



EDMILSON DE CARVALHO

**MELHORAMENTO GENÉTICO DO CAFEIEIRO
(*Coffea arabica* L.) VISANDO RESISTÊNCIA
DURÁVEL À FERRUGEM E ESTABILIDADE
FENOTÍPICA POR MEIO DE SELEÇÃO
RECORRENTE**

**LAVRAS – MG
2011**

EDMILSON DE CARVALHO

MELHORAMENTO GENÉTICO DO CAFEIEIRO
(*Coffea arabica* L.) VISANDO RESISTÊNCIA DURÁVEL À FERRUGEM
E ESTABILIDADE FENOTÍPICA POR MEIO DE SELEÇÃO
RECORRENTE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/ Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Samuel Pereira de Carvalho

Coorientador

Dr. Rubens José Guimarães

LAVRAS – MG

2011

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

Carvalho, Edmilson de.

Melhoramento genético do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) visando resistência durável à ferrugem e estabilidade fenotípica por meio de seleção recorrente / Edmilson de Carvalho. – Lavras : UFLA, 2011. 45 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.
Orientador: Samuel Pereira de Carvalho.
Bibliografia.

1. Café. 2. *Hemileia vastatrix*. 3. Melhoramento genético. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.733

EDMILSON DE CARVALHO

MELHORAMENTO GENÉTICO DO CAFEIRO
(*Coffea arabica* L.) VISANDO RESISTÊNCIA DURÁVEL À FERRUGEM
E ESTABILIDADE FENOTÍPICA POR MEIO DE SELEÇÃO
RECORRENTE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/ Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de julho de 2011.

Dr. Rodrigo Luz da Cunha EPAMIG

Dr. Virgílio Anastácio da Silva UFLA

Dr. Samuel Pereira de Carvalho

Orientador

Dr. Rubens José Guimarães

Coorientador

LAVRAS – MG

2011

A Deus,

*Pela vida, proteção e por caminhar sempre ao meu lado e por me dar
condição para mais esta conquista,*

AGRADEÇO.

*Aos meus pais, Hélio e Nasaré, pela compreensão e
pelo amor incondicional durante toda a minha vida*

DEDICO.

*Ao meu irmão Rogério e a todos que me apoiaram e
contribuíram para realização deste trabalho*

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela presença constante e luz para meu caminho.

Agradeço aos meus pais Nasaré e Hélio e ao meu irmão Rogério por todo apoio, amor, paciência, auxílio e amizade.

Ao professor Samuel Pereira de Carvalho (Orientador), pela orientação e compreensão.

Ao professor Rubens José Guimarães (Coorientador), pelas sugestões, contribuições e amizade.

À banca avaliadora pelo ensinamento e conhecimento para melhoria do presente trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura, por possibilitar a realização deste mestrado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos pelo apoio, companheirismo e momentos de descontração.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Os programas de melhoramento genético do cafeeiro têm dado ênfase à obtenção de cultivares resistentes à ferrugem, para minimizar os prejuízos causados pela doença à cafeicultura brasileira. O desenvolvimento de cultivares resistentes e/ou tolerantes as pragas e doenças têm papel importante no aumento de produtividade, diminuição de custos de produção além reduzir a contaminação do ambiente e o risco de contaminação dos trabalhadores, devido à diminuição do uso de produtos fitossanitários. Assim, o objetivo neste trabalho foi identificar, por meio de seleção recorrente, progênies portadoras de resistência durável à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura/Setor de Cafeicultura, localizado no Campus da UFLA, em Lavras, Minas Gerais. Foram avaliadas 43 progênies obtidas por cruzamentos, segundo o esquema de um dialelo da cultivar Icatu com Catuaí, Topázio, Rubi e Acaiá, mais a cultivar Acauã, como testemunha. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições e parcelas constituídas por 7 plantas. As características analisadas foram produtividade em sacas por hectare, vigor vegetativo após a colheita, incidência e severidade de ferrugem. Os resultados obtidos permitiram verificar a existência de variabilidade, entre as progênies para vigor vegetativo, incidência e severidade de ferrugem. Quanto à identificação de progênies com potencial para seleção, visando resistência não específica, as progênies 12, 27, 42 e 40 destacaram-se das demais por apresentarem níveis adequados de incidência e severidade da doença, aliados a um bom potencial produtivo e de vigor vegetativo.

Palavras-chave: Seleção recorrente. *Hemileia vastatrix*. Melhoramento genético. Ferrugem.

ABSTRACT

The programs of genetic improvement of the coffee plant have been giving emphasis to the obtaining cultivars resistant the rust, minimizing the damages caused by the disease to the Brazilian coffee growing. The development of resistant cultivars or tolerant to pests and diseases has important role in the productivity increase, decrease of production costs beyond to reduce the contamination of the atmosphere and the risk of workers contamination, due to decreased use of phytosanitary products. The objective in this work was to identify, through recurrent selection, durable rust (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) resistant progenies. The experiment was carried out in the experimental field of the Agriculture Department/Coffee Production Sector, on the Campus of UFLA, in Lavras, Minas Gerais. Fourty three progenies were evaluated obtained by crossings, according to a diallel scheme of cultivating Icatu with Catuaí, Topázio, Rubi and Acaiá, more the cultivate Acauã, as control. The experimental design was a randomized blocks, with three replications and 7 plants per plots. The analyzed characteristics were to the productivity in beans yield bags.ha⁻¹, vegetative vigor after harvest, incidence and severity of rust. The obtained results showed variability among the progenies for vegetative vigor, incidence and rust severity. The identification of progenies with potential for selection, aimed at non-specific resistance, the progenies 12, 27, 42 and 40 outstanding of the others for they present appropriate levels of incidence and severity of the disease, allies to good productive potential and of vegetative vigor.

Keywords: Recurrent selection. *Hemileia vastatrix*. Genetic improvement. Rust.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Progênies F ₂ avaliadas no experimento.....	25
Tabela 2	Resumo da análise de variância para a característica produtividade de grãos, em sacas por hectare.....	28
Tabela 3	Resumo da análise de variância para a característica vigor vegetativo.....	29
Tabela 4	Vigor vegetativo médio das progênies após a colheita 2011.....	30
Tabela 5	Resumo da análise de variância para as características incidência e severidade de ferrugem.....	32
Tabela 6	Incidência e severidade de ferrugem média para os anos de 2010 e 2011.....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	A ferrugem alaranjada do cafeeiro	12
2.2	Herança de resistência	13
2.3	Tipos de resistência	17
2.4	A seleção recorrente no melhoramento genético	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Caracterização do experimento	24
3.2	Condução do experimento e delineamento experimental	24
3.3	Características avaliadas	26
3.4	Análise dos dados	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Produção e vigor vegetativo	28
4.2	Incidência e severidade de ferrugem.....	32
5	CONCLUSÕES	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem alaranjada do cafeeiro é causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. disseminado por todos os países produtores de café das Américas, África, Ásia e Oceania. No continente americano, após a sua constatação em janeiro de 1970, na Bahia, disseminou-se rapidamente por toda a região cafeeira brasileira. Esta doença causa queda precoce das folhas e seca dos ramos, que resultam na redução da capacidade produtiva e da vida útil da lavoura. Dependendo da altitude, das condições climáticas e estado nutricional das plantas a ferrugem pode causar perdas de até 50% na produção (ZAMBOLIM et al., 2002), causando prejuízos econômicos significativos.

