



RAMIRO MACHADO REZENDE

**IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO EM CAMPO DE
PROGÊNIES DE CAFEIRO RESISTENTES AO**
Meloidogyne exigua

LAVRAS - MG

2012

RAMIRO MACHADO REZENDE

**IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO EM CAMPO DE PROGÊNIES DE
CAFEIRO RESISTENTES AO *Meloidogyne exigua***

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. Gladyston Rodrigues Carvalho

Coorientadora

Dra. Juliana Costa de Rezende

LAVRAS – MG

2012

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

Rezende, Ramiro Machado.

Identificação e seleção em campo de progênies de cafeeiro
resistentes ao *Meloidogyne exigua* / Ramiro Machado Rezende. –
Lavras : UFLA, 2012.

99 p. : il.

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

Orientador: Gladyston Rodrigues Carvalho.

Bibliografia.

1. Café. 2. Híbrido de Timor. 3. Melhoramento. 4. Nematóide
das galhas. 5. Resistência genética. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD – 633.7392

RAMIRO MACHADO REZENDE

**IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO EM CAMPO DE PROGÊNIES DE
CAFEIEIRO RESISTENTES AO *Meloidogyne exigua***

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 28 de fevereiro de 2012.

Dr. Rubens José Guimarães	UFLA
Dra. Sônia Maria de Lima Salgado	EPAMIG
Dr. César Elias Botelho	EPAMIG

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho
Orientador

Dra. Juliana Costa de Rezende
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2012**

*Aos meus pais, **Mirtes Machado Rezende** e **José Roberto Rezende**, cujos esforços jamais serão medidos, pelo amor, carinho e confiança.*

*Ao meu irmão, **Rafael Machado Rezende**, por seus sábios conselhos.*

*Aos meus avós, **Georgina Gabriel Machado**, **Paulo Figueiredo Machado**, **Maria Aparecida Rezende**, **João Rezende** e tia **Vera Lúcia Machado**, que mesmo ausentes, tornaram-me mais sensível e mais forte para superar as dificuldades do caminho.*

A toda minha família por sempre acreditar em mim e me incentivar na busca de meus objetivos.

*Ao meu amor, **Renata Alves Lara Silva**, que além do carinho, amizade e compreensão, sempre esteve ao meu lado nas horas mais difíceis.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por estar presente em todos os momentos da minha vida.

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 do 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 que foi avaliado neste trabalho.

Ao orientador **Gladyston Rodrigues Carvalho**, pela oportunidade, ensinamentos, disponibilidade e amizade.

À pesquisadora **Juliana Costa de Rezende**, pelo convívio, orientação, amizade e valiosas contribuições.

Aos pesquisadores, **Sônia Maria de Lima Salgado** e **César Elias Botelho**, pela amizade e tempo dispensado à transmissão de seus conhecimentos.

Ao professor **Rubens José Guimarães**, pelo apoio, ensinamentos e valiosas contribuições para minha vida profissional.

Ao pesquisador **Antônio Alves Pereira** (Tônico), que forneceu os materiais utilizados no experimento.

Ao Sr. **Francisco Falco Neto**, proprietário da Fazenda Ouro Verde em Campos Altos-MG, pela concessão da área e de funcionários para a condução do experimento.

Ao técnico agrícola da EPAMIG de Patrocínio, **Lázaro Marques dos Reis**, pela implantação do experimento.

Aos funcionários do Laboratório de Nematologia, **Tarlei e Cleber**, pela paciência e auxílios laboratoriais.

Ao professor **Renato Ribeiro de Lima**, pelo auxílio nas análises estatísticas.

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

Aos amigos da “**República Só-Kanela**”, pelos momentos de descontração e amizade.

Em especial, aos amigos **André Dominghetti Ferreira, Alex Mendonça Carvalho, Allan Teixeira Pasqualotto, Jeanny Alice Velloso, Alessandro Leite Meirelles e Dante Diniz Melo** pela amizade, ajuda e companheirismo.

Aos amigos do NECAF e colegas de curso, em especial **Thamiris, Cristiano, Beatriz, Marina, João Marcos (Lactose), Paulo (Poney), Marina Praxedes, Evandro, Lucas (Oreia), Lucas (Guerra), Rodrigo, Vinicius, Janine, João Paulo, Guilherme Tassoni, Felipe (Yudi)** e muitos outros que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar, em condições de campo, o desempenho de progênies de cafeeiro de forma a selecioná-las visando à obtenção de cultivares resistentes ao *M. exigua* e com características agronômicas superiores às cultivares tradicionais. O experimento foi instalado em área naturalmente infestada por *M. exigua*, na Fazenda Ouro Verde, situada no Município de Campos Altos-MG, compreendendo 23 progênies com potencial para resistência ao nematoide das galhas e sete cultivares utilizadas como testemunhas (Catuaí Vermelho IAC 99, Catuaí amarelo IAC 62, Topázio MG 1190, Rubi MG 1192, Acaiá Cerrado MG 1474, Icatu Precoce IAC 3282 e Icatu Amarelo IAC 2942). As progênies estudadas referem-se à quarta geração do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuaí e foram obtidas pelo programa de melhoramento genético do cafeeiro conduzido em Minas Gerais, coordenado pela EPAMIG/UFV/UFLA. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 120 parcelas, sendo cada parcela constituída por oito plantas. O espaçamento utilizado foi de 4,0 x 0,8 m nas entrelinhas e entre plantas, respectivamente, correspondendo a uma área total de 3072 m². Foram avaliadas as características produtividade em sacas de café beneficiado/ha, porcentagem de frutos no estágio “cereja”, porcentagem de frutos chochos, classificação do café (peneira 17 acima), renda, vigor vegetativo, número de ovos de *M. exigua*/grama de raiz (NOGR) e número de galhas (NG). A partir dos dados da produtividade, NOGR e NG efetuou-se a análise de correlação de Pearson entre essas características. Foram realizadas também estimativas de parâmetros genéticos e predição dos ganhos com a seleção. Conclui-se que as progênies 514-7-4-C130, 493-1-2-C134 e 518-2-10-C408 apresentam os maiores valores para produtividade na média dos quatro biênios avaliados, permanecendo no grupo das mais produtivas ao longo dos anos. O parasitismo de *M. exigua* nas raízes dos cafeeiros interfere negativamente na produtividade e existe correlação positiva de alta magnitude entre NG e NOGR. Quanto à reação ao *M. exigua*, as progênies 436-1-4-C26, 514-7-14-C73, 514-7-4-C130, 493-1-2-C134, 514-7-16-C208, 493-1-2-C218 e 514-5-2-C494 se mostram resistentes. Em geral, as progênies apresentam grande variabilidade genética para as características estudadas. O índice baseado na soma de “ranks” apresenta ganhos simultâneos superiores em relação à seleção direta e indireta. As progênies 493-1-2-C134, 514-7-4-C130, 518-2-10-C408 e 514-5-2-C494 são indicadas para o avanço de gerações com base nos dois procedimentos analíticos de predição de ganhos, com destaque para a progênie 493-1-2-C134 que mostra superioridade em todas as características avaliadas.

Palavras-chave: Café. Híbrido de Timor. Nematoide das galhas. Melhoramento.

ABSTRACT

This work aimed at evaluating, under field conditions, the performance of coffee progenies in order to select them to obtain resistant cultivars to *M. exigua* and with superior agronomic traits compared to traditional cultivars. The experiment was conducted in naturally infested area by *M. exigua*, in Ouro Verde Farm, located in Campos Altos city /MG. The plant material consisted of 23 progenies with potential for resistance to root-knot nematode, and seven cultivars used as checks (Catuaí Vermelho IAC 99, Catuaí Amarelo IAC 62, Topázio MG 1190, Rubi MG 1192, Acaíá Cerrado MG 1474, Icatu Precoce IAC 3282 and Icatu Amarelo IAC 2942). The progenies refer to the fourth generation from cross between Timor Hybrid and Catuaí and they were obtained from the coffee breeding program conducted by EPAMIG/UFV/UFLA in Minas Gerais State. The experimental design was randomized blocks with four replications, totaling 120 plots and each plot consisted of eight plants. The spacing used was 4.0 x 0.8 m between rows and plants, respectively, corresponding to a total area of 3072 m². Evaluated characteristics were productivity in bags of conditioned coffee per ha, percentage of fruit at cherry stage, percentage of floating fruits, high sieve classification, bean/fruit weight ratio, vegetative vigor, number of eggs of *M. exigua*/gram of root (NEGR) and number of galls (NG). The Pearson correlation analysis was done from the productivity, NEGR and NG. Genetic parameters estimatives and prediction of gains of selection were also performed. The results show that progenies 514-7 4-C130, 493-1-2-C134 and 518-2-10-C408 have the highest values of productivity on the average of four evaluated biennia, remaining in the group of the most productive over the years. The parasitism of *M. exigua* in coffee roots interferes negatively on productivity and there is a positive correlation with high magnitude between NG and NEGR. As regards the reaction to *M. exigua*, the progenies 436-1-4-C26, 514-7-14-C73, 514-7-4-C130, 493-1-2-C134, 514-7-16-C208, 493-1-2-C218 and 514-5-2-C494 are shown resistant. In general, the progenies show great genetic variability for all traits. The index based on the sum of "ranks" provides simultaneous gains higher than for direct and indirect selection. The progenies 493-1 2-C134, 514-7-4-C130, 518-2-10-C408 and 514-5-2-C494 are indicated for the advancement of generations based on two analytical procedures for prediction of gains, especially the progeny 493-1-2-C134 which shows superiority in all evaluated traits.

Keywords: Coffee. Timor Hybrid. Root-knot nematode. Breeding.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução Geral.....	11
1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Importância da cafeicultura.....	14
2.2	Melhoramento genético do cafeeiro no Brasil.....	15
2.2.1	Germoplasma Híbrido de Timor.....	17
2.3	Parasitismo de <i>Meloidogyne exigua</i> ao cafeeiro.....	19
2.4	Parâmetros genéticos.....	24
2.4.1	Índice de seleção.....	26
	REFERÊNCIAS	28
	CAPÍTULO 2 Características agronômicas de progênies de cafeeiro oriundas do cruzamento de Híbrido de Timor com Catuaí.....	34
1	INTRODUÇÃO	37
2	MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1	Descrição do local do experimento.....	39
2.2	Características avaliadas.....	41
2.3	Análises estatísticas.....	42
2.3.1	Análise de variância para a variável produtividade.....	42
2.3.2	Análise de variância para as demais características agronômicas.....	43
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4	CONCLUSÕES	53
	REFERÊNCIAS	54
	CAPÍTULO 3 Identificação de progênies de <i>Coffea arabica</i> resistentes ao <i>Meloidogyne exigua</i>	57
1	INTRODUÇÃO	60
2	MATERIAL E MÉTODOS	62
2.1	Descrição do local do experimento.....	62
2.2	Características avaliadas.....	64
2.3	Análises estatísticas.....	65
2.3.1	Correlação de Pearson.....	65
2.3.2	Análise de variância para a variável produtividade.....	65
2.3.3	Análise de variância para as características relacionadas à resistência genética dos cafeeiros a <i>Meloidogyne exigua</i>	66
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS	76

	CAPÍTULO 4 Estimativas de parâmetros genéticos e predição de ganhos em progênies obtidas do cruzamento de Híbrido de Timor com Catuaí.....	79
1	INTRODUÇÃO.....	82
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	84
2.1	Descrição do local do experimento.....	84
2.2	Características avaliadas.....	86
2.3	Análises genético-estatísticas.....	87
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
4	CONCLUSÕES.....	96
	REFERÊNCIAS.....	97

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura pode ser considerada uma das atividades mais importantes do agronegócio mundial. Como o maior produtor e exportador de café, o Brasil ocupa uma posição de destaque neste cenário. A cadeia produtiva do café tem um papel crucial na economia brasileira, pois além de gerar milhões de empregos diretos e indiretos, é responsável por grande parte da geração de divisas do país por meio da exportação.

