

**OITO CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE
VISANDO À RESISTÊNCIA À MANCHA-
ANGULAR NO FEIJOEIRO**

LÚCIO DE OLIVEIRA ARANTES

2009

LÚCIO DE OLIVEIRA ARANTES

**OITO CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE VISANDO À
RESISTÊNCIA À MANCHA-ANGULAR NO FEIJOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Melhoramento Genético de Plantas de Importância na Região, para obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Arantes, Lúcio de Oliveira.

Oito ciclos de seleção recorrente visando a resistência à mancha-angular no feijoeiro / Lúcio de Oliveira Arantes. – Lavras : UFLA, 2009.

54 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Ângela de Fátima Barbosa Abreu.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. *Pseudocercospora griseola*. 3. Herdabilidade. 4. Progresso genético. 5. Resistência a doenças. 6. Tipo de grão. 7. Produtividade de grãos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.6523

LÚCIO DE OLIVEIRA ARANTES

**OITO CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE VISANDO À
RESISTÊNCIA À MANCHA-ANGULAR
NO FELJOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Melhoramento Genético de Plantas de Importância na Região, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 31 de julho de 2009.

Prof. Dr Magno Antonio Patto Ramalho

UFLA

Prof. Dr Luís Antonio Augusto Gomes

UFLA

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu
EMBRAPA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

*Em memória de minha amada e eterna mãe,
Lúcia Maria de Oliveira Arantes*

OFEREÇO

Aos meus pais, Laudelande Arantes e Lúcia Arantes.

À minha amada companheira, Sara.

Aos meus filhos, Lucas e Lineu.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Laudelande Arantes e Lúcia Arantes, pelo dom da vida, além do constante e incessável apoio durante toda a sua vida. E aos meus irmãos, Lígia e Lécio, pela prazerosa convivência.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pela orientação, disponibilidade, exemplo de trabalho e dedicação durante este curso, manifesto minha gratidão especial. Também ao professor Magno Antonio Patto Ramalho, manifesto o agradecimento pelos ensinamentos, auxílio nos trabalhos e pela sua dedicada coorientação.

Aos membros da banca, por dedicarem o seu tempo visando à melhoria deste trabalho.

Aos professores do curso de Genética e Melhoramento de Plantas, em especial aos professores João Bosco dos Santos, João Cândido de Souza, Elaine de Souza, Magno Ramalho e César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Aos meus amigos do GEN e a todos os colegas e amigos do curso de Genética e Melhoramento de Plantas, especialmente aos que me acompanharam nos campos experimentais: Giovani Amaro, Lucas, Isabela, Flavinha, Flávia Mendes, Flávia 'loira' Carneiro, Carlão, Fabrício (Saci), Douglas, Marcela, Mônica, Gustavo, Hugo, Fernando, Jerônimo, Breno, Graciele, Ulisses, Ricardo, Ranoel, Camila, etc.

A todos os funcionários do Departamento de Biologia, em especial à nossa atenciosa e dedicada secretária Elaine, à Heloíza, à Dona Erondina, Rosângela, Zélia, Rafaela, Raimundo, Barrinho, Lamartini, Leonardo e Lindolfo.

E principalmente aos meus filhos, Lucas e Lineu, os quais enchem minha vida de luz, que de tão forte, fica impossível perder o rumo.

Enfim, serei eternamente grato a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Caracteres de interesse no melhoramento do feijoeiro	3
2.1.1 Produtividade de grãos.....	3
2.1.2 Tipo de grão	5
2.1.3 Resistência à mancha-angular	7
2.2 Melhoramento genético visando à resistência a <i>P. griseola</i>	14
2.3 Seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5 CONCLUSÕES	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	53

RESUMO

ARANTES, Lúcio de Oliveira. **Oito ciclos de seleção recorrente visando à resistência à mancha-angular no feijoeiro**. 2009. 54 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. *

Conduziu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o progresso genético após oito ciclos de seleção recorrente fenotípica para resistência à mancha-angular no feijoeiro e as respostas indiretas para produtividade e tipo de grãos. A população-base foi obtida com o cruzamento dialélico parcial entre sete linhagens de grãos tipo carioca (Carioca MG, CI-140, CI-128, ANPAT 8.12, IAPAR 81, ESAL 693 e Pérola) e dez fontes de resistência a *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun (2006) (AN 512561, AND 277, Ouro Negro, Compuesto Negro Chimaltenango, CAL 143, MAR 2, MAR 1, G 5686, MA 4.137 e Jalo). Na geração F₂ (S₀) das populações obtidas (Ciclo 0), foram selecionadas, fenotipicamente, as plantas mais resistentes ao patógeno. Para obtenção do ciclo I (C-I), foram intercruzadas as melhores plantas S₀ do C-0 e que apresentassem grãos tipo carioca o mais próximo possível ao padrão exigido pelo mercado. O mesmo procedimento foi adotado para obtenção dos ciclos II ao VIII. Em cada ciclo de seleção recorrente, além de selecionar as melhores plantas para a recombinação e obtenção do ciclo seguinte, plantas foram selecionadas fenotipicamente para obtenção de progênies, que foram avaliadas em experimentos conduzidos no município de Lavras-MG, Brasil. O delineamento experimental foi sempre o de látice simples, utilizando-se como testemunhas as cultivares ‘Carioca MG’ (suscetível ao patógeno) e ‘Pérola’ (tolerante). Nas avaliações, foram consideradas a resistência ao patógeno (avaliada por meio de uma escala de notas de 1 a 9, em que 1 representa ausência de sintomas e 9, plantas totalmente atacadas); tipo de grão dentro do padrão carioca; e produtividade de grãos. O progresso genético para a resistência ao patógeno foi estimado pela comparação da média geral das progênies de cada ciclo seletivo em relação à testemunha suscetível, ‘Carioca MG’. Não foi detectado progresso genético quanto à resistência à mancha-angular, provavelmente porque o coeficiente de determinação da equação foi muito

Comitê Orientador: Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Orientadora), Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA

baixo. Além do mais, a resistência média das progênies, em todos os ciclos seletivos, foi equivalente ao da cultivar Pérola, considerada tolerante, o que evidencia que a população original já possuía bom nível de resistência. Ressalta-se que o ganho indireto na produtividade de grãos foi de 2,3% e de 2,5% para tipo de grãos, por ciclo seletivo.

ABSTRACT

ARANTES, Lúcio de Oliveira. **Eight cycles of recurrent selection aimed at resistance to angular leaf spot in common bean**. 2009. 54 p. Dissertation (Master Program in Genetics and Plant Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

This work was carried out with the objective of evaluating both the genetic progress after eight cycles of phenotypical recurrent selection for resistance to angular leaf spot in bean plants and the indirect responses for both productivity and grain types. The base population was obtained from partial diallelic crossing of seven carioca-type grain lines (Carioca MG, CI-140, CI-128, ANPAT 8.12, IAPAR 81, ESAL 693 and Pérola), and ten resistance sources to *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun (2006) (AN 512561, AND 277, Ouro Negro, Compuesto Negro Chimaltenango, CAL 143, MAR 2, MAR1, G 5686, MA 4.137 and Jalo). The plants most resistant to the pathogen were selected in the F₂ (S₀) generation of the populations (C-0). The best S_{0.1} plants that presented carioca-type grains were intercrossed to obtain cycle I (C-I). Similar procedure was used in order to obtain cycles II through VIII. In each recurrent selection cycle, besides selecting the best plants to both recombine and obtain the next cycle, plants were phenotypically selected for progenies evaluation in experiments carried out in Lavras-MG, Brazil. A simple-lattice design was used. ‘Carioca MG’ (susceptible to the pathogen) and ‘Pérola’ (tolerant) cultivars were used as check. The following traits were evaluated: resistance to the pathogen (evaluated by means of a grading scale – 1 through 9 – where 1 stands for symptoms absence, and 9 for totally attacked plants); grain type according to carioca pattern; grains productivity. The genetic progress towards resistance to the pathogen was estimated from the general means of the progenies of each selective cycle in relation to the Carioca MG, the susceptible check. No genetic progress was found to resistance to angular leaf spot, probably because the equation determining coefficient was too low. The average progenies resistance was found to be equivalent to that of the Pérola cv, considered to be tolerant, what shows that the original population had already a high level of resistance. The indirect gain in grains productivity was 2,3%, and 2,5% for grains type per selective cycle.

Guidance Committee: Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Major Professor), Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA

1 INTRODUÇÃO

Com a intensificação do cultivo do feijoeiro no Brasil nos últimos 20 anos, os problemas com patógenos intensificaram-se. Entre esses patógenos, *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun (2006), agente causal da mancha-angular, tem se destacado devido aos expressivos danos causados à cultura (Paula Júnior et al., 2006).

Em Minas Gerais, especialmente na denominada safra “da seca”, cuja semeadura ocorre em fevereiro-março, devido às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, a sua importância é crescente. Como o principal meio de controle é o uso de cultivares resistentes, vários trabalhos foram conduzidos sobre esse assunto (Sartorato & Alzate-Marin, 2004; Sartorato, 2005; Silva et al., 2006; Couto et al., 2008; Ragagnin, 2009). Entretanto, ficou evidenciada a dificuldade de se obter linhagens com resistência duradoura a uma ampla gama de patótipos. Ainda há dúvida com relação ao controle genético; contudo, devem estar envolvidos vários genes (Caixeta et al., 2003, 2005; Miklas et al., 2006; Amaro et al., 2007; Mahuku et al., 2004, 2009), sobretudo em razão da existência já comprovada de várias raças do patógeno (Sartorato, 2002; Nietsche et al., 2002; Sartorato & Alzate Marín, 2004; Sartorato, 2004; Silva et al., 2008; Balbi et al., 2009).

Em uma situação como essa, uma das alternativas para se acumularem os vários alelos de resistência é por meio de seleção recorrente (Ramalho et al., 2001). Essa estratégia possibilita reunir em um único indivíduo o maior número de alelos favoráveis que se encontram distribuídos nos diferentes genitores. Nesse caso, como o caráter tem herdabilidade relativamente alta, a seleção dos indivíduos para a recombinação pode ser fenotípica já na geração F₂ (Amaro et al., 2007). Sendo assim, em 1999, foi iniciado um programa de seleção

recorrente fenotípica visando à obtenção de novas linhagens de feijoeiro que acumulem alelos de resistência e, ao mesmo tempo, sejam produtivas e com grãos com boa aceitação comercial. Até o momento, foram conduzidos oito ciclos; até o quinto ciclo seletivo, foram obtidas estimativas de ganho de 6,4% por ciclo para resistência ao patógeno e resposta indireta para produtividade de grãos de 8,9% (Amaro et al., 2007). Também foi detectada variabilidade suficiente entre as progênies que permitiram prever a possibilidade de obtenção de ganhos futuros. Sendo assim, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o progresso genético após oito ciclos de seleção recorrente fenotípica para resistência à mancha-angular, e também as respostas indiretas para produtividade e tipo de grão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracteres de interesse no melhoramento do feijoeiro

No melhoramento do feijoeiro, diversos caracteres de importância agronômica devem ser cuidadosamente avaliados na obtenção de fenótipos favoráveis que atendam às exigências tanto dos produtores quanto dos consumidores. Entre eles estão: o tipo de grãos aceitável pelo consumidor, como aqueles semelhantes ao da cultivar ‘Carioca’; porte ereto, o que evita perdas e favorece a colheita mecanizada; resistência a doenças como antracnose, *fusarium*, mancha-angular e mofo-branco, que causam grandes perdas na cultura; além da estabilidade e alta produtividade, que são essenciais na aceitação de uma nova cultivar.

2.1.1 Produtividade de grãos

Na cultura do feijoeiro, desde o início da década de 1990, há tendência da redução da área cultivada no Brasil, o que não tem refletido na redução da produção. Isso pode ser explicado pela maior produtividade que tem sido alcançada pela cultura. A produtividade média brasileira de feijão, que em 1990/91 era de 510 kg/ha, passou a 897 kg/ha, em 2008/09, ou seja, apresentou um aumento de 75% (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2009).

O aumento do rendimento de grãos do feijoeiro, ao longo dos últimos anos, pode ser explicado pela melhoria do manejo da cultura, uso de alta tecnologia, sobretudo no cultivo irrigado e, principalmente, pelo melhoramento genético, que tem resultado no desenvolvimento de cultivares cada vez mais produtivas. Segundo Zimmermann et al. (1996), a utilização de cultivares melhoradas é a única forma que não implica ônus adicional para o agricultor ou necessidade de abertura de novas áreas de plantio.