No Brasil esse problema torna-se ainda mais sério, pois cerca de 90% do parque cafeeiro nacional é composto de cultivares suscetíveis, principalmente, por ‘Catuaí’ e ‘Mundo Novo’ (ZAMBOLIM et al., 2002), sendo o controle da ferrugem feito por meio químico que, embora eficiente, eleva os custos de produção e também coloca em risco a saúde dos trabalhadores, além de causar contaminação ao ambiente.

Diante dessa situação, os programas de melhoramento genético do cafeeiro têm dado ênfase à obtenção de cultivares resistente a ferrugem, sendo a importância econômica da doença o maior estímulo à utilização dessas cultivares para se evitar ou, pelo menos, minimizar os prejuízos por ela ocasionados à cafeicultura brasileira. Além das vantagens de ordem econômica, o plantio de cafeeiros resistentes à ferrugem reduzirá a contaminação do ambiente e o risco de contaminação dos trabalhadores, por possibilitar a diminuição do uso de produtos fitossanitários na cafeicultura (VÁRZEA et al., 2002).

Várias cultivares geneticamente resistentes à ferrugem já foram disponibilizadas à cafeicultura brasileira nos últimos anos, todas resultantes do trabalho dos programas de melhoramento, no entanto, o contínuo aparecimento

de novas raças fisiológicas do fungo tem quebrado a resistência de alguns genótipos (VÁRZEA et al., 2002). Por essa razão, o melhoramento genético do cafeeiro, visando à obtenção de novos genótipos com boas características agronômicas e portando resistência mais ampla à ferrugem, deve ser uma preocupação constante dos melhoristas.

Dessa forma, o objetivo neste trabalho foi identificar, por meio de seleção recorrente, progênies portadoras de resistência não específica à ferrugem, dando continuidade ao extenso trabalho de melhoramento genético do cafeeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A ferrugem alaranjada do cafeeiro

A ferrugem alaranjada do cafeeiro, causada por *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., é a principal doença do cafeeiro no Brasil e ocorre em plantações por todas as regiões do mundo, onde o café é cultivado. Esta doença foi constatada pela primeira vez em cafeeiros silvestres, em 1861, na região do Lago Vitória, no Quênia (CHAVES et al., 1970). Durante o primeiro século após a sua constatação, o patógeno disseminou-se por todos os países produtores de café da África, Ásia e Oceania. Sua identificação ocorreu no Ceilão (atualmente Sri-Lanka) em 1869, país que, por efeito da gravidade dessa doença em sua cafeicultura, deixou de ser produtor de café e passou a cultivar chá (MATIELLO; ALMEIDA, 2006). O nome do gênero *Hemileia* se deve ao fato de os esporos possuírem metade da parede celular de aspecto liso e a espécie como *vastatrix*, em função de sua rápida disseminação (BERKELEY, 1869).

No Brasil, a ferrugem foi constada pela primeira vez na região de Itabuna, sul da Bahia, em janeiro de 1970, e apesar das medidas tomadas na época para conter a disseminação do patógeno, sua presença é verificada em todas as regiões cafeeiras do país (CORREA JUNIOR, 1990). Em lavouras adultas, a doença causa desfolha das plantas, resultando na redução da área fotossintética ativa com conseqüente morte de ramos produtivos afetando o florescimento, o pegamento de frutos e a produção no ano seguinte (CHALFOUN; ZAMBOLIN, 1985), podendo causar danos na produção de até 50% (ZAMBOLIN et al., 1999).

As condições ambientais influenciam a taxa de desenvolvimento do patógeno, sendo que a temperatura entre 20 e 25°C e presença de molhamento foliar são ideias para o crescimento do fungo (ZAMBOLIN et al., 1985). Nessas

condições e nos anos em que ocorrem altas produções, há um aumento no ataque do patógeno (MARIOTO et al., 1974).

O controle da ferrugem é realizado utilizando-se, principalmente, os princípios da proteção e da terapia. A proteção é realizada pelos fungicidas chamados protetores, sendo os cúpricos os mais efetivos, já a terapia é realizada por meio dos fungicidas sistêmicos, via solo ou em pulverizações foliares (ZAMBOLIN et al., 1997). Embora o controle químico mostre-se eficiente, devem ser levados em consideração outros fatores, como o custo, que, dependendo do produto utilizado pode ser alto, reduzindo a lucratividade dos cafeicultores, a dificuldade de aplicação, principalmente em lavouras implantadas em áreas de declividade acentuada e no sistema de plantio adensado. Além disso, há ainda o risco da contaminação dos trabalhadores e do ambiente.

Dessa forma, uma linha de pesquisa que vem merecendo muita ênfase nos programas de melhoramento do cafeeiro é a resistência à ferrugem. Contudo, o contínuo aparecimento de novas raças fisiológicas tem ocasionado a quebra de resistência específica das cultivares utilizadas pelos cafeicultores (VÁRZEA et al., 2002), as quais, inicialmente, foram escolhidas em função desta característica, mostrando a necessidade de trabalhos visando à obtenção de novos materiais genéticos com boas características agronômicas e portando resistência durável à ferrugem.

2.2 Herança de resistência

O cafeeiro da espécie *Coffea arabica* L. é uma planta alotetraploide, na qual em mais de 40 características analisadas geneticamente apresentaram herança dissômica, com exceção dos genes que controlam a cor das folhas novas (MEDINA FILHO et al., 1984). Carvalho et al. (1984) relatam que, de acordo

com os resultados de Carvalho e Krug e Carvalho e Mônaco, a espécie *C. arabica* é predominantemente autógama, com cerca de 4 a 10% apenas de fecundação cruzada. No caso dos genes controlando a reação à ferrugem do cafeeiro, os estudos de herança também têm sido feitos considerando segregação diploide.

A primeira tentativa para se estudar a hereditariedade da resistência a *H. vastatrix* em *Coffea* spp foi feita por Mayne, em 1935, na Índia, estudando as interações das seleções Coorg e DK 1/6 de *Coffea arabica* e de segregantes tetraploides S.288 e S.353 de híbridos de *C. arabica* x *C. liberica*, em relação às raças de ferrugem do cafeeiro prevalentes naquele país. Mayne admitiu a existência de dois fatores responsáveis pela resistência nas referidas seleções a três raças de *H. vastatrix* (BETTENCOURT, 1981).

Noronha-Wagner e Bettencourt (1967) identificaram em *C. arabica* quatro genes simples, aparentemente independentes, conferindo resistência ao agente da ferrugem, e receberam a sigla sh, que significa suscetibilidade a *Hemileia*, e foram inicialmente designados por sh₁, sh₂, sh₃ e sh₄. Estes dois autores demonstraram que a teoria de gene a gene de Flor (1955) é válida para o complexo *C. arabica* x *H. vastatrix* e deduziram os prováveis genótipos de cada uma das raças de *H. vastatrix*. Os genes de virulência do patógeno eram de natureza recessiva e foram designados por v1, v2, v3 e v4, correspondendo, respectivamente, aos genes do hospedeiro sh₁, sh₂, sh₃ e sh₄.

Em 1968, Bettencourt e Carvalho, utilizando o modelo de Person (1959) e aplicando a teoria de Flor (1955), admitiram a existência de mais de dois genes para virulência (v5 e v6) em relação a 18 raças fisiológicas de *H. vastatrix*. Segundo estes autores, os genes sh₁, sh₂, sh₄ e sh₅ estão ligados unicamente à espécie *C. arabica*, o fator sh₃, a *C. liberica* e o sh₆, a *C. canephora*. Indicaram também que os genes sh₂ e sh₃, devem corresponder aos dois genes previstos por Mayne (1935).

