



**THAMIRIS BANDONI PEREIRA**

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES  $F_4$  DE CAFEEIROS  
UTILIZANDO O PROCEDIMENTO  
REML/BLUP**

**LAVRAS - MG  
2012**

**THAMIRIS BANDONI PEREIRA**

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES F<sub>4</sub> DE CAFEEIROS UTILIZANDO O  
PROCEDIMENTO REML/BLUP**

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. Antônio Nazareno Guimarães Mendes

**LAVRAS – MG  
2012**

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

Pereira, Thamiris Bandoni.

Seleção de progênies  $F_4$  de cafeeiros utilizando o procedimento REML/BLUP / Thamiris Bandoni Pereira. – Lavras : UFLA, 2012.  
59 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Antônio Nazareno Guimarães Mendes.

Bibliografia.

1. Café. 2. Melhoramento genético. 3. Ferrugem. 4. Resistência genética. 5. Características agrônômicas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.733

**THAMIRIS BANDONI PEREIRA**

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES F<sub>4</sub> DE CAFEEIROS UTILIZANDO O  
PROCEDIMENTO REML/BLUP**

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 9 de março de 2012

Dr. César Elias Botelho	EPAMIG
Dr. Rubens José Guimarães	UFLA
Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves	UFLA

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2012**

*A Deus,  
pelo dom da vida e por me guiar e iluminar em todos os momentos!*

**AGRADEÇO.**

*A minha irmã, Fabrícia, pelo exemplo, amizade, apoio e companheirismo.  
Ao meu orientador, Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pelos ensinamentos e  
conselhos tão valiosos.  
Aos coorientadores, César e Gladyston, pelos conselhos e auxílio na condução  
não só deste trabalho, mas na minha formação.  
A todos os meus amigos, que sempre me apoiaram e aceitaram minhas  
ausências.*

**OFEREÇO.**

*Aos meus pais, Marco Antônio e Lúcia,  
pela fonte inesgotável de carinho e apoio  
para que eu pudesse realizar mais um sonho.*

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, saúde, inteligência, proteção e por me iluminar em todos os momentos.

A Nossa Senhora, minha Mãe, fonte inesgotável de inspiração e amor!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), Pró-Reitoria de Pós-Graduação e ao Departamento de Agricultura, por meio de seus professores e funcionários, pela oportunidade de realização e conclusão deste curso.

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Consórcio Pesquisa Café e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café (INCT Café) pela concessão dos recursos para a realização deste trabalho.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela concessão do experimento e demais auxílios necessários.

Ao professor Antônio Nazareno Guimarães Mendes, não só pela orientação, mas pela amizade, conselhos e pelo exemplo de profissionalismo.

Ao pesquisador César Elias Botelho, pelo tempo dispensado à transmissão de seus ensinamentos e pela amizade.

Aos professores Rubens José Guimarães, Vírgilio Anastácio da Silva pela amizade, apoio e ensinamentos.

Aos pesquisadores Gladyston Rodrigues Carvalho, Juliana Costa de Rezende pela amizade, companheirismo, orientação e valiosas contribuições.

Ao pesquisador Marcos Deon Vilella e a professora Flávia Maria Gonçalves, pelo pronto auxílio durante as análises estatísticas.

Ao gerente Gilmar, juntamente com os bolsistas Anselmo e Pedro, da Fazenda Experimental da EPAMIG de Machado, pela oportunidade de realizar este trabalho e auxílio durante a condução do mesmo.

Aos funcionários do Setor de Cafeicultura: José Maurício, Alexandre, Sérgio e Edson, pela experiência transmitida.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Marli, pela paciência e auxílio.

Em especial, aos amigos Alex, Cristiano, Ramiro, Alessandro e André pela amizade, ajuda e companheirismo.

Aos amigos e colegas de curso Vinícius, Renato, Janine, Diego (Visconde), João Marcos (Lactose), Allan (Bochecha), Jeanny, Lucas (Oreia), João Paulo, Rogner, Rodrigo, Antônio Alfredo, Paulo (Poney), Beatriz, Marina, Noêmia, Janine e muitos outros que contribuíram, direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

Objetivou-se selecionar progênies de cafeeiros em geração  $F_4$  para características agronômicas e resistência a doenças, por meio do procedimento REML/BLUP. O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Machado- Minas Gerais, sendo utilizadas 33 progênies, derivadas do cruzamento entre cultivares do grupo Icatu com Catuaí Amarelo IAC 62 e IAC 17 e as progênies IAC 5002 e IAC 5010. O delineamento experimental utilizado foi o látice quadrado com 4 repetições e as avaliações realizadas durante 2 anos (2010 e 2011). As características avaliadas foram: produtividade ( $\text{sacas.ha}^{-1}$ ), produção ( $\text{litros.planta}^{-1}$ ), reação à ferrugem, vigor vegetativo, reação à cercosporiose e porcentagem de grãos retidos em peneira '17 e acima'. Verificou-se por meio dos parâmetros genéticos que para produtividade, reação à ferrugem e peneira '17 e acima', a seleção a partir das progênies proporcionaria maior ganho, sendo que as progênies 2 e 4 apresentaram bom desempenho para todas as variáveis. No entanto para produção, reação à cercosporiose e vigor vegetativo, a seleção entre plantas seria mais vantajosa. Utilizou-se 5% de intensidade de seleção, totalizando 72 plantas, a partir do efeito genético individual para produção e conseqüentemente para reação à cercosporiose e vigor vegetativo. O ganho genético aditivo predito com a seleção foi de 16,84, 16,59 e 2,19% para produção, reação à cercosporiose e vigor vegetativo, respectivamente. Concluiu-se que a partir dessa população é possível a obtenção de progênies superiores para resistência à ferrugem e grãos de peneira alta e que a seleção de plantas facilita a escolha dos indivíduos geneticamente superiores, maximizando o ganho genético por ciclo de seleção.

Palavras-chave: Café. Melhoramento genético. Ferrugem. REML/BLUP.

## ABSTRACT

The objective of this research was to select coffee trees progenies in the F<sub>4</sub> generation, for to agronomic traits and disease resistance, by the procedure REML/BLUP. The experiment was conducted at the Experimental Farm EPAMIG in Machado - Minas Gerais, the research was carried out with 33 progenies derived from "Icatu" x Catuaí Yellow IAC 62 and IAC 17 and the progenies IAC 5002 and IAC 5010. The experimental design was a square lattice with four replications and evaluations carried out during two years (2010 and 2011). The traits evaluated were: yield (bags.ha<sup>-1</sup>), production (liters.plant<sup>-1</sup>), reaction to rust, vegetative vigor, reaction to cercospora and percentage of grains retained in sieve '17 and above'. It was found by means of genetic parameters which yield, reaction to rust and sieve '17 and above', the selection from progenies would provide higher gain, and the progenies 2 and 4 showed good performance for all variables. However for production, reaction to cercospora and vegetative vigor, the selection between plants would be more advantageous. It was used 5% of the selection intensity, totaling 72 plants from the individual genetic effect for production and consequently for reaction to cercospora and vegetative vigor. The additive genetic gain predicted with the selection was 16,84, 16,59 and 2,19% for production, reaction to cercospora and vegetative vigor, respectively. It was concluded from this population is possible to obtain superior progenies for resistance to rust and grain from high sieve and the plants selection facilitates the choice of the genetically superior individuals, and maximizing genetic gain per selection cycle.

Keywords: Coffee. Genetic improvement. Rust. REML/BLUP.

## LISTA DE QUADRO E TABELAS

Quadro 1	Progênies de <i>Coffea arabica</i> L. avaliadas em Machado - Minas Gerais.....	27
Tabela 1	Parâmetros genéticos estimados para produtividade (P) (sacas.ha <sup>-1</sup> ), reação à ferrugem (F), reação à cercosporiose (C), vigor vegetativo (V) e peneira 17 e acima (E) e a média das progênies .....	34
Tabela 2	Predição dos efeitos genéticos, valores genotípicos, ganhos genéticos e nova média da população melhorada para o caráter produtividade de grãos, em progênies de café avaliadas em Machado - Minas Gerais .....	38
Tabela 3	Predição dos efeitos genéticos, valores genotípicos, ganhos genéticos e nova média da população melhorada para o caráter reação à ferrugem, em progênies de café, avaliadas em Machado - Minas Gerais.....	40
Tabela 4	Predição dos efeitos genéticos, valores genotípicos, ganhos genéticos e nova média da população melhorada para o caráter grãos retidos em peneira '17 acima', em progênies de café, avaliadas em Machado - Minas Gerais...	42
Tabela 5	Parâmetros genéticos estimados para produção (litros.planta <sup>-1</sup> ) (P), reação à ferrugem (F), reação à cercosporiose (C) e vigor vegetativo (V) .....	44

Tabela 6	Valor genético predito ( $\mu+g$ ) para plantas selecionadas para as características produção (litros.planta <sup>-1</sup> ), reação à cercosporiose e vigor vegetativo .....	46
----------	---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
<b>2.1</b>	<b>Melhoramento genético do cafeeiro</b> .....	14
<b>2.1.1</b>	<b>Parâmetros genéticos</b> .....	17
<b>2.2</b>	<b>Ferrugem do cafeeiro</b> .....	20
<b>2.3</b>	<b>Cercosporiose</b> .....	23
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
<b>3.1</b>	<b>Descrição da área</b> .....	26
<b>3.2</b>	<b>Caracterização das progênies</b> .....	26
<b>3.3</b>	<b>Delineamento experimental</b> .....	28
<b>3.4</b>	<b>Características avaliadas</b> .....	28
<b>3.5</b>	<b>Análises estatísticas</b> .....	30
<b>3.5.1</b>	<b>Análise conjunta</b> .....	30
<b>3.5.2</b>	<b>Análise individual</b> .....	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
<b>4.1</b>	<b>Seleção entre famílias</b> .....	33
<b>4.1.1</b>	<b>Ganho em produtividade com a seleção</b> .....	37
<b>4.1.2</b>	<b>Ganhos para reação à ferrugem com a seleção</b> .....	39
<b>4.1.3</b>	<b>Ganhos para grãos de peneira alta com a seleção</b> .....	41
<b>4.2</b>	<b>Seleção entre plantas</b> .....	43
<b>4.2.1</b>	<b>Ganhos com a seleção</b> .....	46
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	51
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e o segundo maior consumidor de café do mundo, sendo o parque cafeeiro constituído basicamente pelas espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre & Froehner, que respondem por 70% e 30%, respectivamente, do total produzido no mundo.

Dentre as cultivares de *C. arabica*, Mundo Novo e Catuaí respondem por aproximadamente 80% do parque cafeeiro do Brasil. E por apresentarem suscetibilidade à ferrugem alaranjada, principal doença do cafeeiro, os melhoristas têm desenvolvido novas cultivares, que além de produtivas e vigorosas, apresentam resistência a essa doença.

Entretanto o cafeeiro apresenta algumas características biológicas peculiares, como: ciclo reprodutivo longo; ciclo bienal de produção; expressão dos caracteres ao longo de vários anos e diferenças em precocidade e longevidade produtiva o que traz algumas dificuldades no processo de melhoramento.