O desenvolvimento de pesquisas voltadas para a cultura do café tem proporcionado grandes avanços nos sistemas de cultivo, tornando a atividade sustentável. O melhoramento genético por meio de ganhos em produtividade, adequação da arquitetura das plantas e introdução de resistência às principais pragas e doenças, tem contribuído de forma significativa para o sucesso do agronegócio café.

Um dos grandes problemas enfrentados pelos cafeicultores é a presença de fitonematoides nas lavouras, que vem causando sérios prejuízos econômicos à produção cafeeira. Os nematoides do gênero *Meloidogyne*, também conhecidos como nematoides das galhas, constituem o grupo de maior importância em virtude de sua ampla distribuição, polifagia, diferenciação biológica no parasitismo entre populações da mesma espécie e alta capacidade de multiplicação no campo. Dentre as espécies do gênero *Meloidogyne* que atacam o cafeeiro, *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887 apresenta grande importância devido a sua ampla disseminação em cafezais brasileiros e pelos danos causados.

Dentre as diversas medidas de controle, a resistência genética é considerada uma das principais formas de manejo desses fitonematoides por ser um método ambientalmente correto, econômico e eficaz.

O Híbrido de Timor (provável híbrido interespecífico natural entre *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) e as progênies

derivadas do seu cruzamento com outras cultivares vêm sendo estudados, em diversas regiões do mundo, como fonte de resistência à vários patógenos que atacam o cafeeiro, inclusive os nematoides do gênero *Meloidogyne*.

Há uma concentração de esforços no desenvolvimento e manutenção de cultivares resistentes aos fitonematoides do cafeeiro. Sabe-se que o avanço nos trabalhos é dificultado pela condição perene da cultura e principalmente pelo período de tempo demandado para os testes de resistência aos nematoides. Pesquisas para obtenção de cultivares resistentes ao *M. exigua*, em condições de campo, têm sido escassos nos programas de melhoramento genético do cafeeiro. Dessa forma, estudos como este, podem contribuir de maneira significativa para o avanço do melhoramento genético, e conseqüentemente, para a sustentabilidade da cafeicultura no país.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar, em condições de campo, o desempenho de progênies de cafeeiro oriundas do cruzamento de Híbrido de Timor com Catuaí de forma a selecioná-las visando a obtenção de cultivares resistentes ao *M. exigua* e com características agrônômicas superiores às cultivares tradicionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cafeicultura

A importância da cafeicultura na economia mundial é inquestionável, uma vez que o café é o segundo produto primário mais valioso no mercado internacional, sendo superado apenas pelo petróleo. A cadeia produtiva do café gera milhões de empregos e divisas em todo o mundo, tornando-se crucial para as economias e políticas de vários países em desenvolvimento (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2012).

Em um contexto mundial, o Brasil se destaca como o maior produtor, maior exportador e segundo maior consumidor de café, participando aproximadamente em 2010, com 36%, 34% e 14%, respectivamente (KIST et al., 2011).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2012), do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a produção brasileira total de café (arábica e robusta) da safra 2011/2012 foi de 43,48 milhões de sacas de 60 Kg de café beneficiado, mostrando um decréscimo de 9,6% quando comparado à produção de 48,09 milhões de sacas obtidas na safra 2010/2011. No entanto, considerando os anos de baixa no ciclo bienal, essa é a maior safra brasileira, indicando que as boas condições climáticas e a adoção de tecnologias influenciaram positivamente neste cenário.

Composta por cerca de 6,6 bilhões de cafeeiros plantados em 2,3 milhões de hectares (CONAB, 2012), a cultura cria aproximadamente 10 milhões de empregos diretos e indiretos em toda a cadeia do agronegócio, confirmando a importância social e econômica que o café representa para o país.

Os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná e Rondônia são responsáveis por aproximadamente 98% de toda a produção nacional (CONAB, 2012).

Com produção distribuída em quatro regiões principais: Sul de Minas (Sul/Sudoeste), Matas de Minas (Zona da Mata/Rio Doce), Cerrados de Minas (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba) e Chapadas de Minas (Vale do Jequitinhonha/Mucuri) (BARBOSA et al., 2009), o estado de Minas Gerais é o maior produtor de café do país, com produção maior comparativamente ao Vietnã que atualmente é o segundo maior produtor mundial de café. Na safra 2011/12, a produção de Minas Gerais foi de 22,18 milhões de sacas de café beneficiado, correspondendo a mais da metade de todo o café produzido no Brasil (CONAB, 2012). Conforme Carvalho e Pereira (2009), a área destinada à produção de café no estado compreende 1,2 milhões de hectares, distribuídos em 587 municípios e gerando 800 mil empregos temporários e três milhões de empregos diretos e indiretos, o que confere importância ao agronegócio do café, sendo este, o principal produto da economia mineira.

A posição de destaque da cafeicultura brasileira se deve muito às instituições de pesquisa, ensino e extensão que por meio dos conhecimentos gerados, adaptados e difundidos, tem possibilitado avanços desde a implantação da cultura até a sua comercialização, amenizando os riscos da atividade, tornando-a sustentável e competitiva em âmbito nacional e internacional (CHALFOUN; REIS, 2010).

2.2 Melhoramento genético do cafeeiro no Brasil

Desde a introdução do café no país, no ano de 1727, até o início da década de 1930, o melhoramento genético do cafeeiro no Brasil era considerado empírico, onde os próprios produtores selecionavam as plantas mais produtivas

para formar mudas para as plantações seguintes (MENDES; GUIMARÃES; SOUZA, 2002). Já em 1933, com a criação da Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, dava-se início a um complexo programa de investigação sobre o cafeeiro, também denominado como a segunda fase do melhoramento genético do cafeeiro no Brasil (CARVALHO, 1985).

A partir desta data, com a utilização de metodologias científicas nos programas de melhoramento do cafeeiro, os ganhos com a seleção começaram a ser mais expressivos, principalmente em relação à produtividade, chegando a um acréscimo de 395% da cultivar Mundo Novo em relação à variedade Typica, introduzida inicialmente (CARVALHO, 1981).

A princípio, as análises genéticas tinham o objetivo de estudar a herança de algumas características nas variedades comerciais de *C. arabica*. Em seguida, passaram a enfatizar o estudo de características de maior interesse econômico, como o porte, a arquitetura e o desenvolvimento dos cafeeiros e, principalmente, a produtividade de grãos (MENDES; GUIMARÃES; SOUZA, 2002).

Atualmente, além do aumento da produtividade, os trabalhos de melhoramento visam também a melhoria de outras características agrônomicas como qualidade de bebida, uniformidade de maturação, seleção de cultivares adaptadas às diferentes condições e sistemas de cultivo, e resistência às pragas e doenças (MATIELLO, 2008).

A partir da década de 1970, outras instituições de ensino e pesquisa somaram-se ao IAC, num trabalho integrado e cooperativo. São exemplos a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Universidade Federal de Viçosa (UFV), a Fundação PROCAFÉ/MAPA, que deu sequência aos trabalhos do Instituto Brasileiro do Café (IBC), o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e o Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER) (PEREIRA et al., 2010). A obtenção de cultivares com elevado potencial produtivo e resistentes às

principais pragas e doenças do cafeeiro, que estão sendo geradas por meio desses programas, coloca o Brasil em posição de destaque, como o país com maior número de contribuições ao melhoramento genético do cafeeiro.

2.2.1 Germoplasma Híbrido de Timor

Admite-se que as populações de Híbrido de Timor (HDT) tenham a sua origem em uma única planta encontrada numa plantação do cultivar *Typica* na Ilha de Timor, em 1917/1918 e provavelmente originou-se de uma hibridação natural entre *C. arabica* e *C. canephora*, onde um gameta não reduzido de um cafeeiro da espécie *C. canephora* tenha combinado com outro gameta normal da espécie *C. arabica* (BETTENCOURT, 1973; RODRIGUES JÚNIOR; GOLÇALVES; VÁRZEA, 2004).

Na década de 70, o Híbrido de Timor foi introduzido na Universidade Federal de Viçosa, oriundo de seleções realizadas pelo Centro de Investigação da Ferrugem do Cafeeiro (CIFC) em Portugal, Instituto Interamericano de Ciências Agrárias (IICA), na Costa Rica, Centro Nacional de Investigação do Café (CENICAFE), na Colômbia, Instituto de Investigação Agronômica de Angola (IAAA) e Estação Regional de Uige (ERU), do Instituto de Café da Angola. A partir daí, deram-se início aos trabalhos com esse germoplasma, desenvolvido conjuntamente pelas instituições que na época integravam o Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária em Minas Gerais - EPAMIG, UFPA e UFV (MIRANDA; PERECIN; PEREIRA, 2005; PEREIRA et al., 2010).

O Híbrido de Timor tem sido bastante valioso nos programas de melhoramento genético, como fonte de resistência à várias pragas e doenças do cafeeiro (CAPUCHO et al., 2009). Segundo Pereira et al. (2010), esse germoplasma apresenta grande variabilidade genética, com genótipos portadores de genes de resistência à maioria das raças do fungo *Hemileia vastatrix*, que

causa a ferrugem do cafeeiro; aos nematoides do gênero *Meloidogyne*; à antracnose do frutos, causada por *Colletotrichum kahawae* Waller & Bridge; a bacteriose causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* e, possivelmente, a outros patógenos.

Do Cruzamento do Híbrido de Timor com outras cultivares de *C. arabica* estão sendo obtidas progênes bastante promissoras para o melhoramento genético.

Bonomo et al. (2004), avaliando o comportamento de 28 progênes F₃ de *C. arabica* descendentes de cruzamentos das cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo com o Híbrido de Timor, concluíram que as progênes avaliadas apresentaram média de produção de grãos superior à testemunha (Catuaí Vermelho IAC 15), e grande variabilidade genética, sugerindo a possibilidade de se obter cultivares superiores. Observou também que estas se apresentaram resistentes às raças fisiológicas da ferrugem presentes na região do experimento (Alto Paranaíba-MG), destacando a progênie 505-9-2 como um material produtivo, vigoroso e de porte alto, enquanto as progênes 514-7-10 e 514-7-6 além de produtivas e vigorosas apresentaram porte baixo semelhante à cultivar Catuaí Vermelho IAC 15.

Mistro et al. (2007), em estudo com progênes de café arábica derivadas do cruzamento Villa Sarchi x Híbrido de Timor, concluíram que todas as progênes apresentaram resistência à ferrugem do cafeeiro e alta variabilidade genética, mostrando-se bastante promissoras para os trabalhos de melhoramento. Os autores ainda destacam as progênes IAC 3786, IAC 3788, IAC 4094, IAC 4095, IAC 3425 e IAC 3429 que foram superiores quanto às características agronômicas avaliadas, constituindo-se em materiais genéticos de alto potencial agronômico.

Segundo Lashermes et al. (1999), progênes derivadas de Híbrido de Timor, descendentes das plantas CIFC832/1, CIFC832/2 e CIFC1343, são as

principais fontes de resistência às doenças, usadas no melhoramento genético do cafeeiro por apresentarem resistência múltipla à ferrugem e ao *M. exigua*.

