum*.

No presente trabalho os resultados observados no cruzamento entre a linhagem MSU 7-1 com as cultivares México 222, PI 207262, TU, G 2333 e a linhagem H1, inoculadas separadamente, com a raça 7 de *C. lindemuthianum* apresentaram ausência de segregação indicando a presença de alelismo. Consequentemente, nas 125 plantas F<sub>2</sub> do cruzamento entre MSU 7-1 x México 222 e nos 105 indivíduos F<sub>2</sub> do cruzamento MSU 7-1 x PI 207262, inoculados com a raça 7 os dados sugerem que o gene *Co-7* presente em MSU 7-1 é alélico ao locus *Co-3*.

Bannerot (1965) foi quem primeiro identificou o gene *Co-3* de resistência à *C. lindemuthianum* em feijoeiro comum, originalmente denominado *Mexique I* no genótipo México 222. A resistência originou-se de germoplasma mexicano, a origem específica não é conhecida. A resistência mostrou independência do loco *Co-1* (Young e Kelly, 1997b) e no gene *Co-2* (Bannerot et al., 1971; Fouilloux, 1976) e somente dois locos independentes foram identificados nessa época.

Um segundo alelo no loco *Co-3*, denominado *Co-3*<sup>2</sup>, presente no genótipo México 227 (agora extinto) foi reportado por (Fouilloux, 1976; Fouilloux, 1979). Este loco *Co-3*<sup>2</sup> foi um dos primeiros locos a condicionar resistência à antracnose onde alelos foram descritos. O segundo alelo em México 227 não foi totalmente caracterizado. Entretanto, de acordo com (Fouilloux, 1979) este segundo alelo demonstrou atividade fraca quando comparado ao primeiro. Sendo superado pela raça 31 (kappa, ebnet), entretanto o gene *Co-3* em México 222 foi resistente (Hallard e Trebuchet, 1976). Outros alelos ao loco *Co-3* foram recentemente caracterizados em BAT 93 e PI 207262 (Rodríguez-Suárez et al., 2004). Vale ressaltar que marcadores não foram identificados para este loco.

Young et al. (1998) foram os primeiros a descrever o loco *Co-7*, um terceiro gene independente na cultivar diferenciadora G 2333, para total

caracterização do gene *Co-7*, uma linhagem híbrida SEL 111 foi identificada como resistente à raça 521 (que supera *Co-5*), mas sem o gene *Co-4*<sup>2</sup> (ausência do marcador SAS13). Até o presente momento, marcadores genéticos e a localização do alelo *Co-7* no mapa genético são desconhecidos. O maior gene de resistência entre os três genes presentes em G 2333 é o *Co-4*<sup>2</sup> (Alzate-Marin et al., 2001a; Silvério et al., 2002; Young et al., 1998), sugerindo que o gene *Co-7* pode não ter uma ampla eficácia na resistência gênica. O gene não é recomendado como fonte de resistência a raças de antracnose.

Os resultados deste trabalho divergem do exposto acima, com relação ao espectro de resistência conferido pelo gene *Co-7*, uma vez que nos cruzamentos entre MSU 7-1 x G 2333 não houve segregação na população F<sub>2</sub>, sugerindo que a linhagem MSU 7-1 possui os genes de resistência independentes *Co-5* e *Co-7*, por tanto a resistência de MSU 7-1 a raça 7 é conferida pelo gene *Co-7* de G 2333.

Geffroy et al., (1999) descreveram primeiramente o gene *Co-9* no genótipo BAT 93, o qual confere resistência a quatro raças de antracnose incluindo a raça Andina 38, altamente virulenta, adicionalmente, BAT 93 é resistente a mais de 30 raças de origem colombiana, e também, a raça 89 (alfa-Brazil), a raça Kappa (raça 31), Jota, Lambda-mutantes oriundas da Europa, mas é suscetível a raça C236 (raça 141). A resistência em BAT 93 é provida por um dos genes de resistência a antracnose presentes na cultivar diferenciadora PI 207242, um dos quatro parentais de BAT 93 (Rodríguez et al., 1995). A presença de um marcador SCAR ligado ao gene *Co-9* em BAT 93 e PI 207242 confirmam a presença do gene *Co-9* em BAT 93 originado de PI 207242 (Mendez-Vigo et al., 2002).

Desta forma, considerando-se que PI 207262 possui dois genes de resistência, sendo um deles o *Co-9/Co-3*<sup>3</sup>, a ausência de segregação no cruzamento MSU 7-1 x PI 207262 reforça a hipótese de que o gene *Co-7* em MSU 7-1 esteja no mesmo loco do gene *Co-3* de México 222 e do gene *Co-9/Co-3*<sup>3</sup> de PI 207262, ou seja, é alélico ao gene *Co-3*. Estes dados são reforçados devido ao fato que os genes *Co-9* e *Co-3* foram mapeados por (Freyre et al., 1998) estando muito próximos e no mesmo bloco de ligação B4 no mapa genético de feijoeiro comum (Rodríguez-Suárez et al., 2004). Os dados do presente trabalho, são semelhantes aos obtidos por Lima et al. (2008) que ao cruzarem a



linhagem H1 x México 222 concluíram que os genes *Co-7* e *Co-3* são alelos do mesmo gene.