Bettencourt e Noronha-Wagner (1971), para elucidar a existência desses fatores de resistência, realizaram uma sistemática inoculação de todos os cafeeiros de arábica da coleção do CIFC (Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro) com as raças IV, XI, XIX, XX e XXI previamente consideradas não patogênicas àquela espécie. Os resultados dessas inoculações revelaram que alguns cafeeiros incluídos nos grupos fisiológicos C, E e J foram atacados por todas ou, pelo menos, algumas das referidas cinco raças, enquanto que, as plantas do grupo I foram resistentes a algumas delas. Com isso, foram estabelecidos os novos grupos de reação. Correlacionando estes resultados com as conclusões já publicadas por Noronha-Wagner e Bettencourt (1967), os autores admitiram a existência do fator de resistência sh_5 e do respectivo fator de virulência v_5 .

Posteriormente, Bettencourt et al. (1980), analisando as reações de plantas híbridas em geração F₂, resultantes do cruzamento do clone do grupo R (CIFC 1343/269) com o Matari (CIFC 849/1), inoculadas com 19 raças de *H. vastatrix*, identificaram o fator de resistência sh_6 , dominante, condicionando a reação do hospedeiro do grupo R a 19 raças do patógeno. O grupo R (CIFC 1343/269) apresenta suscetibilidade às raças XXII, XXV, XXVI e XXVII, que possuem nos seus genótipos o fator de virulência v_6 . No entanto, esse gene de virulência nestas e outras raças (XXVIII, XXIX e XXXI) vem associado a outros. A presença isolada do gene de virulência v_6 ocorre na raça fisiológica XXXII (BETTENCOURT; RODRIGUES JÚNIOR, 1988).

Bettencourt e Rodrigues Júnior (1988) relatam que as populações do Híbrido de Timor, oriundas do cruzamento natural de *C. arabica* com *C. canephora*, possuem, pelo menos, cinco genes dominantes - sh_5 , sh_6 , sh_7 , sh_8 e sh_9 - que, isolados ou em associação, condicionam espectros de resistência às raças que caracterizam os grupos R, 1, 2 e 3. Os genes sh_6 a sh_9 vêm de *C. canephora*, um dos genitores do Híbrido de Timor. O efeito desses genes é

anulado, total ou parcialmente, pelas raças de ferrugem com diferentes combinações dos genes v5, v6, v7, v8 e v9.

Kukhang, Mawardi e Eskes (1993) estudaram a herança do fator de resistência sh_3 a duas raças de ferrugem do cafeeiro com níveis diferentes de virulência. Plantas F2 de cruzamentos recíprocos entre a S. 1934 e a AB3 foram inoculadas em laboratório com a raça II e com o isolado H1 atacando plantas F1 do mesmo cruzamento no leste de Java, Indonésia. A S.1934 é portadora do fator SH_3 . Para a raça II observou-se a clássica segregação mendeliana de 3:1, indicando a presença de um gene dominante. Entretanto, com o isolado H1, grande variação foi observada entre as plantas F2, 50% mostrando resistência intermediária, 25% alta resistência e 25% alta suscetibilidade. Os autores concluíram que os resultados sugerem que o efeito do fator SH_3 pode ser mais complexo do que a hipótese explicada pela ação de um gene. Tal complexidade pode estar relacionada com a relativa durabilidade observada para esse fator de resistência.

Eskes et al. (1990) estudaram a especificidade da raça e da herança da resistência incompleta à ferrugem do cafeeiro em algumas progênies derivadas de Icatu e do Híbrido de Timor, obtendo importantes informações a respeito desses cafeeiros, em relação à raça II e ao isolado 2 (Is2) de *H. vastatrix*. Os autores relataram que os estudos genéticos no Icatu e derivados de Híbrido de Timor devem ser analisados com cuidado porque, devido essas populações serem originadas de híbridos interespecífico, irregularidades meióticas podem ocorrer, causando distúrbios nas taxas de segregação. Os resultados daqueles autores mostraram alguns casos, como na progênie autofecundada do Icatu H 4782-10-225, com taxas de segregação mendeliana definidas, quando inoculada com a raça II. Na maioria das outras progênies, distintos grupos de plantas resistentes e suscetíveis foram distinguidos em proporções que poderiam indicar

a presença de um ou alguns poucos genes, principalmente com dominância incompleta, os quais poderiam estar interagindo como genes complementares.

Os genes para resistência incompleta detectados nos derivados de Icatu e Híbrido de Timor podem conferir resistência completa quando homozigotos ou quando associados. Todavia, é provável que alguns destes genes sejam idênticos aos genes maiores sh_6 a sh_9 , detectados nas análises genéticas da descendência de Híbrido do Timor no CIFIC, conforme Bettencourt (citado por ESKES et al., 1990). Os autores mencionam que a detecção de especificidade de raça para a resistência incompleta monogênica, em Icatu e Catimor, sugere que o conceito gene a gene de Flor pode ser aplicável também para genes que proporcionam resistência incompleta à ferrugem do cafeeiro.

Rodrigues Júnior (1990) relata existência de um total de nove genes que conferem resistência a *H. vastarix*. Dessa maneira, desde que a teoria gene a gene de Flor foi considerada válida para o complexo *Coffea – Hemileia* e o modelo idealizado por Person para esta interação, participando nove pares de genes desta interação, Fazuoli (1991) prevê a ocorrência de 512 raças de *H. vastatrix*. Esses números, embora teóricos, demonstram a grande capacidade de adaptação do patógeno.

2.3 Tipos de resistência

Segundo Bettencourt e Rodrigues Júnior (1988), os tipos de reações expressam os tipos de resistência que variam de nenhum sinal de reação visível, representando imunidade até a hipersensibilidade, em que pústulas apresentam grande esporulação, clorose e necrose, características da suscetibilidade. Essa variação pode ocorrer em virtude dos genes envolvidos, tanto do cafeeiro como do fungo. Para esses autores, a caracterização do tipo de resistência como específica ou inespecífica, temporária ou durável, vertical ou horizontal, pode

ser substituída por completa, quando não ocorre esporulação, e incompleta, quando ocorre, mesmo em graus variáveis.

Van Der Plank (1963) definiu resistência vertical como aquela efetiva contra uma ou algumas raças fisiológicas de um dado patógeno, também chamada de resistência perpendicular; enquanto que a resistência horizontal seria aquela efetiva contra todas as raças, também chamada de resistência lateral. Na resistência vertical, ocorre interação diferencial entre as variedades da planta hospedeira e as raças do mesmo organismo fitopatogênico, e há evidências de que a resistência vertical é governada por poucos genes, geralmente por apenas um ou poucos em interação com o ambiente. Na resistência horizontal, não há manifestação da interação diferencial; é geralmente poligênica, isto é, controlada por muitos genes que não são específicos para resistência a doenças; mas simplesmente genes que ocorrem em plantas saudáveis, regulando os processos normais, os quais combinados expressam essa resistência (VAN DER PLANK, 1968).

Quando diferentes isolados de um patógeno são inoculados em diferentes indivíduos de um hospedeiro, pode ou não ocorrer uma interação significativa. Na ausência de interação, a resistência é do tipo horizontal, e os isolados diferem quanto à agressividade. Entretanto, se ocorrer interação diferencial, a resistência é vertical, e os patógenos diferem quanto à virulência. A presença de interação indica que há especialização do patógeno em nível intraespecífico do hospedeiro e, portanto, os isolados são classificados em raças, de acordo com seus espectros de virulência diante de uma série de hospedeiros diferenciais, conforme Camargo e Bergamin Filho (1995), em uma extensa revisão.