Dos cruzamentos entre Villa Sarchi e Híbrido de Timor (Sarchimor) originaram, por exemplo, a cultivar IAPAR-59, desenvolvida pelo IAPAR, a qual tem se destacado, no estado do Paraná, pela precocidade de produção, uniformidade de maturação, porte baixo e elevada resistência à ferrugem e ao *M. exigua* (PEREIRA et al., 2010).

A cultivar Tupi RN IAC 1669-13 também oriunda do cruzamento do HDT 832/2 x Villa Sarchi, mostrou-se resistente ao nematoide das galhas (FAZUOLI et al., 2006). Além dessas duas cultivares, conforme Silva et al. (2007), foi encontrada resistência ao *M. exigua* na cultivar Catiguá MG 3, proveniente do cruzamento do Híbrido de Timor UFV 440-10 com Catuai Amarelo IAC 86.

2.3 Parasitismo de *Meloidogyne exigua* ao cafeeiro

Diversas espécies de fitonematoides, pertencentes a vários gêneros, têm sido encontradas associadas às raízes de cafeeiros no Brasil e em outros países produtores, sendo as espécies pertencentes ao gênero *Meloidogyne* as mais prejudiciais para a cafeicultura mundial (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Segundo Carneiro e Cofcewicz (2008), existem nesse gênero mais de 90 espécies descritas das quais 17 podem parasitar o cafeeiro.

Os nematoides do gênero *Meloidogyne*, também conhecidos como nematoides das galhas, pertencem a ordem Tylenchida. Estes pequenos vermes (tipicamente de 300 µm a 2 mm para juvenis vermiformes e fêmeas piriformes, respectivamente) vivem em solos e são endoparasitas obrigatórios e sedentários das raízes das plantas. Para exercerem uma relação de parasitismo estável com a planta hospedeira, eles abrigam em sua extremidade anterior uma cavidade,

denominada estilete, os quais usam para injetar secreções produzidas nas glândulas do esôfago e retirar nutrientes das células radiculares infectadas (ABAD et al., 2003; CASTAGNONE-SERENO, 2006). Segundo Salgado e Rezende (2010), o modo de parasitismo, cuja alimentação altera o metabolismo das células da raiz, induzem à formação de células gigantes (células nutridoras).

O ciclo de vida desses nematoides inicia-se com multiplicações celulares, desenvolvimento embrionário dentro do ovo e a formação do primeiro estágio juvenil (J1). Com a primeira ecdise o juvenil atinge o segundo estágio (J2) dentro do ovo. Diversos fatores físicos e químicos influenciam no processo de eclosão dos juvenis, como temperatura, umidade, aeração e pH do solo bem como produtos químicos orgânicos e inorgânicos contidos na água do solo. Os produtos químicos podem ser derivados do próprio solo, de órgãos de plantas ou de microrganismos habitantes do solo. Substâncias orgânicas como exsudatos de raízes podem estimular ou inibir a eclosão dos juvenis, e, além de estimular a eclosão, em muitos casos os exsudatos de raízes de plantas hospedeiras ou não, interferem na orientação dos nematoides em direção às raízes da planta (SALGADO; REZENDE, 2010).

Ainda conforme os autores, após a eclosão, o J2 movimenta-se no solo à procura de raiz nova. Tanto o desenvolvimento embrionário quanto a movimentação dos nematoides no solo são estimulados pela temperatura e umidade. O J2 movimenta-se através do filme de água que reveste as partículas do solo à procura de raiz, onde penetra próximo à sua extremidade, iniciando o parasitismo na planta hospedeira. Dentro da raiz o J2 passa por mais dois estágios juvenis, terceiro (J3) e quarto (J4), até atingir a fase adulta. Os juvenis J3 e J4 permanecem sedentários no interior das raízes e não possuem estilete, sendo impossibilitados de se alimentarem. Vários juvenis podem ser encontrados em um mesmo local de alimentação na raiz. As fêmeas em poucos dias produzem centenas de ovos e permanecem internamente nas raízes até sua

morte. Já os machos do gênero *Meloidogyne* geralmente abandonam as raízes e passam a viver no solo.

M. exigua é a espécie mais disseminada no Brasil, predominando em todos os principais estados produtores. Campos e Melles (1987) detectaram sua presença em 31% das amostras de 28 municípios dos Campos da Vertentes e do Sul de Minas Gerais, enquanto que Souza, Maximiniano e Campos (1999) detectaram o patógeno em 45,4% das amostras de solo e raízes coletadas em diversos cafezais de Minas Gerais. No estado do Rio de Janeiro, em levantamento feito por Barbosa et al. (2004b), foram encontrados nematoides em 6 dos 7 locais avaliados e em até 70% das lavouras amostradas. Castro et al. (2008), com o objetivo de realizar um levantamento das espécies de fitonematoides presentes nas principais regiões produtoras do Sul de Minas Gerais, detectaram a ocorrência de *M. exigua* em 95,1% dos 61 municípios amostrados e em 24,2% das amostras analisadas.

Os prejuízos decorrentes do parasitismo de *M. exigua* à produção cafeeira são bastante variáveis. Barbosa et al. (2004a), estimando perdas na produção em cafeeiros infestados por *M. exigua* no estado do Rio de Janeiro, observaram que em lavouras onde o nível tecnológico era inadequado, a presença do nematoide teve um papel secundário na baixa produtividade das lavouras. No entanto, em lavouras onde o nível tecnológico era alto, com adequada adubação, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, a produtividade foi reduzida significativamente. Os autores relatam que em cafeeiros com até cinco anos de idade, as perdas variam de 13% a 30%, em decorrência dos níveis populacionais do nematoide no solo. Já nas lavouras com mais de cinco anos, as perdas são ainda maiores, com queda na produtividade de até 45%, na presença de *M. exigua* a partir de três juvenis do segundo estágio (J2)/100 cm³ de solo.

Diante disso, têm-se buscado medidas ambientalmente corretas para o manejo desse patógeno. Dentre as principais medidas, há um consenso de que o uso de plantas resistentes é a forma mais adequada e eficaz no controle dos fitotematoides.

Os mecanismos de defesa da planta resistente são expressos de modo a interferir nas diversas fases do ciclo de vida e do parasitismo do nematoide, restringindo ou prevenindo a sua multiplicação. De maneira geral, nas plantas que apresentam resistência às espécies do gênero *Meloidogyne*, a penetração dos juvenis ocorre da mesma forma, no entanto, seu desenvolvimento ou a reprodução são prejudicados (ROBERTS, 2002). Salgado, Resende e Campos (2005) verificaram nas cultivares Apatã IAC 2258 (*C. canephora*) e Iapar 59 (*C. arabica*) que o processo de defesa desses cafeeiros à *M. exigua* é desencadeado após a penetração dos juvenis em suas raízes (resistência do tipo pós-infeccional), ocorrendo possivelmente uma interação entre substâncias produzidas pelo nematoide e pela célula vegetal desde o início do parasitismo com consequente indução da expressão de genes de defesa.

Este mecanismo de resistência pós-infeccional também foi observado por Anthony et al. (2005) em raízes do cafeeiro Iapar 59 e por Rodrigues et al. (2000) em populações do Catimor, nas quais houve paralisação do desenvolvimento dos nematoides ainda no segundo estágio de desenvolvimento após inoculação com *M. exigua*. Nessas circunstâncias, segundo Oliveira (2006), as células das plantas parasitadas pelos nematoides podem exibir um processo de morte celular programada, conhecido como reação de hipersensibilidade (HR), que impede o estabelecimento ou desenvolvimento do nematoide na planta.

Fontes de resistência encontradas em outras espécies de café estão sendo utilizadas, por meio de hibridações interespecíficas, visando incorporar caracteres agrônômicos importantes bem como a resistência aos nematoides (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Vários trabalhos demonstraram que a

resistência à *M. exigua* é de ocorrência comum em introduções de várias espécies do gênero *Coffea*, inclusive *C. arabica* oriundas da Etiópia, germoplasma de Icatu, Catimor e Híbrido de Timor. Materiais de Híbrido de Timor tem sido cruzados com cultivares comerciais como o Caturra, o Villa Sarchi ou Catuaí, originando Catimores, Sarchimores ou Cavimores, respectivamente. Noir et al. (2003) observaram que essa resistência é determinada por um gene mais importante oriundo de *C. canephora* e para qual foi identificado o loco *Mex-1* e marcadores AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) associados, abrindo-se a perspectiva de uma possível seleção assistida por ser o primeiro gene de resistência ao nematoide a ser identificado no café. Alpizar, Etienne e Bertrand (2007) concluíram que esse gene (*Mex-1*) pode apresentar dominância incompleta, pois permitiu a penetração do nematoide, mas inibiu a sua reprodução.

Vem sendo observada que a resistência do cafeeiro ao nematoide das galhas é bastante complexa, devendo ser considerada a complexidade inter e intra-específica das populações, uma vez que diferentes espécies, raças e biotipos de nematoides vivem em mistura no solo, conforme a região. Essa complexidade tem sido detectada pela variabilidade intraespecífica de populações de *Meloidogyne* spp. em genótipos do gênero *Coffea* (GONÇALVES; PEREIRA, 1998; RIBEIRO et al., 2005).

Essa diversidade fisiológica, intra e interespecífica nas populações de *Meloidogyne*, dificultam a seleção de fontes de resistência neste gênero (SALGADO; REZENDE, 2010). Muniz et al. (2007) encontraram alta reprodução de *M. exigua* (população oriunda de uma lavoura cafeeira do município de Bom Jesus de Itabapoana, RJ) em genótipos de café portadores do gene de resistência *Mex-1*. Os autores evidenciaram a diversidade fisiológica desse nematoide e a capacidade de superar a resistência genética na ausência de condições seletivas. Barbosa, Vieira e Souza (2008), avaliando o

desenvolvimento vegetativo e o comportamento de cafeeiros de *C. arabica* em área infestada e outra isenta de *M. exigua*, encontraram resultados diferenciados quanto à resistência a nematoides, para os cafeeiros Iapar 59, Acauã, Catucaí 785 / 15, Tupi e IAC Apatã 2258, indicando que essas diferenças podem ser devidas à variabilidade da população fluminense de *M. exigua* ou à variabilidade genética do cafeeiro.

A seleção de progênies resistentes aos nematoides tem sido dificultada pela condição perene do cafeeiro e pelo tempo demandado para os clássicos testes de resistência a nematoides (SALGADO; REZENDE, 2010). Dessa forma, pesquisas envolvendo a avaliação do comportamento de genótipos de *Coffea* spp. em condições de campo, tem sido escassos nos programas de melhoramento genético do cafeeiro, embora esse tipo de pesquisa deva ser considerada prioritária nos programas de melhoramento visando a obtenção de cultivares resistentes a nematoides.

2.4 Parâmetros genéticos

As estimativas de parâmetros genéticos são de extrema importância nos programas de melhoramento, uma vez que permitem conhecer a estrutura genética da população, a inferência da variabilidade genética presente na população, bem como a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos, fornecendo subsídios para avaliar a eficiência da estratégia de melhoramento adotada (CRUZ; CARNEIRO, 2006). Dentre os parâmetros genéticos de maior relevância que podem auxiliar no direcionamento da seleção de cafeeiros mais promissores, destacam-se as variâncias genéticas e fenotípicas, as correlações, a herdabilidade e os ganhos genéticos esperados (CRUZ; CARNEIRO, 2006; FERRÃO et al., 2008).