Conforme Kelly e Vallejo (2004), em cruzamento entre PI 207262 x México 222, constataram que PI 207262 carrega somente dois genes de resistência, *Co-4* e *Co-3/Co-9*, e concluíram também, que a resistência a raça 23 em México 222 deveria ser conferida por um gene diferente de *Co-3/Co-9*. Existem algumas evidências que México 222 possui dois genes que conferem resistência a raça 7, este fato pode indicar a existência de um terceiro locus em PI 207262, conferindo a resistência a raça 23.

Rodríguez-Suárez (2008), testando a resistência as raças 19, 31, 38, 65, 73, 102 e 449 de *C. lindemuthianum* em famílias F<sub>3</sub> derivadas do cruzamento da cultivar diferenciadora México 222 (resistente a raças 19, 31 e 38) e Widusa (resistente as raças 38, 65, 73, 102 e 449) os resultados da segregação indicaram que a resistência as raças 19, 31 e 38, presente em México 222, é conferida por um gene simples dominante correspondendo ao locus *Co-3/Co-9* previamente descrito.

A falta de segregação evidenciada no cruzamento entre a cultivar TU e a linhagem MSU 7-1 demonstra que estas possuem alelos de um mesmo locus, ou seja, ambos possuem o gene *Co-5*. Dados semelhantes foram encontrados por Vallejo (2007) (comunicação pessoal).

A ausência de segregação entre 105 plantas F<sub>2</sub> do cruzamento entre as cultivares MSU 7-1 e G 2333, inoculadas com a raça 7 de *C. lindemuthianum*, indicou a presença de alelismo. Evidenciando que a linhagem MSU 7-1 e a cultivar G 2333 possuem alelos de um mesmo locus, sugerindo que, ambas possuem os genes *Co-5* e *Co-7*.

A linhagem mexicana G 2333, que apesar de possuir características agrônomicas indesejáveis a condições de cultivo do Brasil, possui uma pirâmide com três alelos de resistência a *C. lindemuthianum* (*Co-4*<sup>2</sup>, *Co-5* e *Co-7*) que conferem resistência a todas as raças deste patógeno identificadas no Brasil, sendo que, por esse motivo, o alelo mais importante é o *Co-4*<sup>2</sup> (Rava et al., 1994; Young et al., 1998).

Apesar da grande quantidade de informação na literatura sobre diferentes alelos de resistência, são raras as referências ao gene *Co-7* uma dos motivos é que este alelo foi originalmente identificado na cultivar G 2333 juntamente com

*Co-4*<sup>2</sup>, o qual confere resistência ao número muito grande de raças de *C. lindemuthianum* e praticamente encobre o seu efeito (Pastor-Corrales et al., 1994a).

Embora a cultivar G 2333 não seja adequada agronomicamente por ter características fenotípicas indesejáveis, os seus alelos de resistência podem ser eficientemente usados através do seu cruzamento com parentais superiores que podem ser empregados como recorrentes em um programa de retrocruzamento (Pereira e Bosco, 2004).

No cruzamento entre MSU 7-1 x H1 foram inoculadas 110 plantas F<sub>2</sub> com a raça 7 de *C. lindemuthianum* cujos resultados observados indicaram presença de alelismo. A falta de segregação comprovou que a linhagem H1 e a linhagem MSU 7-1 possuem alelos de um mesmo locus, evidenciando que possuem o gene *Co-7*.

Do mesmo modo, no teste de alelismo realizado por Méndez-Vigo (2005) não foi observada segregação nas populações F<sub>2</sub> derivadas do cruzamento entre A1220 x A1231, sugerindo que os genes dominantes, nestas duas linhagens, estão localizados no mesmo loco. E, a não segregação também observada, nas populações F<sub>2</sub> dos cruzamentos: A1220 x México 222, A1220 x PI 207262, A1220 x BAT93, A1231 x México 222, A1231 x PI 207262 e A1231 x BAT93, indica que o gene dominante nas linhagens A1220 e A1231 estão localizados no mesmo locus dos genes de resistência de México 222, PI 207242 e de BAT 93.

Múltiplos alelos foram descritos para *Co-1*, *Co-3* e *Co-4* (Kelly e Vallejo, 2004). Um alelo do loco *Co-4*, denominado *Co-4*<sup>2</sup>, é considerado por ter um amplo espectro de resistência quando comparado com outros genes de resistência e é derivado da cultivar diferenciadora G 2333 (Balardin e Kelly, 1998), a qual possui os genes *Co-7* e *Co-5* (Alzate-Marin et al., 2001a e Young et al., 1998).

Por sua vez, a ausência de segregação observada nas gerações F<sub>2</sub> dos cruzamentos entre MSU 7-1 x México 222 e MSU 7-1 x PI 207262, quando inoculadas com a raça 7, evidencia que a linhagem MSU 7-1 possui os genes *Co-5* e *Co-7/Co-3*. O gene *Co-7*, que está presente em G 2333 e na linhagem MSU 7-1, bem como, o gene *Co-3* presente em México 222 não são genes distintos, portanto, pertencem ao mesmo loco.