Devido a essas características, a estimativa dos componentes genéticos é uma ferramenta de grande importância no melhoramento genético do cafeeiro. Por meio dela, é possível conhecer a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e também avaliar a eficiência da estratégia de melhoramento adotada. Dentre os parâmetros de maior importância, destacam-se as variâncias, as correlações e a herdabilidade (CRUZ; CARNEIRO, 2003) que facilitam a seleção das melhores progênies a partir das características mais promissoras.

Devido às peculiaridades agronômicas do cafeeiro e suas consequências, tem-se a necessidade do uso de métodos especiais para estimar os parâmetros genéticos e prever os valores genéticos. Assim, os métodos tradicionais de estimação com base em análise da variância não são os mais recomendados para

a análise de dados no melhoramento do cafeeiro. Atualmente, o procedimento analítico padrão recomendado para os estudos em genética quantitativa e também para a prática da seleção em plantas perenes é o REML/BLUP, ou seja, a estimação de componentes da variância por máxima verossimilhança restrita (REML) e a predição de valores genéticos pela melhor predição linear não viciada (BLUP).

Com base no exposto, objetivou-se selecionar progênies de cafeeiros em geração  $F_4$  para características agronômicas e resistência a doenças, por meio do procedimento REML/BLUP.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Melhoramento genético do cafeeiro

O melhoramento genético do cafeeiro no Brasil divide-se em duas fases distintas. A primeira inicia-se com a introdução do café no país, em 1727 e estende-se até o início da década de 1930.

No ano de 1933, deu início a segunda fase do melhoramento do cafeeiro, a partir da criação da Seção Genética do IAC (Instituto Agrônomo Campinas), o qual deu início a um complexo programa de investigação sobre o cafeeiro (CARVALHO, 1985). Foi nessa época que surgiu a metodologia científica nos programas de melhoramento do cafeeiro e a partir daí os ganhos com a seleção começaram a ser mais expressivos. De acordo com Mendes, Guimarães e Souza (2002), os estudos a partir dessa data começaram a dar ênfase nas características de maior interesse econômico, como porte, arquitetura, desenvolvimento dos cafeeiros e principalmente, produção de grãos.

A partir de 1970, outras instituições de ensino e pesquisa somaram-se ao IAC, como a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), que desenvolve trabalhos em Minas Gerais com a colaboração da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Também contribuem para o melhoramento genético do cafeeiro o IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), PROCAFÉ (Fundação PROCAFÉ/MAPA) e o INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural), sendo o último com destaque para *C. canephora*.

Hoje, existe uma grande quantidade de cultivares de *C. arabica* no mercado, grande parte delas desenvolvidas por essas instituições. Essas cultivares possuem alto potencial produtivo e são adaptadas às diversas condições de cultivo, como plantios adensados, resistência a pragas e doenças. A

indicação de novas cultivares deve ser acompanhada de ensaios de avaliação das suas características de produtividade, especialmente sua capacidade produtiva em médio prazo, por pelo menos quatro safras e com estudos em âmbito regional, buscando materiais adaptados às diversas regiões cafeeiras (MATIELLO, 2001).

Espécies vegetais perenes como o cafeeiro apresentam alguns aspectos biológicos, como: ciclo reprodutivo longo; acentuada oscilação anual de produção, resultando em ciclo bienal de produção; sobreposição de gerações; expressão dos caracteres ao longo de vários anos e diferenças em precocidade e longevidade produtiva (SERA, 2001), o que pode trazer algumas dificuldades no processo de melhoramento genético.

Tais aspectos levam às seguintes consequências:

- a) utilização do material genético selecionado para produção comercial por vários anos, o que demanda rigor e precisão nos métodos de seleção;
- b) redução na taxa de sobrevivência dos experimentos durante sua vida útil, fato que tende a gerar dados desbalanceados para uso na estimação de parâmetros genéticos e na predição dos valores genéticos aditivos e genotípicos (RESENDE et al., 2001).

Os programas de melhoramento genético do cafeeiro desenvolvidos no país apresentam importância fundamental como fator de aumento da produção, produtividade e de desenvolvimento socioeconômico das regiões de cultivo. Tais programas têm sido desenvolvidos com sucesso para *C. arabica* (CARVALHO; FAZUOLI, 1993; FAZUOLI, 1986; MENDES; GUIMARÃES, 1998) e *C. canephora* (CARVALHO; FAZUOLI, 1993; FAZUOLI, 1986; FERRÃO; FONSECA; FERRÃO, 1999).

Nesses estudos, entre as características avaliadas estão o tamanho dos grãos, o vigor das plantas e principalmente a produtividade. O tamanho dos grãos tem ligação direta com a produtividade, além de ser característica importante para a avaliação da qualidade do café (TEIXEIRA, 1999). O alto valor na peneira média também pode ser a expressão de uma característica varietal ou indicação de que o cafeeiro estava em boas condições de nutrição e sanidade durante o desenvolvimento do fruto (ALVARENGA, 1991).

Dias et al. (2005) e Maluf et al. (2000) trabalhando com progênies de cafeeiro, encontraram como promissoras de peneira alta entre uma série de progênies, a cultivar Catuaí Amarelo IAC 4394 e Icatu Vermelho IAC 4042. Laviola et al. (2006) verificaram que as cultivares Icatu e Catuaí apresentaram alta quantidade de frutos retidos em peneira 17 e acima, com porcentagem de 78,11 e 73,73, respectivamente. Já a cultivar Rubi MG 1192, apresentou uma porcentagem inferior aos demais cultivares, totalizando 47,69% de grãos retidos.

A seleção de materiais genéticos com maior vigor vegetativo também é objetivo dos programas de melhoramento (SEVERINO et al., 2002), pois indica que a planta possui maior eficiência em absorver nutrientes e é menos vulnerável às condições edafoclimáticas desfavoráveis (PETEK et al., 2002), indicando indiretamente maior produtividade.

A fim de avaliar o vigor vegetativo de uma série de progênies derivadas do cruzamento de Icatu com Catimor, Botelho et al. (2010) verificaram que não houve diferenças significativas entre todas elas, mas o fato de as progênies e a testemunha permanecerem no mesmo grupo foi considerado satisfatório, já que a cultivar Rubi MG 1192 apresenta alto vigor vegetativo. Carvalho et al. (2009) verificaram a formação de dois grupos nas progênies avaliadas, sendo que a cultivar Rubi MG 1192 permaneceu no grupo superior, comprovando o seu alto vigor vegetativo.

Pesquisas em melhoramento genético buscam, principalmente por meio de cruzamentos entre diferentes genótipos, a obtenção de novas cultivares com resistência a pragas e doenças, assim como características vegetativas associadas ao máximo vigor e produtividade (MENDONÇA et al., 2007). Moura et al. (2001), avaliando diferentes progênies de café, inclusive 13 seleções do grupo Catimor, identificaram progênies de Catimor promissoras quanto à produtividade, com produções acima de 30 sacas.ha<sup>-1</sup>, iguais as cultivares Rubi MG 1192, Topázio MG 1190, Catuaí Vermelho IAC 15 e Icatu Amarelo IAC 2944.

Progênies do cruzamento entre Icatu e Catimor foram avaliadas por 3 biênios, quanto às suas produtividades. Houve a formação de 2 grupos, sendo que a testemunha Rubi MG 1192, foi inserida no grupo com as menores produções, apresentando média de produção de 48,76 sacas.ha<sup>-1</sup> (CARVALHO et al., 2009).

### **2.1.1 Parâmetros genéticos**

A estimativa dos componentes genéticos é muito importante em programas de melhoramento, pois permite conhecer a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e também avaliar a eficiência da estratégia de melhoramento adotada.

Tendo em vista que uma das características do melhoramento do cafeeiro é a utilização de material genético selecionado por vários anos para a futura produção comercial, é necessário a utilização de métodos de seleção rigorosos e precisos. Nesse contexto, pode-se afirmar que uma ação de fundamental relevância no processo do melhoramento do cafeeiro é a predição dos valores genotípicos dos candidatos à seleção (PETEK; SERA; FONSECA, 2008; RESENDE et al., 2001).

Esse procedimento de predição de valores genéticos depende do conhecimento do controle genético dos caracteres sob seleção, especialmente de parâmetros como herdabilidade e repetibilidade individuais. O principal uso das estimativas de parâmetros genéticos, além do subsídio para o planejamento de eficientes estratégias de melhoramento, está na própria predição de valores (RESENDE et al., 2001).

O sucesso no melhoramento de populações depende da disponibilidade de variabilidade genética na população original. Outros fatores, todavia, devem ser cuidadosamente observados, como o método de seleção adotado, a correta interpretação dos efeitos do ambiente, a identificação de efeitos pleiotrópicos e das correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres (PATERNIANI; MIRANDA FILHO, 1987). O tipo de ação gênica envolvida e a precisão experimental também são fatores de importância para o aumento de frequências gênicas das populações (VENCOVSKY, 1987).

Para um dado caráter, a estimativa de um parâmetro pode ser variável, sendo função da variabilidade genética existente na população e das condições do ambiente. No caso da produção inicial de grãos de café, as diferentes estimativas encontradas até o quarto ano inicial são, provavelmente, função dos diferentes genes que são expressos ao longo do crescimento e desenvolvimento da planta, de diferenças no tamanho e desenvolvimento inicial das mudas logo após o plantio no campo e das condições do ambiente apresentadas nos anos de colheita (BONOMO et al., 2004).

As estimativas individuais de parâmetros genéticos, como no caso, a herdabilidade individual, são raras em café, citando-se a obtida com a espécie *C. arabica*, no Quênia (WALYARO; VAN DER VOSSEN, 1979) e em Camarões (CILAS et al., 1998) e mais recentemente no Brasil (BONOMO et al., 2004; PETEK; SERA; FONSECA, 2008). Utilizando *C. canephora* foram realizados trabalhos na Costa do Marfim (LEROY et al., 1994) e Togo por CILAS et al.

(2000). Já as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, em nível de médias de linhagens são mais comuns no Brasil, podendo-se citar Sera (1980, 1987) e Sera e Alves (1999).

Petek, Sera e Fonseca (2008) selecionando progênies  $F_2$  de *Coffea arabica* (“Sarchimor” x (“Icatu” x “Catuaí”)), avaliaram uma série de parâmetros genéticos e como resultados encontraram para herdabilidade no sentido amplo, valores de 61,00% para resistência à ferrugem, 36,00% para vigor da planta, 7,00% para tamanho dos grãos e 3,00% para produtividade. Já para o coeficiente de variação relativa os valores foram de 0,88, 0,53, 0,19 e 0,12, respectivamente, para as características avaliadas. A seleção foi realizada a partir do efeito genético aditivo individual para vigor vegetativo e resistência à ferrugem, utilizando a metodologia REML/BLUP. O ganho genético aditivo com a seleção de 54 indivíduos (10% de intensidade de seleção) foi de 3,14% para vigor vegetativo e 10,29% para resistência à ferrugem.

Avaliando o comportamento de 28 progênies  $F_3$  de *Coffea arabica* obtidas de cruzamentos das cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo com descendentes do Híbrido de Timor, Bonomo et al. (2004) verificaram que as progênies apresentaram grande variabilidade genética para produção e resistência à ferrugem. As progênies apresentaram valores para herdabilidade que variaram de 25,00 a 78,00% para diferentes colheitas. Para o coeficiente de variação genética foram verificados valores entre 10,82 a 31,73%.