Segundo Ramalho, Santos e Zirmmermam (1993), a variância é considerada uma estatística de segunda ordem, enquanto a média é de primeira ordem. No entanto, a utilização dessas variâncias, além de possibilitar a obtenção da estimativa de herdabilidade e predições do ganho esperado com a seleção, pode representar melhor o que está ocorrendo, pois os efeitos individuais de cada loco são elevados ao quadrado, não havendo a possibilidade de se cancelarem como ocorre quando se considera apenas a média que soma cada um dos locos individualmente e o efeito final é pequeno ou até mesmo nulo.

Os parâmetros genéticos estimados geralmente são: coeficiente de variação ambiental (CVe); herdabilidade no sentido amplo (h^2_a); coeficiente de variação genética (CVg) e índice de variação (θ), que é a relação entre CVg e CVe.

A herdabilidade no sentido amplo (h^2_a) pode ser definida como a razão entre a variância genotípica (σ^2_g) e a variância fenotípica (σ^2_f) e reflete a importância da herança e do ambiente na expressão dos caracteres. Para se obter sucesso com a seleção é interessante que a herdabilidade do caráter em questão seja alta, ou seja, quanto maior o nível de expressão da variabilidade genética em relação ao ambiente, maiores serão os ganhos estimados para a geração seguinte (MIRANDA; COSTA; CRUZ, 1988). Bueno, Mendes e Carvalho (2001) consideram como uma alta herdabilidade valores iguais ou superiores a 50%. Vale ressaltar que a herdabilidade pode variar sob diferentes condições que dependem do genótipo, do local, das condições experimentais e das interações genótipos por ambientes, uma vez que o valor da herdabilidade depende da magnitude de todos os componentes da variância (BOTELHO, 2006).

Na cultura do cafeeiro, os valores de herdabilidade para a característica produção são bastante variáveis. Srinivasan, Vishershwra e Susvamanya (1979) encontraram valores de herdabilidade que variaram de 35 a 57%. Bonomo et al.

(2004), estimando parâmetros genéticos de 28 progênies F₃ (Híbrido de Timor x Catuaí) em quatro colheitas, encontraram valores de herdabilidade para produção variando de 25,19% (primeira colheita) a 80,36% (combinação da segunda e terceira colheita). Para potencial de produção em sacas/ha e vigor vegetativo, Petek et al. (2006) encontraram valores de herdabilidade de 43,8% e 80,1%, respectivamente. Na literatura não existem trabalhos sobre estimativa de parâmetros genéticos para características referentes a resistência de cafeeiros ao *M. exigua*, o que poderia ser bastante útil nos programas de melhoramento.

2.4.1 Índice de Seleção

No processo de seleção de progênies superiores, o embasamento em uma ou poucas características pode não ser adequado ao melhorista. Dessa forma, a seleção simultânea de várias características desejáveis tem sido indicada para aumentar a probabilidade de sucesso do programa (COSTA et al., 2004; GONÇALVES et al., 2007).

Os índices de seleção são técnicas multivariadas que permitem a combinação de várias informações contidas na unidade experimental, com o propósito de selecionar materiais superiores com base em um complexo de variáveis que reúna atributos de interesse ao melhorista (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Segundo Martins et al. (2003), os processos de seleções direta e indireta foram as primeiras alternativas para obtenção de ganhos genéticos compensadores. Nessa seleção espera-se, a princípio, obter ganhos em um único caráter sobre o qual se pratica a seleção, podendo ocorrer respostas favoráveis ou desfavoráveis nos caracteres de importância secundária (COSTA et al., 2004).

Existem, atualmente, vários índices para se calcular os ganhos percentuais com a seleção. O índice baseado na soma de “ranks” (MULAMBA; MOCK, 1978) consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. As ordens de cada material são somadas resultando no índice de seleção assim descrito: $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$, sendo que I é o valor do índice para determinado indivíduo ou família; r_j é a classificação (ou “rank”) de um indivíduo em relação ao j -ésimo caráter; n é o número de caracteres considerado no índice. Adicionalmente, o melhorista pode desejar que a ordem de classificação das variáveis tenha pesos diferentes e especificá-los. Assim, tem-se que $I = p_1r_1 + p_2r_2 + \dots + p_n r_n$, em que p_j é o peso econômico atribuído pelo usuário ao j -ésimo caráter (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; SANTOS et al., 2007).

A utilização dos índices, mesmo considerando apenas um caráter como principal, mostra-se vantajosa em relação à seleção direta, uma vez que possibilita ganhos mais distribuídos em todos os caracteres avaliados, com ganhos totais maiores, sem proporcionar perda significativa no caráter principal (CRUZ, 1990).

Costa et al. (2004), comparando diferentes índices de seleção, observaram que as maiores estimativas de ganhos foram obtidas pela seleção direta. No entanto, os índices apresentaram-se mais adequados para a seleção dos genótipos superiores, com destaque para o índice baseado na soma de “ranks” que permitiu os maiores ganhos na maioria das características avaliadas. Santos et al. (2007), trabalhando com milho-pipoca também detectaram que o índice de Mulamba e Mock (1978) proporcionou as magnitudes mais elevadas de ganhos preditos para a maioria das características em estudo.

REFERÊNCIAS

- ABAD, P. et al. Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. **Molecular Plant Pathology**, Bristol, v. 4, n. 4, p. 217-224, Aug. 2003.
- ALPIZAR, E.; ETIENNE, H.; BERTRAND, B. Intermediate resistance to *Meloidogyne exigua* root-Knot nematode in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, Guildford, v. 26, n. 7, p. 903-910, July 2007.
- ANTHONY, F. et al. Hypersensitive-like reaction conferred by de Mex-1 resistance gene against *Meloidogyne exigua* in coffee. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 54, n. 3, p. 476-482, June 2005.
- BARBOSA, D. H. S. G. et al. Field estimates of coffee yield losses and damage threshold by *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 49-54, jun. 2004a.
- _____. Survey of root-knot (*Meloidogyne* spp.) in coffee plantations in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 43-47, jun. 2004b.
- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, S. Avaliação em campo de cultivares de *Coffea arabica* em áreas isenta ou infestada por *Meloidogyne exigua* na região noroeste fluminense: 1., formação da lavoura. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 2, p. 101-110, 2008.
- BARBOSA, J. N. et al. Distribuição espacial de cafés do estado de Minas Gerais e sua relação com a qualidade. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2009. 1 CD-ROM.
- BETTENCOURT, A. J. **Considerações sobre o “Híbrido de Timor”**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1973. 20 p. (Circular, 23).
- BONOMO, P. et al. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 207-219, 2004.

BOTELHO, C. E. **Seleção de Progenies F4 obtidas por cruzamentos de 'Icatu' com Catimor, no Estado de Minas Gerais**. 2006. 73 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BUENO, L. C. de S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. de. **Melhoramento de plantas**: princípios e procedimentos. Lavras: UFLA, 2001. 282 p.

CAMPOS, V. P.; MELLES, C. C. A. Ocorrência e distribuição de espécies de espécies de *Meloidogyne* em cafezais dos campos das vertentes e do sul de Minas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, n. 2, p. 233-241, abr. 1987.

CAPUCHO, A. S. et al. Herança da resistência do Híbrido de Timor UFV 443-03 à ferrugem-do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 276-282, mar. 2009.

CARNEIRO, R. M. D. G.; COFCEWICZ, E. T. The taxonomy of *Meloidogyne* spp. from coffee. In: SOUZA, R. M. (Ed.). **Plant parasitic nematodes of coffee**. New York: APS; Springer, 2008. p. 87-122.

CARVALHO, A. Evolução nos cultivares de café. **O Agrônomo**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 7-11, jan./abr. 1985.

_____. Novas variedades mais produtivas. **Agricultura Hoje**, São Paulo, v. 6, n. 68, p. 32-34, mar. 1981.

CARVALHO, J. S.; PEREIRA, R. T. G. Implantação de um sistema público de certificação de propriedades cafeeiras: o caso do programa certifica Minas Café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 35., 2009, Araxá. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2009. p. 333-334.

CASTAGNONE-SERENO, P. Genetic variability and adaptive evolution in parthenogenetic root-knot nematodes. **Heredity**, Washington, v. 96, n. 4, p. 282-289, 2006.

CASTRO, J. M. C. et al. Levantamento de fitonematoides em cafezais do Sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 56-64, fev. 2008.

CHALFOUN, S. M.; REIS, P. R. História da cafeicultura no Brasil. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.). **Café arábica**: do plantio à colheita. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, p. 21-86.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café safra 2012**, primeira estimativa, janeiro/2012. Disponível em: <<http://www.conab.br>>. Acesso em: 12 fev. 2012.

COSTA, M. M. et al. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, nov. 2004.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1990.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. v. 2, 586 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

FAZUOLI, L. C. et al. Tupi RN IAC 1669-13 a coffee cultivar resistant to *Hemileia vastatrix* and *Meloidogyne exigua* nematode. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 21., 2006, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: ASIC, 2006. p. 143-151.

FERRÃO, R. G. et al. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 61-69, jan. 2008.

GONÇALVES, G. M. et al. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 193-198, jan. 2007.

GONÇALVES, W.; PEREIRA, A. A. Resistência do cafeeiro a nematóides IV: reação de cafeeiros derivados do Híbrido de Timor a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 39-50, fev. 1998.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. A luta contra a doença causada pelos nematoides parasitos do cafeeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 54-57, 2007.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **About coffee: story of coffee**. Disponível em: <<http://www.ico.org>>. Acesso em: 9 jan. 2012.

KIST, B. B. et al. **Anuário brasileiro do café 2011**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2011. 128 p.

LASHERMES, P. et al. Molecular characterization and origin of the *Coffea arabica* L. genome. **Molecular Genetics and Genome**, Berlin, v. 261, n. 2, p. 259-266, Mar. 1999.

MARTINS, I. S. et al. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 327-333, maio/jun. 2003.

MATIELLO, J. B. Critérios para a escolha de cultivar de café. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 129-140.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Classificação botânica, origem e distribuição geográfica do cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. (Ed.). **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 39-99.

MIRANDA, J. E. C.; COSTA, C. P.; CRUZ, C. D. Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente entre caracteres de fruto e planta de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 457-468, mar./abr. 1988.

MIRANDA, J. M.; PERECIN, D.; PEREIRA, A. A. Produtividade e resistência à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) de progênies F₅ de Catuaí Amarelo com o Híbrido de Timor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1195-1200, nov./dez. 2005.

MISTRO, J. C. et al. Estimates of genetic parameters in arabic coffee derived from the Timor hybrid. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 2, p. 141-147, 2007.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetics and Cytology**, Cairo, v. 7, p. 40-51, 1978.

MUNIZ, M. F. S. et al. Reação de genótipos de cafeeiro à populações de *Meloidogyne exigua*: detecção de virulência natural ao gene Mex-1. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 27., 2007, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2007. p. 84.

NOIR, S. et al. Identification of a major gene (*Mex-1*) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 52, n. 1, p. 97-103, Feb. 2003.

OLIVEIRA, D. S. **Patogenicidade de populações de *Meloidogyne incognita* provenientes de Minas Gerais e de São Paulo ao cafeeiro**. 2006. 75 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

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

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, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052006000100009&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 nov. 2011.

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

RIBEIRO, R. C. F. et al. Resistência de progênies de híbridos interespecíficos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, n. 1, p. 11-16, 2005.

ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CABI, 2002. p. 23-42.