Relatando a contribuição do melhoramento genético de plantas no Brasil, Vencovsky & Ramalho (2006) estimaram um ganho de 2,74%, equivalente ao aumento de 9,89 kg/ha/ano, para a produtividade de grãos do feijoeiro, considerando o período de 1974 a 2004. Nessa estimativa, foram consideradas as espécies de *Phaseolus vulgaris* (feijão comum) e *Vigna unguiculata* (feijão caupi). Estimando também o progresso genético na cultura do feijoeiro, no período de 1972 a 1990, Abreu et al. (1994) encontraram ganhos superiores (17,46 kg/ha/ano) aos estimados por Vencovsky & Ramalho (2006). Apesar de esses resultados não serem diretamente comparáveis, por empregarem diferentes metodologias, é certo que há ganhos para produtividade de grãos devido aos programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil.

A produtividade de grãos é um caráter quantitativo, muito influenciado pelo ambiente. Dessa maneira, na seleção para esse caráter, as progênies devem ser avaliadas em vários ambientes, em experimentos com repetições, utilizando delineamentos que permitam que a seleção seja eficiente e que, conseqüentemente, se obtenham ganhos com a seleção, conforme os relatados (Ramalho et al., 1993). Em decorrência de a produtividade de grãos ser um caráter controlado por inúmeros genes e sofrer intensa influência ambiental, como mencionado, tem sido comumente relatada na literatura a ocorrência de interação genótipos por ambientes (Bruzi et al., 2007; Ribeiro et al., 2003).

A interação não só interfere na recomendação de cultivares, como dificulta o trabalho dos melhoristas em relação a vários aspectos. Por exemplo, a interação pode superestimar os componentes de variância genética, que são ferramentas importantes no direcionamento dos programas de melhoramento. Conseqüentemente, interfere também nas estimativas de herdabilidade, que corresponde à proporção da variância genética em relação à variância fenotípica total (Ramalho et al., 1993). E desta forma, prejudicar o processo de seleção.

Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de caracteres de importância agrônômica no feijoeiro têm sido obtidas frequentemente nos programas de melhoramento dessa cultura (Cunha et al., 2005; Silva et al., 2006; Amaro et al., 2007; Couto et al., 2005, 2008). Entre esses, a produtividade de grãos tem merecido maior atenção, obtendo-se, frequentemente, estimativas de variância genética e fenotípica, coeficiente de variação e herdabilidade, conforme apresentado por Moreto et al. (2007). As estimativas de herdabilidade para caracteres controlados por muitos genes, como produtividade de grãos, geralmente são mais baixas, quando comparadas com caracteres controlados por poucos genes. Assim, fica evidente a maior dificuldade no melhoramento para essa característica, reforçando a necessidade de que, durante a avaliação das progênies, os experimentos sejam conduzidos em um maior número de locais e safras possível.

2.1.2 Tipo de grão

O feijoeiro apresenta uma ampla diversidade quanto aos tipos de grãos, especialmente no que se refere à forma, ao tamanho e às cores (Voyses & Dessert, 1991). No mercado brasileiro, essa diversidade é bastante evidente.

Para ser bem aceita, uma nova cultivar de feijão deve atender, inicialmente, aos anseios dos consumidores, caso contrário ela não terá condições de ser comercializada. É evidente que, para os consumidores, interessa apenas aspectos relacionados aos grãos, como cor, brilho, tamanho, forma e qualidade culinária. É marcante a preferência por determinadas cores de grãos, de acordo com o estado ou mesmo entre regiões.

Na Zona da Mata de Minas Gerais, por exemplo, predomina o consumo de feijão preto ou vermelho; nas demais regiões, feijões tipo carioca, isto é, creme com rajas marrons, em algumas dessas regiões, há consumo expressivo de feijões grandes dos tipos jalo e rajado. Além disso, há preferência por grãos

opacos em detrimento dos brilhantes, devido à associação do brilho com má qualidade, especialmente demora no cozimento de grãos (Ramalho et al., 2004), com exceção do vermelho brilhante consumido na Zona da Mata mineira.

Desde o início do século passado, inúmeros estudos têm sido realizados a fim de se conhecer o controle genético da cor do tegumento do feijão (Vieira, 1967; Leakey, 1988; Bassett, 1996, 2004). Apesar dos avanços, muitos aspectos relacionados à herança desse caráter ainda permanecem obscuros, devido à sua complexidade. Além de estarem envolvidos muitos genes, pelo menos 18, segundo Leakey (1988), a presença de interações epistáticas, de efeitos pleiotrópicos, alelismo múltiplo e de ligação gênica, tem dificultado o entendimento do controle genético desse caráter. Além de todos os fatores supracitados, os inúmeros trabalhos a respeito do controle genético da cor dos grãos, muitas vezes, contribuem para gerar controvérsia, pois a falta de padronização na descrição das cores e nomenclatura de genes e alelos, e nomenclaturas diferentes para um mesmo gene, dificultam sobremaneira o entendimento do controle genético do caráter (Leakey, 1988; Bassett, 1996, 2004; Basset & McClean, 2000).

O feijão carioca, que é o mais amplamente comercializado no Brasil, apresenta a cor do tegumento bege com rajadas marrons, havendo grande variação nas tonalidades. Dessa forma, para se obter uma linhagem com grãos dentro do padrão carioca, na descendência segregarão muitos genes. Contudo, a herdabilidade para esse caráter é alta (Couto et al., 2005, 2008), o que possibilita a seleção de fenótipos favoráveis já nas primeiras gerações, proporcionando assim maior otimização dos recursos empregados na identificação de genótipos superiores (Pereira et al., 2004; Couto et al., 2005; Silva et al., 2006)

A preferência é por grãos de tamanho médio, isto é, 100 grãos pesando de 23 a 25 gramas. Se o tamanho estiver fora desses limites, principalmente abaixo de 23 gramas, certamente haverá restrições na sua adoção (Ramalho et

al., 2004). Entretanto, quanto ao formato, grãos que são achatados ou reniformes normalmente são rejeitados. A preferência é pelo grão oblongo (Santos, 2001). O tamanho e formato dos grãos são caracteres extremamente relacionados, pois possuem atributos comuns em sua caracterização, assim como comprimento, largura e espessura, os quais possuem herança tipicamente quantitativa (Nienhuis & Singh, 1988; Park et al., 2000), implicando efeitos pleiotrópicos dos genes envolvidos nos dois caracteres.

2.1.3 Resistência à mancha-angular

A incorporação de genes de resistência às doenças tem efeito estabilizador sobre as cultivares, o que evita oscilação no rendimento, ou seja, não sendo atingidas por doenças, as cultivares podem exibir todo o seu potencial produtivo (Vieira et al., 2005). Várias outras estratégias são utilizadas para o controle das doenças; no entanto, o uso de cultivares resistentes destaca-se como uma das mais eficientes, principalmente por não onerar o custo de produção e por reduzir os impactos negativos causados ao homem e ao meio ambiente, pela utilização exagerada de pesticidas.

Entre as doenças consideradas de maior importância no território nacional, encontra-se a mancha-angular do feijoeiro. Até o final da década de 1980, essa doença era considerada de pequena importância econômica, tendo em vista que não causava grandes perdas de produtividade no Estado de Minas Gerais, porque a sua incidência ocorria principalmente no final do ciclo da cultura (Vieira, 1983). Alguns fatores, entretanto, fizeram com que ela se tornasse um problema sério na cultura do feijoeiro, em Minas Gerais, como: semeadura no outono-inverno, quando as temperaturas são favoráveis à doença; presença de plantas de feijoeiro ou restos de cultura contaminados no campo durante todo o ano; emprego de irrigação por aspersão, que propicia condições de umidade favoráveis à doença; emprego de cultivares suscetíveis à doença e

possíveis alterações das raças do patógeno ao longo dos anos (Paula Júnior et al., 2004). Todos esses fatores, aliados, têm levado a surtos cada vez mais precoces e intensos da doença, que resultam em grandes perdas na produção. Nos principais países produtores, entre eles Brasil e Índia, são relatadas perdas de produtividade que variam de 7% a 82%, sendo na maioria dos casos superiores a 50% (Singh & Sharma, 1976; Schwartz et al., 1981; Mora-Brenes, 1983; Wang et al., 1985; Sartorato, 2005).

O agente causal da mancha-angular é um fungo imperfeito (Deuteromicotina) da classe Hiphomycete, ordem Moniliales, família Stilbaceae, descrito originalmente como *Isariopsis griseola*, por Saccardo em 1878 (Stenglein et al., 2003). Ferraris, em 1909, mostrou que o gênero *Isariopsis* Fr. Sacc. é idêntico ao gênero *Phaeoisariopsis* Nob. e renomeou o fungo como *Phaeoisariopsis griseola* (Stenglein et al., 2003). Atualmente, recebe a denominação de *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun (2006).

Sob condições de campo, o patógeno produz, na face inferior da folha, sinêmios com 40 µm de diâmetro e 500 µm de comprimento e são compostos por conidióforos paralelos e escuros, que formam tufos visíveis a olho nu. No ápice de cada conidióforo, são formados os conídios (Zaumeyer & Thomas, 1957; Campos-Ávila, 1987).

Os conídios podem germinar em três horas, sob condições de calor e umidade. Os esporos infectam os tecidos das folhas, ao penetrar nos estômatos. A penetração completa-se em dois dias, sob condições ótimas. O micélio desenvolve-se na cavidade subestomatal e, após quatro dias, coloniza o espaço intercelular entre o parênquima paliçádico. Os cloroplastos apresentam sinais de degradação três dias após a inoculação, seguida por necrose das células-guardas e das células do mesófilo adjacente; desintegração do parênquima paliçádico e, finalmente, a epiderme é destruída (Liebenberg & Pretorius, 1997). A doença é

favorecida por ambiente seco-úmido intermitente e temperaturas em torno dos 24°C (Brenes et al., 1983; Sartorato & Rava, 1992).

Na ausência de hospedeiro vivo, o patógeno sobrevive sobre restos culturais, sob condições de campo, por tempo superior a 19 meses. O fungo sobrevive sobre a semente por nove ou doze meses (Liebenberg & Pretorius, 1997). Contudo, seus principais agentes de disseminação são as chuvas, os ventos e partículas do solo infestadas.

Os sintomas da mancha-angular ocorrem tanto nas folhas como nas vagens, caules e ramos, embora sejam mais comuns e facilmente identificados nas folhas (Paula Júnior et al., 2004). As primeiras lesões podem aparecer nas folhas primárias, apresentando conformação mais ou menos circular, de cor castanho-escuro, com halos concêntricos. Nos trifólios, o sintoma mais evidente, como o próprio nome da doença indica, é o aparecimento de lesões de formato angular, delimitadas pelas nervuras, inicialmente de coloração cinzenta, tornando-se, posteriormente, castanhas. Entretanto, dependendo da combinação raça/cultivar, as manchas nos trifólios podem também se apresentar arredondadas ou com halos concêntricos. Nos caules, ramos e pecíolos, as plantas podem apresentar lesões alongadas de cor castanho-escuro. Nas vagens, as lesões são, a princípio, superficiais, de coloração castanho-avermelhada, quase circulares, com os bordos escuros. O tamanho das lesões é variável e, quando numerosas, coalescem, cobrindo toda a largura da vagem. Sob condições de alta umidade, pode ser observada, na face inferior das folhas, nas vagens, nos caules e nos pecíolos, uma eflorescência de cor cinza-escuro a negra, formada pela frutificação do fungo. Essas frutificações compreendem o sinêmio, que é formado por um grupo de hifas eretas, os conidióforos, em cujas extremidades são formados os conídios (Sartorato & Rava, 1994).

Evidências de variabilidade entre isolados de *P. griseola* têm sido relatadas desde o início da década de 50 (Brock, 1951). Posteriormente,

evidências mais conclusivas de variabilidade na patogenicidade foram apresentadas, com base no diferencial de patogenicidade em cultivares de feijão (Alvarez-Ayala & Schawartz, 1979; Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, 1986; Correa-Victoria, 1987). Desde então, diversos estudos visando a conhecer a variabilidade de *P. griseola*, utilizando cultivares diferenciadoras (Pastor-Corrales & Jara, 1995; Nietsche et al., 2001; Sartorato, 2002; Sartorato & Alzate-Marin, 2004; Stenglein et al., 2005; Silva et al., 2008), marcadores moleculares moleculares (Guzmán et al., 1995; Pastor-Corrales & Jara, 1995; Pastor-Corrales et al., 1998; Nietsche et al., 2001; Stenglein et al., 2005) e análises isoenzimáticas (Correa-Victoria, 1987) foram realizados. Pastor-Corrales et al. (1998) caracterizaram 316 isolados de *P. griseola* oriundos de onze países da América Latina e dez países da África, com base no conjunto de doze cultivares diferenciadoras. Embora os isolados de *P. griseola* tenham apresentado considerável variação entre e dentro de países, foi possível classificá-los em dois grupos principais: andino e mesoamericano.