Carvalho et al. (2009) em trabalho com progênies de cafeeiro resultantes do cruzamento entre ‘Icatu’ x ‘Catimor’, apresentaram os seguintes parâmetros genéticos quanto à produtividade: variância genotípica e herdabilidade no sentido amplo, os seguintes valores foram encontrados, 2,00 e 9,1%, respectivamente, os quais concluíram a presença da variabilidade genética para produtividade entre as progênies avaliadas, fato confirmado pelas estimativas da maioria das progênies estudadas.

Já Botelho et al. (2010), visando selecionar progênies de cafeeiro a partir do cruzamento Icatu e Catimor, encontraram valor de 7,32 e 10,68 para variância genotípica e fenotípica em relação à produtividade. Para incidência e severidade da ferrugem, a variância genotípica encontrada foi de 1,99 e 0,07 e a fenotípica foi de 2,49 e 0,11, respectivamente. Esses resultados aliados às boas médias de produção, à baixa incidência e severidade da ferrugem ao bom vigor vegetativo de algumas progênies, demonstram que é possível selecionar progênies superiores com base na produção e resistência à ferrugem.

No caso do cafeeiro, alguns valores de herdabilidade para a produção de grãos encontrados na literatura variam de 37 a 57%, conforme Srinivasan, Visherswra e Susvamanya (1979), de 61 a 93% (FAZUOLI et al., 2000); e de 71 a 80% (BONOMO et al., 2004). Para a resistência à ferrugem, Miranda (2003), em avaliação por meio de notas em progênies F<sub>6</sub> e F<sub>7</sub> de Catimor, F<sub>3</sub> do cruzamento Híbrido de Timor x Mundo Novo IAC 379-19 e progênies F<sub>4</sub> e F<sub>5</sub> de cruzamentos entre Híbrido de Timor e diversas cultivares de Catuaí, encontraram valores para a herdabilidade no sentido amplo variando entre 12 e 86%.

## 2.2 Ferrugem do cafeeiro

Dentre as doenças que acometem o cafeeiro, a ferrugem é a mais importante (VAN DER VOSSSEN, 2005) pela abrangência de danos (PETEK; SERA; FONSECA, 2008) e dependendo da altitude, das condições climáticas e do estado nutricional das plantas, pode causar perdas de até 50% na produção (ZAMBOLIM et al., 2002).

A ferrugem é causada pelo fungo biotrófico, *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., pertencente à família Pucciniaceae, ordem Uredinales, classe Teliomycetes, filo Basidiomycota (ALEXOPOULOS; MIMS; BLACKWELL, 1996). O

principal dano causado pela doença é a desfolha precoce que resulta em uma redução de área foliar e seca de ramos laterais, levando a um enfraquecimento gradual da planta infectada (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010).

Seus danos econômicos são causados pela redução da produção a nível global e varia de um a dois bilhões de dólares anualmente, uma vez que a maioria das cultivares de *C. arabica* é suscetível à doença e *C. canephora* às vezes, também pode ser afetado (BRITO et al., 2010).

Alguns fatores favorecem a severidade da doença, entre eles alta densidade de plantas suscetíveis por área, condições de alto enfolhamento das plantas, temperaturas entre 21 a 23°C, entre outras. Recentemente, várias pesquisas têm demonstrado que o nível de produção das plantas também é um fator determinante no grau de infecção do cafeeiro pela ferrugem. Com isso, deve-se atentar para o controle da ferrugem em anos de cargas altas (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010).

O controle químico com fungicidas é uma das alternativas utilizadas, mas a utilização de cultivares resistentes, que podem ser obtidas pelo melhoramento convencional auxiliada por técnicas de biologia molecular são as mais indicadas (FAZUOLI; BRAGHINI; CONCEIÇÃO, 2002; FAZUOLI et al. 2005; PEREIRA et al., 2002; PETEK; SERA; FONSECA, 2008; SERA; ALTEIA; PETEK, 2002). Assim, a obtenção de variedades de café resistentes à ferrugem tem sido objetivo de criação da mais alta prioridade em muitos países. Como as cultivares brasileiras são altamente produtivas e levando em consideração a estreita base genética inicialmente existente em *C. arabica*, a possibilidade de ganhos efetivos em produtividade de grãos é bastante reduzida dentro dos programas de melhoramento (FAZUOLI; BRAGHINI; CONCEIÇÃO, 2002).

Herrera et al. (2009) explicam que em café, a resistência é claramente associada com o progresso da epidemia e do equilíbrio da folhagem no campo,

com isso indivíduos parcialmente resistentes exibem progresso da epidemia lenta (um atraso de até 5 meses em relação ao material suscetível) e desfolha menor. Portanto, os programas de melhoramento estão tentando desenvolver estratégias para melhorar a durabilidade de resistência à ferrugem em cultivares de café arábica através da combinação de específica (completo) e não específica de resistência (parcial).

A reação específica é relacionada à expressão de número reduzido de genes de natureza dominante e é mais fácil de ser trabalhada em programas de melhoramento (CHAVES, 1976). Porém, ela tem caráter temporário, ocorrendo frequentes quebras da resistência, devido a adaptações do patógeno ao genótipo (ESKES, 1980).

Grupos de pesquisa de diferentes regiões têm procurado atingir a resistência durável à ferrugem do café, resultando em sucesso inicial, seguido por decepções por causa do surgimento de novas raças de patógenos virulentos capazes de infectar as plantas inicialmente resistentes. Até o momento, foram identificados nove genes dominantes de resistência em plantas de café de diferentes espécies, caracterizados pela sigla  $S_H$  (BETTENCOURT; NORONHA-WAGNER, 1971; BETTENCOURT; RODRIGUES JÚNIOR, 1988). Esses genes de resistência foram encontrados, principalmente, em *C. arabica* ( $S_{H1}$ , 2, 4, 5), *C. canephora* ( $S_{H6}$ , 7, 8, 9) e *C. liberica* ( $S_{H3}$ ).

Os genes encontrados em *C. arabica*, já foram suplantados por diversas raças de *H. vastatrix* (BETTENCOURT; NORONHA-WAGNER, 1971), inclusive as identificadas no Brasil (CARDOSO, 1986). Portanto, os programas de melhoramento do cafeeiro buscam a resistência em outras espécies e híbridos interespecíficos (GUZZO; HAKAKAVA; TSAI, 2009), como a cultivar Icatu.

A cultivar Icatu é um importante marco do melhoramento do cafeeiro, pois foi obtida em um trabalho de hibridação entre duas espécies de café, *C. arabica* e *C. canephora*, que teve como objetivo obter um material de *C.*

*arabica* resistente à ferrugem. Icatu é caracterizado pela rusticidade, pelo alto vigor vegetativo, pela boa produção e principalmente, variabilidade para resistência à ferrugem, com características de resistência, tanto vertical ou específica como horizontal ou não específica (ALVARENGA et al., 1998).

As plantas de Icatu mostram diferentes graus de resistência ao ataque de *H. vastatrix*, tratando-se possivelmente de resistência horizontal ou não específica, particularmente valiosa para uma espécie perene como o cafeeiro.

Alvarenga et al. (1998) avaliaram 10 progênies de Icatu quanto à produção em quatro colheitas e a resistência à ferrugem, por meio de escala de notas. Os autores concluíram que as progênies de Icatu são, em geral, tão produtivas quanto as cultivares comerciais Catuaí Vermelho IAC 44 e Mundo Novo CP 500-11, utilizadas como testemunha, e a maioria das progênies foram classificadas como resistentes ou moderadamente resistentes. Também Correa (2004), em trabalho com progênies de Icatu, em três locais do Sul de Minas Gerais e durante oito colheitas consecutivas, concluíram que algumas das progênies mostraram-se promissoras, por apresentarem produção média alta, aliada à adaptabilidade e à estabilidade para essa característica.

Petek et al. (2006) encontraram dentro do germoplasma Icatu, progênies resistentes e suscetíveis, porém nenhuma imune ou altamente resistente, indicando a presença de resistência quantitativa. Algumas progênies apresentaram resistência à ferrugem alaranjada do cafeeiro e à mancha aureolada, devendo ser testada em ensaios regionais, como é o caso da progênie "Catuaí" x "Icatu" PRFB 2-27- 1/F<sub>5</sub> (IAPAR 96095).

### **2.3 Cercosporiose**

A cercosporiose, também conhecida como mancha-de-olho-pardo é causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke e ocupa posição

de destaque entre as doenças que afetam a cultura do café, pois pode afetar desde mudas em formação até lavouras adultas, e seus sintomas podem ser observados em folhas e frutos (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005). Carvalho (2002) cita que a cercosporiose está entre as principais doenças da cultura e sua importância tem aumentado nas demais regiões cafeeiras.

O fungo causador da cercosporiose pertence à classe Loculoascomycetes, ordem Dothideales e família Mycosphaerellaceae. No centro das lesões, em ambas as faces da folha forma-se uma estrutura chamada esporodóquio, de onde emergem conidióforos septados e cilíndricos (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010).

Nas regiões altas do Espírito Santo e Minas Gerais, a partir de 1971, observou-se alta intensidade da mancha-de-olho-pardo com redução de até 30% no rendimento, o ataque se dá principalmente em regiões altas e com solos pouco férteis. Carvalho (2002) cita que cafezais implantados em solos arenosos, ou com nutrição deficiente ou desequilibrada, especialmente na relação N/K são mais predispostos à cercosporiose.

Os sintomas em nível de viveiro são: intensa desfolha, redução no desenvolvimento e raquitismo das plantas, tornando-as impróprias ao plantio (FERNANDEZ- BORRERO; MESTRE; DUQUE, 1966). Em lavouras adultas causa queda de folhas, queda e chochamento de frutos, entre outros.

Frequentemente, o controle da cercosporiose é realizado desde a formação das mudas, de forma preventiva, mediante a utilização de substratos com adubação adequada. Nos viveiros, muitas vezes, o controle químico é necessário, especialmente antes da aclimação das mudas para serem levadas ao campo. Em condições de campo, recomenda-se evitar solos arenosos e manter rigoroso controle das adubações durante o ciclo da cultura (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005), mas a utilização de fungicidas protetores e sistêmicos para o controle da cercosporiose é, atualmente, parte integrante dos

programas de tratamento fitossanitário do cafeeiro (THOMAZIELLO et al., 2000).

Fernandes et al. (1990) verificaram que, dentre 27 progênies de Catimor, oriundas do cruzamento de Híbrido de Timor e Caturra e avaliadas na fase de mudas, cinco das progênies, bem como a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, utilizada como testemunha, tiveram menor severidade da doença, embora nenhum dos genótipos avaliados tenha sido completamente resistente à cercosporiose. Pozza et al. (2004) observaram que mudas de cafeeiro da cultivar Icatu submetidas à inoculação com *C. coffeicola* foram menos afetadas pela cercosporiose do que mudas das cultivares Catuaí e Mundo Novo, que não diferiram entre si. Patrício, Braghini e Fazuoli (2010) testando materiais com resistência à cercosporiose encontraram Piatã IAC 387, Ouro Verde IAC H5010-5 e Tupi IAC 1669-33 com maior resistência em relação às demais cultivares. Vale ressaltar ainda, que as seleções de *C. canephora* avaliadas neste estudo foram muito suscetíveis à cercosporiose, apresentando altos valores de incidência e severidade.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição da área**

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da EPAMIG em Machado- Minas Gerais. A cidade está localizada na região Sul de Minas Gerais e o experimento está situado em uma região de relevo ondulado, a uma altitude de 900 m, latitude de 21° 40' S e longitude de 45° 55' W. A precipitação pluvial média anual é de 1.670 mm, e temperatura média anual de 19,8 °C.