## 5.CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, a ausência de segregação entre o cruzamento da linhagem MSU 7-1 x TU inoculadas com a raça 7 de *C. lindemuthianum*, conclui-se que a linhagem MSU 7-1 e a cultivar TU possuem alelos em um mesmo loco, ou seja, ambos possuem o gene *Co-5*.

Adicionalmente, a ausência de segregações nas gerações F<sub>2</sub> dos cruzamentos entre MSU 7-1 e as cultivares México 222 e PI 207262, demonstra que o gene (*Co-7*) presente em MSU 7-1 e o gene *Co-3* em México 222 é um alelo no loco *Co-3/Co-9*, ou seja, pertencem ao mesmo loco.

## 6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM-BLONDON, A.F.; SÉVIGNAC, H.; BANNEROT, H.; DRON, M. SCAR, RAPD and RFLP markers linked to dominant gene (ARE) conferring resistance to anthracnose in common bean. **Theoretical and Applied Genetics**, 88:865-870, 1994.

ALZATE-MARIN, A.L.; BAIA, G.S.; PAULA JÚNIOR., T.J.; CARVALHO, G.A.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Inheritance of anthracnose resistance in common bean differential cultivar AB 136. **Plant Disease**, 81:996-998, 1997.

ALZATE-MARIN, A.L.; MENARIM, H.; BAÍA, G.S.; PAULA Jr., T.J.; de SOUZA, K.A.; COSTA, M.R.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Inheritance of a anthracnose resistance in the common bean differential cultivar G 2333 and identification of a new molecular marker linked to the *Co-4<sup>2</sup>* gene. **Journal of Phytopathology**, 149: 259-264, 2001a.

ALZATE-MARIN, A.L.; ALMEIDA, K.S.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Identification of a recessive gene conferring resistance to anthracnose in common bean lines derived from the differential cultivar AB 136. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 44:117-118, 2001b.

ALZATE-MARIN, A.L.; COSTA, M.R.; ARRUDA, K.M.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Characterization of the anthracnose resistance gene present in Ouro Negro (Honduras 35) common bean cultivar. **Euphytica**, 133:165-169, 2003a.

ALZATE-MARIN, A.L.; ARRUDA, K.M.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Allelism studies for anthracnose resistance genes of common bean cultivar AND 277. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 46:173-174, 2003b.

ALZATE-MARIN, A.L.; MORAIS SILVA, M.G.; OLIVEIRA, E.J.; MOREIRA, M.A.; BARROS; E.G. Identification of the second anthracnose resistant gene present in the common bean cultivar PI 207262. **Annual Report. Bean Improvement Cooperative**, 46:177-178. 2003c.

ALZATE-MARIN, A.L.; Sartorato, A. Analysis of the pathogenic variability of *Colletotrichum lindemuthianum* in Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 47:241-242, 2004.

ALZATE-MARIN, A.L.; SOUZA, K.A.; SILVA, M.G.M.; OLIVEIRA, E.J.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Genetic characterization of anthracnose resistance genes *Co-4<sup>3</sup>* and *Co-9* in common bean cultivar Tlalnepantla 64 (PI 207262), **Euphytica**, 154:1-8, 2007.

ANDRADE, E.M.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A. Variabilidade patogênica de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* de algumas regiões brasileiras. In:

Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão-RENAFE, Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 242-244. (Documento 99).

ANDRUS, C.F.; WADE, B.L. The factorial interpretation of anthracnose resistance in beans. **Technical Bulletin**, U.S.D.A., 1942. 29p.

ARAÚJO, I.D. de. Identificação da raça alfa do *Colletotrichum lindemuthianum* e a reação de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 8:59-162, 1973.

ARAYA, C.M. Coevolución de interacciones hospedante-patógeno em frijol común. **Fitopatologia Brasileira**, 28:221-228, 2003.

ARRUDA, M.C.; ALZATE-MARIN, A.L.; CHAGAS, J.M.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Identification of random amplified polymorphic DNA markers linked to the Co-4 resistance gene to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean. **Phytopathology**, 90:758-761, 2000.

AWALE, H.E.; KELLY, J.D. Development of SCAR markers linked to *Co-4*<sup>2</sup> gene in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 44:119-120, 2001.

BALARDIN, R.S.; PASTOR-CORRALES, M.A. Reação de germoplasma de *Phaseolus vulgaris* a nove raças de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Fitopatologia Brasileira**, 15:269-273, 1990.

BALARDIN, R.S.; PASTOR-CORRALES, M.A.; OTOYA, M.M. Variabilidade patogênica de *Colletotrichum lindemuthianum* no Estado de Santa Catarina. **Fitopatologia Brasileira**, 15:243-245, 1990.

BALARDIN, R.S.; JAROSZ, M.; KELLY, J.D. Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central, and North America. **Phytopathology**, 87:1184-1191, 1997.

BALARDIN, R.S.; KELLY, J.D. Interaction among races of *Colletotrichum lindemuthianum* and diversity in *Phaseolus vulgaris*. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, 123:1038-1047, 1998.