Nelson (1978) sugeriu que a resistência horizontal pode ser causada por um conjunto de genes da resistência vertical, superados pelo patógeno. No entanto, Eskes (1980) relatou que altos níveis de resistência horizontal podem

ser encontrados independentemente da existência de genes de resistência vertical.

Variedades que apresentam resistência vertical permanecem resistentes no campo até que surja uma raça do patógeno com o gene complementar de virulência. A perda dessa resistência está associada a mecanismos de resistência do hospedeiro (VAN DER PLANK, 1968).

Em programas de melhoramento do cafeeiro desenvolvidos em vários países, o aproveitamento dos tipos de resistências, específica e não específica vem sendo trabalhadas como alternativas que não se excluem (ALVARADO; BUITRAGO, 2001; BETTENCOURT, 1973; FAZUOLI, 1977; SALGADO, 1991). Devido ao risco que a resistência específica apresenta pelo aparecimento de novas raças, os trabalhos vêm sendo direcionados para obtenção de cultivares que possuam também resistência inespecífica ou com genótipos de resistência agregados, possibilitando uma maior durabilidade da cultivar selecionada (CARDOSO, 1996; VALLEJO; MUÑOZ, 1998).

Desse modo, a utilização de métodos de seleções massal e recorrente, em populações de plantas suscetíveis, aumentaram a probabilidade de selecionar plantas para resistência horizontal. Em plantas alógamas os métodos de seleção massal e de famílias são muito utilizados para reunir genes de resistência. Na seleção massal, as plantas são selecionadas por critérios baseados nas respostas individuais à doença. Na seleção de famílias, as plantas são selecionadas segundo a resposta de suas progênies, em que as sementes das plantas cujas progênies foram mais resistentes são usadas no próximo ciclo de seleção (CAMARGO; BERGAMIN FILHO, 1995).

2.4 A seleção recorrente no melhoramento genético

A seleção recorrente foi usada de forma inconsciente pelo homem desde o início da domesticação das plantas, quando selecionava a planta que mais lhe chamava a atenção e realizava o plantio de suas sementes. Com a polinização realizada em campo e a posterior seleção de novas plantas para o próximo plantio, ele melhorava sua produção de forma inconsciente (BERNARDO, 2002).

A seleção recorrente é um processo cíclico de seleção de progênes e ou indivíduos de uma população, seguida de recombinação destes para formar uma nova população. Esta nova população pode ser utilizada para início de um novo ciclo de seleção, e assim sucessivamente, sendo, portanto, um processo contínuo e dinâmico de incremento nas frequências de alelos favoráveis (GERALDI, 2005).

Esta estratégia foi proposta na década de 60 para plantas alógamas (HALLAUER, 1999) e vem sendo amplamente empregada, especialmente na cultura do milho. 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; GERALDI, 1997; RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993).

A utilização, com sucesso, de seleção recorrente em plantas autógamas é crescente. Por exemplo, na cultura da soja (UPHOF; FEHR; CIANZIO, 1997), trigo (WANG et al., 1996), arroz (RANGEL; ZIMMERMANN; NEVES, 1998) e em feijoeiro há relatos para produtividade de grãos (BEAVER; KELLY, 1994; RANNALI et al., 1996), arquitetura da planta (CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005; MENEZES JÚNIOR, 2007), resistência a mancha angular (AMARO, 2006) e precocidade (SILVA; RAMALHO; ABREU, 2007).

Segundo Geraldi (1997), as principais vantagens do uso de seleção recorrente são: a obtenção de maior variabilidade genética pelo intercruzamento de múltiplos genitores; a oportunidade para a ocorrência de recombinações, devido aos intercruzamentos sucessivos; o aumento cumulativo da frequência de alelos favoráveis e a facilidade para a incorporação de germoplasma exótico na população.

A condução de um programa de seleção recorrente envolve, normalmente, três etapas distintas: 1) obtenção da população base; 2) avaliação/seleção de progênies em experimentos com repetições; 3) recombinação das melhores progênies/indivíduos para obtenção de novo ciclo (BERNARDO, 2002).

Durante etapa de obtenção da população base deve-se escolher genitores que têm expressões fenotípicas desejáveis para o maior número de caracteres de interesse, além de serem o mais divergente possível, possibilitando associar média alta e alto nível de variabilidade genética, que são condições indispensáveis para o sucesso com a seleção (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2001). Outro ponto importante é em relação à quantidade de genitores envolvidos na obtenção da população; se for um número muito grande, a probabilidade de encontrar todos os genitores com boa expressão para o caráter é muito pequeno. Por outro lado, se este número for pequeno, a possibilidade de associar a maioria dos alelos favoráveis, para o caráter em questão, também é pequena. Sendo assim o ideal seria a utilização de 10 a 20 genitores (VIEIRA et al., 2005).

Após a definição dos genitores, a próxima etapa é definir como estes deverão ser intercruzados para gerar a população base. Existem algumas opções relatadas na literatura para realização dos cruzamentos. Uma opção é a dos cruzamentos múltiplos (BRUZI et al., 2007; CARNEIRO et al., 2002; FOUILLOX; BANNEROT, 1988). Esses cruzamentos fornecem a oportunidade

para combinar alelos favoráveis que se encontram presentes em vários genitores, porém, demandam mais trabalho e tempo para a obtenção da população. Além disso, quanto maior o número de genitores envolvidos, maior o número de ciclos de cruzamentos necessários e maior deve ser o tamanho da população F1, para se manter os alelos favoráveis de todos os genitores (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993). A macho-esterilidade é outra forma de recombinação que pode ser utilizada, nesse caso, quando estiver envolvendo o intercruzamento de todos os genitores. Outra opção é o cruzamento de cada genitor com o maior número de outros em sistema “*Top Cross*”. Por fim, a recombinação também pode ser feita através do cruzamento em esquema dialelo circulante proposto por Santos et al. (2002) e apresentada por Ramalho, Abreu e Santos (2001), no qual um dos pais é sempre cruzado com dois outros, de modo que, nos sucessivos intercruzamentos, a contribuição de cada genitor seja a mesma.

Escolhido o método de obtenção da população base a próxima etapa é a identificação de indivíduos e/ou progênes a serem utilizadas no próximo ciclo de recombinação, sendo esta a etapa mais difícil. Nesta fase surge o questionamento quanto ao número de intercruzamentos que devem ser realizados antes de iniciar a seleção. A seleção pode ser feita na população F₂ ou S₀, nos casos em que o caráter em questão possui alta herdabilidade, como por exemplo, na seleção de linhagens de feijão precoce (SILVA; RAMALHO; ABREU, 2007) ou de porte mais ereto (MENEZES JÚNIOR, 2007). Contudo, para a maioria dos caracteres de interesse, a herdabilidade é baixa, portanto, os melhores indivíduos/progênes só podem ser identificados a partir de experimentos com repetições. No caso de plantas autógamas, essa avaliação é realizada com progênes endogâmicas S_{0:1}, S_{0:2} ou até mesmo com maior endogamia (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2005; RANALLI et al., 1996). Hanson (1959) avaliou a relação teórica entre o número de gerações de intercruzamentos e a redução no tamanho de blocos de ligação parentais,

concluindo que, em programas de melhoramento de plantas autógamas, deve ser utilizada pelo menos uma ou, preferencialmente, três a quatro gerações de inter cruzamentos entre as plantas, para liberar a variabilidade genética presente nos genitores, antes do início da autofecundação.