#### **3.2 Caracterização das progênies**

O experimento foi instalado em janeiro de 2007. As progênies foram obtidas no programa de melhoramento genético do cafeeiro, conduzido em Minas Gerais, coordenado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e com a participação da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A fonte utilizada para obtenção de resistência à ferrugem nas progênies foram as cultivares do grupo Icatu. As progênies foram selecionadas pelo método genealógico e encontram-se atualmente em geração F<sub>4</sub> (Quadro 1).

A implantação e a condução do experimento foi feita de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro, sendo as adubações realizadas de acordo com a 5ª Aproximação das Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999), a exceção do controle químico da ferrugem e cercosporiose visando à identificação de plantas resistentes ou tolerantes.

Quadro 1 Progênies de *Coffea arabica* L. avaliadas em Machado - Minas Gerais

Nº de ordem	Progênies	Genitores
1	H 141-17-46 cova 1	Icatu Am. IAC 2944x Catuaí Am. IAC 62
2	H 141-17-46 Cova 8	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
3	H 141-17-46 Cova 9	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
4	H 141-17-46 Cova 16	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
5	H 141-17-46 Cova 18	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
6	H 141-17-46 Cova 19	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
7	H 140-18-02 cova 6	Icatu Verm. IAC 4042xCatuaí Am. IAC 62
8	H 101-71-44 cova 5	Icatu Verm. IAC 4040xIAC 5010
9	H 101-71-44 Cova 15	Icatu Verm. IAC 4040xIAC 5010
10	H 108-43-37 Cova 6	Icatu Verm. IAC 4042xIAC 5002
11	H 108-43-37 Cova 18	Icatu Verm. IAC 4042xIAC 5002
12	H 141-26-48 Cova 5	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
13	H 141-26-48 Cova 14	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
14	H 105-01-39 Cova 1	Icatu Am. IAC 2944xIAC 5002
15	H 105-01-39 Cova 4	Icatu Am. IAC 2944xIAC 5002
16	H 105-01-39 Cova 12	Icatu Am. IAC 2944xIAC 5002
17	H 140-03-41 Cova 8	Icatu Verm. IAC 4042xCatuaí Am. IAC 62
18	H 145-17-17 Cova 2	Icatu Verm. IAC 4042xCatuaí Am. IAC 17
19	H 145-17-17 Cova 10	Icatu Verm. IAC 4042xCatuaí Am. IAC 17
20	H 140-09-02 Cova 1	Icatu Verm. IAC 4042xCatuaí Am. IAC 62
21	H 141-27-40 Cova 11	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
22	H 141-27-40 Cova 12	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
23	H 111-38-5 Cova 12	Icatu Verm. IAC 4040xCatuaí Am. IAC 62
24	H 107-47-02 Cova 1	Icatu Verm. IAC 4040xIAC 5002
25	H 107-47-02 Cova 6	Icatu Verm. IAC 4040xIAC 5002
26	H 130-65-45 Cova 8	Icatu Verm. IAC 2942xIAC 5002
27	H 130-65-45 Cova 10	Icatu Verm. IAC 2942xIAC 5002
28	H 141-10-10 Cova 1	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
29	H 141-10-10 Cova 5	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
30	H 141-10-10 Cova 8	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
31	H 141-10-10 Cova 11	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
32	H 141-10-10 Cova 12	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
33	H 141-10-10 Cova 19	Icatu Am. IAC 2944xCatuaí Am. IAC 62
34	Rubi MG 1192	Cultivar*
35	Topázio MG 1190	Cultivar*
36	Catuaí Amarelo IAC 62	Cultivar*

\*Cultivares utilizadas como testemunha.

As denominações IAC 5002 e IAC 5010 referem-se a progênies obtidas pelo IAC resultantes do cruzamento entre Catuaí Amarelo IAC H2077-2-12-70 e Mundo Novo IAC 515-20.

### **3.3 Delineamento experimental**

O delineamento utilizado foi o de blocos incompletos (látice) quadrado 6 x 6 com 4 repetições. O espaçamento utilizado foi de 3,0 m entre linhas e 0,8 m entre plantas, com 10 plantas por parcela, correspondendo a 4.166 plantas.ha<sup>-1</sup>. Nas bordaduras, foram plantados cafeeiros da cultivar Paraíso MG H 419-1.

### **3.4 Características avaliadas**

Foram avaliadas as seguintes características nos anos de 2010 e 2011.

- a) Produtividade (sacas.ha<sup>-1</sup>): a colheita foi efetuada individualmente, ou seja, por planta (litros.planta<sup>-1</sup>) entre os meses de maio a julho de cada ano. Houve a extrapolação (litros de café da roça/parcela) e depois foi realizada a conversão para sacas/ha, por meio do rendimento dos próprios materiais.  
O rendimento foi calculado utilizando amostras de 2 litros de ‘café da roça’ coletadas durante a colheita. O material foi submetido à secagem até 11% de umidade, posteriormente, houve a pesagem do material antes (‘café da roça’) e após o beneficiamento, através do qual foi realizada a conversão, sendo expresso em ‘café da roça’/saca de 60 kg de café beneficiado.
- b) Determinação da reação à ferrugem: foi avaliada anteriormente a colheita, segundo uma escala de notas variando de 1 a 5, adaptada

por Petek, Sera e Fonseca (2008) sendo, 1: ausência de pústulas e reações de hipersensibilidade; 2: poucas folhas com pústulas sem esporos e com reações de hipersensibilidade; 3: poucas pústulas por folha com alta produção de esporos e pouco distribuídas; 4: média quantidade de pústulas por folha, distribuída na planta com alta produção de esporos; 5: alta quantidade de pústulas com alta produção de esporos e alta desfolha da planta.

- c) Vigor vegetativo: o vigor foi avaliado anteriormente à colheita, atribuindo-se notas conforme escala arbitrária de 10 pontos, sendo a nota 1 correspondente às piores plantas, com reduzido vigor vegetativo e acentuado sintoma de depauperamento, e 10, às plantas com excelente vigor, mais enfolhadas e com acentuado crescimento vegetativo dos ramos produtivos, conforme sugerido por Carvalho, Mônaco e Fazuoli (1979).
- d) Determinação de reação à cercosporiose: foi avaliada anteriormente à colheita, segundo uma escala de notas variando de 1 a 5 citado por Petek et al. (2007), sendo a nota 1: correspondente a plantas que apresentam ausência de lesões; 2: plantas com poucas lesões devido à doença; 3: lesões espalhadas pela planta e alguns sintomas nos frutos; 4: lesões nos frutos espalhadas pela planta e com manchas grandes e negras chegando às bordas das folhas; 5: lesões grandes e negras espalhadas pela planta, frutos atacados e alguns ramos secos.
- e) Porcentagem dos grãos retidos em peneira 17 e acima: uma amostra de 300 gramas de café beneficiado foi passada pelo conjunto de peneiras, o material retido em cada peneira foi pesado determinando-se a porcentagem de cada peneira. Sendo expressa a porcentagem de grãos retidos em peneira 17, 18 e 19 (peneiras altas).

### 3.5 Análises estatísticas

Foram realizadas duas análises estatísticas, uma referente aos valores por parcela que foi denominada análise conjunta e outra referente aos valores por planta, denominada análise individual.

#### 3.5.1 Análise conjunta

A análise foi realizada após a constatação da homogeneidade de variância para as colheitas, como sugerido por Ramalho, Pereira e Oliveira (2000), pelo teste de Hartley (MILLIKEN; JOHNSON, 1992).

A análise foi realizada com os dados referentes as segunda e terceira colheitas (2010 e 2011), sendo a primeira descartada devido à ausência de homogeneidade de variância. Foi utilizado o esquema de parcelas subdividas no tempo (STEEL; TORRIE, 1980), sendo as parcelas representadas pelas progênies e, as subparcelas, pelas duas colheitas ou pelos dois anos de avaliação. Foram analisadas as seguintes características: produtividade ( $\text{sacas.ha}^{-1}$ ), ferrugem, cercosporiose, vigor e grãos retiros em peneira de 17 e acima.

O programa utilizado para estimação dos parâmetros e predição dos valores genéticos foi o SELEGEN- REML/BLUP (Seleção Genética Computadorizada) (RESENDE, 2006), sendo o procedimento adotado pelo programa para a predição dos valores genéticos o BLUP (melhor predição linear não viciada) ou modelos mistos, que utiliza estimativas de variância obtidas pelo método REML (máxima verossimilhança restrita) descritos por Resende (2002).

Adotou-se o modelo de número 70 para análise das variáveis, sendo específico para delineamento em blocos incompletos com testemunha de efeito aleatório e um valor por parcela. Sendo o seguinte modelo estatístico:

$$y = X_m + Z_g + W_b + T_p + e$$

onde:

y: vetor de dados;

m: vetor dos efeitos das combinações medição-repetição somados a média geral (assumidos como fixos);

g: vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);

b: vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios);

p: vetor dos efeitos de ambiente permanente (aleatórios);

e: vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos (RESENDE, 2007).

Os coeficientes de variação genética (CVg%) e experimental (CVe%) foram estimados a partir das fórmulas propostas por Vencovsky (1987).

Os valores genotípicos de cada progênie foram obtidos somando-se cada efeito genotípico à média geral do experimento. O ganho genético equivale à média dos vetores dos efeitos genéticos preditos para as progênies. A média geral somada ao ganho genético resulta na média da população melhorada.

### **3.5.2 Análise individual**

As variáveis analisadas foram: produção (litros.planta<sup>-1</sup>), reação à ferrugem e cercosporiose e vigor vegetativo. Foi realizada a análise através do programa SELEGEN- REML/BLUP (RESENDE, 2006), sendo utilizado o modelo de número 66 para estimar as variáveis a partir de dados individuais. O modelo estatístico é descrito a seguir:

$$y = X_m + Z_g + W_p + T_b + Q_s + e,$$

onde:

y: vetor de dados,

m: vetor dos efeitos das combinações medição-repetição somados à média geral (assumidos como fixos);

g: vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);

p: vetor dos efeitos de parcelas (assumidos como aleatórios);

b: vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios);

s: vetor dos efeitos de ambiente permanente (aleatórios);

e: vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. O vetor m contempla todas as medições em todas as repetições e ajusta simultaneamente para os efeitos de repetições, medição e interação repetições x medições.

O ganho genético aditivo predito foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$= \frac{(\text{Média das plantas selecionadas} - \text{Média das progênies})}{\text{Média das plantas selecionadas}}$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Seleção entre famílias

Os resultados referentes às estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres avaliados estão representados na Tabela 1. Foram realizadas análises utilizando um valor por parcela para posterior seleção das progênies.