BANNEROT, H. Résultats de l' infection d'une collection de haricots par six races physiologiques d'anthracnose. **Annales de Amélior des Plantes**, 15:201-222, 1965.

BANNEROT, H. ;DERIEUX, M. ; FOUILLOUX, G. Mise en évidence d'un second gene de résistance totale a l'anthracnose chez le haricot. **Annales de Amélior des Plantes**, 21:83-85, 1971.

BARRUS, M.F. Variations of varieties of beans in their susceptibility to anthracnose. **Phytopathology**, 1:190-199, 1911.

BARRUS, M.F. Varietal susceptibility of beans to strains of *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) B. C. **Phytopathology**, 8:589-614, 1918.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A.C.; CARNEIRO, S.M.T.P.G. Doenças do **Feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.). In: KIMATE, H. (Ed.) **Manual de fitopatologia**. São Paulo, Agronomica Ceres, 4º edição. 2005. p.333-354.

BONETT, L.P.; SCHEWE, I.; SILVA, L.I. Variabilidade de *Colletotrichum lindemuthianum* em feijoeiro comum no oeste do Estado do Paraná. *Scientia Agraria*, Curitiba, 9:207-210, 2008.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547p.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA Jr., T.J.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**, Viçosa: UFV, 1998. 14-53p.

BURKHOLDER, W.H. The production of an anthracnose resistant white marrow bean. **Phytopathology**, 8:353-359, 1918.

BURKHOLDER, W.H. The gama strain of *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.). **Phytopathology**, 13:316-323, 1923.

CAMARGO JÚNIOR, O. **A identificação de recombinantes de *Glomerella cingulata* f. sp. *Phaseoli* por meio de marcadores RAPD**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 60p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

CAMPA, A., RODRÍGUEZ-SUÁREZ, C.; PAÑEDA, A.; GIRALDEZ, R.; FERREIRA, J.J. The bean anthracnose resistance gene *Co-5*, is located in linkage group B7. **Annual Report Bean Cooperative**, 48:68-69, 2005.

CÁRDENAS, F.; ADAMS, M.W.; ANDERSEN, A. The genetic system for reaction of field beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to infection by three physiologic races of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Euphytica**, 13:178-186, 1964.

CASTRO, J.L.de; ITO, M.F.; MARINGONI, A.C.; BALARDIN, R.S. Desafios ao controle de doenças na cultura de feijoeiro nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. In: **6º Seminário sobre pragas, doenças e plantas daninhas do feijoeiro** / (coord.) ITO, M.F.; STEIN, C.P. Campinas: Instituto Agronômico, 2007.

CHAVES, G. La Antracnosis. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. (Eds.). **Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris***. Cali: CIAT, 1980.

CIPRIANO, R. **O sucesso da soja e do feijão tropical**. **Biociência, Ciência & Desenvolvimento**. 2006. Disponível em: <<http://www.biociencia.com.br/bionoticias/noticia.asp?id=1914>>. Acesso em: 19, outubro, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA – CONAB 2007/2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>

//www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/boletim12\_safra.pdf. Acesso em: 8, agosto, 2008.

CORREËA, R.X.; COSTA, M.R.; GOOD-GOD, P.I.; RAGAGNIN, V.A; FALEIRO, F.G.; MOREIRA, M.A.;BARROS, E.G. Sequence characterized amplified regions linked to rust resistance genes in the common bean. **Crop Science**, 40:804-807, 2000.

COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A. Reação de acessos de feijoeiro comum à antracnose, mancha-angular e crestamento bacteriano comum. **Fitopatologia Brasileira**, 29 (Suplemento), 2004. p.63.

CRUICKSHANK, I.A.M. Strain of *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) in Eastern Australia. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, 32:134-135, 1966.

CRUZ, C. D. **Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001, 648p.

DAMASCENO E SILVA, K.J.; SOUZA, E.A.; ISHIKAWA, F.H. Characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from the State of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Phytopathology**, 155:241-247, 2007.

FAO. **Faostat database gateway**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 03, Julho, 2007.

FOUILLLOUX, G. **L'antracnose du haricot**: etude des relations entre les pathotypes anciens et nocauses. Etude de nouvelles sources de résistance totale. In: Reunion eucarpia haricot, versailles: Centre National de Recherches Agronomiques, 1975, p. 81-92.

FOUILLLOUX, G. Bean anthracnose. New genes of resistance. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 19:36-37, 1976.

FOUILLLOUX, G. New races of bean anthracnose and consequences on our breeding programs. In: International symposium on diseases of tropical food crops. Louvain la Neuve, 1978. **Proceedings...** Louvain la Neuve: Université Catholique de Louvain, 1979. p.221-235.

FREYRE, R.; SKROCH, P.W; GEFFROY, V.; ADAM-BLONDON, A.F.; SHIRMOHAMADALI, A.; JOHNSON, C.; LLACA, V.; NODARI, R.O.; PEREIRA, P.A.; TSAI, S.M.; TOHME, J.; DRON, M.; NIENHUIS, J.; VALLEJOS, C.E.; GEPTS, P. Towards an integrated linkage map of common bean. 4. Development of a core linkage map and alignment of RFLP maps. **Theoretical and Applied Genetics**. 97:847-856, 1998.