No Brasil, utilizando a série de cultivares diferenciadoras, de 1996 a 2002, foi identificado um total de 51 raças do patógeno, distribuídas em vários estados onde se cultiva o feijoeiro (Sartorato & Alzate-Marin, 2004). Foi verificado que as raças 31-39, 63-31, 63-23, 63-39, 63-47, 63-55 e 63-63 são as mais frequentes e amplamente distribuídas e são comumente encontradas nos estados de Goiás e Minas Gerais. Só em Minas Gerais foram identificadas 20 raças diferentes. Recentemente, Silva et al. (2008) relataram pela primeira vez a presença dos patótipos 55-15, 63-15, 63-25 e 63-27 em Minas Gerais, sendo também o primeiro registro dos três primeiros patótipos no Brasil, o que eleva para 54 o total de raças já identificadas em território nacional.

Ao estudar a variabilidade genética da patogenicidade de *P. griseola* no Brasil, Nietsche et al. (2002) identificaram 26 patótipos diferentes entre os 72 isolados estudados. Os patótipos mais frequentes foram: 63-31, 63-23, 63-55,

63-39 e 63-47. Entre os isolados obtidos no município de Lavras, MG, foi observada a ocorrência dos patótipos 31-7, 31-33, 31-39, 63-7, 63-23, 63-31, 63-39, 63-47, 63-55 e 63-63. Neste trabalho, foi evidenciada também a predominância de isolados pertencentes ao conjunto gênico mesoamericano.

O patótipo 63-63 “quebra” todos os alelos de resistência presentes nas cultivares diferenciadoras; sendo assim, sua abrangente ocorrência nos diversos levantamentos de raças que têm sido realizados no Brasil (Sartorato, 2002; Nietzsche et al., 2002; Sartorato & Alzate-Marín, 2004; Sartorato, 2004; Silva et al., 2008) é um indicativo da necessidade de busca constante por novas fontes de resistência; e que a série de cultivares diferenciadoras necessita ser revista, incluindo novas fontes (Nietzsche et al., 2001). Ao inocular o patótipo 63-63 sobre a cultivar AND 277, Sartorato (2002) verificou que ocorreu a subdivisão desse patótipo em dois grupos diferentes de patogenicidade: um deles supera a resistência genética da cultivar AND 277 e o outro grupo não consegue “quebrar” a resistência dessa cultivar diferenciadora, confirmando a necessidade de que mais cultivares sejam incluídas na série de diferenciadoras.

Diante da enorme diversidade de raças de *P. griseola*, diversos trabalhos têm sido realizados visando à identificação de fontes de resistência que possam ser utilizadas em futuros programas de melhoramento ou indicadas aos produtores. Pastor-Corrales et al. (1998) realizaram a avaliação de 22.832 acessos de *P. vulgaris* do CIAT, em experimentos de campo e casa de vegetação, por meio da escala de notas de 1 a 9 e verificaram que apenas 59 foram classificados como intermediários (notas de 4 a 6) e 64 foram considerados resistentes (notas de 2 a 3) nos ensaios de campo. Entre esses, de 123 acessos que foram classificados como intermediários ou resistentes em campo, somente 19 mostraram reações similares quando testados em casa de vegetação, os quais se constituíram em valiosas fontes de germoplasma para serem utilizados em trabalhos futuros.

Avaliando a reação de 179 linhagens de feijão mesoamericanas e andinas a oito raças de *P. griseola* (63-39, 63-23, 63-15, 31-31, 63-55, 63-63, 63-31 e 63-47), Sartorato (2005) verificou que, dessas, somente 39 mostraram resistência a uma ou mais raças. A maioria das linhagens foi resistente a poucas raças. Somente a cultivar Ouro Negro apresentou resistência a todas elas, indicando que pode ser uma boa alternativa como genitora nos programas de melhoramento. Outra boa fonte de resistência é a linhagem CAL 143. Aggarwal et al. (2004) inocularam essa linhagem com quatro raças de *P. griseola*, caracterizadas como andinas e cinco mesoamericanas, e verificaram que ela foi suscetível a apenas uma raça mesoamericana, caracterizada como raça 63-21.

Informações valiosas aos programas de melhoramento que visem à obtenção de cultivares resistentes à mancha-angular foram fornecidas por Sartorato & Alzate-Marin (2004). Os autores realizaram levantamento, na literatura, dos trabalhos publicados sobre a diversidade de virulência de isolados de *P. griseola* identificados no Brasil, entre os anos de 1996 e 2002. As cultivares Mexico 54, Cornell 49-242 e BAT 332 apresentaram-se com maior nível de resistência, sendo incompatíveis com 36, 27 e 23 patótipos de *P. griseola*, respectivamente. A associação dos alelos presentes nessas cultivares confere resistência a 50 patótipos, exceto ao patótipo 63-63, sugerindo que a piramidação desses alelos de resistência é uma boa estratégia para os programas de melhoramento. As cultivares andinas G5686 e Amendoim são também importantes fontes de resistência.

Diversas outras fontes têm sido identificadas e estudos de herança revelaram que a resistência nas cultivares AND 277 (Carvalho et al., 1998), MAR 2 (Ferreira et al., 2000), Cornell 49-242 (Nietsche et al., 2000a), Mexico 54 (Sartorato et al., 2000), BAT 332 (Caixeta et al., 2003), Ouro Negro (Corrêa et al., 2001) e G 10474 (Mahuku et al., 2004) é monogênica e condicionada por

um alelo dominante. Herança monogênica controlada por alelos recessivos também foi relatada (Santos Filho et al., 1976; Corrêa et al., 2001).

Caixeta (2002) realizou testes de alelismo para verificar se os alelos de resistência presentes em cinco fontes de resistência estão presentes em um mesmo loco ou em locos distintos. Foi demonstrado que a cultivar Cornell 49-242 possui apenas um alelo (*Phg-3*); a cultivar AND 277 apresenta quatro alelos para resistência, denominados *Phg-1*, *Phg-2²*, *Phg-3²* e *Phg-4²*; a cultivar México 54 apresenta três alelos (*Phg-2*, *Phg-5* e *Phg-6*); a cultivar MAR 2 tem dois alelos (*Phg-4* e *Phg-5²*) e a cultivar BAT 332 apresenta a forma alélica *Phg-6²*. No caso da linhagem G 10474, Mahuku et al. (2004) verificaram que o gene de resistência dessa linhagem ocupa um loco diferente daqueles descritos por Caixeta et al. (2002). A maioria das raças de *P. griseola* que causaram reação de suscetibilidade nas cultivares México 54, MAR 1, MAR 2, AND 277, BAT 332 e Cornell 49-242 não infectou a linhagem G 10474. Assim, os autores concluíram que é provável que G 10474 seja portadora de um gene diferente daqueles encontrados naquelas cultivares. Estudos recentes mostraram que a resistência da linhagem G5686, ao patótipo 31-0, é condicionada por três genes dominantes e complementares, designados *Phg_{G5686A}*, *Phg_{G5686B}* e *Phg_{G5686C}* (Mahuku et al., 2009).

Apesar de na maioria dos trabalhos evidenciarem que o controle da resistência à *P. griseola* deve ser monogênica ou oligogênica, Amaro et al. (2007) sugerem que vários genes podem estar envolvidos. Esses autores, ao avaliarem a variabilidade entre linhagens de feijão para resistência a esse patógeno, observaram graduação nos sintomas entre as linhagens consideradas resistentes e atribuíram essa graduação ao efeito ambiental, enfatizando a possível existência de controle poligênico deste caráter (Amaro et al., 2007).

2.2 Melhoramento genético visando à resistência a *P. griseola*

Os programas de melhoramento do feijoeiro visando à resistência aos patógenos têm explorado basicamente mecanismos de resistência de herança monogênica, ou seja, resistência vertical. Para o controle genético da mancha-angular, não tem sido diferente. A resistência genética de herança monogênica atrai os melhoristas porque é fácil de ser manipulada e pode ser rapidamente introgridida em linhagens suscetíveis por meio de retrocruzamento. Esse procedimento, embora amplamente utilizado, faz com que as cultivares tenham sua vida útil reduzida, pois, esse tipo de resistência pode ser mais facilmente suplantado, devido à alta variabilidade de *P. griseola*, que explica seu alto poder adaptativo, responsável pela rápida “quebra” da resistência das cultivares. Supõe-se com isso, que a resistência obtida nem sempre é duradoura ou eficiente em todas as regiões de cultivo (Oliveira et al., 2004; Ramalho & Abreu, 1998).

O melhoramento visando à resistência durável a patógenos, utilizando principalmente herança monogênica, é um desafio para melhoristas e fitopatologistas. A piramidação de alelos de resistência tem sido sugerida como uma estratégia no melhoramento visando à resistência a patógenos que apresentam grande variabilidade (Nelson, 1978; Alzate-Marin et al., 2005), inclusive à *P. griseola* (Mahuku et al., 2002). A base para estabilização da resistência reside na redução da adaptação do patógeno, quando um número de genes de virulência é necessário para “quebrar” a resistência do hospedeiro (Plank, 1984). Além disso, a probabilidade de um patógeno conter todos os genes de virulência correspondentes aos genes de resistência da planta e, portanto, superar a resistência de uma pirâmide, é muito baixa. Para isso, mutantes virulentos que surgem independentemente devem ser combinados, ou eles devem surgir simultaneamente ou sequencialmente no mesmo isolado (Schafer & Roelfs, 1985; Milach & Cruz, 1997). Essa estratégia constituiu um procedimento altamente eficiente no controle da ferrugem do colmo do trigo no

Canadá e Estados Unidos (Schafer & Roelfs, 1985). Aspectos semelhantes são observados no feijoeiro, com a linhagem G2333 utilizada como fonte de resistência à antracnose. Essa linhagem possui três alelos dominantes independentes, conferindo resistência a 380 isolados de *C. lindemuthianum* (Young & Kelly, 1996).

Para programas de melhoramento visando à resistência à *P. griseola*, Pastor-Corrales et al. (1998) sugerem, ainda, uma piramidação que acumule genes de resistência de feijão do grupo andino e do grupo mesoamericano. Segundo esses autores, a grande variabilidade patogênica encontrada nos isolados de *P. griseola* e as evidências de coevolução patógeno/hospedeiro observadas no feijoeiro fazem com que o acúmulo de genes dos dois grupos seja a estratégia de melhoramento mais eficiente. Devido à coevolução, genes de resistência mesoamericanos são mais efetivos contra patógenos andinos e vice-versa (Guzmán et al., 1995). Sendo assim, os melhoristas de feijão têm uma oportunidade única de *piramidar* genes de resistência dos dois grupos para desenvolver resistência complementar a um grande número de raças (Kelly & Miklas, 1998). Com o objetivo de explorar essa estratégia, Bruzi et al. (2007) realizaram o cruzamento entre a linhagem ‘ESAL 550’ (grupo andino e resistente à mancha-angular) com a ‘Carioca-MG’ (grupo mesoamericano e suscetível à mancha-angular), obtendo linhagens que aliaram altas produtividades à resistência à mancha-angular. Ainda visando a explorar fontes andinas de resistência, Pereira et al. (2004) realizaram cruzamentos entre a linhagem H91, de grãos tipo ‘carioca’ e de boa produtividade, porém, suscetível à mancha-angular, com três progênies resistentes, derivadas da cultivar andina ‘Jalo EEP 558’. O alelo de resistência dessa cultivar tem conferido proteção contra essa doença, no sul de Minas Gerais, há cerca de três décadas e também foi utilizada em outros programas que geraram linhagens resistentes à mancha-angular, com produtividade superior e tipo de grão dentro do padrão ‘carioca’,

de aceitação comercial (Bruzi et al., 2004; Silva et al., 2006; Amaro et al., 2007).

Contudo, cultivares de origem andina são mais difíceis de ser utilizadas no melhoramento, devido à incompatibilidade advinda de cruzamentos entre cultivares pertencentes a grupos gênicos distintos, pela interação dos alelos dominantes de dois genes, denominados D11 e D12 (*dosage lethal*), produzindo plantas pouco desenvolvidas, cloróticas e que morrem antes mesmo de produzir sementes (Shii et al., 1980, 1981; Vieira et al., 1989; Arantes et al., 2008). Além disso, a alta variabilidade do patógeno e o possível controle poligênico da resistência dificultam a obtenção de linhagens com alto grau de resistência a um grande número de raças.

Diante dos relatos feitos, percebe-se que o melhoramento de plantas deve ser realizado por etapas, na tentativa de, ao final do processo, obter linhagens e/ou cultivares que associem os alelos presentes nas diversas fontes de resistência às diversas características agronômicas favoráveis. Uma boa alternativa para se atingirem esses objetivos é promover a seleção recorrente, ou seja, ciclos sucessivos de seleção precedidos pelo inter cruzamento das melhores famílias. Amaro et al. (2007), usando a seleção recorrente fenotípica na obtenção de progênies resistentes a *P. griseola* e, ao mesmo tempo, verificando o efeito da seleção realizada, na produtividade de grãos, obtiveram progresso genético para resistência à mancha-angular, após cinco ciclos de seleção, superior a 6,4% por ciclo, refletindo em incremento superior a 2,1% por ciclo na produtividade de grãos. Este trabalho teve início em 1998, e hoje encontra-se em seu nono ciclo seletivo, tendo sido desenvolvidas dezenas de linhagens-elite com diferentes níveis de resistência à mancha-angular, aliada à alta produtividade e com tipo de grão 'carioca'.