Por meio da estimativa da variância genética ( $\sigma_g^2$ ) entre as progênies, verifica-se que as características produtividade (sacas.ha<sup>-1</sup>) e tamanho dos grãos destacaram, pois obtiveram valores de 30,38 e 81,92, respectivamente. Estimativas de variância genética positivas e diferentes de zero, indicam a existência de variabilidade entre as progênies, sendo assim, a partir desses valores é possível a seleção de progênies superiores para essas características.

Em relação à produtividade, Carvalho et al. (2009) e Petek et al. (2006) encontraram valores de 6,88 e 7,32 para variância genética em progênies de *C. arabica*. Bonomo et al. (2004) também descreveram baixos valores referentes à variação genética para produtividade para progênies obtidas do cruzamento das cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo com descendentes do Híbrido de Timor.

Para reação à ferrugem o valor obtido foi de 0,37, embora de baixa magnitude, este valor é de extrema importância, pois demonstra a presença de variabilidade entre as progênies e a possível seleção de indivíduos resistentes ao patógeno *Hemileia vastatrix*. Petek et al. (2006) em trabalho semelhante, encontraram valor de 0,694 para resistência à ferrugem em progênies de *C. arabica*.

Tabela 1 Parâmetros genéticos estimados para produtividade (P) (sacas.ha<sup>-1</sup>), reação à ferrugem (F), reação à cercosporiose (C), vigor vegetativo (V) e peneira 17 e acima (E) e a média das progênes

Estimativas	P	F	C	V	E
$\sigma_g^2$	30,3885	0,3688	0,0347	0,0176	81,9249
$\sigma_p^2$	216,6263	0,6367	0,1987	0,8710	185,2241
$h_a^2$	14,02	57,92	0,41	2,02	44,23
CV g (%)	15,6988	31,0522	8,4445	1,9325	21,9302
CV e (%)	38,0476	24,4101	18,2517	11,8029	19,0728
CVr	0,4126	1,2721	0,4626	0,1637	1,1498
Média geral	35,1145	1,9557	2,2059	6,8648	41,2728

$\sigma_g^2$ : variância genotípica;  $\sigma_p^2$ : variância fenotípica;  $h_a^2$ : herdabilidade individual no sentido amplo; CV g(%): coeficiente de variação genética; CV e(%): coeficiente de variação ambiental; coeficiente de variação relativa CVr= (CVg/ CVe).

Outro importante requisito para o sucesso na seleção é que a herdabilidade do caráter em questão seja alta, assim a maior parte da variação fenotípica deve ser em função da ação dos genes. A partir da análise da herdabilidade no sentido amplo ( $h_a^2$ ) das progênes, verificou-se que os caracteres reação à cercosporiose e vigor das plantas apresentaram valores muito baixos (Tabela 2), indicando a dificuldade de seleção de genótipos a partir dessas variáveis. O uso de ambientes desuniformes e populações provenientes de cultivares semelhantes contribuem para reduzir a herdabilidade.

Em relação à herdabilidade para produtividade, o valor encontrado é considerado relativamente baixo em relação às demais características avaliadas. Esse valor indica que 14,02% da variância fenotípica é devido à causa genética. Apesar de considerado de baixa magnitude, esse valor é de interesse, por se relacionar a uma variável que é controlada por muitos genes e sofre grande influência do ambiente, sendo que qualquer ganho nessa característica deve ser considerado. Esse valor está inserido no intervalo apresentado por diferentes autores, sendo superior ao encontrado por Botelho et al. (2010) e Petek, Sera e

Fonseca (2008) e inferior ao demonstrado por diversos autores (BONOMO et al. 2004; CARVALHO et al., 2009; FAZUOLI et al., 2000; SRINIVASAN; VISHERSHWRA; SUSVAMANYA, 1979). A grande variação entre os valores da herdabilidade demonstrada pelos autores pode ser devido às diferentes origens das progênes estudadas e à variação do ambiente.

Para herdabilidade referente reação à ferrugem, essa foi a mais alta entre as características avaliadas, havendo assim, grande possibilidade de sucesso para seleção de progênes resistentes. O valor de 57,92% é considerado de boa magnitude e é semelhante ao descrito por Petek, Sera e Fonseca (2008) e está inserido no intervalo de 12 a 86% apresentado por Miranda (2003). Nesse mesmo contexto encontra-se o tamanho dos grãos, característica que apresentou alta variância genética e herdabilidade satisfatória, apresentando valor de 44,23%.

O valor do coeficiente de variação genético CVg (%) é um indicador da grandeza relativa das mudanças de um caráter, que podem ser obtidas por meio da seleção (FERRÃO; FONSECA; FERRÃO, 2008). Neste estudo os valores obtidos foram de 15,70, 31,05, 8,44, 1,93 e 21,93%, para produtividade, reação à ferrugem, reação à cercosporiose, vigor vegetativo e peneira 17 e acima, respectivamente. Altos valores referentes ao coeficiente de variação genético revelam que a seleção das melhores progênes possibilitará expressivo aumento no valor genético da população, quanto ao caráter em questão. De acordo com esses resultados, as maiores mudanças e ganhos devem ocorrer a partir da seleção das variáveis ferrugem e tamanho dos grãos, conforme anteriormente descrito. Bonomo et al. (2004) encontraram resultados semelhantes, que variaram entre 10,81 a 31,73%, avaliando a produtividade em diferentes colheitas e a combinação delas, enquanto Petek, Sera e Fonseca (2008) em estudo com progênes F<sub>2</sub> de ('Sarchimor' x ('Icatu' x 'Catuaí')) também

descreveram valor semelhante para o coeficiente de variação genético para vigor vegetativo.

O coeficiente de variação experimental  $CV_e$  (%) para as variáveis analisadas oscilou de 11,80 a 38,04%, indicando a precisão experimental. Altos coeficientes de variação são verificados em experimentos de avaliação de progênies de café, em anos individuais, variando entre 20% e 40%, e menores na análise de combinações de anos (FONSECA, 1999; MENDES, 1994; SERA, 1980). Os altos valores observados nesse coeficiente, principalmente para produtividade e reação à ferrugem podem ser justificados em função dos diferentes fatores que influenciam no momento da colheita, além da expressão diferencial de genes ao longo do crescimento e desenvolvimento da planta, diferenças no tamanho e desenvolvimento inicial das mudas logo após o plantio no campo e das condições de ambiente apresentadas nos anos de colheita, como destacam Bonomo et al. (2004). Esses autores também encontraram valores que oscilaram entre 24,72 a 77,42% para produtividade em diferentes anos de colheita, o que foi reduzido expressivamente, quando se analisou os dados em combinações de colheitas. Resultados semelhantes foram encontrados por Mendes (1994) e Sera (1980).

Quando o coeficiente de variação relativa ( $CV_g/CV_e$ ) é próximo ou superior a 1,0 indica uma situação favorável à seleção (VENCOVSKY, 1987). Neste estudo os coeficientes de variação relativa que apresentaram valores favoráveis foram referentes à reação à ferrugem, (1,27) e peneira 17 e acima (1,15).

O valor encontrado para  $CV_r$  para vigor vegetativo foi de 0,16. Esse valor indica baixa possibilidade de sucesso com a seleção entre progênies a partir dessa característica, visto que esse parâmetro mostra que a variação ambiental entre as progênies é bem maior que a variação genética em relação à média (PETEK; SERA; FONSECA, 2008).

#### 4.1.1 Ganho em produtividade com a seleção

As progênies obtiveram valor médio de 35,11 sacas.ha<sup>-1</sup>, de maneira geral esta produtividade foi de magnitude satisfatória. Valor semelhante para produtividade média, foram encontrados por Petek et al. (2006). Progênies de Icatu com produtividades superiores e inferiores a este, já foram relatados na literatura (BOTELHO et al., 2010; CARVALHO et al., 2009).

As progênies de número 2, 9, 29, 13 e 32 apresentam destaque entre as demais (Tabela 2), pois obtiveram valor genotípico superior as testemunhas Topázio MG1190 (35) e Catuaí Amarelo IAC 62 (36), que são consideradas cultivares altamente produtivas (PEREIRA et al., 2010). Botelho et al. (2010) destacam que a cultivar Topázio MG1190 apresenta elevada estabilidade aliada com alta produtividade em ambientes favoráveis e, principalmente, em ambientes desfavoráveis. As cinco progênies que obtiveram maiores valores genotípicos para produtividade apresentariam ganho médio na próxima geração de 7,31 sacas.ha<sup>-1</sup>, dessas progênies quatro delas são derivadas da cultivar Icatu Amarelo IAC 2944, esta cultivar foi mencionada por Moura et al. (2001) como altamente produtiva.

É possível verificar os valores genotípicos referentes a cada genótipo para a característica produtividade e seus respectivos ganhos (Tabela 2). Os genótipos que se apresentaram no topo da tabela apresentam os maiores ganhos. O genótipo 2 apresentou-se como o superior, representando o maior ganho genético caso a progênie seja selecionada, o qual fornece a maior média na próxima geração.

Tabela 2 Predição dos efeitos genéticos, valores genotípicos, ganhos genéticos e nova média da população melhorada para o caráter produtividade de grãos, em progênie de café avaliadas em Machado - Minas Gerais

Genótipo	Efeitos genéticos	Valores genotípicos	Ganho genético	Nova média
2	8,481	43,598	8,481	43,598
9	7,476	42,590	7,977	43,094
29	6,529	41,645	7,494	42,611
35	4,921	40,037	6,851	41,967
13	4,910	40,027	6,463	41,579
32	4,512	39,629	6,138	41,254
36	4,353	39,470	5,883	40,999
33	3,582	38,698	5,595	40,712
4	3,147	38,263	5,323	40,440
17	2,194	37,311	5,010	40,127
30	2,087	37,204	4,745	39,864
28	1,905	37,022	4,508	39,624
26	1,898	37,014	4,307	39,424
8	1,865	36,982	4,133	39,249
25	1,676	36,792	3,969	39,085
21	0,35	35,472	3,743	38,860
22	0,1	35,217	3,529	38,645
7	-0,11	35,000	3,326	38,443
31	-0,544	34,571	3,123	38,239
5	-0,633	34,483	2,935	38,051
3	-0,746	34,369	2,759	37,876
24	-1,033	34,083	2,587	37,703
15	-1,098	34,017	2,427	37,543
18	-1,435	33,680	2,266	37,382
14	-2,375	32,741	2,080	37,197
6	-2,549	32,566	1,902	37,018
34	-2,618	32,498	1,735	36,851
27	-2,713	32,403	1,576	36,692
16	-3,367	31,748	1,405	36,522
12	-4,325	30,790	1,214	36,331
10	-4,519	30,597	1,029	36,146
11	-4,557	30,558	0,855	35,971
1	-5,597	29,519	0,659	35,776
19	-6,232	28,884	0,456	35,573
20	-7,351	27,764	0,233	35,350
23	-8,182	26,933	0	35,116

As progênies que obtiveram as menores produtividades, variando entre 26,93 a 28,88 sacas.ha<sup>-1</sup>, foram as de número 19, 20 e 23. Essas progênies apresentariam ganho médio na próxima geração de 0,34 sacas.ha<sup>-1</sup> caso fossem selecionadas. A progênie 19 é derivada do cruzamento entre Icatu Vermelho IAC 4042 e Catuaí Amarelo IAC 17, e as outras duas do cruzamento entre Icatu Vermelho IAC 4042 e Catuaí Amarelo IAC 62.