GEFFROY, D.; CREUSOT, F.; FALQUET, J.; SEVIGNAC, M. ; ADAM-BLONDON, A.F. ; BANNEROT, H.; GEPTS, P.; DRON, M. A family of LRR sequences at the Co-2 locus for anthracnose resistance in *Phaseolus vulgaris* and its potential use in marker-assisted selection. **Theoretical and Applied Genetics**, 96:494-502, 1998.

GEFFROY, V.; DELPHINE, S.; OLIVEIRA, J. C. F.; SÉVIGNAC, M.; COHEN, S.; GEPTS, P.; NEEMA, C.; LANGIN, T.; DRON, M. Identification of an ancestral resistance gene cluster involved in the coevolution process between *Phaseolus vulgaris* and its fungal pathogen *Colletotrichum lindemuthianum*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, 12:774-784, 1999.

GLASS, N.L.; RASMUSSEN, C.; ROCA, M.G.; READ, N.D. Hyphal homing, fusion and mycelial interconnectedness. **Trends of Microbiology**, 12:135-141, 2004.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.G. **Herança da Resistência às raças alfa, delta e capa de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 52p. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento).

GONÇALVES-VIDIGAL, CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C.; SARAIVA, L.S. Inheritance of anthracnose resistance in common bean genotypes PI 207262 and AB 136. **Brazilian Journal of Genetics**, 20:59-62, 1997.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; KELLY, J. D; VALLEJO, V.A. Characterization of the anthracnose resistance in the differential cultivar Widusa. **Annual report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing-MI-USA, 46:175-176, 2003.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; KELLY, J.D. Inheritance of anthracnose resistance in the common bean cultivar Widusa. **Euphytica**, 151:411-419, 2006.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; SILVA, C.R.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONELA, A.; KVITSCHAL, M.V. Allelic relationships of anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) resistance in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Michelite and the proposal of a new anthracnose resistance gene, *Co-11*. **Genetics and Molecular Biology**, 30:598-596, 2007.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; LACANALLO, G.F.; VIDIGAL FILHO, P.S.; A new gene conferring resistance to anthracnose in Andean common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar 'Jalo Vermelho'. **Plant Breeding**, (v. prelo), 1-5, 2008a.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; MEDEIROS, A.F.; PASTOR-CORRALES, M.A. Common bean landrace Jalo Listras Pretas is the source of a new Andean anthracnose resistance gene. **Journal of Agronomy and Crop Science**, (v. prelo), 1-5, 2008b.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; PERIOTO, P.S.; VIDIGAL FILHO, P.S.; ANDRADE, C.A.B.; KVITSCHAL, M.V. Inheritance and allelic relationships of anthracnose resistance in common bean Mexico 222. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 51:96-97, 2008c.

GONELA, A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SANSIGOLO, A.L.; THOMAZELLA, C.; MIZUTANI, R.H. Variabilidade patogênica de *Colletotrichum lindemuthianum* em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) no



Estado do Paraná. In: IX CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM FEIJÃO. Campinas, 2008. **Resumos Expandidos...** Campinas: IAC, 2008, p.629-632.

GONZÁLEZ, M.; RODRÍGUEZ, R.; ZAVALA, M.E.; JACOBO, J.L; HERNÁNDEZ, F.; ACOSTA, J.; MARTINEZ, O.; SIMPSON, J. Characterization of Mexican isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* by using differential cultivars and molecular markers. **Phytopathology**, 88:292-299, 1998.

GOTH, R.W.; ZAUMEYER, W.J. Reaction of bean varieties to four races of anthracnose. **Plant Disease Reporter**, 49:815-818, 1965.

HABGOOD, H. Designation of physiological races of plant pathogens. **Nature**, 227:1267-1269, 1970.

HALLARD, J.; TREBUCHET, G. Bean anthracnose in Western Europe. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 19:44-46, 1976.

HE, C.; RUSU, A.G.; POPLAWSKI, A.M.; IRWIN, J.A.G.; MANNERS, J.M. Transfer of a supernumerary chromosome between vegetatively incompatible biotypes of the fungus *Colletotrichum gloeosporioides*. **Genetics**, 150:1459-1466, 1998.

HUBBELING, N. Selection for resistance to anthracnose particularly in respect to the "ebnet" race of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 19:49-50, 1976.

KELLY, J.D.; AFANADOR, L.; CAMERON, L.S. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Michigan and implications in dry bean resistance breeding. **Plant Disease**, 78:892-894, 1994.

KELLY, J.D.; YOUNG, R.A. Proposed symbols for anthracnose resistance genes. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 39:20-24, 1996.

KELLY, J.D.; GEPTS, P.; MIKLAS, P.N.; COYNE, D.P. Tagging and mapping of genes and QTL and molecular marker-assisted selection for traits of economic importance in bean and cowpea. **Field Crops Research**, 82:135-154, 2003.

KELLY, J.D., VALLEJO, V.A. A comprehensive review of the major genes conditioning resistance to anthracnose in common bean. **HortScience** 39:1196-1207, 2004.