Em contrapartida, Pederson (1974), trabalhando com simulação e verificou que o inter cruzamento anterior à seleção nem sempre é vantajoso, em termos de deliberação, de variabilidade genética dos parentais. Ele utilizou locos ligados em associação e repulsão, os quais estavam distribuídos em segmentos de cromossomas de tamanho variável. Foi observado que somente quando os alelos estavam em fase de repulsão, as quebras dos blocos de ligação promoveram aumento na variância genética e na frequência relativa de genótipos contendo alelos ligados favoráveis, após repetidas autofecundações. Nas demais condições, o resultado foi o contrário, ou seja, a frequência dos indivíduos de interesse reduziu. Bos (1977) observou por meio de simulação, que o inter cruzamento de plantas F₂ não selecionadas não aumenta a chance de se obter indivíduos superiores. Tanto Pederson (1974) quanto Bos (1977) mencionam que a seleção, seguida da recombinação, é a melhor maneira de incrementar a frequência de alelos favoráveis na população.

Escolhidas as melhores progênies/indivíduos, essas deverão ser inter cruzadas, visando à obtenção da população do ciclo seguinte. Essa recombinação pode ser realizada utilizando qualquer um dos procedimentos comentados anteriormente para obtenção da população base. Nessa etapa, o uso de um número adequado de indivíduos que irão formar a população melhorada é de grande importância no melhoramento populacional para a manutenção do tamanho efetivo populacional. Assim, o melhorista deve se atentar não apenas para a seleção de indivíduos superiores, baseando-se nos objetivos do programa, como também deve evitar a perda de alelos que contribuem positivamente para um melhor comportamento geral da população (CORDEIRO, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura/Setor de Cafeicultura localizado no Campus da UFLA. A cidade de Lavras está localizada no Estado de Minas Gerais a 21°14'06'' de latitude sul, 45°00'00'' de longitude oeste e altitude de 910m. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwa, temperado úmido com verão quente e inverno seco (OMETTO, 1981). A temperatura média anual é de 19,4°C, a precipitação total anual é de 1.529,7mm e a umidade relativa média anual é de 76,2%. O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho-distroférico.

3.2 Condução do experimento e delineamento experimental

A população inicial foi obtida, por meio de hibridação artificial, realizada em 1997, envolvendo 5 grupos genitores: Catuaí (LCH-2077-2-5-02, LCH-2077-2-5-10, LCH-2077-2-5-17, LCH-2077-2-5-62, LCH-2077-2-5-99), Icatu (MG-3282, MG-4040, MG-4042, MG-2942, MG-2944, MG-4040-179, MG-4042-222), Topázio MG-5002, Rubi MG-1192 e Acaiá LCP-474-19. As cultivares foram cruzadas segundo esquema de um dialelo, em que, cada parental foi cruzada duas vezes, obtendo 42 populações. Ainda foi utilizada a cultivar Acauã-1365 como testemunha. Também foi avaliada a Acauã SH2, segregante.

As mudas das progênies F₂, identificadas na Tabela 1, obtidas a partir da população inicial, foram plantadas no campo experimental em 2002. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados (DBC). As parcelas foram plantadas no

campo de forma linear no espaçamento de 2mx0,7m, contendo 7 plantas por parcela, com 3 repetições. A calagem e adubações foram realizadas conforme recomendação da 5ª aproximação. O controle de plantas daninhas foi feito por meio de roçadas e capinas mecânicas. Não foram realizados tratamentos fitossanitários para possibilitar a avaliação das plantas quanto à resistência à ferrugem, em condições naturais.

Tabela 1 Progênes F₂ avaliadas no experimento

Número de ordem	Progênes F₂
1	121 (Icatu 2942 x Catuaí 17)
2	106 (Catuaí 02 x Icatu 3282)
3	140 (Icatu 4042/222 x Catuaí 62)
4	119 (Icatu 4042 x Catuaí 99)
5	125 (Icatu 3282 x Rubi)
6	123 (Icatu 2942 x Rubi)
7	124 (Icatu 3882 x Topázio 5002)
8	138 (Icatu 4040/179 x Rubi)
9	136 (Icatu 4040/179 x Catuaí 99)
10	113 (Catuaí 99 x Icatu 4040)
11	139 (Acaiá x Catuaí 62)
12	117 (Icatu 2944 x Catuaí 17)
13	137 (Acaiá x Catuaí 99)
14	130 (Icatu 2942 x Topázio 5002)
15	101 (Catuaí 10 x Icatu 4040)
16	110 (Catuaí 62 x Icatu 4040)
17	133 (Icatu 2944 x Catuaí 99)
18	109 (Catuaí 62 x Icatu 3282)
19	112 (Catuaí 99 x Icatu 2942)
20	118 (Acaiá x Rubi)
21	122 (Icatu 4042/222 x Topázio 5002)
22	135 (Icatu 4042/222 x Catuaí 99)
23	103 (Catuaí 10 x Icatu 4042)
24	102 (Catuaí 10 x Icatu 3282)
25	111 (Catuaí 62 x Icatu 4042)
26	127 (Icatu 3282 x Catuaí 99)

“Tabela 1, Conclusão”

Número de ordem	Progênes F2
27	141 (Icatu 2944 x Catuaí 62)
28	137 (Icatu 4040/179 x Catuaí 62)
29	107 (Catuaí 02 x Icatu 4040)
30	108 (Catuaí 02 x Icatu 4042)
31	142 (Icatu 2942 x Catuaí 62)
32	104 (Catuaí 02 x Icatu 2942)
33	120 (Acaiá x Catuaí 62)
34	131 (Icatu 4040/179 x Catuaí 17)
35	128 (Icatu 3282 x Catuaí 62)
36	114 (Catuaí 99 x Icatu 4042)
37	129 (Icatu 4042/222 x Rubi)
38	132 (Acaiá x Catuaí 17)
39	Acauã normal 1365
40	Acauã SH2
41	116 (Icatu 2944 x Rubi)
42	145 (Icatu 4042/222 x Catuaí 17)
43	145 (Acaiá x Topázio 5002)
44	115 (Catuaí 99 x Icatu 3282)

3.3 Características avaliadas

- a) **Produção de grãos:** A colheita foi feita no mês de junho de 2011, com quantificação em litros de café recém-colhido, em cada parcela. Posteriormente esses valores foram convertidos em sacas de café por hectare, considerando 480 litros de café cereja para uma saca de 60kg de café beneficiado.
- b) **Vigor vegetativo:** Foi avaliado subjetivamente, após a colheita, utilizando uma escala arbitrária de notas de 1 a 10, onde as maiores notas foram atribuídas as plantas/progênes mais vigorosas, com bom enfolhamento, boa ramificação e bom crescimento vegetativo dos ramos

produtivos e, as menores notas foram conferidas as plantas/progênes com baixo vigor vegetativo, de acordo com Carvalho et al. (1979).

- c) Incidência e severidade de ferrugem:** Consistiu de uma avaliação visual dos sintomas da doença encontrados nos cafeeiros. As amostragens foram feitas em junho de 2010 e 2011. Em cada parcela foram coletadas 50 folhas, sendo 5 de cada lado da linha, no terceiro ou quarto par de folhas, coletadas no terço médio da planta. A incidência de ferrugem foi estimada pela contagem do número de folhas com sintomas da doença e, a seguir, dividindo-se pelo número total de folhas da amostra e multiplicando o valor encontrado por 100, obtendo-se então a porcentagem. A severidade foi avaliada de acordo com uma escala diagramática (CUNHA et al., 2001), atribuindo notas de 1 a 6, onde a nota 1 foi dada a ausência de pústula e a nota 6 aos casos de maior infecção da doença.