#### **4.1.2 Ganhos para reação à ferrugem com a seleção**

As progênies apresentaram valor genotípico médio de 1,95 (Tabela 1) para reação à ferrugem. Verifica-se que as cultivares utilizadas como testemunhas (Rubi MG 1192- 34, Topázio MG1190- 35, Catuaí Amarelo IAC 62- 36) confirmaram sua suscetibilidade ao patógeno apresentando uma média de notas para ferrugem de 3,21, valor genotípico superior a média das progênies. O ganho genético com a próxima geração das cultivares testemunhas seria de 1,39, caso estas fossem selecionadas. Esse resultado corrobora com o obtido por Botelho et al. (2010), em que a cultivar suscetível Rubi MG 1192 apresentou a maior incidência e severidade para a ferrugem entre as progênies derivadas de Icatu com Catimor.

As progênies que se apresentaram com maior resistência e consequentemente com menores notas foram os genótipos 18, 5 e 29, com ganho genético médio de 0,048 na próxima geração. O genótipo 18 é derivado do cruzamento entre Icatu Vermelho IAC 4042 e Catuaí Amarelo IAC 17 e os genótipos 5 e 29 são derivados do cruzamento entre Icatu Amarelo IAC 2944 e Catuaí Amarelo IAC 62. Entre as progênies com maior resistência, merecem destaque a progênie 29 que já havia apresentado alta produtividade e a progênie de número 2, que apareceu na 6<sup>a</sup> colocação para resistência à ferrugem e foi a mais produtiva entre as progênies estudadas. Esta alta produtividade das

progênies, aliada a resistência à ferrugem é um dos principais objetivos de várias instituições de pesquisa que trabalham no melhoramento genético do cafeeiro.

Tabela 3 Predição dos efeitos genéticos, valores genotípicos, ganhos genéticos e nova média da população melhorada para o caráter reação à ferrugem, em progênies de café, avaliadas em Machado - Minas Gerais

Genótipo	Efeitos genéticos	Valores genotípicos	Ganho genético	Nova média
18	-0,616	1,338	0,092	1,955
5	-0,613	1,342	0,017	1,973
29	-0,556	1,399	0,036	1,991
1	-0,53	1,418	0,054	2,009
7	-0,53	1,423	0,072	2,028
2	-0,52	1,435	0,092	2,047
4	-0,492	1,463	0,112	2,068
3	-0,492	1,463	0,133	2,089
13	-0,475	1,480	0,155	2,111
6	-0,452	1,503	0,179	2,134
10	-0,434	1,521	0,203	2,159
32	-0,342	1,613	0,228	2,184
28	-0,319	1,636	0,252	2,208
19	-0,283	1,672	0,277	2,233
15	-0,262	1,693	0,303	2,258
33	-0,219	1,736	0,33	2,285
27	-0,183	1,772	0,357	2,313
31	-0,175	1,780	0,386	2,341
11	-0,158	1,797	0,417	2,372
14	-0,112	1,843	0,451	2,406
25	-0,073	1,882	0,486	2,442
16	-0,064	1,890	0,523	2,479
9	-0,045	1,910	0,565	2,521
26	-0,035	1,920	0,615	2,568
24	-0,011	1,944	0,666	2,622
12	0,02	1,976	0,728	2,683
8	0,128	2,083	0,798	2,754
20	0,351	2,307	0,873	2,829
21	0,372	2,328	0,938	2,894
30	0,66	2,616	1,019	2,975
22	0,839	2,794	1,079	3,035
34	0,855	2,811	1,127	3,083
23	0,862	2,818	1,195	3,151

“continua”

Tabela 3 “conclusão”

Genótipo	Efeitos genéticos	Valores genotípicos	Ganho genético	Nova média
17	0,989	2,945	1,306	3,262
35	1,330	3,286	1,464	3,420
36	1,599	3,554	1,599	3,554

#### 4.1.3 Ganhos para grãos de peneira alta com a seleção

A classificação por peneiras é indicada, por ser uma característica relacionada com os padrões de qualidade do produto (FONSECA,1999).

Na Tabela 4 está representado o comportamento das progênies para grãos retidos em peneira ‘17 acima’, em porcentagem, para o biênio. Como já foi mencionado anteriormente, através da análise das estimativas genéticas (Tabela 1) foi possível verificar que essa característica obteve a maior das variâncias genéticas, sendo aqui comprovado pela grande variação genotípica no comportamento das progênies.

As progênies superiores foram as de número 3, 6 e 24 (Tabela 4) que apresentaram alta porcentagem de frutos retidos em peneiras ‘17 e acima’, que caso fossem selecionadas, apresentariam ganho médio de 14,95. As progênies 3 e 6 são derivadas do cruzamento entre Icatu Amarelo IAC 2944 e Catuaí Amarelo IAC 62 e a progênie 24 é oriunda de Icatu Vermelho IAC 4040 e IAC 5002. Verifica-se que a de número 2, que permaneceu na 5ª colocação para tamanho dos grãos, também apresentou alta produtividade aliada a baixas notas referentes à ferrugem, características essas muito desejáveis pelos cafeicultores. Outra progênie que merece destaque é a de número 4, pois se apresentou entre as melhores para as três características avaliadas. Esses resultados concordam com Laviola et al. (2006), que verificaram que a cultivar Icatu obteve maior porcentagem de grãos retidos em peneira ‘17 e acima’ do que as cultivares Catuaí e Rubi.

Maluf et al. (2000) trabalhando com progênies de cafeeiros, verificaram que a progênie Catuaí Amarelo IAC 62 apresentou alta porcentagem de grãos retidos em peneira alta. Neste trabalho, a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 apresentou valor intermediário, com valor genético de 38,84 e ganho genético de 6,83, se posicionando na 18ª colocação.

Tabela 4 Predição dos efeitos genéticos, valores genotípicos, ganhos genéticos e nova média da população melhorada para o caráter grãos retidos em peneira '17 acima', em progênies de café, avaliadas em Machado - Minas Gerais

Genótipo	Efeitos genéticos	Valores genotípicos	Ganho genético	Nova média
3	16,013	57,285	16,013	57,285
6	13,378	54,651	14,695	55,968
24	13,102	54,375	14,164	55,437
19	12,855	54,128	13,837	55,110
2	10,591	51,863	13,187	54,460
1	10,365	51,638	12,717	53,990
5	9,479	50,752	12,255	53,527
4	8,808	50,081	11,824	53,097
7	8,197	49,470	11,421	52,694
23	7,322	48,595	11,011	52,284
15	5,183	46,456	10,481	51,754
22	3,715	44,988	9,917	51,190
14	3,300	44,573	9,408	50,681
32	2,162	43,434	8,891	50,164
34	1,120	42,393	8,373	49,646
10	0,195	41,467	7,862	49,134
16	-0,331	40,941	7,380	48,652
36	-2,424	38,848	6,835	48,108
8	-3,287	37,985	6,302	47,575
27	-3,642	37,630	5,805	47,078
28	-3,864	37,408	5,344	46,617
21	-4,094	37,178	4,915	46,188
33	-4,351	36,921	4,512	45,785
20	-4,418	36,854	4,140	45,413
13	-4,492	36,780	3,795	45,082
31	-4,842	36,430	3,463	44,736
25	-5,018	36,254	3,149	44,421
29	-5,204	36,068	2,850	44,123

“continua”

Tabela 4 “conclusão”

Genótipo	Efeitos genéticos	Valores genotípicos	Ganho genético	Nova média
35	-6,379	34,893	2,532	43,805
30	-7,324	33,948	2,203	43,476
12	-8,096	33,176	1,871	43,144
18	-9,111	32,161	1,528	42,801
26	-9,292	31,980	1,200	42,473
17	-12,351	28,921	0,801	42,074
9	-12,357	28,915	0,425	41,698
11	-14,905	26,367	0	41,272

#### 4.2 Seleção entre plantas

Com a avaliação das características planta a planta do experimento, foi possível verificar as novas estimativas a partir de valores individuais e com isso verificar qual a melhor forma de seleção para cada característica.

Os valores referentes à variância genotípica para as características produção (litros.planta<sup>-1</sup>), reação à ferrugem, reação à cercosporiose e vigor vegetativo estão representados na Tabela 6. O tamanho de grãos não está apresentado, já que o rendimento e a avaliação desta característica foram realizados por parcelas.

O sucesso no melhoramento genético de qualquer população necessita de variabilidade na população em que se pratica a seleção (CRUZ; CARNEIRO, 2003), o que pode ser verificado entre as plantas para todas as características avaliadas. É importante salientar que houve redução expressiva na variância genotípica a partir da análise realizada por planta em relação à análise realizada por parcelas para reação à ferrugem (Tabela 5), indicando que a maior parte da variação genotípica está contida nas diferentes progênes e não entre as plantas de cada progênie. Ao contrário do que ocorreu com a reação à cercosporiose e vigor vegetativo, em que houve o aumento da variância genotípica a partir da avaliação individual.

Tabela 5 Parâmetros genéticos estimados para produção (litros.planta<sup>-1</sup>) (P), reação à ferrugem (F), reação à cercosporiose (C) e vigor vegetativo (V)

Estimativas	P	F	C	V
$\sigma_g^2$	0,2658	0,2321	0,1645	0,0375
$\sigma_{ga}^2$	0,3101	0,2708	0,1919	0,0437
$\sigma_f^2$	6,5425	1,1719	3,3596	0,8056
$\sigma_e^2$	4,06	19,81	3,00	4,66
CV g (%)	15,5993	27,8397	20,5839	3,2115
CV gai (%)	16,8466	30,0713	22,2322	3,4668
CV e (%)	52,9031	46,3880	65,600	12,3739
CV r	0,2942	0,6003	0,3137	0,2595
Média geral	3,3055	1,7305	1,9704	6,0298

$\sigma_g^2$ : variância genotípica;  $\sigma_{ga}^2$ : variância genética aditiva;  $\sigma_f^2$ : variância fenotípica;  $\sigma_e^2$ :

herdabilidade individual no sentido amplo; CV g(%): coeficiente de variação genética; CV gai (%): coeficiente de variação genética aditiva individual; CV e(%): coeficiente de variação ambiental; (CV r= CVg/ CVe): coeficiente de variação relativa.

Não é possível comparar os parâmetros genéticos referentes à produtividade (sacas.ha<sup>-1</sup>) representadas na Tabela 1, com a produção (litros.planta<sup>-1</sup>), Tabela 6, já que se tratam de variáveis diferentes.

A característica produção (litros.planta<sup>-1</sup>) apresentou variância genotípica de 0,26, sendo a maior entre as diversas características, indicando a presença de variabilidade e a possibilidade de se obter plantas com alta produção. Outra característica de importância é a reação à ferrugem, que obteve valor para variância genotípica de 0,23, sendo este valor de interesse e indicando a possibilidade de selecionar plantas resistentes.

A variância aditiva é a variância dos valores genéticos, importante por ser transmitida a descendência e, sendo também o principal determinante das propriedades genéticas da população e da resposta da população à seleção (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Produção, reação à ferrugem e cercosporiose apresentaram os maiores valores entre as características avaliadas,

com destaque para a produção (0,31). No caso da ferrugem, estes efeitos aditivos são aqueles herdáveis na seleção para obtenção de cultivares do tipo linhagem, propagadas por semente, possuidoras de resistência quantitativa originária do Icatu (PETEK; SERA; FONSECA, 2008).