KIMATI, H. Doenças do feijoeiro – *Phaseolus vulgaris*. In: GALLI, F (eds). **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980. p. 297-318

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de fitopatologia – doenças de plantas cultivadas**. 3ª Edição. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda, 1997. 774p.

KRÜGER, J.; HOFFMAN, G.M., HUBBELING, N. The kappa race of

*Colletotrichum lindemuthianum* and sources of resistance to anthracnose in *Phaseolus beans*. **Euphytica**, 26:23-25, 1977.

LACANALLO, G.F.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONELA, A.; Identificação de marcador RAPD ligado ao gene *Co-13* de resistência à antracnose do feijoeiro comum. In: IX CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM FEIJÃO. Campinas, 2008. **Resumos Expandidos...** Campinas: IAC, 2008, p.859-862.

LIMA, I.A.; SANTOS, J.B.dos.; RAMALHO, M.A.P. Are Common Bean *Co-3* and *Co-7* Resistant Alleles to Anthracnose The Same? **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 51:188-189, 2008.

MAHUKU, G.S.; JARA, C.; CAJIAO, C.; BEEBE, S. Sources of resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in the secondary gene pool of *Phaseolus vulgaris* and in crosses of primary and secondary gene pools. **Plant Disease**, 86:1383-1387, 2002.

MAHUKU, S.G.; RIASCOS, J.J. Virulence and molecular diversity within *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Andean and Mesoamerican bean varieties and regions. **European Journal of Plant Pathology**, 110:253-263, 2004.

MASTENBROEK, C. A breeding programme for resistance to anthracnose in dry shell haricot beans, based on a new gene. **Euphytica**, 9:177-184, 1960.

McDONALD, B.A.; LINDE, C. The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. **Euphytica**, 124:163-180, 2002.

McROSTIE, G. P. Inheritance of anthracnose resistance as indicated by a cross between a resistant and a susceptible bean. **Phytopathology**, 9:141-148, 1919.

MELOTTO, M.; KELLY, J.D. An allelic series at the *Co-1* locus conditioning resistance to anthracnose in common bean of Andean origin. **Euphytica**, 116:143-149, 2000.

MENEZES, J.R.; MOHAN, S.K.; BIANCHINI, A. Identificação de raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. no Estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CNPAF, 297-299, 1982.

MENEZES, J.R.; DIANESE, J.C. Race characterization of Brazilian isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* and detection of resistance to anthracnose in *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, 78:650-655, 1988.

MÉNDEZ-VIGO, B.; RODRÍGUEZ-SUÁREZ, C.; PAÑEDA, A.; GIRALDEZ, R.; FERREIRA, J.J. Development of a SCAR marker linked to *Co-9* in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 45:116-117, 2002.

MÉNDEZ-VIGO, B.; RODRÍGUEZ-SUÁREZ, C.; PAÑEDA, A.; FERREIRA, J.J.; GIRALDEZ, R. Molecular markers and allelic relationships of anthracnose resistance gene cluster B4 in common bean. **Euphytica**, 141:237-245, 2005.

MENDES-COSTA, M.C.; SOUZA, E.A. Genética de *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld & Schrenk f. sp. *Phaseoli*: caracterização genotípica. In: 51º CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, Águas de Lindóia, 2005. **Resumos...** Águas de Lindóia: CD-Room, 2005.

MIKLAS, P.N., V. STONE, M.J. DALY, J.R. STAVELY, J.R. STEADMAN, M.J. BASSETT, R. DELORME, AND J.S. BEAVER. Bacterial, fungal, and viral disease resistance loci mapped in a recombinant inbred common bean population ('Dorado'/XAN 176). **Journal of American Society for Horticultural Science**. 125:476-481, 2000.

MUHALET, C.S.; ADAMS, M.W.; SAETTLER, A.W.; GHADERI, A. Genetic system for reaction of field beans to beta, gamma and delta races of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Journal of American Society for Horticultural Science**, 106: 601-604, 1981.

OLIARI, L.; VIEIRA, C.; WILKINSON, R. E. Physiologic races of *Colletotrichum lindemuthianum* in the state of Minas Gerais, Brazil. **Plant Disease Reporter**, 57:870-872, 1973.

PARADELA FILHO, O.; ITO, M.F.; POMPEU, A.S. Novas raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc et Magn.) Scrib. **Summa Phytopathologica**, 7:20, 1981.

PARADELA FILHO, O.; ITO, M.F.; POMPEU, A.S. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, 17:181-187, 1991.

PASTOR-CORRALES, M.A.; TU, J.C. Antracnosis. In: SCHWARTZ, H.F.; PASTOR-CORRALES, M.A.; (eds.). **Bean production problems in the tropics**. 2º Edição. Cali: CIAT, 1994b. p. 77-104.

PASTOR-CORRALES, M.A. Estandarización de variedades diferenciales y designación de razas de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Phytopathology**, 81: 694, 1991.

PASTOR-CORRALES, M.A.; OTOYA, M.A.M.; MAYA, M.M. Diversidad de la virulencia de *Colletotrichum lindemuthianum* en Mesoamérica y la región Andina. **Fitopatología Colombiana**, 17:31-38, 1993.