1.4 Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Quando diferenças significativas foram detectadas, procedeu-se o agrupamento das médias com o auxílio do teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. Para incidência e severidade de ferrugem, cujos dados possivelmente não têm distribuição normal, foi feita a transformação de dados em $\sqrt{x+0,5}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção e vigor vegetativo

Na Tabela 2 está representado o resumo da análise de variância para a característica produtividade de grãos, em sacas por hectare. De acordo com a análise de variância não houve diferença significativa, em nível indicado pelo teste de F, para a fonte de variação progênie, em relação à variável produtividade. Esse fato, provavelmente, pode ser explicado pela variabilidade das progênies e pela baixa precisão do experimento, observado através do coeficiente de variação demonstrado na tabela. A não significância demonstra que o comportamento produtivo das progênies é coincidente.

Tabela 2 Resumo da análise de variância para a característica produtividade de grãos, em sacas por hectare

FV	GL	QM
Progênie	9	375,14 ^{NS}
Bloco	2	132,10
Erro	18	395,88
Total	29	
Média (sacas* h^{-1})		65,29
CV(%)		30,47

NS: não significativo

O coeficiente de variação foi de 30,47%, este valor é considerado alto, indicando que a precisão do experimento foi baixa, porém é aceitável, devido provavelmente ao pequeno número de plantas nas progênies avaliadas. De acordo com Fazuoli (1977, 1991), experimentos com maior número de plantas tendem a apresentar menor coeficiente de variação, em comparação a

experimentos com cafeeiros em que as parcelas são constituídas por uma única planta por cova, que tem seu coeficiente de variação muito aumentado. Outra explicação está no fato de que o material estudado encontra-se na geração F₂, apresentando, portanto, alto nível de segregação para diversas características, além da influência ambiental.

Vale ressaltar que, esse resultado indica que o desempenho médio das progênie foi semelhante ao desempenho da cultivar Acauã, considerado de alta produção (CARVALHO, 2008), representada pelo número de ordem 39 (Tabela 1), indicando um bom potencial produtivo das populações em estudo. Souza (2008), trabalhando na mesma área, encontrou resultado semelhante para produtividade no biênio 2005/2006 o que reforça a hipótese de bom potencial de produtividade do material estudado.

No que se refere à característica vigor vegetativo, o resumo da análise de variância para esta característica está demonstrado na Tabela 3.

Observa-se que houve diferença significativa entre as progênie, em nível indicado pelo teste de F, para a característica vigor vegetativo dentro do fator progênie. A existência de significância mostra que o comportamento das progênie não é coincidente para esta característica.

Tabela 3 Resumo da análise de variância para a característica vigor vegetativo

FV	GL	QM
Progênie	9	3,6591 **
Bloco	2	0,5293
Erro	18	1,0526
Total	29	
Média		4,30
CV(%)		23,82

** Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F

O coeficiente de variação obtido na avaliação do vigor vegetativo foi de 23,82%, indicando média precisão do experimento, porém o valor é aceitável, visto que, as progênies estudadas ainda se encontram na geração F_2 e do fato de que os dados para a avaliação desta característica foram coletados após a realização da colheita.

Na Tabela 4 estão representados os valores médios, das 10 melhores progênies, para a característica vigor vegetativo.

Tabela 4 Vigor vegetativo médio das progênies após a colheita 2011

Progenie	Nº de Ordem	Vigor Médio
Acauã normal 1365	39	6,5 a
141 (Ic 2944 x Ct 62)	27	5,1 a
117 (Ic 2944 x Ct 17)	12	5,0 a
Acauã SH ₂	40	4,9 a
145 (Ic 4042/222 x Ct17)	42	4,4 a
140 (Ic 4042/222 x Ct 62)	3	3,8 b
135 (Ic 4042/222 x Ct 99)	22	3,6 b
142 (Ic 2942 x Ct 62)	31	3,4 b
122 (Ic 4042/222 x 5002)	21	3,3 b
107 (02 x 4040)	29	3,0 b
Média		4,3
CV(%)		23,82

Médias seguidas das mesmas letras na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que as médias para esta característica mostraram-se relativamente baixas, sendo o valor de 6,5 a maior média apresentada, referente a cultivar Acauã (nº de ordem 39). Esse fato pode ser explicado, provavelmente, pelo fato de os dados para esta variável terem sido coletados após a colheita.

Notadamente houve a formação de dois grupos para esta característica. No primeiro grupo se encontra a cultivar Acauã e juntamente estão às progênes com maior nota, variando de 4,4 a 6,5. A cultivar Acauã possui alto vigor vegetativo (CARVALHO, 2008), indicando assim, bom potencial para esta característica às progênes pertencentes a este grupo. Num segundo grupo encontram-se as progênes com menor vigor vegetativo, com nota de até 3,8 para esta característica.

Considerando os resultados apresentados anteriormente, as progênes com números de ordem 12, 27, 42 e a segregante de Acauã (número de ordem 40) mostraram-se superior as demais, sendo, portanto, identificadas com potencial para seleção em relação ao vigor vegetativo aliado a bom potencial produtivo.

4.2 Incidência e severidade de ferrugem

Na Tabela 5 são apresentados os resumos das análises de variância para as características incidência e severidade de ferrugem, referente a duas avaliações ocorridas em junho de 2010 e 2011. Foi utilizado para análise o esquema em blocos casualizados.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para as características incidência¹ e severidade¹ de ferrugem

FV	GL	06/2010		06/2011	
		QM	QM	QM	QM
		Incidência ¹	Severidade ¹	Incidência ¹	Severidade ¹
Progênie	9	15,2591 **	0,0826 **	18,3261 **	0,1170 **
Bloco	2	9,4263	0,0111	2,1970	0,0097
Erro	18	2,4685	0,0210	1,6258	0,0280
Total	29				
Média		7,03	1,59	8,55	1,69
CV(%)		22,36	9,13	14,91	9,87

¹ Dados transformados

** Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F

De acordo com as análises de variância, observa-se que houve diferença significativa entre as progênies, em nível indicado pelo teste de F para as características incidência e severidade de ferrugem, dentro do fator progênie. A existência de significância mostra que o comportamento entre as progênies não é coincidente para esta característica.

Os coeficientes de variação (CV's) encontrados para a característica incidência de ferrugem foram de 22,36% e 14,91% para as avaliações nos anos de 2010 e 2011, demonstrado que os experimentos apresentaram média e alta

precisão, respectivamente. Para a característica severidade de ferrugem os CV's mostraram-se baixos, sendo de 9,13 e 9,87 para os anos de 2010 e 2011, respectivamente, indicando boa precisão no experimento quanto a esta característica.

Na Tabela 6 estão representados os valores médios para incidência e severidade de ferrugem, referente as 10 melhores progênies, para os dois anos avaliados, demonstrando o comportamento das progênies para estas características.

De acordo com os resultados apresentados, observa-se pela média que houve a formação de três grupos para a característica incidência de ferrugem. Nota-se também que os grupos formados para os dois anos, de 2010 e 2011, foram coincidentes. A cultivar Acauã, representada pelo número de ordem 39, ficou sozinha em um grupo apresentando-se como imune a ferrugem, ou seja, com incidência igual a 0%. Um segundo grupo, caracterizado por um nível intermediário de incidência, foi formado pelas progênies 12, 22, 27, 40 e 42, que apresentaram infecção média variando de 8% a 14,6%. Um terceiro grupo foi formado pelas progênies 3, 21, 29 e 31, que apresentaram uma maior incidência da doença, mostrando infecções médias variando de 18,4% a 27,3.