O valor para herdabilidade no sentido amplo foi de baixa magnitude para todas as características, sendo a maior delas referente à ferrugem, corroborando com a análise a partir das progênies. A diminuição da herdabilidade a partir da análise individual demonstra que com a avaliação planta a planta houve o aumento da variação ambiental, o que diminuiu a herdabilidade para resistência à ferrugem. Outros autores já apresentaram resultados condizentes (PETEK; SERA; FONSECA, 2008; RESENDE et al., 2001). Porém, para cercosporiose e vigor vegetativo ocorreram situações contrárias, havendo o aumento da herdabilidade com a análise entre plantas.

Os maiores coeficientes de variação genética aditiva individual foram referentes à ferrugem e à cercosporiose com valores de 30,07 e 22,23% (Tabela 5), os quais indicam situação propícia para a seleção de indivíduos com maior valor individual aditivo para as determinadas resistências. Em relação ao coeficiente de variação relativa, os maiores valores foram observados para a reação à ferrugem (0,60) e cercosporiose, (0,31).

A partir da comparação dos valores obtidos entre as duas análises efetuadas, verificou-se que para a característica reação à ferrugem, a seleção entre genótipos seria mais vantajosa (Tabela 1). Vale ressaltar que a reação à ferrugem obteve valores relativamente satisfatórios para a seleção entre plantas, mas este foi superado em todos os parâmetros pela seleção a partir dos genótipos.

Para as características reação à cercosporiose e vigor vegetativo, apesar de apresentarem baixas herdabilidades (Tabela 5), a seleção entre plantas traria uma maior possibilidade de sucesso, já que houve aumento dos parâmetros

genéticos. Em relação à produção também foi realizada a seleção entre plantas (litros.planta<sup>-1</sup>), pois esta é uma característica que difere da produtividade (sacas.ha<sup>-1</sup>).

#### 4.2.1 Ganhos com a seleção

Com a análise dos parâmetros genéticos na Tabela 5, verificou que apesar de baixa, há variabilidade genética para todas as características. No entanto, através da comparação entre as estimativas dos parâmetros genéticos verificou-se que para reação à cercosporiose e vigor vegetativo haveria maior ganho com a seleção por planta ao invés da seleção entre genótipos. Como a característica produção (litros.planta<sup>-1</sup>) difere da produtividade (sacas.ha<sup>-1</sup>), a seleção de plantas também foi necessária, a fim de verificar os ganhos para essa característica.

Tabela 6 Valor genético predito ( $\mu+g$ ) para plantas selecionadas para as características produção (litros.planta<sup>-1</sup>), reação à cercosporiose e vigor vegetativo

Genótipo	Bloco	Repetição	Indivíduo	Produção	Cercosporiose	Vigor
				$\mu+g$	$\mu+g$	$\mu+g$
13	6	3	1	4,0642	1,4582	6,1904
13	3	1	2	4,0509	1,4580	6,1152
13	3	4	5	4,0476	1,4608	5,8604
13	3	1	8	4,0386	1,4607	6,1508
13	3	4	2	4,0352	1,4608	5,8604
13	3	4	6	4,0307	1,4607	6,1552
13	3	1	3	4,0305	1,4606	6,1152
13	3	4	8	4,0291	1,4608	6,1458
13	3	4	1	4,0274	1,4607	6,1637
13	1	2	8	4,0273	1,4644	6,1419
13	3	4	4	4,0202	1,4608	6,1279
13	3	1	1	4,0160	1,4582	6,1330
13	6	3	3	4,0130	1,4581	6,2084
13	3	4	10	4,0109	1,4618	6,1458
13	3	2	7	4,0074	1,4582	6,1953
13	6	3	5	4,0071	1,4592	5,9050

13	3	2	5	4,0061	1,4644	6,1418
"continua"						
Tabela 6 "continuação"						
Genótipo	Bloco	Repetição	Indivíduo	Produção	Cercosporiose	Vigor
				$\mu+g$	$\mu+g$	$\mu+g$
13	3	2	9	4,0051	1,4607	5,9099
13	3	1	4	4,0027	1,4582	6,1508
13	6	3	2	4,0024	1,4607	6,1904
13	3	4	9	4,0010	1,4661	6,1458
13	6	3	10	4,0003	1,4618	5,9050
13	3	2	1	3,9994	1,4618	6,1597
13	3	2	6	3,9974	1,4592	6,0170
13	3	2	4	3,9960	1,4607	5,9099
13	3	1	7	3,9959	1,4635	6,1508
13	6	3	8	3,9948	1,4592	6,1550
13	3	2	3	3,9921	1,4607	6,1597
13	3	4	6	3,9907	1,4607	6,1279
13	3	1	5	3,9901	1,4634	6,1330
13	6	3	7	3,9839	1,4618	6,1550
13	3	2	2	3,9838	1,4565	6,1774
13	3	2	10	3,9836	1,4635	6,1774
13	6	3	4	3,9797	1,4529	6,0300
13	6	3	6	3,9681	1,4529	6,1725
13	6	3	9	3,9681	1,4581	6,1725
13	3	4	7	3,9633	1,8610	6,1279
9	4	2	6	3,9618	1,8623	6,3063
9	1	3	6	3,9552	1,8584	6,2070
9	4	2	3	3,9542	1,4607	6,2709
9	4	2	10	3,9498	1,4528	6,3063
9	4	4	10	3,9492	1,8603	6,1924
9	3	1	9	3,9491	1,8587	6,2198
9	4	4	5	3,9463	1,8614	6,2817
9	4	4	8	3,9426	1,8577	6,2638
9	3	1	5	3,9424	1,8577	6,2734
9	3	1	10	3,9423	1,8570	6,2555
9	1	3	2	3,9416	1,8614	6,2427
9	4	4	1	3,9412	1,8597	6,2460
9	1	3	4	3,9399	1,8610	6,2070
9	4	2	9	3,9397	1,8610	6,2352
9	4	4	9	3,9395	1,8587	6,2460
9	3	1	8	3,9392	1,8656	6,2198
9	1	3	1	3,9363	1,8623	6,2784
9	4	4	3	3,9359	1,8614	6,3172
9	4	4	7	3,9341	1,8693	6,2638
9	1	3	5	3,9335	1,8623	6,1715
9	4	2	7	3,9334	1,8584	6,2531

“continua”

Tabela 6 “conclusão”

Genótipo	Bloco	Repetição	Indivíduo	Produção	Cercosporiose	Vigor
				$\mu+g$	$\mu+g$	$\mu+g$
9	4	2	1	3,9323	1,8584	6,2709
9	4	2	4	3,9309	1,8531	6,2709
9	3	1	6	3,9306	1,8629	6,2555
9	3	1	3	3,9301	1,8603	6,2555
9	1	3	3	3,9298	1,8623	6,2249
9	1	3	8	3,9283	1,8544	6,2427
9	1	3	10	3,9281	1,8597	6,2427
9	3	1	1	3,9273	1,8577	6,2376
9	4	2	5	3,9264	1,8610	6,1285
9	4	4	4	3,9258	1,8587	6,1568
9	4	4	2	3,9239	1,8514	6,1568
2	2	2	8	3,8965	1,4527	5,9724
32	3	4	4	3,8957	1,8584	6,1509
2	2	2	7	3,8939	1,8587	6,1458
Média das plantas selecionadas				3,9718	1,6431	6,1646
Média das progênies				3,305	1,970	6,029
Ganho genético aditivo predito				0,667	0,327	0,135
Ganho genético aditivo predito (%)				16,84	16,59	2,19
Média da testemunha Rubi MG 1192				3,0589	2,120	5,895
Média da testemunha Topázio MG 1190				3,7219	3,060	6,134
Média da testemunha Catuaí Am. IAC 62				3,1995	3,080	5,832

A seleção foi realizada por meio dos valores genéticos de cada indivíduo. A prioridade foi para indivíduos com maior produção (Tabela 6) e posteriormente para reação à cercosporiose e vigor vegetativo, posto que como houve baixa herdabilidade e coeficiente de variação relativo (Tabela 5) para todas as características, foi efetuada a seleção entre plantas a partir da produção por esta ser a principal característica entre as demais.

Foram selecionados 37 indivíduos da progênie 13, 32 indivíduos da progênie 9, 2 indivíduos da progênie 2 e 1 indivíduo da progênie 32. As progênies 13, 32 e 2 são oriundas do cruzamento entre Icatu Amarelo IAC 2944 e Catuaí Amarelo IAC 62 e a progênie 9, do cruzamento entre Icatu Vermelho IAC 4040 e IAC 5010. Segundo Correa, Mendes e Bartholo (2006), a cultivar

Icatu Amarelo IAC 4040 apresenta alta estabilidade e adaptabilidade, assim como potencial produtivo.

O valor para a herdabilidade para produção (4,06%) é considerado baixo, apesar disso, a seleção das 72 plantas (5% de intensidade de seleção) a partir dos maiores valores genéticos para essa característica proporcionou ganho genético aditivo predito de 16,84% em relação à média geral. A média das plantas selecionadas também foi superior às cultivares utilizadas como testemunha, sendo que a que mais se aproximou da nova média foi a cultivar Topázio MG1190, com valor médio de 3,72 litros.planta<sup>-1</sup>.

As mesmas plantas selecionadas tiveram valor genético médio de 1,64 para reação à cercosporiose, proporcionando ganho genético aditivo predito de 0,32, o que significa 16,6% de ganho. A nova média foi inferior às cultivares utilizadas como testemunhas, sendo que a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 obteve a maior das médias. Esse resultado está de acordo com Pozza et al. (2004) os quais observaram que mudas de cafeeiro da cultivar Icatu submetidas à inoculação com *C. coffeicola* foram menos afetadas pela cercosporiose que a cultivar Catuaí.

Em relação ao vigor vegetativo, a nova média de plantas selecionadas foi de 6,16. Esse valor foi superior a todas as cultivares utilizada como testemunhas, sendo que a que mais se aproximou da nova média foi a cultivar Topázio MG 1190, com valor médio de 6,13. O baixo valor genético para vigor das testemunhas pode ser devido à alta incidência de doenças.

Portanto, apesar da baixa herdabilidade e coeficiente de variação relativo, a seleção das plantas proporcionará ganhos simultâneos de 16,84% para produção, 16,59% para resistência à cercosporiose e 2,19% para vigor vegetativo.

A progênie de número 2 se apresentou como a que obteve maior produtividade entre as progênies, mas apenas 2 de suas plantas foram

selecionadas para a característica produção. Esse fato pode ter ocorrido devido à produção mediana de todas as plantas da progênie 2, o que demonstrou alta produtividade dessa progênie. Assim, é possível inferir que quando se objetiva selecionar plantas com altas produções, a seleção a partir das progênies com maior produtividade, não é efetiva.