PASTOR-CORRALES, M.A.; ERAZO, O.A.; ESTRADA, E.I.; SINGH, S.P. Inheritance of anthracnose resistance in common bean accession G 2333. **Plant Disease**, 78:959-962, 1994a.

PASTOR-CORRALES, M.A.; TU, J.C. Antracnosis. In: PASTOR-CORRALES, M.A.; SCHWARTZ, H.F. (eds.). **Problemas de producción del frijol en los**

**trópicos**. 2º Edição. Cali: CIAT, 1994b. p. 87-119.

PASTOR-CORRALES, M. A.; OTAYA, M. M.; MOLINA, A.; SINGH, S. P. Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Middle America and Andean South America in different common bean races. **Plant Disease**, 79:63-67, 1995.

PATHANIA, A.; SHARMA, P.N.; SHARMA, O.P.; CHAHOTA, R.K.; AHMAD, B.; Evaluation of resistance sources and inheritance of resistance in Kidney bean to Indian virulences of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Euphytica**, 149:97-103, 2006.

PAULA-JUNIOR, T.J; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C; PAULA-JUNIOR, T.J; BORÉM, A. **Feijão**. Editora UFV. 2º Edição. 2006. 359-414 p.

PEREIRA, H.S.; SANTOS, J.B.dos. Genetic constitution of anthracnose-resistance in common bean lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. 4:422-426, 2004.

PEREIRA, H.S.; SANTOS, L.B.dos.; ABREU, A.F.B. Linhagens de feijoeiro com resistência à antracnose selecionadas quanto a características agrônômicas desejáveis. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 39:209-215, 2004.

PIO-RIBEIRO, G.; CHAVES, G.M. Estudo sobre a variabilidade de isolados e culturas monospóricas de *Colletotrichum lindemuthianum* ( Sacc. & Magn.) Scrib. que ocorrem em alguns municípios de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. **Experientiae**, 19:95-118,1975.

POLETINE, J.P.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C. A.; SILVÉRIO, L.; THOMAZELLA, C. Inheritance of resistance to races 69 and 453 of *Colletotrichum lindemuthianum* in the Common bean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 43:479-485, 2000.

QUEIROZ, V.T.; SOUSA, C.S.; COSTA, M.R.; SANGLARD, D.A.; ARRUDA, K.M.A.; SOUZA, T.L.P.O.; RAGAGNIN, V.A.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Development of SCAR markers linked to common bean anthracnose resistance genes *Co-4* and *Co-6*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 47:249-250, 2004.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Editora da UFG, 1993. 271p.

RAVA, C.A.; MOLINA, J.; KAUFFMANN, M.; BRIONES, I. Determinacion de razas fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* en Nicaragua. **Fitopatologia Brasileira**, 18:388-391, 1993.

RAVA, C.A.; PURCHIO, A.F. SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorreram em algumas regiões produtoras de feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**, 19:167-173, 1994.

ROCA, M.M.G. **Aspectos citológicos da variabilidade genética em *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld & Schrenck f. sp. *phaseoli* (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc & Man) Scriber)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. 82p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

ROCA, M.M.G. **Recombinação genética em *Colletotrichum lindemuthianum* por meio de anastomoses entre conídios**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 138p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

RODRÍGUEZ-SUÁREZ, C.; RAMIREZ, H.F.; VALENCIA, M.C.; VOYSEST, O. WHITE, J.W. Catalog of advanced bean lines from CIAT. Cali, Colômbia. 1995.

RODRÍGUEZ-SUÁREZ, C.; PANEDA A.; FERREIRA, J.J.; GIRALDEZ, R. Allelic relationships of anthracnose resistance gene cluster B4 in common bean. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**. 47:145-146, 2004.

RODRÍGUEZ-SUÁREZ, C.; FERREIRA, J.J.; CAMPA, A.; PANEDA A.; GIRALDEZ, R. Molecular mapping and intra-cluster recombination between anthracnose race-specific resistance genes in the common bean differential cultivars Mexico 222 and Widusa. **Theor Appl Genet**. 116:807-814, 2008.

SANSIGOLO, A.L. GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONELA, A.; KVITSCHAL, M.V.; Souza, L.L. New **rac**es of *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Paraná State, Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Michigan, 51:192-192, 2008.

SARTORATO, A. Antracnose. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro. Fatores que afetam a produtividade**. Editora Nagy. São Paulo – SP. 1988. p. 457-477.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; RIOS, G. P. Doenças fúngicas e bacterianas da parte aérea. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. de (eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 670-700.

SARTORATO, A. Determinação da variabilidade patogênica do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc.) Scrib. In: Vieira, C. (ed.) VII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão. **Anais**, Viçosa, p. 114-116, 2002.

SARTORATO, A.; FARIA, J.C. Resistência de cultivares de feijoeiro ao vírus do mosaico comum necrótico. **Summa Phytopathologica**, 30:394-397, 2004.