Tabela 6 Incidência e severidade de ferrugem média para os anos de 2010 e 2011

Progênie	Nº de ordem	06/2010		06/2011		Média	
		Incidência ¹	Severidade ¹	Incidência ¹	Severidade ¹	Incidência ¹	Severidade ¹
Acauã normal 1365	39	0,0 a	1,0 a	0,0 a	1,0 a	0,0 a	1,0 a
141 (Ic 2944 x Ct 62)	27	5,3 b	1,6 a	10,7 b	2,3 b	8,0 b	2,0 b
135 (Ic 4042/222 x Ct 99)	22	6,7 b	2,0 b	18,6 b	2,3 b	12,6 b	2,1 b
117 (Ic 2944 x Ct 17)	12	8,0 b	2,0 b	12,0 b	2,3 b	10,0 b	2,1 b
145 (Ic 4042/222 x Ct17)	42	9,3 b	2,3 b	14,6 b	2,0 b	11,9 b	2,1 b
Acauã SH ₂	40	10,6 b	2,0 b	18,6 b	2,3 b	14,6 b	2,1 b
142 (Ic 2942 x Ct 62)	31	14,7 c	3,0 b	22,7 c	3,0 b	18,4 c	3,0 b
140 (Ic 4042/222 x Ct 62)	3	17,3 c	2,0 b	22,7 c	2,6 b	20,0 c	2,3 b
122 (Ic 4042/222 x 5002)	21	21,4 c	2,3 b	30,6 c	2,6 b	26,0 c	2,5 b
107 (02 x 4040)	29	26,6 c	2,3 b	28,0 c	3,3 b	27,3 c	2,8 b
Média		11,99	2,05	17,85	2,37		
CV(%)		22,36	9,13	14,91	9,87		

Médias seguidas das mesmas letras na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

¹ Médias sem transformação.

Em relação à severidade média de ferrugem, houve a formação de dois grupos, sendo que a cultivar Acauã ficou novamente isolada em um grupo recebendo nota média 1,0 para severidade. O outro grupo foi formado pelo restante dos materiais estudados, mostrando índices de severidade variando de 2,0 a 3,0.

Considerando a identificação de progênies com resistência do tipo horizontal, podemos destacar as progênies 12, 22, 27 e 42 com alto potencial para seleção visando esse tipo resistência, pois, estas progênies mostraram um nível intermediário de incidência de ferrugem em associação a um baixo nível de severidade da doença. Tal fato pode ser explicado devido a cultivar Icatu ser um dos seus parentais, pois esta cultivar apresenta os dois tipos de resistência, segundo Costa e Ribeiro (1975) e Eskes e Costa (1983). A cultivar Acauã (nº39) apresenta resistência do tipo vertical, mostrando-se imune ao patógeno.

Segundo Van Der Plank (1963), resistência vertical é aquela efetiva contra uma ou algumas raças fisiológicas de um dado patógeno, enquanto que a resistência horizontal seria aquela efetiva contra todas as raças. Ainda de acordo com esse autor, na resistência vertical, ocorre interação diferencial entre as variedades da planta hospedeira e as raças do mesmo organismo fitopatogênico, sendo governada, geralmente, por um ou poucos genes em interação com o ambiente. Na resistência horizontal não há manifestação da interação diferencial; é geralmente poligênica, isto é, controlada por muitos genes que não são específicos para resistência a doenças; mas simplesmente genes que ocorrem em plantas saudáveis, regulando os processos normais, os quais combinados expressam a resistência.

Dessa forma, é notadamente importante a presença em nível intermediário de incidência da doença nas plantas para identificação de resistência do tipo horizontal, visto que, a ausência de incidência caracteriza resistência vertical, enquanto que um nível elevado de infecção nas plantas

caracteriza, provavelmente, suscetibilidade. Em relação à severidade, esta avaliação evidencia a maior tolerância da planta à doença. A severidade, em condições naturais de epidemia, é o componente que melhor discrimina níveis de resistência horizontal (RIBEIRO; BERGAMIM FILHO; CARVALHO, 1981).

A progênie 40, que é uma seleção dentro da cultivar Acauã, comportou-se de maneira semelhante às progênies identificadas com potencial para seleção do tipo horizontal, provavelmente em razão desta progênie se encontrar ainda segregando para as diversas características.

Observando-se as médias das avaliações quanto à identificação de progênies com potencial para seleção visando resistência horizontal, as progênies identificadas pelos números 12, 27, 42 e a cultivar segregante 40 (Acauã SH2) destacaram-se das demais por apresentarem níveis adequados de incidência e severidade, indicativos de resistência horizontal, aliados a um bom potencial produtivo e de vigor vegetativo.

5 CONCLUSÕES

Algumas das progênies estudadas destacaram-se das demais por apresentarem bom vigor vegetativo, aliado a baixa incidência e severidade de ferrugem, mostrando-se promissoras quanto à resistência não específica.

REFERÊNCIAS

ALVARADO, G. A.; BUITRAGO, L. S. Caracterización de La resistência incompleta a *Hemileia vastatrix* en genótipos de café em Colombia. Cenicafe **Revista Del Centro Nacional de Investigaciones del Café**, Chinchiná, v. 52, n. 1, p. 5-19, 2001.

AMARO, G. B. **Seleção recorrente fenotípica no feijoeiro visando à resistência a *Phaseoisariopsis griseola***. 2006. 90 p. Dissertação (Tese em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

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.

BERKELEY, M. J. **The gardner's chronicle**. London: The Gardner's, chronicle and Agricultural, 1869. 11 p.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Minnesota: Woodbury, 2002. 368 p.

BETTENCOURT, A. J.; CARVALHO, A. Melhoramento visando a resistência do cafeeiro à ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v. 27, n. 24, p. 35-68, 1968

BETTENCOURT, A. J. **Considerações gerais sobre o híbrido de Timor**. Campinas: Instituto Agronômico, 1973. 20 p. (Circular nº20).

BETTENCOURT, A. J. **Melhoramento genético do cafeeiro**: transferência de fatores de resistência à *Hemileia vastatrix* Berk et Br. para as principais cultivares de *Coffea arabica* L. Lisboa: Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro, 1981. 93 p.

BETTENCOURT, A. J.; NORONHA-WAGNER, M. Genetic factors conditioning resistance of *Coffea arabica* L. to *Hemileia vastatrix* Berk et Br. **Agronomia Lusitana**, Oeiras, v. 31, n. 4, p. 285-292, Apr. 1971.

BETTENCOURT, A. J.; NORONHA-WAGNER, M.; LOPES J. Factor genético que condiciona a resistência do clone 1343/269 (Híbrido de Timor) a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. **Brotéria Genética**, Lisboa, v. 1, n. 76, p. 53-58, 1980.

BETTENCOURT, A. J.; RODRIGUES JÚNIOR, C. J. Principles and practice of coffee breeding for resistance to rust and other diseases. In: CLARKE, R. J. & MACRAE, R. (Ed). **Coffee**. London: Elsevier Applied Science, 1988. p.199-235. (Agronomy, 4).

BOS, I. More arguments against intermating F2 plants of a self-fertilizing crop. **Euphytica**, Wageningen, v. 26, n. 1, p. 33-46, Feb. 1977.