RODRIGUES, A. C. F. O. et al. Ultrastructural response of coffee roots to root-knot nematodes, *Meloidogyne exigua* and *Meloidogyne megadora*. **Nematropica**, Bradenton, v. 30, n. 2, p. 201-210, 2000.

RODRIGUES JÚNIOR, C. J.; GONÇALVES, M. M.; VÁRZEA, V. M. P. Importância do Híbrido de Timor para o território e para o melhoramento da cafeicultura mundial. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 27, n. 2, p. 203-213, 2004.

SALGADO, S. M. L.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cultivares de cafeeiros resistentes e suscetíveis. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 413-415, abr. 2005.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. Manejo de fitonematoides em cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.). **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, p. 757-804.

SANTOS, F. S. et al. Predição de ganhos genéticos por índice de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 389-396, 2007.

SILVA, R. V. et al. Reação de progênies de cafeeiro da cultivar Catiguá MG 3 a quatro populações de *Meloidogyne exigua*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2007. 1 CD-ROM.

SOUZA, J. T.; MAXIMINIANO, C.; CAMPOS, V. P. Nematóides parasitos encontrados em cafeeiros em campo e em viveiros de mudas do Estado de Minas Gerais. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 180-183, 1999.

SRINIVASAN, C. S.; VISHERSHWRA, S.; SUSVAMANYA, H. Genotype-environmental interaction and heritability yield in *Coffea arabica* L. **Journal of Coffe Research**, Karnetake, v. 9, n. 3, p. 69-73, 1979.

CAPÍTULO 2

**Características agronômicas de progênies de cafeeiro oriundas do
cruzamento de Híbrido de Timor com Catuai**

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento agronômico de progênies de cafeeiro, de forma a selecioná-las em área naturalmente infestada por *M. exigua*. O experimento foi instalado, na Fazenda Ouro Verde, situada no Município de Campos Altos-MG, compreendendo 23 progênies com potencial para resistência ao nematoide das galhas, e sete cultivares utilizadas como testemunhas (Catuaí Vermelho IAC 99, Catuaí Amarelo IAC 62, Topázio MG 1190, Rubi MG 1192, Acaiá Cerrado MG 1474, Icatu Precoce IAC 3282 e Icatu Amarelo IAC 2942). As progênies estudadas referem-se à quarta geração do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuaí e foram obtidas no programa de melhoramento genético do cafeeiro conduzido em Minas Gerais, coordenado pela EPAMIG/UFV/UFLA. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 120 parcelas, sendo cada parcela constituída por oito plantas. O espaçamento utilizado foi de 4,0 x 0,8 m nas entrelinhas e entre plantas, respectivamente, correspondendo a uma área total de 3072 m². A produtividade em sacas de café beneficiado/ha foi avaliada nas safras 2003/2004 a 2011/2012 (oito colheitas). As demais características agronômicas, porcentagem de frutos no estágio “cereja”, porcentagem de frutos chochos, classificação do café (peneira 17 acima), renda e vigor vegetativo, foram avaliadas nas safras 2010/2011 e 2011/2012. Conclui-se que as progênies apresentam grande variabilidade para as características agronômicas estudadas. Quanto à produtividade, as progênies 514-7-4-C130, 493-1-2-C134 e 518-2-10-C408 apresentam os maiores valores na média dos quatro biênios avaliados, permanecendo no grupo das mais produtivas ao longo dos anos. A progênie 493-1-2-C134 se destaca em todas as características analisadas, mostrando-se promissora para o avanço de gerações.

Palavras-chave: Café. Produtividade. *Meloidogyne exigua*. Melhoramento.

ABSTRACT

This work aimed at evaluating the agronomic performance of coffee progenies in order to select them in an area naturally infested by *M. exigua*. The experiment was conducted at Ouro Verde Farm, located at Campos Altos city/MG. The plant material consisted of 23 progenies with potential for resistance to root-knot nematode, and seven cultivars used as checks (Catuaí Vermelho IAC 99, Catuaí Amarelo IAC 62, Topázio MG 1190, Rubi MG 1192, Acaiaí Cerrado MG 1474, Icatu Precoce IAC 3282 and Icatu Amarelo IAC 2942). The progenies refer to the fourth generation from cross between Timor Hybrid and Catuaí and they were obtained from the coffee breeding program conducted by EPAMIG/UFV/UFLA in Minas Gerais State. The experimental design was randomized blocks with four replications, totaling 120 plots and each plot consisted of eight plants. The spacing used was 4.0 x 0.8 m between rows and plants, respectively, corresponding to a total area of 3072 m². Productivity in bags of conditioned coffee per ha was evaluated in harvests 2003/2004 and 2011/2012 (eight harvests). The characteristics percentage of fruit at cherry stage, percentage of floating fruits, high sieve classification, bean/fruit weight ratio and vegetative vigor were evaluated during the harvests 2010/2011 and 2011/2012. The results show that progenies 514-7 4-C130, 493-1-2-C134 and 518-2-10-C408 have the highest values of productivity on the average of four evaluated biennia, remaining in the group of the most productive over the years. The progeny 493-1-2-C134 stands out in all evaluated traits, showing to be promising for the advancement of generations.

Keywords: Coffee. Productivity. *Meloidogyne exigua*. Breeding.

1 INTRODUÇÃO

É inquestionável a contribuição do melhoramento genético do cafeeiro para os agricultores e, sobretudo para a economia brasileira. Embora as cultivares selecionadas já tenha atingido elevados níveis de produtividade, as pesquisas têm demonstrado que ainda existe grande demanda por parte dos produtores e consumidores brasileiros. O anseio desse público é por novas cultivares que contribuam para a efetiva redução de perdas na lavoura, pela racionalização do uso de insumos agrícolas e incremento da produtividade e, conseqüentemente, redução de custos de produção, garantindo maior competitividade e sustentabilidade da cafeicultura, com aumento de renda dos cafeicultores e geração de empregos.

Diante da constatação da ocorrência de *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887 em lavouras cafeeiras do Brasil, medidas para o manejo desses patógeno tornam-se extremamente necessárias, e a rápida disseminação deste parasita tem apontado para a necessidade urgente da identificação de materiais genéticos adaptados às áreas infestadas. O avanço nos trabalhos é dificultado pela condição perene da cultura e do período de tempo demandado para os clássicos testes de resistência a nematoides, especialmente quanto ao comportamento dessas fontes quando avaliadas em área infestada.

Um híbrido interespecífico derivado de um possível cruzamento espontâneo de *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, denominado Híbrido de Timor, constitui uma fonte de diversidade genética para o desenvolvimento de novas cultivares (RODRIGUES JÚNIOR; GOLÇALVES; VÁRZEA, 2004). O programa de melhoramento genético desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em parceria com outras instituições tem obtido sucesso com o cruzamento do Híbrido de Timor diretamente com cultivares do grupo Catuaí. As progênies resultantes

desses cruzamentos vêm apresentando produtividades promissoras, aliada a resistência ao agente causal da ferrugem e ao nematoide das galhas (BONOMO et al., 2004; MIRANDA; PERECIN; PEREIRA, 2005; SILVA et al., 2007).

Em função do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento agronômico de progênies oriundas do cruzamento de Híbrido de Timor com Catuaí, de forma a selecioná-las em área naturalmente infestada por *M. exigua*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do local do experimento

O experimento foi instalado em dezembro de 2000 em uma área infestada por *M. exigua*, logo após o arranquio de uma antiga lavoura de café, sem que ocorresse o revolvimento do solo, na Fazenda Ouro Verde, propriedade particular, situada no Município de Campos Altos, na região do Alto Paranaíba de Minas Gerais, a 19°41'47" de latitude Sul, 46°10'17" de longitude e altitude média de 1230 m. A temperatura média anual é 17,6°C, com precipitação média de 1830 mm. O tipo de solo é o Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, com textura argilosa e relevo plano.

O material utilizado no experimento compreende 23 progênies com potencial para resistência ao nematoide das galhas e sete cultivares utilizadas como testemunhas (Tabela 1). As progênies estudadas referem-se à quarta geração do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuaí e 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 participação da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Tabela 1 Relação e genealogia das progênies em geração F₄ avaliadas no município de Campos Altos – MG

Nº	Progênies	Origem
1	514-5-4-C25	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
2	436-1-4-C26	CV IAC 99 x HT UFV 442-42
3	518-7-6-C71	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
4	514-7-14-C73	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
5	514-5-2-C101	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
6	516-8-2-C109	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
7	504-5-6-C117	CV IAC 81 x HT UFV 438-01
8	514-5-4-C121	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
9	514-7-4-C130	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
10	493-1-2-C134	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
11	505-9-2-C171	CV IAC 81 x HT UFV 438-52
12	518-2-6-C182	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
13	514-7-16-C208	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
14	514-7-16-C211	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
15	493-1-2-C218	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
16	438-7-2-C233	CA IAC 86 x HT UFV 451-41
17	514-7-16-C359	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
18	514-7-8-C364	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
19	518-2-10-C408	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
20	514-5-2-C494	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
21	518-2-4-C593	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
22	516-8-2-C568	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
23	518-2-6-C685	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
24	Catuai Vermelho IAC 99*	-
25	Catuai Amarelo IAC 62*	-
26	Topázio MG 1190*	-
27	Rubi MG 1192*	-
28	Acaia Cerrado MG 1474*	-
29	Icatu Precoce IAC 3282*	-
30	Icatu Amarelo IAC 2942*	-

CA: Catuai Amarelo; CV: Catuai Vermelho; HT: Híbrido de Timor.

*Cultivares utilizadas como testemunha.

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 120 parcelas, sendo cada parcela constituída por oito plantas. O espaçamento utilizado foi de 4,0 x 0,8 m nas entrelinhas e entre plantas, respectivamente, correspondendo a uma área total de 3072 m².

A implantação e a condução foram feitas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro, sendo as adubações realizadas conforme a 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999).

2.2 Características avaliadas

A característica produtividade em sacas de café beneficiado por hectare foi avaliada em oito colheitas (safras 2003/2004 a 2011/2012). As demais características agrônômicas foram avaliadas nas safras 2010/2011 e 2011/2012.

Produtividade (sacas de café beneficiado. ha⁻¹): A produção em litros de “café da roça” por parcela foi avaliada anualmente, à exceção do ano de 2008, sendo a colheita realizada no mês de julho de cada ano. Posteriormente, foi realizada a conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado. ha⁻¹ por aproximação de valores, considerando um rendimento médio de 480 litros de “café da roça” para cada saca de 60 kg de café beneficiado (CARVALHO et al., 2009).

Porcentagem de frutos no estágio “cereja”: Foi realizada por meio da contagem em uma amostra de 300 mL de frutos por parcela.

Porcentagem de frutos chochos: Foi realizada utilizando-se a metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1954), em que se coloca 100 frutos cereja em água, sendo considerados chochos aqueles que permaneceram na superfície.

Classificação do café (Peneira 17 acima): Essa análise foi realizada após o beneficiamento do café, passando-se uma amostra de 300 gramas pelo conjunto de peneiras (17/64 a 19/64). O material retido em cada peneira foi

pesado determinando-se a porcentagem de grãos peneira 17 e acima (BRASIL, 2003).

Renda: Depois de seca ao sol, uma amostra de cinco litros do café em coco foi pesada, beneficiada e pesada novamente para calcular a renda, o qual foi obtido dividindo-se o peso da amostra de café beneficiado pelo peso do café em coco e multiplicando por 100, para se obter a renda em porcentagem.

Vigor vegetativo: Foi avaliado 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).