2.3 Seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro

Seleção recorrente pode ser definida como um processo de ciclos sucessivos de seleção de indivíduos e/ou progênies superiores de uma população, seguida pela recombinação dos(as) selecionados(as) para formar uma nova população. O processo pode ser visualizado como um sistema cíclico e dinâmico que visa a aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis para uma característica quantitativa, sem reduzir a variabilidade genética, por meio de repetidos ciclos de seleção, avaliação e recombinação (Geraldi, 2005).

A seleção recorrente foi proposta para plantas alógamas (Hull, 1945) e seu emprego, especialmente na cultura do milho, tem sido expressivo ao longo do tempo (Hallauer, 1999). No caso das plantas autógamas, são encontrados, na literatura, vários argumentos que enfatizam a importância do processo de seleção recorrente na obtenção de genótipos superiores, principalmente quando o caráter de interesse é controlado por vários genes (Fouilloux & Bannerot, 1988; Ramalho et al., 1993; Geraldi, 1997). Geraldi (1997) cita, como principais vantagens da seleção recorrente: obtenção de maior variabilidade genética pelo intercruzamento de múltiplos genitores; maior oportunidade de recombinação genética, devido aos sucessivos ciclos de cruzamentos; maior eficiência no acúmulo de alelos favoráveis, devido ao processo repetitivo de seleção; e viabilidade de incorporação de germoplasma exótico na população. O método ainda permite a obtenção de linhagens superiores a cada ciclo seletivo.

A seleção recorrente envolve, basicamente, três etapas: obtenção da população-base, avaliação de progênies e recombinação das progênies selecionadas para formar a próxima geração. Na formação da população-base, deve-se procurar utilizar genitores que tenham o melhor desempenho possível para o caráter sob seleção. A decisão sobre o número de genitores também é importante. Se for um número muito grande, a probabilidade de encontrar todos os genitores com boa expressão para o caráter é muito pequena. Se o número for

muito pequeno, a chance de associar a maioria dos alelos favoráveis, para o caráter em questão, é também pequena. De acordo com Ramalho et al. (2001), de 10 a 20 genitores é um intervalo satisfatório. Escolhidos os genitores, a próxima etapa é definir como eles serão cruzados, tendo-se também várias opções: uma delas é a realização de cruzamentos múltiplos; teoricamente, os cruzamentos múltiplos facilitam a combinação de alelos favoráveis que se encontram presentes em vários genitores – uma restrição é que quanto maior o número de genitores envolvidos para formar a população, maior o número de ciclos de cruzamentos necessários e maior deve ser o tamanho da população F_1 , para se manterem os alelos favoráveis de todos os genitores; outra opção é a combinação dos pais no esquema cônico, conforme proposto por Bearzoti, citado por Ramalho (1997); supondo, por exemplo, 20 pais, que são cruzados para a obtenção do ciclo 0 (C-0), em um esquema de dialelo circulante em que um pai será cruzado com dois outros (1 x 2, 2 x 3, 3 x 4, 4 x 5, ... ,19 x 20 e 20 x 1) – desse modo, são geradas 20 populações híbridas.

Obtida a população-base, a próxima etapa é a seleção, que pode ser fenotípica – massal – ou utilizando algum tipo de família. A primeira opção é aconselhável quando o caráter apresenta alta herdabilidade e pode ser selecionado visualmente com eficiência (Ramalho et al., 2001). Para os caracteres com menor herdabilidade, a seleção deve ser efetuada mediante a avaliação de famílias, em experimentos com repetição. Pode-se utilizar, à semelhança das plantas alógamas, famílias de meios-irmãos, irmãos germanos ou endógamas (S_1 , S_2 , etc.). Na maioria dos casos, as famílias endógamas são as preferidas, sendo avaliadas, principalmente, as famílias $S_{0:1}$ e $S_{0:2}$ (Ramalho et al., 2001). Escolhidas as melhores famílias (ou indivíduos), elas deverão ser inter cruzadas, visando a obter a população do ciclo seguinte. Esse inter cruzamento pode ser feito artificialmente ou em espécies nas quais é possível utilizar a macho-esterilidade. Em espécies como o feijoeiro, a utilização

da macho-esterilidade é possível, porém, algumas dificuldades são encontradas, como o pólen que não se dispersa naturalmente e a difícil identificação e manutenção das plantas macho-estéreis. Devido a essas dificuldades e considerando que a recombinação é feita de forma direcionada, o que constitui uma vantagem para o feijoeiro e outras espécies autógamas, a recombinação manual é a melhor opção. Uma boa opção é a utilização do esquema cônico mencionado anteriormente. Nesse caso, a recombinação é efetuada utilizando novamente um dialelo circulante, em que cada família selecionada é cruzada com outras duas, com o cuidado de não envolver famílias oriundas dos mesmos genitores da etapa anterior (Ramalho, 1997).

São relatados diversos programas de seleção recorrente para a cultura do feijoeiro, havendo maior ênfase para o caráter produtividade de grãos (Tabela 1). Poucos são os relatos encontrados sobre o emprego da seleção recorrente visando à resistência a patógenos no feijoeiro; contudo, os ganhos obtidos nesses trabalhos foram expressivos (Lyons et al., 1987; Garcia et al., 2003; Amaro et al., 2007). No caso da mancha-angular do feijoeiro, o emprego da seleção recorrente poderia ser questionado, considerando que os estudos do controle genético da resistência apontam, conforme já mencionado, que a resistência é monogênica e/ou oligogênica (Caixeta et al., 2002; Mahuku et al., 2004). Entretanto, como relatado, esse patógeno possui várias raças (Nietsche et al., 2001; Sartorato, 2002; Sartorato & Alzate-Marin, 2004) e, no controle genético da resistência a todas essas raças, estão envolvidos inúmeros genes. Além do mais, nota-se gradação nos sintomas entre linhagens consideradas resistentes. Parte dessa gradação pode ser atribuída ao efeito ambiental; porém, a existência de controle poligênico do caráter não deve ser desconsiderada.

TABELA 1 Resultados de programas de seleção recorrente, relatados na literatura com *Phaseolus vulgaris* L., envolvendo vários caracteres.

Caráter	Unidade Seletiva	Nº ciclos	Ganhos	Autores
Porcentagem de proteína na semente	Indivíduos S ₀	2	21,9% a 24,6%	Sullivan & Bliss (1983)
Reação ao mofo-branco	Progênie F ₃	3	31% a 50%	Lyons et al. (1987)
Produtividade de grãos	Progênie F ₅	3	30%	Beaver & Kelly (1994)
Produtividade de grãos	Progênie S _{0,2}	3	25%	Ranalli (1996)
Produtividade de grãos	Progênie S _{0,2}	2	55%	Ranalli (1996)
Fixação de N	Progênie S _{0,1}	3	13%	Barron et al. (1999)
Produtividade de grãos	Progênie S _{0,1}	3	11%	Barron et al. (1999)
Produtividade de grãos	Progênie S _{0,1}	1	7,9% a 13,2%	Singh et al. (1999)
Produtividade de grãos	Progênie S _{0,1}	2	3% a 4%	Singh et al. (1999)
Doenças de solo	Progênie	6	9%	Garcia et al. (2003)
Porte, tipo e produtividade de grãos	Progênie S _{0,1} e S _{0,2}	1	3,1%	Cunha et al. (2005)
Produtividade de grãos	Progênie S _{0,1} e S _{0,2}	4	5,7%	Ramalho et al. (2005)
Tipo de grão	Progênie S _{0,1} e S _{0,2}	4	10,5%	Ramalho et al. (2005)
Reação à mancha-angular	Indivíduos S ₀	5	6,4%	Amaro et al. (2007)
Reação à mancha-angular	Linhagens S _{0,5}	3	13,8%	Amaro et al. (2007)
Produtividade de grãos	Progênie S _{0,1}	5	8,9%	Amaro et al. (2007)
Produtividade de grãos	Linhagens S _{0,5}	3	2,1%	Amaro et al. (2007)
Nº Dias para Florescimento	Progênie S ₁	5	2,2%	Silva et al. (2007)
Produtividade, arquitetura da planta e tipo de grão	Progênie S _{0,1} e S _{0,2}	3	3,1%	Menézes Júnior et al. (2008)

As estimativas do progresso genético com a seleção recorrente, obtidas por Amaro et al. (2007), reforçam essa observação. Esses autores iniciaram o programa de seleção recorrente visando à resistência à mancha-angular realizando um dialelo parcial entre sete linhagens adaptadas e dez fontes de resistência à *P. griseola*. As sementes F_2 obtidas constituíram a população-base, ou população do ciclo 0 (C-0). Na safra da “seca”, que apresenta condições ambientais que favorecem a incidência e o desenvolvimento da mancha-angular, essa população foi semeada e, ao final do ciclo, foram selecionadas, fenotipicamente, as plantas mais resistentes de cada cruzamento. Para obtenção do ciclo I (C-I), foram intercruzadas as melhores plantas $S_{0.1}$ do C-0, selecionadas fenotipicamente para resistência ao fungo. Na safra do outono-inverno, foi efetuada a recombinação, sendo obtida a geração F_1 , cujas sementes foram semeadas na safra “das águas”, para obtenção das sementes S_0 do ciclo seguinte. Esse procedimento foi adotado para obtenção do ciclo II (C-II), ciclo III (C-III), ciclo IV (C-IV) e ciclo V (C-V). Desse modo, foi possível conduzir um ciclo seletivo por ano. Na região onde foi conduzido o trabalho, as condições favoráveis para o desenvolvimento do patógeno ocorrem na denominada safra da “seca”, semeadura em fevereiro-março. Assim, a geração S_0 sempre foi conduzida nessa safra. Dessa forma, em cada ciclo de seleção recorrente, na geração S_0 , além de selecionar as plantas para a recombinação, foram selecionadas adicionalmente de 20 a 30 plantas de cada população, para constituírem as progênes $S_{0.1}$, que foram avaliadas quanto à resistência ao patógeno e produtividade de grãos. Após os cinco ciclos de seleção, foi estimado um ganho de 6,4% por ciclo para resistência à mancha-angular e a resposta correlacionada para produtividade de grãos foi de 8,9%. Além do mais, foi constatado que ainda há variabilidade para a seleção, mesmo após o quinto ciclo, evidenciada a possibilidade de continuar obtendo ganhos com a seleção para o caráter. Uma outra vantagem do processo é que, se novas fontes de resistência

forem identificadas, podem ser incluídas na recombinação. Desse modo, certamente, a variabilidade poderá ser mantida em longo prazo, justificando a continuidade do programa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A obtenção da população-base e a condução do programa de seleção recorrente até o quinto ciclo (C-V) foram realizadas por Amaro et al. (2007). Inicialmente, foi realizado um dialelo parcial envolvendo sete linhagens com grãos tipo carioca (Carioca MG, CI-140, CI-128, ANPAT 8.12, IAPAR 81, ESAL 693 e Pérola) e dez fontes de resistência à *P. griseola* (AN 512561, AND 277, Ouro Negro, Compuesto Negro Chimaltenango, CAL 143, MAR 2, MAR 1, G 5686, MA 4.137 e Jalo), com vários tipos de grãos.

Os cruzamentos foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na safra do inverno de 1998 (semeadura em julho).

Das setenta possíveis, vinte e nove combinações híbridas foram obtidas, em grande parte devido à incompatibilidade de alguns cruzamentos (Singh & Gutierrez, 1984). Esses híbridos F₁ foram semeados em novembro do mesmo ano para obtenção das sementes F₂ (S₀). Cada uma dessas 29 populações S₀ foi conduzida de forma independente, formando no seu conjunto a população-base, ou população do ciclo 0 (C-0). Em 1999, na safra da “seca”, que apresenta condições ambientais que favorecem a incidência e o desenvolvimento da mancha-angular, essa população foi semeada e, ao final do ciclo, foram selecionadas, fenotipicamente, as plantas mais resistentes de cada cruzamento.

Para obtenção do ciclo I (C-I), foram inter cruzadas as 29 melhores plantas S_{0:1} do C-0, uma por população, selecionadas fenotipicamente para resistência ao fungo e, entre essas, aquelas que apresentassem grãos tipo carioca o mais próximo possível ao padrão exigido pelo mercado, ou seja, grãos de fundo bege e rajas marrom-claras. Para tanto, uma planta de cada população foi inter cruzada com outras duas, de acordo com o esquema apresentado por Ramalho et al. (2001).