SCHNOCK, M.G.; HOFFMANN, G.M.; KRÜGER, J. A new physiological strain of *Colletotrichum lindemuthianum* infecting *Phaseolus vulgaris* L. **Horticultural Science**, 10:140-140, 1975.

SCHWARTZ, H.F.; PASTOR-CORRALES, M.A.; SINGH, S.P. New sources of resistance to anthracnose and angular leaf spot of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, 31:741-754, 1982.

SICARD, D.; MICHALAKIS, Y.; DRON, M.; NEEMA, C. Genetic diversity and pathogenic variation of *Colletotrichum lindemuthianum* in the three centers of diversity of its host, *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, 87:807-813, 1997.

SILVA, M.V.; SANTOS, J.B. Identificação de marcador RAPD ligado ao alelo Co-4<sup>2</sup> de resistência do feijoeiro-comum ao agente causal da antracnose. **Ciência Agrotecnológica**, 45:1097-1104, 2001.

SILVÉRIO, L.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; BARELLI, M.A.A.; THOMAZELLA, C.; NUNES, W.M.C. Genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* race 2047 in G2333. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, 45:74-75, 2002.

SINGH, S.P., F.J. MORALES, P.N. MIKLAS, AND H. TERÁN. Selection for bean golden mosaic resistance in intra- and inter-racial bean populations. **Crop Science**, 40:1565-1572, 2000.

SOARES, A. G. Consumo e qualidade nutritiva. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFGO, 1996. p.73-79.

SUTTON, B.C. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: BAYLEY, J.A.; JEGER, M.J. (eds.). **Colletotrichum, biology, pathology and control**. Wallingford: CAB International, 1992. p. 1-26.

TALAMINI, V.; SOUZA, E.A.; POZZA, E.A.; CARRIJO, F.R.F. Identificação de raças patogênicas de *Colletotrichum lindemuthianum* a partir de isolados provenientes de regiões produtoras de feijão comum. **Summa Phytopathologica**, 30:371-375, 2004.

THOMAZELLA, C.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDA, J.B.; VIDIGAL-FILHO, P.S.; RIMOLDI, F. Identification of *Colletotrichum lindemuthianum* races in *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 43: 82-83, 2000.

THOMAZELLA, C.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SAKIYAMA, N.S.; BARELLI, M.A.A.; SILVÉRIO, L. Genetic variability among *Colletotrichum lindemuthianum* races using RAPD markers. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 45:44-45, 2002.

TU, J.C. Occurrence and characterization of the alpha-Brazil race of bean anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) in Ontário. **Canadian Journal of Plant Pathology**, 16:129-131, 1994.

VALLEJO, V.; KELLY, J.D. Development of a SCAR marker linked to *Co-5* locus in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 44:121-122, 2001.

VALLEJO, V. A.; KELLY, J.D. The use of AFLP analysis to tag the *Co-1<sup>2</sup>* gene conditioning resistance to bean anthracnose. Disponível em: [http://www.intl-pag.org//10/abstracts/PAGX P233.html](http://www.intl-pag.org//10/abstracts/PAGX%20P233.html) Plant and Animal Genome X conference 2002.

VIDIGAL, C.G. **Herança da resistência as raças alfa, delta e capa de, *Colletotrichum lindemuthianum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. no Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. (PhD Tesis em Genética e Melhoramento).

VIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; MEDEIROS, A.F.; VIDIGAL, P.G. Characterization of the anthracnose resistance genes in andean common bean Jalo Listras Pretas cultivar. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**, 49:35-36, 2006

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1983. 231p.

VIEIRA, C. **O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1967. 220p.

VIEIRA, C.; PAULA JR. T. J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa, UFV, 1998. 596p.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (eds). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999, p. 273-349.

WALKER, J.C. Diseases of bean and lima bean. In: WALKER, J.C. (eds.) **Diseases vegetable crops**. New York: Macgraw-Hill, 1952. p.10-56.

WALKER, J.C. **Enfermedades de las hortalizas**. Barcelona: Salvat, 1959. 624p.

YERKES Jr., W.D.; ORTIZ, M.T. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Mexico. **Phytopathology**, 46:564-567, 1956.

YERKES Jr., W.D. Additional new races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Mexico. **Pant Disease Report**, 42:329-329, 1958.

YOKOYAMA, L.P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos socioeconômicos da cultura. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. de (eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 515-654.

YOUNG, R.A.; KELLY, J.D. Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. **Plant Disease**, 80:650-654, 1996a.

YOUNG, R.A.; KELLY, J.D. RAPD markers flanking the Are gene for anthracnose resistance in common bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 121:37-41, 1996b.

YOUNG, R.A.; KELLY, J.D. Tests of allelism for the anthracnose resistance *Co-1* gene. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 40:128-129, 1997.

YOUNG, R.A.; MELOTO, M.; NODARI, R.O.; KELLY, J.D. Marker-assisted dissection of the oligogenic anthracnose resistance in the common bean cultivar, 'G2333'. **Theoretical and Applied Genetics**, 96:87-94, 1998.

ZAUMEYER, W.J.; THOMAS, H.R. **A monographic study of bean diseases and methods for their control**. Washington, USDA, Technical Bulletin, 868:5-15, 1957.



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)