2.3 Análises estatísticas

2.3.1 Análise de variância para a variável produtividade

Para a característica produtividade de café beneficiado a análise foi realizada em esquema de parcelas subdividas no tempo (STEEL; TORRIE, 1980), sendo as parcelas representadas pelas progênies e, as subparcelas, pelo conjunto de duas colheitas (biênio). Após a verificação das premissas da análise de variância (aditividade, independência, normalidade e homocedasticidade), o efeito dos tratamentos foi verificado, pelo teste F, a 1 % de probabilidade, e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade, utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

O seguinte modelo foi adotado para análise no esquema de parcelas subdividas no tempo, considerando o efeito do erro experimental, aleatório e os demais efeitos, fixos.

$$Y_{ijk} = m + p_i + b_j + (pb)_{ij} + c_k + (bc)_{jk} + (pc)_{ik} + e_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} : valor médio da progênie i, no bloco j, no biênio k

m: média geral

p_i : efeito da progênie i (i = 1, 2, ..., 30)

b_j : efeito do bloco j (j = 1,2,3,4)

$(pb)_{ij}$: efeito da interação da progênie i com o bloco j (erro a)

c_k : efeito do biênio k (k = 1,2,3,4)

$(bc)_{jk}$: efeito da interação do bloco j com o biênio k (erro b)

$(pc)_{ik}$: efeito da interação da progênie i com o biênio k

e_{ijk} : erro experimental (erro c)

2.3.2 Análise de variância para as demais características agronômicas

Para as análises de variâncias das características porcentagem de frutos cereja, chocho, peneira 17 acima, renda e notas de vigor considerou-se a média das safras 2010/2011 e 2011/2012, adotando-se significância de 1% de probabilidade, para o teste F. Quando diferenças significativas foram detectadas, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram feitas utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

O modelo adotado para a análise de variância foi:

$$Y_{ij} = m + b_j + p_i + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} : valor médio da progênie i, no bloco j

m : média geral

b_j : efeito do bloco j ($j = 1, 2, 3, 4$)

p_i : efeito da progênie i ($i = 1, 2, \dots, 30$)

e_{ij} : erro experimental

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que houve efeito significativo para a característica produtividade para as fontes de variação tratamentos, biênios e para a interação tratamentos x biênios (Tabela 2). A existência dessa interação evidencia diferença do comportamento das progênies em relação à produtividade ao longo dos anos avaliados. Esse resultado reflete as diferentes sensibilidades dos genótipos às mudanças do ambiente, sendo, portanto, um agravante nos programas de melhoramento (CARVALHO et al., 2008; CUCOLOTTO et al., 2007).

Tabela 2 Quadro da análise de variância para produtividade de grãos (sacas de café beneficiado. ha⁻¹) de 23 progênies e sete cultivares avaliadas em quatro biênios (2003/2004; 2005/2006; 2007/2009; 2010/2011) no município de Campos Altos - MG

FV	GL	SQ	QM	Fc
Bloco	3	63,6299	21,2099	1,094 ^{ns}
Tratamento	29	5231,4148	180,3936	9,306**
Erro a	87	1686,4372	19,3843	
Biênio	3	81557,6807	27185,8936	1466,644**
Erro b	9	166,8251	18,5361	
Trat x Biênio	87	2447,6697	28,1341	1,822**
Erro c	261	4031,2377	15,4454	
Média		19,69		
CV a (%)		22,36		
CV b (%)		21,87		
CV c (%)		19,96		

^{ns}: Não significativo e **: Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Na cultura do café, um fator significativo que interfere na variação de sua produção, próprio de sua natureza fisiológica, é a alternância bienal, de altas e baixas produtividades. Esse fator é comumente atribuído à diminuição das reservas das plantas em anos de safra com altas produtividades, o que faz com

que, em virtude do menor crescimento dos ramos plagiotrópicos, a produção no ano seguinte seja baixa (PEREIRA et al., 2011).

Sendo assim, o agrupamento das colheitas em biênios tem sido indicado para a redução do efeito da bienalidade, aumentando assim a precisão experimental (BONOMO et al., 2004; BOTELHO et al., 2010).

Nota-se que no primeiro biênio (Tabela 3), houve a formação de dois grupos distintos, um grupo superior, formado por 13 progênies, e outro, inferior, formado por 17 genótipos, no qual estão incluídas as sete cultivares utilizadas como testemunha. No segundo biênio também houve a formação de dois grupos, onde 16 progênies e o cultivar Catuaí Amarelo IAC-62 se destacaram. No terceiro e quarto biênio, a discriminação das progênies foi maior que nos biênios anteriores, com a diferenciação em três e quatro grupos de médias, respectivamente. No terceiro biênio, destacam-se as progênies 514-7-4-C130, 514-7-16-C21, 514-7-8-C364 e 518-2-10-C408 e no quarto biênio, as progênies 514-7-4-C130, 493-1-2-C134 e 518-2-10-C408 apresentaram as maiores médias de produtividade, superando principalmente as cultivares utilizadas como testemunha no experimento.

Tabela 3 Produtividade (sacas de café beneficiado.ha⁻¹) de 23 progênies e sete cultivares avaliadas em quatro biênios (2003/2004; 2005/2006; 2007/2009; 2010/2011) no município de Campos Altos – MG

Progênies	Biênio 1	Biênio 2	Biênio 3	Biênio 4	Média
514-5-4-C25	7,94b	11,60b	18,82b	39,67c	19,51b
436-1-4-C26	9,67a	12,92a	11,09c	48,52b	20,55b
518-7-6-C71	11,22a	14,40a	13,91c	40,04c	19,89b
514-7-14-C73	10,41a	17,19a	18,21b	43,78b	22,40b
514-5-2-C101	12,78a	15,65a	15,12c	42,70c	21,56b
516-8-2-C109	8,44b	15,57a	15,36c	42,52c	20,47b
504-5-6-C117	6,92b	11,29b	14,95c	39,67c	18,21c
514-5-4-C121	6,92b	11,70b	13,63c	32,45d	16,18c
514-7-4-C130	12,62a	20,55a	22,89a	49,90a	26,49a
493-1-2-C134	11,80a	16,89a	19,73b	55,57a	26,00a
505-9-2-C171	3,56b	9,16b	12,72c	41,30c	16,68c
518-2-6-C182	6,48b	9,80b	11,65c	47,83b	18,94c
514-7-16-C208	9,71a	14,78a	17,44b	46,25b	22,04b
514-7-16-C211	8,15b	13,47a	22,11a	39,05c	20,69b
493-1-2-C218	9,87a	15,46a	16,28b	46,08b	21,92b
438-7-2-C233	4,83b	9,87b	13,78c	37,13c	16,40c
514-7-16-C359	7,63b	13,63a	14,85c	46,08b	20,55b
514-7-8-C364	10,38a	16,48a	20,85a	37,89c	21,40b
518-2-10-C408	13,36a	14,88a	24,15a	50,52a	25,73a
514-5-2-C494	12,73a	16,02a	16,80b	47,01b	23,14b
518-2-4-C593	9,39a	12,96a	16,54b	40,66c	19,89b
516-8-2-C568	10,32a	15,52a	16,50b	42,25c	21,14b
518-2-6-C685	6,06b	8,22b	10,46c	37,52c	15,57d
Catuai Vermelho IAC 99	7,22b	11,49b	17,19b	38,96c	18,72c
Catuai Amarelo IAC 62	7,53b	12,51a	19,53b	42,32c	20,47b
Topázio MG 1190	3,36b	6,82b	15,57c	31,13d	14,22d
Rubi MG 1192	5,92b	8,07b	13,68c	40,02c	16,92c
Acaia Cerrado MG 1474	4,89b	7,32b	8,70c	32,86d	13,44d
Icatu Precoce IAC 3282	5,42b	6,82b	10,16c	36,88c	14,82d
Icatu Amarelo IAC 2942	5,48b	10,23b	14,00c	37,01c	16,68c
Média	8,37D	12,71C	15,89B	41,79A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Analisando-se o desempenho das três melhores progênies (514-7-4-C130, 493-1-2-C134 e 518-2-10-C408), na média dos quatro biênios, observa-se

que sempre estiveram no grupo das mais produtivas ao longo dos anos (Tabela 3). Esses resultados concordam com Bonomo et al. (2004), Carvalho et al. (2008) e Miranda, Perecin e Pereira (2005), os quais afirmam que progênies resultantes de cruzamentos de Híbrido de Timor x Catuaí vem-se apresentando promissoras e com produções iguais ou superiores às melhores cultivares do grupo Catuaí. Vale ressaltar que esse experimento está instalado em uma área infestada por *M. exigua* e o fato das progênies apresentarem produtividades médias satisfatórias indica possível resistência/tolerância ao nematoide das galhas. Dessa forma, comparando-se a produtividade das progênies 514-7-4-C130, 493-1-2-C134 e 518-2-10-C408 em relação às sete testemunhas, observa-se que houve um incremento de aproximadamente 58% na produtividade das progênies na média das oito colheitas (Tabela 3).

A avaliação da produção por pelo menos quatro safras consecutivas se faz necessária para se obter sucesso no processo de seleção de uma progênie, considerando que o café é uma planta perene e a estabilidade de produção é alcançada na quarta colheita (CARVALHO, 1989; PEDRO et al., 2011). No presente trabalho as médias dos biênios apresentam uma evolução significativa (Tabela 3), sendo o último biênio expressivamente superior, mostrando um incremento da produtividade das progênies com o passar das colheitas, o que indica ineficiência da seleção, se fossem consideradas apenas as seis primeiras colheitas, uma vez que os anos de maior produtividade são mais favoráveis para seleção (BONOMO et al., 2004; MISTRO et al., 2007).

Na Tabela 4, são apresentados os resumos das análises de variância para as características porcentagem de frutos cereja, chocho, peneira 17 acima, renda e notas de vigor. Houve diferenças significativas para todas as características avaliadas, indicando comportamento diferenciado das progênies nas condições deste ensaio. O coeficiente de variação permaneceu entre 6,13% (renda) e 17,93% (frutos chochos) revelando boa precisão experimental.

Tabela 4 Resumo da análise de variância para porcentagem de frutos cereja, de frutos chochos, de grãos retidos na peneira 17 acima, de renda e notas de vigor de 23 progênies e sete cultivares avaliadas nas safras 2010/2011 e 2011/2012 no município de Campos Altos - MG

FV	GL	Quadrado Médio				
		Cereja(%)	Chucho(%)	Peneira(%)	Renda(%)	Vigor
Tratamento	29	336,1794**	97,7431**	428,5528**	24,2813**	2,0924**
Bloco	3	47,6461 ^{ns}	2,3806 ^{ns}	316,1807**	3,3611 ^{ns}	0,8354**
Resíduo	87	42,2421	2,9165	25,2925	7,6070	0,1864
CV(%)		12,79	17,93	14,88	6,13	6,25
Média		50,80	9,53	33,80	44,98	6,90

^{ns} : Não significativo e **: Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Sabe-se que um dos grandes problemas encontrados na maioria das cultivares de cafeeiro é a baixa uniformidade de maturação dos frutos (NOGUEIRA et al., 2005). O café, por apresentar mais de uma florada, proporciona, em uma mesma planta, frutos em diferentes fases de maturação: verde, cereja, passa e seco. Devido a essa característica, é importante que a colheita seja efetuada quando a maioria dos frutos se encontre no estágio cereja, sendo este ideal para se conseguir cafés de melhor qualidade em função dos frutos apresentarem sua maturação fisiológica completa (CARVALHO; CHALFOUN, 2000).