A recombinação foi efetuada na safra do inverno de 2000 (semeadura em julho) e as sementes F_1 obtidas, semeadas nas “águas” de 2000 (novembro), para obtenção das sementes S_0 do ciclo I (C-I). O mesmo procedimento foi adotado para obtenção do ciclo II (C-II) ao ciclo VIII (C-VIII). Desse modo, foi possível conduzir um ciclo seletivo por ano.

Na região, as condições favoráveis para o desenvolvimento do patógeno ocorrem na denominada safra da “seca”, semeadura em fevereiro-março. Assim, a população S_0 , na qual foram selecionadas as plantas para serem recombinadas para obtenção do ciclo seguinte, sempre foi conduzida nessa safra.

Em cada ciclo, na geração S_0 , além das plantas selecionadas para a recombinação, outras foram identificadas para gerar as progênies e continuar o processo de endogamia, até a obtenção de linhagens. Esse procedimento foi adotado até o C-V. Do C-VI em diante, para a condução do processo de endogamia, as populações foram conduzidas em bulk até a geração S_3 . Para isso, a geração S_0 era semeada em fevereiro-março, a S_1 em julho, a S_2 em outubro-novembro e a S_3 novamente em fevereiro-março, quando foram obtidas as progênies $S_{3,4}$. Essa estratégia possibilitou a seleção para resistência ao patógeno antes da obtenção das progênies, na geração S_0 e também na S_3 , que são as duas gerações conduzidas na safra em que há incidência mais severa de mancha-angular.

As progênies $S_{0,1}$ ou $S_{3,4}$ foram sempre avaliadas em experimentos conduzidos na safra da “seca” do ano seguinte em Lavras, MG, em parcelas de uma linha de 2 m, utilizando sempre como testemunhas as cultivares ‘Carioca MG’ (suscetível ao patógeno) e ‘Pérola’ (tolerante).

Os detalhes sobre o número de progênies avaliadas em cada ciclo de seleção recorrente, o delineamento experimental e o ano de avaliação estão na Tabela 2. Em todos os experimentos, foi avaliada a produtividade de grãos em g/parcela e a severidade de mancha-angular por meio da escala de notas de nove

graus proposta pelo CIAT e adaptada por Nietsche (2000b), sendo: 1 - Plantas sem sintomas da doença; 2 - Presença de até 3% de lesões; 3 - Presença de até 5% de lesões não-esporuladas; 4 - Presença de lesões esporuladas, que cobrem aproximadamente 10% da área foliar; 5 - Presença de várias lesões esporuladas entre 2 mm e 3 mm, que cobrem aproximadamente 10%-15% da área foliar; 6 - Presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, que cobrem 15%-20% da área foliar; 7 - Presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, que cobrem 20%-25% da área foliar; 8 - Presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, que cobrem 25%-30% da área foliar, geralmente associadas a tecidos cloróticos, os quais podem coalescer e formar extensas áreas infectadas; 9 - Sintomas severos da doença, resultando em queda prematura de folhas e morte.

TABELA 2 Número de progênies de cada ciclo de seleção recorrente, delineamento experimental e ano de semeadura.

Ciclo	Tipo de Progênies	Nº de progênies	Delineamento experimental	Semeadura
C-I	S _{0:1}	223	Látice simples 15 x 15	2001
C-II	S _{0:1}	322	Látice simples 18 x 18	2002
C-III	S _{0:1}	194	Látice simples 14 x 14	2003
C-IV	S _{0:1}	287	Látice simples 17 x 17	2004
C-V	S _{0:1}	254	Látice simples 16 x 16	2005
C-VI	S _{3:4}	79	Látice simples 9 x 9	2007
C-VII	S _{3:4}	254	Látice simples 16 x 16	2008
C-VIII	S _{3:4}	194	Látice simples 14 x 14	2009

Em todos os experimentos, na semeadura, foram utilizados como adubação 400 kg/ha da fórmula 8-28-16 de N, P₂O₅ e K₂O. Aos 25 dias após a emergência das plantas, foi feita a adubação em cobertura com 150 kg/ha de

sulfato de amônio. A cultura foi submetida à irrigação por aspersão, quando necessário. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de herbicidas de pós-emergência.

Os dados obtidos quanto à severidade de mancha-angular (notas de 1 a 9) e à produtividade de grãos das progênes de cada ciclo foram submetidos à análise de variância (ANAVA), considerando todos os efeitos aleatórios, exceto a média. Também foram estimadas a variância genética (σ^2_G), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$) e a herdabilidade no sentido amplo (h^2), de acordo com Ramalho et al. (1993). Para determinar os intervalos de confiança para as estimativas da herdabilidade, foram obtidos os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das estimativas, de acordo com as expressões apresentadas por Knapp et al. (1985).

Foi estimado o progresso genético obtido com os ciclos de seleção recorrente para os caracteres reação à mancha-angular e produtividade de grãos utilizando metodologia semelhante à empregada por Amaro et al. (2007). Para isso, obtiveram-se as regressões lineares considerando-se sempre como variável independente (x) os ciclos de seleção. Visando a atenuar o efeito ambiental, uma vez que as progênes de cada ciclo foram avaliadas em anos diferentes, como variável dependente (Y), foram utilizados os desvios genéticos das progênes (d_G) para cada caráter, em relação às testemunhas comuns, semelhante à metodologia utilizada por Amaro et al. (2007).

Para severidade de mancha-angular, os d_{Gi} (d_G no ciclo i) foram calculados levando-se em consideração apenas a média da testemunha susceptível 'Carioca MG' no ciclo i, assim, $d_{Gi} = (\text{média da Carioca MG no ciclo } i - \text{média das progênes no ciclo } i)$. Já para o caráter produtividade de grãos, a média das duas testemunhas foi utilizada para o cálculo dos d_{Gi} ; assim, $d_{Gi} = (\text{média das progênes no ciclo } i - \text{média das testemunhas no ciclo } i)$. Dessa forma, o progresso genético porcentual foi obtido pelo seguinte estimador:

$$PG(\%) = \left(\frac{b_1}{\bar{X}_{CI}} \right) * 100, \text{ em que } PG(\%) \text{ é o progresso genético percentual por}$$

ciclo de seleção recorrente em relação à média das progênies do C-I; b_1 é o coeficiente de regressão linear; e \bar{X}_{CI} é a média das progênies do C-I.

Esse estimador também foi utilizado para o tipo de grão, já que na seleção das progênies mais resistentes também foram escolhidas aquelas com grãos tipo carioca o mais próximo possível ao padrão exigido pelo mercado. Nesse caso, a avaliação foi realizada utilizando cinco linhagens de cada um dos seis primeiros ciclos de seleção recorrente. Para isso, foi avaliado o tipo de grão utilizando escala de notas de 1 a 5, semelhante à empregada por Ramalho et al. (2005), em que: 1 – típico grão carioca, cor-bege clara com rajas marrom-claras, sem halo, massa média de 100 grãos de 22-24 g e grãos não achatados; 2 – grão tipo carioca deficiente em uma das características mencionadas no padrão; 3 – grão tipo carioca deficiente em duas das características mencionadas no padrão; 4 – grão tipo carioca deficiente em três das características mencionadas no padrão; 5 – grão de cor bege-escuro, com rajas marrom-escuro, com halo, massa média de 100 sementes inferior a 22 g e grãos achatados. As notas foram dadas por três profissionais com experiência na cultura. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância considerando cada avaliador como uma repetição. Para estimar o progresso genético, foi adotado procedimento semelhante ao anterior; porém, para a regressão, considerou-se como variável dependente (Y) a nota de grãos média das cinco linhagens do ciclo i e, como variável independente (X), os ciclos de seleção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Detectou-se diferença significativa ($P < 0,07$) entre as progênies em todos os ciclos para as notas de severidade de mancha-angular, evidenciando a existência de variabilidade entre as progênies com relação ao nível de resistência ao patógeno (Tabela 1A). As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos corroboram essa observação. As estimativas de h^2 foram, na maioria das situações, elevadas e superiores a 50% (Tabela 3). As estimativas do limite inferior das h^2 s em quase todos os casos foram positivas, indicando que as estimativas obtidas, com 95% de probabilidade, devem ser diferentes de zero.

TABELA 3 Estimativas das variâncias genéticas ($\hat{\sigma}_G^2$) e fenotípicas ($\hat{\sigma}_F^2$) entre progênies e herdabilidades no sentido amplo (h_a^2) com seus respectivos limites inferior (LI) e superior (LS), do primeiro ao oitavo ciclo de seleção recorrente para nota de severidade de mancha-angular (1 a 9).

Ciclo	Tipo de Progênies	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_F^2$	h_a^2 (%)	LI	LS
I	S _{0:1}	0,904	1,644	55,00	40,97	65,78
II	S _{0:1}	1,048	1,619	64,74	55,87	71,87
III	S _{0:1}	0,354	0,558	63,52	48,81	72,83
IV	S _{0:1}	0,469	0,665	70,58	62,66	76,85
V	S _{0:1}	0,038	0,173	21,81	-0,64	39,52
VI	S _{3:4}	0.163	0.523	31.24	-9.54	57.32
VII	S _{3:4}	0.383	0.658	58.23	46.17	67.65
VIII	S _{3:4}	0.538	1.259	42.75	23.37	57.35

Esses valores estão coerentes com os obtidos por vários autores que avaliaram a severidade de ocorrência do patógeno utilizando diferentes tipos de progênies (Pereira et al., 2004; Teixeira, 2005; Amaro et al., 2007; Couto et al., 2008). A existência de variabilidade entre as progênies pode ser observada também pela ampla variação entre suas médias (Tabela 4). Ressalta-se que, em todos os ciclos, a amplitude das notas de severidade de mancha-angular foi expressiva.

TABELA 4 Nota média de severidade de mancha-angular (1 a 9) e produtividade de grãos (g/2m²) das progênies do primeiro (C-I) ao oitavo ciclo (C-VIII) de seleção recorrente e das testemunhas Carioca MG (CMG) e Pérola.

Ciclo	Nº de Progênies	Notas de severidade da doença			Produtividade de grãos		
		Progênies	CMG	Pérola	Progênies	CMG	Pérola
I	223	3,95 (1,7-7,9) ¹	5,7	4,2	355,3 (131,2-786,8) ¹	370,8	415,8
II	322	4,46 (2,1-7,8)	7,6	5,2	528,0 (224,0-982,0)	438,2	384,6
III	194	3,32 (1,8-5,9)	7,2	3,1	487,8 (190,0-821,8)	366,0	355,4
IV	287	3,80 (1,5-7,5)	6,5	4,9	521,0 (180,8-777,0)	422,2	456,6
V	254	2,83 (1,8-4,3)	6,0	3,6	515,0 (188,6-873,0)	376,8	369,0
VI	79	1,32 (0,6-4,4) ¹	3,6	2,4	400,2 (183,8-616,9)	433,1	323,8
VII	256	4,6 (2,9-6,7)	5,9	4,5	662,06 (313,6-1025,8)	555,5	539,5
VIII	194	4,28 (2,0-7,4)	6,8	5,5	404,9 (108,3-734,7)	371,2	240,1

¹Entre parêntesis, a variação para severidade de mancha-angular e produtividade de grãos.

Um grande problema na avaliação comparativa da severidade de ocorrência de patógenos entre anos e/ou locais diferentes é o efeito ambiental. Para atenuar esse problema, a principal alternativa é o emprego de uma testemunha suscetível, como no caso, a cultivar ‘Carioca MG’. Nas avaliações das gerações iniciais das progênies de cada ciclo seletivo, a nota média atribuída a essa cultivar sofreu uma pequena variação, porém com altos valores, indicando, como já mencionado, que na época “da seca”, as condições para o desenvolvimento do patógeno eram favoráveis (Tabela 4). Somente no C-VI é que a incidência do patógeno foi baixa, conforme pode ser verificado pela nota média de severidade da ‘Carioca MG’.

Tomando como referência a média geral das progênies ao longo dos ciclos seletivos, verifica-se tendência de redução no seu valor até o C-VI (Tabela 4). No C-VII e C-VIII, a média sofreu elevação; contudo, o mesmo fato foi constatado para as testemunhas, evidenciando que ocorreu flutuação na severidade do patógeno entre os anos. Esse fato pode ser devido a algum fator ambiental e/ou à diferença na raça prevalescente em cada ano.

Na análise de variância para a produtividade de grãos, também foi detectada variação ($P < 0,07$) entre as progênies em todos os ciclos de seleção recorrente (Tabela 2A). Corroborando os resultados das análises de variância, estão as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos (Tabela 5), assim como a ampla variação observada entre as médias das progênies (Tabela 4). Nos diferentes ciclos, verifica-se que as estimativas da h^2 foram, na maioria dos casos, superiores a 40%, valores esses semelhantes ao que tem sido encontrado para esse caráter em outras condições (Mendonça et al., 2002; Pereira et al., 2004; Teixeira, 2005; Amaro et al., 2007; Couto et al., 2008).