A partir dos novos ganhos com a seleção de plantas, é possível a obtenção de cultivares derivadas de Icatu com maior produção, resistência à cercosporiose e vigor vegetativo. No caso do vigor vegetativo, plantas mais vigorosas indicam menor vulnerabilidade destas às condições edafoclimáticas desfavoráveis (PETEK et al., 2002; SERA; ALTEIA; PETEK, 2002) e, conseqüentemente, maior produtividade. Em relação à resistência à cercosporiose, esta é pouco estudada no Brasil (PATRÍCIO; BRAGHINI; FAZUOLI, 2010), sendo de grande importância a seleção de plantas com baixa incidência dessa doença para posteriores trabalhos de seleção para resistência.

## 5 CONCLUSÕES

- a) As progênies 2 e 4, derivadas do cruzamento entre Icatu Amarelo IAC 2944 e Catuaí Amarelo IAC 62, obtiveram destaque com elevada produtividade, resistência à ferrugem e alta porcentagem de grãos de peneira '17 e acima'.
- b) A seleção de plantas, para as características produção, reação à cercosporiose e vigor vegetativo, indica ganho aditivo predito de 16,84, 16,59 e 2,19%, respectivamente.
- c) É possível a obtenção de progênies e plantas superiores derivadas desses cruzamentos para todas as características avaliadas.

## REFERÊNCIAS

- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. **Introductory Mycology**. 4th ed. New York: J. Wiley, 1996. 869 p.
- ALVARENGA, A. P. et al. Produtividade e resistência a ferrugem em progênes de cafeeiro Icatu. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 182-187, abr./jun. 1998.
- ALVARENGA, A. P. **Produção e outras características de progênes de café Icatu (*Coffea spp.*)**. 1991. 75 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.
- BETTENCOURT, A. J.; NORONHA-WAGNER, M. Genetic factors conditioning resistance of *Coffea arabica* L. to *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Agronomia Lusitana**, Oeiras, v. 31, p. 285-292, 1971.
- 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. 199-234.
- BONOMO, P. et al. Seleção antecipada de progênes de café descendentes de 'Híbrido de Timor' X 'Catuaí Amarelo' e 'Catuaí Vermelho'. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, p. 91-96, 2004.
- BOTELHO, C. E. et al. Seleção de progênes F<sub>4</sub> de cafeeiros obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 3, maio/jun. 2010. p. 274-281.
- BRITO, G. G. et al. Inheritance of coffee leaf rust resistance and identification of AFLP markers linked to the resistance gene. **Euphytica**, Wageningen, v. 173, n. 2, p. 255-264, May 2010.
- CARDOSO, R. M. L. **Novas raças de *Hemileia vastatrix* Berk. Et Br. no Brasil, métodos de identificação, e detecção de grupos fisiológicos em cafeeiros derivados do Híbrido de Timor**. 1986. 102 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.
- CARVALHO, A. Evolução nos cultivares de café. **O Agrônomo**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 7-11, jan./abr. 1985.

CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C. Café. In: FURLANI, A. M. C.; VIEGAS, G. A. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico**. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. cap. 2, p. 29-76.

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, 1979.

CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F<sub>4</sub> obtidas por cruzamentos de 'Icatu' com 'Catimor'. **Ciência e tecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 2009.

CARVALHO, H. P. **Avaliação de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) nas condições de cerrado em Uberlândia**. 2002. 29 f. Monografia (Conclusão de curso) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2002.

CARVALHO, L. C.; CHALFOUN, S. M.; CUNHA, R. L. **Manejo de doenças do cafeeiro**. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, p. 689-757.

CHAVES, G. M. Melhoramentos dos cafeeiros visando a obtenção de cultivares resistentes a *Hemileia vastatrix* Berk et Br. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 23, n. 128, p. 321-332, 1976.

CILAS, C. et al. Prediction of genetic value for coffee production in *Coffea arabica* from a half-diallel with lines and hybrids. **Euphytica**, Wageningen, v. 104, p. 49-59, 1998.

CILAS, C. et al. Wood elasticity of several *Coffea canephora* clones. A new trait to be included in selection schemes. **Agronomie**, Paris, v. 20, p. 439-444, 2000.

CORREA, L. V. T. **Adaptabilidade e estabilidade de progênies de cafeeiro Icatu**. 2004. 55 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

CORREA, L. V. T.; MENDES, A. N. G.; BARTHOLO, G. F. Comportamento de progênies de cafeeiro Icatu. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 618-622, jul./ago. 2006.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético 2**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 585 p.

DIAS, F. P. et al. Caracterização de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) selecionadas em Minas Gerais: I caracteres relacionados ao crescimento vegetativo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 52, n. 299, p. 73-83, 2005.

ESKES, A. B. Ocorrência de um isolado da raça v3v5 de *Hemileia vastatrix* pouco virulento em condições de laboratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8., Campos do Jordão, 1980. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1980. p. 81-82.

FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M. T.; CONCEIÇÃO, A. S. Levantamentos de raças de *Hemileia vastatrix*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., Caxambu, 2002. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 2002. p. 439-440.

FAZUOLI, L. C. et al. Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em progênies do café Icatu. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DE BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Poços de Caldas: Minasplan, 2000. p. 494-499.

FAZUOLI, L. C. et al. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust at the IAC. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. **Durable resistance to coffee leaf rust**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p.137-186.

FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. **Cultura do cafeeiro**. Piracicaba: Potaflos, 1986. p. 87-113.

FERNANDES, A. T. F. et al. Resistência de progênies de Catimor a diferentes isolados de *Cercospora coffeicola* Berk. & Look. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 45-49, 1990.

FERNANDEZ-BORRERO, O.; MESTRE, A. M.; DUQUE, S. L. Efecto de la fertilizacion en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. **Cenicafé**, Chinchina, v. 47, p. 5-16, 1966.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G. Programas de melhoramento genético de café robusta no Brasil. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 1999, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1999. p. 50-64.

FONSECA, A. F. A. **Análises biométricas em café conillon (*Coffea canephora* Pierre)**. 1999. 121 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999. 1 CD ROM.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

GUZZO, S. D.; HARAKAVA, R.; TSAI, S. M. Identification of Coffee Genes Expressed During Systemic Acquired Resistance and Incompatible Interaction with *Hemileia vastatrix*. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 157, n. 10, p. 625-638, 2009.

HERRERA, P. J. C. et al. Genetic analysis of partial resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) introgressed into the cultivated *Coffea arabica* L. from the diploid *C-canephora* species. **Euphytica**, Wageningen, v. 167, n. 1, p. 57-67, 2009.

LAVIOLA, B. G. et al. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho dos grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 36-42, abr./jun. 2006.

LEROY, T. et al. Reciprocal recurrent selection applied to *Coffea canephora*. II. Estimation of genetic parameters. **Euphytica**, Wageningen, v. 74, p. 121-128, 1994.

MALUF, M. P. et al. Caracterização agronômica e tecnológica de linhagens comerciais de café selecionadas pelo IAC. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Embrapa, 2000. p.169-172.

MATIELLO, J. B. Híbridos F3, F4 e F5 e germoplasmas resistentes à ferrugem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001. Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2001. p. 1242-1247.

MENDES, A. N. G. **Avaliação de metodologias empregadas na seleção de progênies do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 1994. 167 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. **Genética e melhoramento do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 1998. 98 p.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Classificação botânica, origem e distribuição geográfica do cafeeiro. In: \_\_\_\_\_. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 39-49.

MENDONÇA, L. M. V. L. et al. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berk et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 413-419, mar./abr.2007.

MILLIKEN, G. A.; JOHNSON, D. E. **Analysis of messy data**. New York: Chapman & Hall, 1992. v. 1, 473 p.

MIRANDA, J. M. **Avaliação de progênies de cafeeiro quanto a herdabilidade, correlações fenotípicas, produtividade e resistência à ferrugem**. 2003. 101 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

MOURA, W. N. et al. Avaliação de progênies F<sub>3</sub> resultantes do cruzamento de Catuaí e Mundo Novo com Híbrido de Timor e Catimor, na região de Patrocínio, Alto Paranaíba, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., Vitória. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2001. p. 1279-1284.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 217-274.

PATRÍCIO, F. R. A.; BRAGHINI, M. T.; FAZUOLI, L. C. Resistência de plantas de *Coffea arabica*, *Coffea canephora* e híbridos interespecíficos à cercosporiose. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 883-890, 2010.

PEREIRA, A. A. et al. Cultivares: origem e suas características. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, p.163-222.

PEREIRA, A. A. et al. Melhoramento genético do cafeeiro no Estado de Minas Gerais: cultivares lançados e em fase de obtenção. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 253-296.

PETEK, M. R. et al. Análise de trilha entre caracteres agronômicos e dano de geada, em progênies derivadas do cruzamento “Vila Sarchi” x “Híbrido de

Timor”. **SBPN – Scientific Journal**, São Paulo, v. 6, p. 37-39, 2002. Edição Especial.

PETEK, M. R. et al. Correlações e análise de trilha entre reação à cercosporiose e outras variáveis em progênies de café arábica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos expandidos...** Águas de Lindóia: Embrapa Café, 2007. 1 CD ROOM.

PETEK, M. R. et al. Seleção de progênies de *Coffea arabica* com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 65-73, 2006.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 169-181, 2008.

POZZA, A. A. A. et al. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 185-188, 2004.

RESENDE, M. D. V. et al. Estimacão de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 60, p. 185- 193, 2001.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Floresta; Brasília: Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 435 p.

RESENDE, M. D. V. **O software selegen – REML/BLUP**. Campo Grande: Embrapa, 2006. 299 p.

SERA, T.; ALTEIA, M. Z.; PETEK, M. R. Melhoramento do cafeeiro: variedades melhoradas no Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 217-251.

SERA, T.; ALVES, S. J. **Melhoramento genético de plantas perenes**. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (Ed.). MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS. Londrina: UEL, 1999. p. 369-422.

SERA, T. Coffee genetic breeding at IAPAR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 179-190, 2001.

SERA, T. **Estimação dos componentes da variância e do coeficiente de determinação genotípica da produção de grãos de café**. 1980. 62 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

SERA, T. **Possibilidades de emprego de seleção nas colheitas iniciais de café (*Coffea arabica*, L. cv. Acaiaá)**. 1987. 147 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

SEVERINO, L. S. et al. Associações da produtividade com outras características agrônômicas da café (*Coffea arabica* L. “Catimor”). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1467-1471, 2002.

SRINIVASAN, C. S.; VISHERSHWRA, S.; SUSVAMANYA. H. Genotypeenvironmental interaction and heritability yield in *Coffea Arabica* L. **Journal of Coffe Research**, Ghaziabad, v. 9, p. 69-73, 1979.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. K. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill, 1980. 633 p.  
TEIXEIRA, A. A. Classificação do café. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 1., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 134-215.

THOMAZIELLO, R. A. et al. **Café arábica: cultura e técnicas de produção**. Campinas: IAC, 2000. (Boletim Técnico, 187). 82 p.

VAN DER VOSSSEN, H. A. M. State-of-the-art of developing durable resistance to biotrophic pathogens in crop plants, such as Coffee Leaf Rust. In: ZAMBOLIM, Z.; MAMBOLIM, E.; VÁRZEA, V. M. P. Durable resistance to coffee leaf rust. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005. p. 1-30.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, V. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 137-214.

WALYARO, D. J.; VAN DER VOSSSEN, H. A. M. Early determination of yield potential in arabica coffee by applying index selection. **Euphytica**, Wageningen, v. 28, p. 465-472, 1979.

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

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* e *C. canephora*). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p.165-180.