BRUZI, A. T. et al. Homeostasis in bean population with different genetics structure. **Crop Breeding and applied biotechnology**, Viçosa, MG, v. 4, n. 2, p. 111-117, 2007.

CAMARGO, L. E. A.; BERGAMIN FILHO, A. Controle genético. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.) **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 729-758.

CARDOSO, R. M. L. Prospecção de raças de *Hemileia vastatrix* em germoplasma de café, para seleção de cafeeiros de grupos fisiológicos com elevada resistência à ferrugem. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1996, Londrina. **Anais...**Londrina: IAPAR, 1996. p. 305.

CARVALHO, A. et al. Número de locos e ação gênica de fatores para porte baixo em *Coffea arabica* L. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 425-442, 1984.

CARVALHO, A.; MÔNACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do café XL: estudos de progênies e híbridos de café Catuaí. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 22, p. 202-216, set. 1979.

CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café**: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008. 334 p.

CHALFOUN, S. M.; ZAMBOLIM, L. Ferrugem do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 42-46, jun. 1985.

CHAVES, G. M. et al. A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastratrix* Berk et Br.): revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. **Seiva**, Viçosa, MG, v. 30, p. 75, 1970. Edição Especial.

CORDEIRO, A. C. C. **Número de inter cruzamentos na eficiência da seleção recorrente na cultura do arroz**. 2001. 149 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

CORREA JÚNIOR, A. **Estudos bioquímicos e fisiológicos da diferenciação de estruturas de infecção da ferrugem do café (*Hemileia vastatrix* Berk e Br.)**. 1990. 146 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

COSTA, W. M.; RIBEIRO, I. J. A. Resistência a *H. vastatrix* observada no café Icatu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 3., 1975, Curitiba. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1975. p. 113.

CUNHA, R. L. et al. Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para avaliar a severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001. Vitória. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2001. 181 p.

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

ESKES, A. B. Bases genéticas da resistência horizontal a patógenos em plantas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 32, n. 11, p. 1464-1472, 1980

ESKES, A. A.; COSTA, W. M. Characterization of incomplete resistance to *Hemileia vastatrix* in Icatu coffee population. **Euphytica**, Wageningen, v. 32, n. 2, p. 649-655, June 1983.

ESKES, A. B. et al. Race-specificity and inheritance of incomplete resistance to coffee leaf rust in Some Icatu coffee progenies and derivatives of Híbrido de Timor. **Euphytica**, Wageningen, v. 47, p. 11-19, 1990.

FAZUOLI, L. C. **Avaliação de progênies de café Mundo Novo (*Coffea arabica* L.)**. 1977. 146 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1977.

FAZUOLI, L. C. **Metodologia, critérios e resultados da seleção em progênies do café Icatu com resistência a *Hemileia vastatrix***. 1991. 322 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de Campinas, Campinas, 1991.

FLOR, H. H. Host-parasite interaction in flex-rust. Its genetics and others implications. **Phytopathology**, Saint Paul, n. 45, p. 680-685, 1955.

FOUILLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic resources of Phaseolus Beans**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 503-542.

GERALDI, I. O. Por que realizar a seleção recorrente? In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005. p. 1-8.

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

HALAUER, 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.

HANSON, W. D. The breakup of initial linkage blocks under selected mating systems. **Genetics**, Baltimore, v. 44, n. 5, p. 857-868, 1959

KUKHANG, T. D.; MAWARDI, S. ; ESKES, A. B. Studies on the inheritance of the SH3 resistance factor to coffee leaf rust. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR DE CAFÉ, 15., 1993, Montipellier. **Colloque...Montipellier**: [s. n.], 1993. v. 2, p. 776-778.

MARIOTO, P. R. et al. Efeito da produção sobre a incidência de ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 2., 1974, Poços de Caldas. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1974. p. 144-145.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle**. Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2006. 98 p.

MAYNE, W. W. Annual report of the coffee scientific officer. **Bulletin Mysore Coffee Experimental**, Bangalore, n. 13, p. 1934-1935, 1935.

MEDINA FILHO, H. P. et al. Coffee breeding and related evolutionary aspects In: JANICK, J. (Ed.) **Plant breeding reviews**. Westport: AVI, 1984. v. 2, p. 157-193.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. Seleção recorrente simultânea para alguns caracteres do feijoeiro. 2007. 65 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

NELSON, R. R. Genetics of horizontal resistance to plant disease. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 16, p. 359-78, 1978.

NORONHA-WAGNER, M.; BETTENCOURT, A. J. Genetic study of the resistance of *Coffea* sp to leaf rust 1: identification and behavior of four factors conditioning disease reaction in *Coffea arabica* to twelve physiologic races of *Hemileia vastatrix*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 45, p. 2021-2031, 1967.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 425 p.

PEDERSON, D. G. Arguments against intermating before selection in selffertilizing species. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 45, n. 4, p. 157-162, 1974.

PERSON, C. Gene for gene relationships in host-parasite systems. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, n. 37, p. 1101-1130, 1959.

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L. et al. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

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

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

RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P.; NEVES, P. C. F. Estimativas de parâmetros genéticos e respostas à seleção nas populações de arroz irrigado CNA – IRAT 4 PR e CNA – IRAT 4 ME. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 905-912, maio 1998.

RIBEIRO, I. J. A.; BERGAMIM FILHO, A.; CARVALHO, P. C. T. Avaliação da resistência horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk et Br. em cultivares de *Coffea arabica* L. em condições naturais de epidemia, **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 7, n. 1/2, p. 80-95, abr./jun. 1981.

RODRIGUES JÚNIOR, C. R. Coffee rust: history, taxonomy, morphology, distribution and host resistance. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, n.1, p. 5-9, 1990.

SALGADO, M. Avaliação da resistência horizontal e proteção cruzada a *Hemileia vastatrix* Berk et Br em cafeeiros. Lavras, 1991. 61 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.

SANTOS, A. H. et al. Simulation of mixed models in augmented block design. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 483-489, 2002.

SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, 2007.

SOUZA, G. A. **Avaliação de produção, incidência de ferrugem e cercóspora em população F₂ de *Coffea arabica* submetidas à seleção recorrente**. Lavras. 2008. 36p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

UPHOFF, M. D.; FEHR, W. R.; CIANZIO, S. R. Genetic gain for soybean seed yield by three recurrent selection methods. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 1155-1158, 1997.

VALLEJO, L. F. G.; MUÑOZ, J. D. O. Identificación de la raza XXII (v5v6) de *Hemileia vastatrix* em Colombia. **Cenicafé -Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café**, Chinchiná, v. 49, n. 4, p. 340-344, 1998.

VAN DER PLANK, J. E. **Disease resistance in plants**. New York: Academic, 1968. 206 p.

VAN DER PLANK, J. E. **Plant diseases: epidemics and control**. New York: Academic, 1963. 334 p.

VÁRZEA, V. M. P.; RODRIGUES Jr., C. J.; SILVA, M. do. C. M. L.; GOUVEIA, M.; MARQUES, D. V.; GUIMARÃES, L. G.; RIBEIRO, A.. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. 4. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. P. 297-320.

WANG, X. W. et al. Effects of recurrent selection on populations of various generations in wheat by using the Tai Gu single dominant male-sterile gene. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 126, n. 4, p. 397-402, June 1996.

ZAMBOLIM, L. et al. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem-do-cafeeiro. In: _____. **O estado de arte de tecnologias na produção de café**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 399-450.