A seleção recorrente é uma atividade que necessita ser periodicamente avaliada. A estimativa do progresso genético nesses períodos permite aos melhoristas verificarem o sucesso já obtido e se há necessidade de alterações nos

TABELA 5 Estimativas das variâncias genéticas ($\hat{\sigma}_G^2$) e fenotípicas ($\hat{\sigma}_F^2$) entre progênies, e herdabilidades no sentido amplo (h_a^2) com seus respectivos limites inferior (LI) e superior (LS), do primeiro ao oitavo ciclo de seleção recorrente para produtividade de grãos (g/2m²).

Ciclo	Tipo de Progênies	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_F^2$	h_a^2 (%)	LI	LS
I	S _{0:1}	4500,504	10621,136	43,373	24,390	56,180
II	S _{0:1}	9316,662	18795,522	49,569	36,870	59,760
III	S _{0:1}	9040,534	15578,646	58,032	43,820	68,730
IV	S _{0:1}	3708,126	9616,154	38,561	22,030	51,660
V	S _{0:1}	4010,842	15625,540	25,668	4,210	42,430
VI	S _{3:4}	2739.999	8955.925	30.59	-10.58	56.92
VII	S _{3:4}	6926.789	16503.751	41.97	25.22	55.06
VIII	S _{3:4}	7126.275	14804.538	48.14	30.58	61.36

procedimentos até então utilizados. Em plantas alógamas, a estimativa do progresso genético é facilmente obtida mediante avaliação das populações dos diferentes ciclos. Isso porque, nessas plantas, a população volta à condição normal de equilíbrio após a recombinação. Assim, basta armazenar uma amostra das populações a cada ciclo para posterior avaliação. No caso do feijoeiro, esse procedimento não pode ser utilizado. Após o intercruzamento, nas gerações sucessivas ocorre autofecundação. As frequências alélicas não se alteram; contudo, as genotípicas, sim. Em ocorrência de dominância, a média do caráter é alterada com a autofecundação. Por isso, para obter o progresso genético em plantas autógamas, algumas alternativas têm sido utilizadas, tais como o desempenho médio das progênies S_{0:1} ou S_{0:2} em cada ciclo, utilizando testemunhas comuns nas avaliações para se ter indicador da flutuação ambiental

(Olmedo et al., 1995; Ranalli, 1996; Singh et al., 1999; Ramalho et al., 2005; Amaro et al., 2007) e a utilização das melhores linhagens identificadas no final de cada ciclo de seleção recorrente (Ramalho et al., 2005; Amaro et al., 2007).

Neste trabalho, estimativas do progresso genético para severidade da mancha-angular foram obtidas utilizando os desvios genéticos das médias das progênies na geração inicial de avaliação em cada ciclo em relação à testemunha ‘Carioca MG’, para atenuar o efeito ambiental (Tabela 6). Verificou-se que a

TABELA 6 Médias das progênies e da cultivar Carioca MG (CMG), do primeiro ao oitavo ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos (d_G) das médias das progênies em relação a média da cultivar Carioca MG, coeficientes de regressão linear (b_0 e b_1) e de determinação (R^2) e ganho com a seleção (GS), para severidade de mancha-angular (1 a 9).

Ciclo	Média das progênies	Média da CMG	Média da ‘Pérola’	d_G^1
I	3.95	5.67	4.2	1.72
II	4.46	7.62	5.2	3.16
III	3.32	7.20	3.1	3.88
IV	3.80	6.51	4.9	2.71
V	2.83	6.04	3.6	3.21
VI	1.32	3.55	2.4	2.24
VII	4.60	5.90	4.5	1.30
VIII	4.28	6.78	5.5	2.50
b_0				3,033
b_1				-0,098
R^2 (%)				8,22
GS (%)				-2,49

$d_G = (\text{Média da cultivar Carioca MG}) - (\text{Média das progênies})$.

estimativa do coeficiente de regressão linear (b_1) não foi diferente de zero. Além do mais, o coeficiente de determinação foi de apenas $R^2=8,2\%$, indicando que os desvios genéticos das notas de severidade não se ajustaram à equação de regressão linear. Nessa condição, não foi possível verificar qual foi o progresso com a seleção recorrente para resistência ao patógeno. Deve ser enfatizado que, no caso desse caráter, há alguns fatores que podem dificultar o bom ajustamento dos dados à equação de regressão: um deles é o efeito ambiental. A testemunha atenua o problema, mas, evidentemente, não o elimina totalmente, sobretudo quando se tem apenas uma testemunha suscetível. O caráter é avaliado por meio de notas, subjetivamente. De um ciclo para outro, mesmo o avaliador sendo experiente, as notas podem ser atribuídas com precisão diferente de uma safra para outra. Adicionalmente, não se deve esquecer que esse patógeno possui inúmeras raças que se diferem em virulência (Nietsche et al., 2001; Sartorato, 2002; Sartorato & Alzate-Marin, 2004; Silva et al., 2008). De uma safra para outra, as raças prevalescentes podem mudar e, por conseguinte, a severidade do patógeno pode ser diferente.

Deve ser destacado que, mesmo nos ciclos iniciais da seleção recorrente, a nota média de severidade da mancha-angular foi semelhante à da cultivar Pérola, utilizada como testemunha e que é bem tolerante ao *P. griseola*. Infere-se, com isso, que o nível de resistência da população original já era alto. O progresso a ser obtido por ciclo deve ser pequeno, pois a população de referência do C-0 já tem boa resistência. Assim, só é possível estimar o progresso com precisão se todos os fatores anteriormente comentados forem controlados.

Poucos são os relatos sobre o emprego da seleção recorrente, na cultura do feijoeiro, visando à resistência a patógenos (Lyons et al., 1987; Garcia et al., 2003; Amaro et al., 2007). Considerando que os estudos do controle genético da resistência a determinadas raças de *P. griseola* apontam que a resistência é monogênica e/ou oligogênica (Caixeta et al., 2002; Mahuku et al., 2004), o

emprego da seleção recorrente poderia ser questionado. Entretanto, esse patógeno possui várias raças (Nietsche et al., 2001; Sartorato, 2002; Sartorato & Alzate-Marin, 2004; Silva et al., 2008) e, no controle genético da resistência a todas essas raças, certamente estarão envolvidos inúmeros genes. Além do mais, nota-se que há um gradiente nos sintomas entre linhagens consideradas resistentes. Parte dessa gradação pode ser atribuída ao efeito ambiental; porém, a existência de controle poligênico do caráter não deve ser desconsiderada.

Como a mancha-angular afeta a produtividade de grãos (Correa-Victoria et al., 1994; Jesus Júnior et al., 2001) o sucesso do programa de seleção recorrente também pode ser avaliado indiretamente estimando o ganho para esse caráter. Dessa forma, para se obter a resposta indireta na produtividade de grãos pela seleção efetuada para notas de severidade do patógeno, foi estimado o progresso genético para a produtividade. Os valores do desvio (d_G) da produtividade média de grãos das progênes em relação às testemunhas foram sempre positivos a partir do C-II (Tabela 7). A estimativa do coeficiente de regressão linear (b_1) foi de 8,31 g/2 m²; contudo, também associada a um baixo coeficiente de determinação. O ganho percentual em relação à produtividade média das progênes no C-I foi de 2,3% por ciclo (Tabela 7). Esse valor foi semelhante ao obtido por Amaro et al. (2007) até o quinto ciclo seletivo e é também semelhante ou até superior aos que têm sido relatados com a seleção realizada diretamente no caráter produtividade de grãos (Ranalli, 1996; Singh et al., 1999; Ramalho et al., 2005). Infere-se que os programas de melhoramento do feijoeiro devem concentrar sua atenção na obtenção de linhagens resistentes a esse patógeno, como uma das estratégias para se obter ganho na produtividade de grãos.

É também marcante o fato de que a população original envolvia grãos com pequena probabilidade de aceitação comercial. Ela foi gerada por meio de um dialelo parcial envolvendo fontes de resistência com diversos tipos de grãos,

TABELA 7 Médias das progênies e das testemunhas do primeiro ao oitavo ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos (d_G) das progênies em relação à média das testemunhas, coeficientes de regressão linear (b_0 e b_1) e de determinação (R^2) e ganho com a seleção, para produtividade de grãos ($g/2m^2$).

Ciclo	Média das progênies	Média das testemunhas	d_G ($g/2m^2$) ¹
I	355,30	393,27	- 37,97
II	527,60	411,40	116,20
III	486,40	360,80	125,60
IV	520,40	439,40	81,00
V	515,00	372,80	138,20
VI	400,15	378,47	21,68
VII	662,06	547,49	114,57
VIII	404,94	305,62	99,32
b_0			44,91
b_1			8,31
R^2 (%)			11,36
GS (%)			2,34

d_G = média das testemunhas – média das progênies

sem aceitação comercial, com linhagens de grãos tipo carioca. Muito embora no controle genético do aspecto dos grãos estejam envolvidos vários genes (Basset, 1996, 2004), houve progresso acentuado com a seleção também para esse caráter. Em realidade, na identificação das progênies para a recombinação ou avanço da endogamia, o tipo de grão era considerado. Em vista desse fato, visando a quantificar esse ganho, foi estimado o progresso genético com base na média de cinco linhagens de cada ciclo de seleção do primeiro ao sexto ciclo (Tabela 8). Notou-se tendência de redução das médias com o decorrer dos ciclos seletivos, ou seja, houve melhoria no tipo de grão (Figura 1). A estimativa do

coeficiente de regressão linear (b_1) foi de -0,084, o que corresponde a um ganho percentual médio de -2,47% por ciclo em relação à nota das linhagens do primeiro ciclo seletivo. Em outros programas de seleção recorrente para produtividade de grãos e arquitetura da planta, também foram observados ganhos indiretos para o tipo de grão, uma vez que os melhoristas sempre levam em conta esse caráter na seleção das progênies para recombinação (Ramalho et al., 2005; Cunha et al., 2005).

TABELA 8 Médias das linhagens do primeiro ao sexto ciclo de seleção recorrente, coeficientes de regressão linear (b_0 e b_1) e de determinação (R^2) e ganho com a seleção para nota de grãos (notas de 1 a 5).

Ciclo	Média das linhagens
I	3,4
II	2,9
III	3,1
IV	2,7
V	2,9
VI	2,9
b_0	3,260**
b_1	-0,084*
R^2 (%)	42,9
GS (%)	-2,47

*, **: $p < 0,16$ e $p < 0,001$, respectivamente.

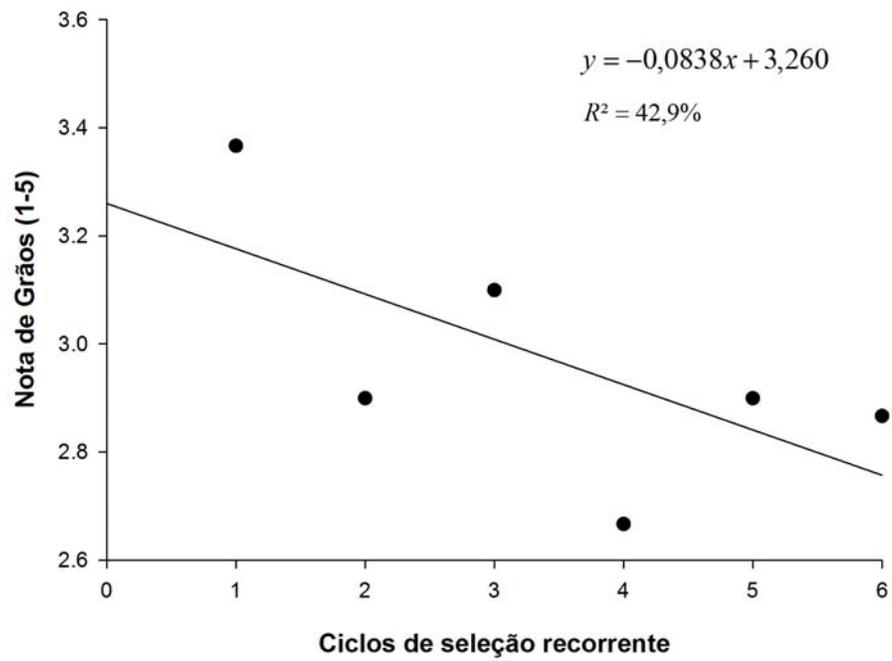


FIGURA 1 Regressão para nota média para tipo de grão (1 a 5) das linhagens dos seis primeiros ciclos de seleção recorrente.