Verifica-se nesse trabalho que para a porcentagem de frutos colhidos no estágio cereja (Tabela 5), houve a formação de três grupos, onde as progênies que tiveram melhor desempenho variaram de 52,45 a 66,00%, e foram superiores as sete cultivares utilizadas como testemunha, mostrando-se promissoras por apresentarem um maior percentual de frutos maduros.

Uma das anomalias que ocorrem nos frutos de café é a ausência de semente em um dos locos. Observa-se pela Tabela 5 que houve a formação de cinco grupos para o percentual de frutos com grãos chochos, onde o grupo com as melhores médias apresentou uma amplitude de variação de 4 a 7%. Segundo Carvalho et al. (2006), uma cultivar é considerada satisfatória para o melhorista

quando apresenta valor igual ou superior a 90,0% de frutos normais, visto que grande parte das cultivares comerciais apresentam porcentagem de frutos normais próximo a esse valor. Portanto, essas progênies se apresentaram na faixa considerada ideal para esta característica.

Tabela 5 Porcentagem de frutos cereja, de frutos chochos, de grãos retidos nas peneiras 17 acima, de renda e vigor vegetativo de 23 progênies e sete cultivares avaliadas nas safras 2010/2011 e 2011/2012 no município de Campos Altos – MG

Progênies	%Cereja	%Chocho	%Peneira	%Renda	Vigor
514-5-4-C25	44,21b	15,00d	30,64e	44,38b	6,06c
436-1-4-C26	58,69a	15,00d	21,73f	45,52a	7,63a
518-7-6-C71	60,07a	5,50a	52,67b	47,96a	6,63c
514-7-14-C73	53,88a	12,00c	40,97c	42,79b	7,38b
514-5-2-C101	33,98c	5,25a	34,50d	50,28a	6,75c
516-8-2-C109	56,90a	7,00a	21,48f	42,00b	8,13a
504-5-6-C117	52,61a	13,25c	35,09d	44,86b	6,31c
514-5-4-C121	43,76b	19,25e	33,01d	43,54b	6,94b
514-7-4-C130	55,51a	6,75a	43,21c	45,76a	7,00b
493-1-2-C134	62,00a	4,25a	58,69a	45,46a	8,06a
505-9-2-C171	49,39b	8,00b	32,31e	44,66b	6,56c
518-2-6-C182	59,14a	8,00b	42,28c	40,23b	7,13b
514-7-16-C208	66,00a	5,75a	21,25f	46,24a	7,63a
514-7-16-C211	63,63a	7,00a	17,41f	45,61a	7,94a
493-1-2-C218	58,10a	12,75c	46,94b	43,76b	7,13b
438-7-2-C233	55,55a	11,00b	27,64e	44,27b	5,75d
514-7-16-C359	57,19a	16,50d	26,18e	42,43b	7,19b
514-7-8-C364	41,98b	6,25a	15,53f	44,20b	7,38b
518-2-10-C408	55,73a	4,00a	39,54c	49,92a	7,56a
514-5-2-C494	44,60b	6,00a	41,22c	46,40a	7,19b
518-2-4-C593	52,45a	20,88e	29,76e	38,82b	7,44b
516-8-2-C568	58,47a	20,25e	44,84c	43,45b	7,13b
518-2-6-C685	43,68b	8,50b	35,91d	44,61b	6,38c
Catuaí Verm. IAC 99	43,85b	7,50b	40,34c	44,79b	6,94b
Catuaí Amar. IAC 62	49,33b	4,25a	35,82d	46,43a	7,13b
Topázio MG 1190	49,33b	9,00b	28,02e	47,16a	6,44c
Rubi MG 1192	45,87b	5,75a	35,57d	47,58a	6,56c
Acaia Cerrado MG 1474	29,51c	5,50a	34,93d	45,56a	5,38d
Icatu Precoce IAC 3282	32,76c	9,25b	27,68e	47,29a	5,31d
Icatu Amar. IAC 2942	45,99b	6,38a	18,78f	43,61b	6,13c

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

A classificação por peneira é de extrema importância, uma vez que sementes de maior tamanho ou maior densidade são de qualidade fisiológica superior à das sementes de menor tamanho ou menor densidade (GIOMO; NAKAGAWA; GALLO, 2008). Além disso, essa característica está diretamente relacionada ao aspecto físico do produto, proporcionando maior uniformidade do lote a ser processado e conseqüentemente, melhoria na qualidade de bebida do café.

Com relação aos grãos retidos na peneira 17 acima (Tabela 5), observa-se a formação de seis grupos, revelando uma grande variabilidade para essa característica. Segundo Carvalho et al. (2008), progênies derivadas do germoplasma Híbrido de Timor vêm apresentando grande variabilidade para tamanho de peneira, o que para o melhoramento genético é extremamente desejável, possibilitando a seleção de cafeeiros para esta característica. A progênie 493-1-2-C134 foi a que apresentou o melhor resultado para essa variável, com 58,69% de grãos retidos na peneira 17 acima. Vale ressaltar que essa progênie, além de apresentar valores de peneira alta, também se destacou em produtividade, ou seja, aliou alta produtividade com alto percentual de grãos de peneira alta, fato este, muito desejável aos melhoristas e produtores de café.

Ao analisar a média da renda, nota-se pela Tabela 5, que houve a formação de dois grupos para essa característica. Segundo Medina Filho e Bordignon (2003), é usual adotar o rendimento de café em coco para café beneficiado na relação de 2:1, sendo assim, dois quilos de café em coco, após o descascamento, resultam em um quilo de café beneficiado, ou seja, 50%. De acordo com esses autores essa renda varia, normalmente, de 45% a 55%, podendo chegar, em situações raras, aos extremos de 40% e 60%, conforme condições de clima e cultivo. No presente trabalho, o grupo com as maiores médias para essa característica variou de 45,46 a 50,28%, estando dentro dos padrões relatados na literatura (CARVALHO et al., 2011; PAIVA et al., 2010).

No que se refere ao vigor vegetativo das plantas (Tabela 5), que está relacionado com a capacidade de adaptação das cultivares nas diferentes condições edafoclimáticas em que são cultivadas e também com a produtividade, as progênies 436-1-4-C26, 516-8-2-C109, 493-1-2-C134, 518-2-10-C408, 514-7-16-C211 e 514-7-16-C208 apresentaram as maiores notas, variando de 7,63 a 8,13, sendo superiores às cultivares Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Vermelho IAC 99, Icatu Amarelo IAC 2942, Icatu Precoce IAC 3282, Rubi MG 1192, Topázio MG 1190 e Acaíá Cerrado MG 1474, que são consideradas por Matiello et al. (2005) materiais de vigor médio a alto.

Esses resultados corroboram com Bonomo et al. (2004) e Carvalho et al. (2008), que trabalhando com progênies oriundas do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuaí, encontraram progênies com vigor vegetativo superior à cultivar Catuaí Vermelho IAC 15, utilizada como testemunha nos dois experimentos.

4 CONCLUSÕES

- As progênies apresentam grande variabilidade para as características agronômicas estudadas;
- As progênies 514-7-4-C130, 493-1-2-C134 e 518-2-10-C408 apresentam os maiores valores de produtividade na média dos quatro biênios avaliados, permanecendo no grupo das mais produtivas ao longo dos anos;
- A progênie 493-1-2-C134 se destaca em todas as características analisadas, mostrando-se promissora para o avanço de gerações.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro: ocorrência de lojas vazias em frutos de café "Mundo Novo". **Bragantia**, Campinas, v. 13, p. 165-179, 1954.
- BONOMO, P. et al. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 207-219, 2004.
- BOTELHO, C. E. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas pelo cruzamento de 'Icatu' com 'Catimor'. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 3, p. 274-281, maio/jun. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8**, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado Grão Cru. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.abic.com.br/arquivos/abi_nm_ald_inst_normativa0.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2011.
- 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, A. M. et al. Avaliação de progênies de cafeeiros obtidas do cruzamento entre 'Catuaí' e 'Híbrido de Timor'. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 9, n. 2, p. 249-253, 2008.
- CARVALHO, C. H. S. et al. Características agronômicas e morfológicas de cafeeiro 'Catuaí Vermelho' propagado por embriogênese somática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 378-383, abr. 2011.
- CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F4 obtidas por cruzamentos de 'Icatu' com 'Catimor'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 2009.
- _____. Seleção de progênies oriundas do cruzamento entre 'Catuaí' e 'Mundo Novo' em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 583-590, 2006.

CARVALHO, S. P. **Metodologias de avaliação do desempenho de progênies do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 1989. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1989.

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. **Colheita e preparo de café**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 36 p.

CUCOLOTTO, M. et al. Genotype x environment interaction in soybean: evaluation through three methodologies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 3, p. 270-277, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

GIOMO, G. S.; NAKAGAWA, J.; GALLO, P. B. Beneficiamento de sementes de café e efeitos na qualidade fisiológica. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1011-1020, 2008.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2005. 438 p.

MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Rendimento Intrínseco: um critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. **O Agrônomo**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 24-26, 2003.

MIRANDA, J. M.; PERECIN, D.; PEREIRA, A. A. Produtividade e resistência à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) de progênies F₅ de Catuaí Amarelo com o Híbrido de Timor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1195-1200, nov./dez. 2005.

MISTRO, J. C. et al. Estimates of genetic parameters in arabic coffee derived from the Timor hybrid. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 2, p. 141-147, 2007.

NOGUEIRA, A. M. et al. Avaliação da maturação dos frutos de linhagens das cultivares Catuaí Amarelo e Catuaí Vermelho (*Coffea arabica* L.) plantadas individualmente e em combinações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 18-26, jan./fev. 2005.

PAIVA, R. N. et al. Comportamento agronômico de progênies de cafeeiro (*coffea arabica* L.) em Varginha, MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 49-58, jan./abr. 2010.

PEDRO, F. C. et al. Comportamento agronômico de progênies F₄ de cafeeiros oriundos do cruzamento entre os cultivares Mundo Novo e Catuaí. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 3, p. 315-322, jun. 2011.

PEREIRA, S. P. et al. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 152-160, fev. 2011.

RODRIGUES JÚNIOR, C. J.; GONÇALVES, M. M.; VÁRZEA, V. M. P. Importância do Híbrido de Timor para o território e para o melhoramento da cafeicultura mundial. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 27, n. 2, p. 203-213, 2004.