5 CONCLUSÕES

Não foi possível detectar progresso genético quanto à resistência à mancha-angular. Contudo, a resistência média das progênies, em todos os ciclos seletivos, foi equivalente ao da cultivar Pérola, considerada tolerante, o que evidencia que a população original já possuía bom nível de resistência.

Selecionando-se as progênies mais resistentes à mancha-angular, obteve-se ganho indireto para produtividade de grãos de 2,34% até o C-VIII, e de 2,47% para tipo de grão, considerando as linhagens do primeiro ao sexto ciclo de seleção recorrente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 105-112, jan. 1994.
- AGGARWAL, V.D.; PASTOR-CORRALES, M.A.; CHIRWA, R.M.; BURUCHARA, R.A. Andean beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with resistance to the angular leaf spot pathogen (*Phaeoisariopsis griseola*) in southern and eastern Africa. **Euphytica**, Wageningen, v. 136, n. 2, p. 201-210, May 2004.
- ALVAREZ-AYALA, G.; SCHWARTZ, H.F. Preliminary investigations of pathogenic variability expressed by *Phaeoisariopsis griseola*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 22, p. 86-87, Mar. 1979.
- ALZATE-MARIN, A.L.; CERVIGNI, G.D.L.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes a doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 333-342, jul./ago. 2005.
- AMARO, G.B. **Seleção recorrente fenotípica no feijoeiro visando à resistência a *Phaeoisariopsis griseola***. 2006. 90 p. Dissertação (Tese em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- AMARO, G.B.; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SILVA, F.B. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisariopsis griseola*. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 30, n. 3, p. 584-588, set. 2007.
- ARANTES, L. de O.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B. Controle genético da incompatibilidade do cruzamento entre cultivares andinas e mesoamericanas de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 978-980, maio/jun. 2008.
- BALBI, B.P.; SANGLARD, D.A.; ARRUDA, K.M.A.; COSTA, M.R.; PIOVESAN, N.D.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Characterization of *Pseudocercospora griseola* isolates collected in the state of Minas Gerais, Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 52, p. 56-57, 2009.

BARRON, J.E.; PASINI, R.J.; DAVIS, D.W.; STUTHMAN, D.D.; GRAHAM, P.H. Response to selection for seed yield and nitrogen (N₂) fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 62, n. 2/3, p. 119-128, June 1999.

BASSETT, M.J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 39, p. 1-19, 1996.

BASSETT, M.J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 1-24, 2004.

BASSETT, M.J.; MCCLEAN, P.E. A brief review of the genetics of partly colored seed coats in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 43, p. 99-100, 2000.

BEAVER, J.S.; KELLY, J.D. Comparison of selection methods for dry bean populations derived from crosses between gene pools. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 1, p. 34-37, Jan./Feb. 1994.

BRENES, B.M.; CHAVES, G.M.; ZAMBOLIM, L. Estimativas de perdas no rendimento do feijoeiro comum (*P. vulgaris* L.) causadas pela mancha-angular (*Isariopsis griseola* Sacc.). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 3, p. 599, out. 1983.

BROCK, R.D. Resistance to angular leafspot among varieties of beans. **Journal Australian Institute Agricultural Science**, Melbourne, v. 17, n. 1, p. 25-30, 1951.

BRUZI, A.T.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; FERREIRA, D.F.; SENA, M.R. Homeostasis of common bean populations with different genetic structures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 2, p. 111-116, jun. 2007.

BRUZI, A.T.; SILVA, F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos. Performance of common bean families from crossing of Andean and Mesoamerican lines. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, New York, v. 47, p. 299-300, 2004.

CAIXETA, E.T. **Caracterização da resistência genética à mancha-angular e desenvolvimento de marcadores microssatélites para regiões específicas do genoma do feijoeiro**. 2002. 90 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAIXETA, E.T.; BORÉM, A.; ALZATE-MARIN, A.L.; FAGUNDES, S.A.; SILVA, M.G.M.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Allelic relationships for genes that confer resistance to angular leaf spot in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 145, n. 3, p. 237-245, Oct. 2005.

CAIXETA, E.T.; BORÉM, A.; FAGUNDES, S.A.; NIETSCHE, S.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Inheritance of angular leaf spot resistance in common bean line BAT 332 and identification of RAPD markers linked to the resistance gene. **Euphytica**, Wageningen, v. 134, n. 3, p. 297-303, Dec. 2003.

CAMPOS-ÁVILA, J. **Enfermedades del frijol**. México: Trillas, 1987. 132 p.

CARNEIRO, G.E.S.; ZIMMERMANN, F.J.; PELOSO, M.J. del. Avaliação de linhagens de feijão dos grupos carioca e preto nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. v. 1, p. 280-282.

CARVALHO, F.I.F. de; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; MARCHIORO, V.S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPel/Universitária, 2001. 99 p.

CARVALHO, G.A.; PAULA JÚNIOR, T.J.; ALZATE-MARIN, A.L.; NIETSCHE, S.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Herança da resistência da linhagem AND-277 de feijoeiro-comum à raça 63-23 de *Phaeoisariopsis griseola* e identificação de marcador RAPD ligado ao gene de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 482-485, out./dez. 1998.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT. **Annual report 1985**: bean program. Cali, 1986. p. 27-34. (Working Document, n. 14).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo primeiro levantamento, agosto/2009. Brasília, 2009. 39 p.

CORRÊA, R.X.; GOOD-GOD, P.I.; OLIVEIRA, M.L.P.; NIESTCHE, S.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Herança da resistência à mancha-angular do feijoeiro e identificação de marcadores moleculares flanqueando o loco de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 27-32, jan./mar. 2001.

CORREA-VICTORIA, F.J. **Pathogenic variation, production of toxic metabolites, and isozyme analysis in *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr.** 1987. 120 p. Thesis (PhD in Botany and Plant Pathology) - Michigan State University, East Lansing.

CORREA-VICTORIA, F.J.; PASTOR-CORRALES, M.A.; SAETLER, A.W. Mancha-angular de la hoja. In: PASTOR-CORRALES, M.A.; SCHWARTZ, H.F. (Ed.). **Problemas de producción del frijol em los trópicos**. Cali: CIAT, 1994. p. 67-86.

COUTO, M.A.; SANTOS, J.B.; ABREU, A. de F.B. Selection of Carioca type common bean lines with anthracnose and angular leaf spot- resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 3, p. 324-331, jul. 2005.

COUTO, M.A.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, J.L. Melhoramento do feijoeiro comum com grão tipo carioca visando resistência à antracnose e à mancha-angular. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1643-1648, set./out. 2008.

CUNHA, W.G. da; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F. B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 4, p. 379-386, dez. 2005.

FERREIRA, C.F.; BORÉM, A.; CARVALHO, G.A.; NIETSCHE, S.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Inheritance of angular leaf spot resistance in common bean and identification of a RAPD marker linked to a resistance gene. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 1130-1133, 2000.

FOUILLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GEPTS, P. (Ed). **Genetic resources of *Phaseolus* beans: their maintenance, domestication, evolution, and utilization**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 503-541.

GARCIA, R.E.; ROBINSON, R.A.; AGUILAR, J.A.P.; SANDOVAL, S.S.; GUZMAN, R.P. Recurrent selection for quantitative resistance to soil borne diseases in beans in the Mixteca region, México. **Euphytica**, Wageningen, v. 130, n. 2, p. 241-247, 2003.

GERALDI, I.O. Por que realizar seleção recorrente? In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005. p. 97.

GERALDI, I.O. Selección recorrente em el mejoramiento de plantas. In: GUIMARÃES, E.P. (Ed.). **Selección recorrente em arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 3-11.

GUZMÁN, P.; GILBERTSON, R.L.; NODARI, R.; JOHNSON, W.C.; TEMPLE, S.R.; MANDALA, D.; MKANDAWIRE, A.B.C.; GEPTS, P. Characterization of variability in the fungus *Phaeoisariopsis griseola* suggest coevolution with the common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Phytopathology**, Saint Paul, v. 85, n. 5, p. 600-607, May 1995.

HALLAUER, A.R. Heterosis: what have we learned, what have we done, and where are we headed? In: THE GENETICS and exploitation of heterosis in crops. México: CIMMYT, 1999. p. 483-492.

HULL, F.H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. **Journal of the American Society for Agronomy**, Madison, v. 37, n. 2, p. 134-145, Feb. 1945.

JESUS JÚNIOR, W.C. de; VALE, F.X.R. do; COELHO, R.R.; HAU, B.; ZAMBOLIN, L.; COSTA, L.C.; BERGAMIN FILHO, A. Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 92, n. 11, p. 1045-1053, Nov. 2001.

KELLY, J.D.; MIKLAS, P.N. The role of RAPD markers in breeding for disease resistance in common bean. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 4. n. 1, p. 1-11, Feb. 1998.

KNAPP, S.J.; STROUP, W.W.; ROSS, W.M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 1, p. 192-194, Jan./Feb. 1985.

LEAKEY, C.L.A. Geotypic and phenotypic markers in common bean. In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetics resources of *Phaseolus* beans**: their maintenance, domestication, evolution, and utilization. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 245-327.

LIEBENBERG, M.M.; PRETORIUS, Z.A. A review of angular leaf spot of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **African Plant Protection**, Queenswood, v. 3, n. 2, p. 81-106, Aug. 1997.

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

MAHUKU, G.; MONTOYA, C.; HENRIQUEZ, M.A. Inheritance and characterization of angular leaf spot resistance gene present in common bean accession G 10474 and identification of an AFLP marker to the resistance gene. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 5, p. 1817-1824, Sept./Oct. 2004.

MAHUKU, G.S.; HENRÍQUEZ, M.A.; MUÑOZ, J.; BURUCHARA, R.A. Genetic variability within *Phaeoisariopsis griseola* from Central America and its implications for resistance breeding of common bean. **Plant Pathology**, Oxford, v. 51, n. 5, p. 594-604, Oct. 2002.

MAHUKU, G.S.; IGLESIAS, Á.M.; JARA, C. Genetics of angular leaf spot resistance in the Andean common bean accession G5686 and identification of markers linked to the resistance genes. **Euphytica**, Wageningen, v. 167, n. 3, p. 381-396, June 2009.

MARQUES JÚNIOR, O.G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão**. 1997. 80 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENDONÇA, H.A. de; SANTOS, J.B. dos; RAMALHO, M.A.P. Selection of common bean segregation populations using genetic and phenotypic parameters and RAPD markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, p. 219-226, 2002.

MENEZES JÚNIOR, J.Â.N. de; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, Â. de F.B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 833-838, dez. 2008.

MIKLAS, P.N.; KELLY, J.D.; BEEBE, S.E.; BLAIR, M.W. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical to MAS breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 147, n. 1/2, p. 105-131, Jan. 2006.

MILACH, S.C.K.; CRUZ, R.P. Piramidização de genes de resistência às ferrugens em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 685-689, out. 1997.

MORA-BRENES, B. **Estimativa de perdas no rendimento de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) causadas pela mancha-angular (*Isariopsis griseola* Sacc.)**. 1983. 60 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MORETO, A.L.; RAMALHO, M.A.P.; NUNES, J.A R.; ABREU, A. de F.B. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1035-1042, jul./ago. 2007.

MSTAT-C. **A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments**. Michigan: Michigan State University, 1991.

NELSON, R.R. Genetics of horizontal resistance to plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 16, p. 359-378, Sept. 1978.

NIENHUIS, J.; SINGH, S.P. Genetics of seed yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Middle American origin. II: genetics, variance, heritability and expected response from selection. **Plant Breeding**, Berlin, v. 101, n. 2, p. 155-163, Sept. 1988.

NIETSCHÉ, S.; BORÉM, A.; ALZATE-MARIN, A.L.; COSTA, M.; ROCHA, R.C.; CAIXETA, E.T.; BARROS, E.G. de; MOREIRA, M.A. Variabilidade genética da patogenicidade de *Phaeoisariopsis griseola* no Brasil. **Summa Phytopathológica**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 331-335, out. 2002.

NIETSCHÉ, S.; BORÉM, A.; CARVALHO, G.A.; PAULA JÚNIOR, T.J.; FERREIRA, C.F.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Genetic diversity of *phaeoisariopsis griseola* in the state of Minas Gerais, Brazil. **Euphytica**, Wageningen, v. 117, n. 1, p. 77-84, Jan. 2001.

NIETSCHÉ, S.; BORÉM, A.; CARVALHO, G.A.; ROCHA, R.C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. RAPD and SCAR markers linked to a gene conferring resistance to angular leaf spot in common bean. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 148, n. 2, p. 117-121, Feb. 2000a.

NIETSCHÉ, S.; BORÉM, A.; ROCHA, R.C.; CAIXETA, E.T.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Fontes de resistência à mancha-angular do feijoeiro no Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 47, n. 273, p. 567-572, set. 2000b.

OLIVEIRA, E.J. de; ALZATE-MARIN, A.L.; BORÉM, A.; MELO, C.L.P.; BARROS, E.G. de; MOREIRA, M.A. Reação de cultivares de feijoeiro comum a quatro raças de *Phaeoisariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 220-223, mar./abr. 2004.

OLMEDO, A.O.B.; ELIAS, E.M.; CANTRELL, R.G. Recurrent selection for grain yield in durum wheat. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 3, p. 714-719, May/June 1995.

PARK, S.O.; COYNE, D.P.; JUNG, G.; SKROCH, P.W.; ARNAUD-SANTANA, E.; STEADMAN, J.R.; ARIYARATHNE, H.M.; NIENHUIS, J. Mapping of QTL for seed size and shape traits in common bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, n. 2, p. 466-475, Mar. 2000.

PARLEVLÍET, J.E.; ZADOKS, J.C. The integrated concept of disease resistance; a new view including horizontal and vertical resistance in plants. **Euphytica**, Wageningen, v. 26, n. 1, p. 5-21, Mar. 1977.

PASTOR-CORRALES, M.A.; JARA, C.E. La evolución de *Phaeoisariopsis griseola* com el frijol común em América Latina. **Fitopatología Colombiana**, Santa Fe de Bogota, v. 19, n. 1, p. 15-24, 1995.

PASTOR-CORRALES, M.A.; JARA, C.E.; SINGH, S. Pathogenic variation in, source of, and breeding for resistance to *Phaeoisariopsis griseola* causing angular leaf spot in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 103, n. 2, p. 161-171, Sept. 1998.

PAULA JÚNIOR, T.J. de; VIEIRA, R.F.; ZAMBOLIN, L. Manejo integrado de doenças do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 99-112, jul. 2004.

PAULA JÚNIOR, T.J. de; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 359-414.

PEREIRA, H.S.; SANTOS, J.B.; ABREU, A.F.B. Linhagens de feijoeiro com resistência à antracnose selecionadas quanto a características agrônomicas desejáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 209-215, mar. 2004.

PLANK, J.E. van der. **Disease resistance in plants**. New York: Academic, 1984. 194 p.

RAGAGNIN, V.A.; SOUZA, T.L.P.O. de; SANGLARD, D.A.; ARRUDA, K. M.A.; COSTA, M.R.; ALZATE-MARIN, A.L.; CARNEIRO, J.E. de S.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. de. Development and agronomic performance of common bean lines simultaneously resistant to anthracnose, angular leaf spot and rust. **Plant Breeding**, v. 128, n. 2, p. 156-163, Apr. 2009.

RAMALHO, M.A.P. Seleção recorrente. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa/CNPAF/APA, 1997. v. 2, p. 153-165. (Documentos, 70).

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.E.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1998. p. 435-449.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; CARNEIRO, J.E.S. Cultivares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 21-33, jul. 2004.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; GONÇALVES, F.M.A.; CORTE, H.R. Desempenho de linhagens do programa de melhoramento da UFLA/EPAMIG em vários ambientes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. v. 1, p. 335-338. (Documentos, 99).

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; SANTOS, J.B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, n. 1/2, p. 23-29, July 2005.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; SANTOS, J.B. Melhoramento de plantas autógamas. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S. de; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento:** plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

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

RANALLI, P. Phenotypic recurrent selection in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on performance of S2 progenies. **Euphytica**, Wageningen, v. 87, n. 2, p. 127-132, Jan. 1996.

REIS-PRADO, F.G.; SARTORATO, A.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; SIBOV, S.T.; PINHEIRO, J.B.; CARNEIRO, M.S. Reação de cultivares de feijoeiro comum à mancha-angular em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 306-309, maio/jun. 2006.

RIBEIRO, N.D.; HOFFMANN JÚNIOR, L.; STROSCHEIN, M.R.D.; POSSEBON, S.B. Genotype x environment interaction in common bean yield and yield components. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 27-34, jan./mar. 2003.

SANTOS FILHO, H.P.; FERRAZ, S.; VIEIRA, C. Resistência à mancha-angular (*Isariopsis griseola* Sacc.) no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 23, n. 127, p. 226-230, maio 1976.

SANTOS, V.S. **Implicações da seleção precoce para tipo de grão no melhoramento genético do feijoeiro comum.** 2001. 57 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SARTORATO, A. Identification of phaeoisariopsis griseola pathotypes from five states of Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, n. 27, n. 1, p. 78-81, jan./fev. 2002.

SARTORATO, A. Pathogenic variability and genetic diversity of *Phaeoisariopsis griseola* isolates from two counties in the state of Goiás, Brazil. **Journal Phytopathology**, Berlin, v. 152, n. 7, p. 385-390, Aug. 2004.

SARTORATO, A. Resistance of Andean and Mesoamerican common bean genotypes to *Phaeoisariopsis griseola*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 48, n. 48, p. 88-89, 2005.

SARTORATO, A.; ALZATE-MARIN, A.L. Analysis of the pathogenic variability of *Phaeoisariopsis griseola* in Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 235-237, 2004.

SARTORATO, A.; NIETSCHKE, S.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. RAPD and SCAR markers linked to resistance gene to angular leaf spot in common beans. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 637-642, out./dez. 2000.

SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Influência da cultivar e do número de inoculações na severidade da mancha-angular (*Isariopsis griseola*) e nas perdas na produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 247-251, jun. 1992.

SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Mancha-angular. In: _____. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: Embrapa, 1994. p. 41-68.

SCHAFER J.F.; ROELFS, A.P. Estimated relation between numbers of urediniospores of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* and rates of occurrence of virulence. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 75, n. 7, p. 749-750, July 1985.

SCHOONHOVEN, A. van; PASTOR-CORRALES, M.A. **Standard system for evaluation of bean germplasm**. Cali: CIAT, 1987. 54 p.

SCHWARTZ, H.F.; CORREA, F.J.; PENEDA, P.A.; OTOYA, M.M.; KATHERMAN, M.J. Dry bean yields losses caused by *Ascochyta*, angular and white leaf spots in Colombia. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 65, n. 6, p. 494-496, June 1981.

SHII, C.T.; MOK, M.C.; MOK, D.W.S. Developmental controls of morphological mutants of *Phaseolus vulgaris* L.: differential expression of mutant loci in plant organs. **Developmental Genetics**, New York, v. 2, n. 3, p. 279-290, July 1981.

SHII, C.T.; MOK, M.C.; TEMPLE, S.R.; MOK, D.W.S. Expression of developmental abnormalities in hybrids of *Phaseolus vulgaris* L.: interaction between temperature and allelic dosage. **The Journal of Heredity**, Cary, v. 71, n. 4, p. 218-222, July 1980.

- SILVA, F.B.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, out. 2007.
- SILVA, K.J.D. e; SOUZA, E.A. de; SARTORATO, A.; FREIRE, C.N. de S. Pathogenic variability of Isolates of *Pseudocercospora griseola*, the cause of common bean angular leaf spot, and its implications for resistance breeding. **Journal of Phytopathology**, Berlin, n. 156, n. 10, p. 602-606, Oct. 2008.
- SILVA, M.G.M.; SANTOS, J.B. dos; ABREU, A. de F.B. Seleção de famílias de feijoeiro resistente à antracnose e à mancha-angular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1499-1506, out. 2006.
- SINGH, S.P.; GUTIERREZ, J.A. Geographical distribution of the DL1 and DL2 genes causing hybrid dwarfism in *Phaseolus vulgaris* L., their association with seed size, and their significance to breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 33, n. 2, p. 337-345, June 1984.
- SINGH, B.M.; SHARMA, Y.R. Screening of fungicides to control angular and floury leaf spots of beans. **Indian Journal of Mycology and Plant Pathology**, Calcutta, v. 6, n. 2, p. 148-151, 1976.
- SINGH, S.P.; TERÁN, H.; MUÑOZ, C.G.; TAKEGAMI, J.C. Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 391-397, Mar./Apr. 1999.
- STENGLEIN, S.A.; FERMOSELLE, G.E.; BALLATI, P.A. Pathogenic and molecular studies of *Phaeoisariopsis griseola* in Argentina. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 48, p. 92-93, 2005.
- STENGLEIN, S.; PLOPER, L.D.; VIZGARRA, O.; BALATTI, P. Angular leaf spot: a disease caused by fungus *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris on *Phaseolus vulgaris* L. **Advances in Applied Microbiology**, London, v. 52, p. 209-243, 2003.
- SULLIVAN, J.G.; BLISS, F.A. Recurrent mass selection for increase seed yield and seed protein percentage in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using a selection index. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 1, p. 42-46, Jan. 1983.

TEIXEIRA, F.F.; SANTOS, J.B. dos; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; GUIMARÃES, C.T.; OLIVEIRA, A.C. de. QTL mapping for angular leaf spot in common bean using microsatellitemarkers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 3, p. 272-278, set. 2005.

VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M.A.P. Contribuições do melhoramento genético no Brasil. In: PATERNIANI, E. (Org.). **Ciência, agricultura e sociedade**. Brasília: Embrapa, 2006. p. 41-74.

VIEIRA, A.L.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos. Crossing incompatibility in some bean cultivars utilized in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 1, p. 169-171, mar. 1989.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa, MG: UFV, 1983. 231 p.

VIEIRA, C. **O feijão comum**: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, MG: UFV, 1967. 220 p.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P.; CARNEIRO, J.E. de S. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 301-392.

VOYSEST, O.; DESSERT, M. Bean cultivars: classes and commercial seed types. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans: research for crop improvement**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1991. p. 119-162.

WANG, A.; VARGAS, E.; MORA, B. Evaluation of the resistance of French bean cultivars to angular leaf spots (*Isariopsis griseola* Sacc.) by three methods, and estimation of yield losses. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 75, n. 10, p. 1180, Oct. 1985.

YOUNG, R.A.; KELLY, J.D. Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 80, n. 6, p. 650-654, June 1996.

ZAUMEYER, W.J.; THOMAS, H.R. **A monographic study of bean diseases and methods for theirs control**. Washington: Department of Agriculture, 1957. 255 p. (Bulletin Agricultural Experiment Station United States of America, n. 869).

ZIMMERMANN, M.J.O.; CARNEIRO, J.E.S.; PELOSO, M.J. del; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P.A.A. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 223-273.

ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Resumo das análises de variância para o caráter severidade de mancha-angular (1-9) das progênies avaliadas em Lavras, do primeiro (C-I) ao oitavo (C-VIII) ciclo de seleção recorrente.....	53
TABELA 2A	Resumo das análises de variância para o caráter produtividade de grãos (g/2m ²) das progênies avaliadas em Lavras, do primeiro (C-I) ao oitavo (C-VIII) ciclo de seleção recorrente.....	53

TABELA 1A Resumo das análises de variância para o caráter severidade de mancha-angular (1-9) das progênies avaliadas em Lavras, do primeiro (C-I) ao oitavo (C-VIII) ciclo de seleção recorrente.

Ciclo	Progênies ¹			Erro		Média Progênies	CV(%)
	GL ²	QM	Prob	GL ²	QM		
I*	221	3,287	0,000	196	1,479	3,946	30,72
II*	321	3,239	0,000	289	1,142	4,46	24,14
III*	193	1,116	0,000	169	0,407	3,32	19,13
IV*	286	1,329	0,000	256	0,391	3,80	16,38
V*	253	0,347	0,029	225	0,271	2,83	18,30
VI	78	1,046	0,061	64	0,719	1,32	62,42
VII	253	1,317	0,000	225	0,550	4,60	16,01
VIII	193	2,519	0,000	169	1,442	4,28	27,94

¹não foram incluídas as testemunhas; ²grau de liberdade associado à fonte de variação

*Fonte: Amaro et al., 2006.

TABELA 2A Resumo das análises de variância para o caráter produtividade de grãos (g\2m²) das progênies avaliadas em Lavras, do primeiro (C-I) ao oitavo (C-VIII) ciclo de seleção recorrente.

Ciclo	Progênies ¹			Erro		Média Progênies	CV(%)
	GL ²	QM	Prob	GL ²	QM		
I*	221	21242,272	0,000	196	12241,264	355,30	31,12
II*	321	37591,044	0,000	289	18957,720	528,30	26,10
III*	193	31157,292	0,000	169	13076,224	487,82	23,50
IV*	286	19232,308	0,000	256	11816,056	521,00	20,89
V*	253	31251,080	0,012	225	23229,396	515,04	29,66
VI	78	17911,8498	0,066	64	12431,8520	400,15	27,90
VII	253	33007,502	0,000	225	19153,924	662,06	21,09
VIII	193	29609,0762	0,000	169	15356,5260	404,94	30,68

¹não foram incluídas as testemunhas; ²grau de liberdade associado à fonte de variação

*Fonte: Amaro et al., 2006.