SILVA, R. V. et al. Reação de progênies de cafeeiro da cultivar Catiguá MG 3 a quatro populações de *Meloidogyne exigua*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2007. 1 CD-ROM.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. K. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

CAPÍTULO 3

Identificação de progênies de *Coffea arabica* resistentes ao *Meloidogyne exigua*

RESUMO

A avaliação do comportamento de genótipos de cafeeiro quanto à resistência a *Meloidogyne exigua*, em condições de campo, é escassa nos programas de melhoramento genético do cafeeiro. Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o comportamento de progênies oriundas do cruzamento de Híbrido de Timor com Catuaí, em área naturalmente infestada com *M. exigua*, visando caracterizar e selecionar progênies com boa produtividade e resistência ao nematoide. O experimento foi instalado, na Fazenda Ouro Verde, situada no Município de Campos Altos-MG, compreendendo 23 progênies com potencial para resistência ao nematoide das galhas e sete cultivares utilizadas como testemunha (Catuaí Vermelho IAC 99, Catuaí Amarelo IAC 62, Topázio MG 1190, Rubi MG 1192, Acaiaí Cerrado MG 1474, Icatu Precoce IAC 3282 e Icatu Amarelo IAC 2942). As progênies estudadas referem-se à quarta geração do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuaí e foram obtidas no programa de melhoramento genético do cafeeiro conduzido em Minas Gerais, coordenado pela EPAMIG/UFV/UFLA. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 120 parcelas, sendo cada parcela constituída por oito plantas. O espaçamento utilizado foi de 4,0 x 0,8 m nas entrelinhas e entre plantas, respectivamente, correspondendo a uma área total de 3072 m². A produtividade em sacas de café beneficiado/ha foi avaliada nas safras 2010/2011 a 2011/2012. As características referentes à resistência genética dos cafeeiros a *M. exigua* (número de ovos/grama de raiz (NOGR) e número de galhas (NG)), foram avaliadas em duas épocas, Janeiro e Julho de 2011. A partir desses dados foi realizada a análise de variância e detectando diferenças significativas, as médias foram agrupadas pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional SISVAR. Efetuou-se também a análise de correlação de Pearson entre as variáveis. Conclui-se que o parasitismo de *M. exigua* nas raízes dos cafeeiros interfere negativamente na produtividade e existe correlação positiva de alta magnitude entre NG e NOGR. Quanto à reação ao *M. exigua*, as progênies 436-1-4-C26, 514-7-14-C73, 514-7-4-C130, 493-1-2-C134, 514-7-16-C208, 493-1-2-C218 e 514-5-2-C494 se mostram resistentes.

Palavras-chave: Café. Híbrido de Timor. Nematoide das galhas. Melhoramento.

ABSTRACT

The evaluation of behavior of coffee genotypes for resistance to *Meloidogyne exigua*, under field conditions, is scarce in the coffee breeding programs. This work aimed at evaluating the performance of progenies from the cross of Timor Hybrid with Catuaí in naturally infested area by *M. exigua*, in order to characterize and select progenies with superior yield and resistance to nematode. The experiment was conducted at Ouro Verde Farm, located at Campos Altos city/MG. The plant material consisted of 23 progenies with potential for resistance to root-knot nematode and seven cultivars used as checks (Catuaí Vermelho IAC 99, Catuaí Amarelo IAC 62, Topázio MG 1190, Rubi MG 1192, Acaiá Cerrado MG 1474, Icatu Precoce IAC 3282 and Icatu Amarelo IAC 2942). The progenies refer to the fourth generation from cross between Timor Hybrid and Catuaí and they were obtained from the coffee breeding program conducted by EPAMIG/UFV/UFLA in Minas Gerais State. The experimental design was randomized blocks with four replications, totaling 120 plots and each plot consisted of eight plants. The spacing used was 4.0 x 0.8 m between rows and plants, respectively, corresponding to a total area of 3072 m². Productivity in bags of conditioned coffee per ha was evaluated in harvests 2010/2011 and 2011/2012. The genetic characteristics of the resistance of coffee trees to *M. exigua* (number of eggs/gram of root (NEGR) and number of galls (NG)) were evaluated in two times, in January and July 2011. From these data, the analysis of variance was done and, in case of detection of significant differences, the means were grouped by Skott-Knott test at 5% probability, using the computer program SISVAR. The Pearson correlation analysis was also done between variables. The results show that parasitism of *M. exigua* in roots of coffee interferes negatively on productivity and there is positive correlation with high magnitude between NG and NEGR. As regards the reaction to *M. exigua*, the progenies 436-1-4-C26, 514-7-14-C73, 514-7-4-C130, 493-1-2-C134, 514-7-16-C208, 493-1-2-C218 and 514-5-2-C494 are shown resistant.

Keywords: Coffee. Timor Hybrid. Root-knot nematode. Breeding.

1 INTRODUÇÃO

A presença de fitonematoides, principalmente do gênero *Meloidogyne*, nas lavouras das principais regiões cafeeiras do país (BARBOSA et al., 2004b; CASTRO et al., 2008), tem sido um dos principais fatores limitantes à produção de café, causando sérios prejuízos aos cafeicultores, e até mesmo, em alguns casos, inviabilizando a atividade.

Dentre as espécies de *Meloidogyne* que parasitam o cafeeiro, *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887 pode ser considerada a de maior importância devido a sua ampla disseminação e capacidade adaptativa a diversas regiões. Esses nematoides podem provocar alterações no estado nutricional da cultura, decorrente da deficiente absorção e translocação de água e nutrientes, acarretando em queda na produtividade (BARBOSA et al., 2004a; BARBOSA; SOUZA; VIEIRA, 2010).

A erradicação dos nematoides em uma área infestada é praticamente impossível. Os nematicidas utilizados para a cultura do café, além do custo elevado, são voláteis e altamente tóxicos a outros organismos, representando um risco à segurança humana e ambiental. A demanda por medidas eficazes e ambientalmente corretas no manejo dos nematoides tem sido detectada em encontros técnicos onde os produtores demonstram o interesse por alternativas tecnicamente viáveis que minimizem os impactos ambientais e proporcionem uma agricultura sustentável.

Sendo assim, a resistência de plantas é considerada como uma das principais medidas de manejo dos nematoides, por ser um método ambientalmente seguro, econômico e eficaz. Progenies derivadas do cruzamento entre Híbrido de Timor com outras cultivares vêm se mostrando promissoras, aliando altas produtividades com resistência a diversos patógenos que atacam o

cafeeiro, inclusive o *M. exigua* (MIRANDA; PERECIN; PEREIRA, 2005; RIBEIRO et al., 2005).

A avaliação do comportamento de genótipos de cafeeiro quanto à resistência a *M. exigua*, em condições de campo, é escassa nos programas de melhoramento genético do cafeeiro. Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o comportamento de progênies oriundas do cruzamento de Híbrido de Timor com Catuaí, em área naturalmente infestada com *M. exigua*, visando caracterizar e selecionar progênies com boa produtividade e resistência ao nematoide.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do local do experimento

O experimento foi instalado em dezembro de 2000 em uma área infestada por *Meloidogyne exigua*, logo após o arranquio de uma antiga lavoura de café, sem que ocorresse o revolvimento do solo, na Fazenda Ouro Verde, propriedade particular, situada no Município de Campos Altos, na região do Alto Paranaíba de Minas Gerais, a 19°41'47" de latitude Sul, 46°10'17" de longitude e altitude média de 1230 m. A temperatura média anual é 17,6°C, com precipitação média de 1830 mm. O tipo de solo é o Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, com textura argilosa e relevo plano.

O material utilizado no experimento compreende 23 progênies com potencial para resistência ao nematoide das galhas, e sete cultivares utilizadas como testemunhas (Tabela 1). As progênies estudadas referem-se à quarta geração do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuaí e 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 participação da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Tabela 1 Relação e genealogia das progênies em geração F₄ avaliadas no município de Campos Altos – MG

Nº	Progênies	Origem
1	514-5-4-C25	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
2	436-1-4-C26	CV IAC 99 x HT UFV 442-42
3	518-7-6-C71	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
4	514-7-14-C73	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
5	514-5-2-C101	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
6	516-8-2-C109	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
7	504-5-6-C117	CV IAC 81 x HT UFV 438-01
8	514-5-4-C121	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
9	514-7-4-C130	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
10	493-1-2-C134	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
11	505-9-2-C171	CV IAC 81 x HT UFV 438-52
12	518-2-6-C182	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
13	514-7-16-C208	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
14	514-7-16-C211	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
15	493-1-2-C218	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
16	438-7-2-C233	CA IAC 86 x HT UFV 451-41
17	514-7-16-C359	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
18	514-7-8-C364	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
19	518-2-10-C408	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
20	514-5-2-C494	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
21	518-2-4-C593	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
22	516-8-2-C568	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
23	518-2-6-C685	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
24	Catuai Vermelho IAC 99*	-
25	Catuai Amarelo IAC 62*	-
26	Topázio MG 1190*	-
27	Rubi MG 1192*	-
28	Acaia Cerrado MG 1474*	-
29	Icatu Precoce IAC 3282*	-
30	Icatu Amarelo IAC 2942*	-

CA: Catuai Amarelo; CV: Catuai Vermelho; HT: Híbrido de Timor

*Cultivares utilizadas como testemunha.

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 120 parcelas, sendo cada parcela constituída por oito plantas. O espaçamento utilizado foi de 4,0 x 0,8 m nas entrelinhas e entre plantas, respectivamente, correspondendo a uma área total de 3072 m².

A implantação e a condução foram feitas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro, sendo as adubações realizadas conforme a 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999).

2.2 Características avaliadas

Produtividade (sacas de café beneficiado. ha⁻¹): A produção em litros de “café da roça” por parcela foi avaliada nas safras 2010/2011 e 2011/2012, sendo a colheita realizada no mês de julho de cada ano. Posteriormente, foi realizada a conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado.ha⁻¹ por aproximação de valores, considerando um rendimento médio de 480 litros de “café da roça” para cada saca de 60 kg de café beneficiado (CARVALHO et al., 2009).

Resistência genética dos cafeeiros a *Meloidogyne exigua*: A resistência das progênes foi avaliada por meio da quantificação da população de nematoides nas raízes dos cafeeiros em duas épocas, Janeiro e Julho de 2011. Para isto, foram coletadas amostras de raízes na profundidade de 20-40 cm, nos dois lados da planta, perpendiculares à linha de plantio, na quantidade aproximada de 50 g em cada planta da parcela, que depois de misturadas em um balde foram retiradas 100 g de raízes para formar a amostra composta de cada parcela experimental. Em laboratório, as raízes foram lavadas e quantificou-se o número de galhas em 15 gramas de raiz, em todas as amostras coletadas. Posteriormente, a extração dos nematoides das raízes foi feita pela metodologia de Hussey e Barker (1973). A população de *M. exigua* foi avaliada por meio da quantificação dos ovos por grama de raiz em microscópio biológico de objetiva invertida utilizando lâmina de contagem.

2.3 Análises estatísticas

2.3.1 Correlação de Pearson

A partir dos dados de número de ovos por grama de raiz, número de galhas e da produtividade (Biênio 2010/2011) de cada parcela, efetuou-se a análise de correlação de Pearson, com significância, a 1% de probabilidade, pelo teste T, utilizando-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

A fórmula para se calcular o coeficiente de correlação de Pearson (r) está descrita abaixo.

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \times \sum Y}{n}}{(n-1) \times s_x \times s_y}$$

onde:

r: coeficiente de correlação de Pearson

$\sum XY$: soma dos produtos entre os valores de X e Y

$\sum X \times \sum Y$: produto da soma dos valores de X e Y

n: número de amostras de X e Y

S_x e S_y : desvios padrões de X e Y

2.3.2 Análise de variância para a variável produtividade

Para a análise de variância da produtividade (sacas de café beneficiado. ha⁻¹) considerou-se a média de duas colheitas das safras 2010/2011 e 2011/2012 (biênio 2010-2011), adotando-se significância de 1 % de probabilidade, para o teste F. Detectando-se diferenças significativas, as médias foram agrupadas pelo

teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram feitas utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

O modelo adotado para a análise de variância foi:

$$Y_{ij} = m + b_j + p_i + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} : valor médio da progênie i , no bloco j

m : média geral

b_j : efeito do bloco j ($j= 1,2,3,4$)

p_i : efeito da progênie i ($i = 1, 2, \dots, 30$)

e_{ij} : erro experimental

2.3.3 Análise de variância para as características relacionadas à resistência genética dos cafeeiros a *Meloidogyne exigua*

Para as variáveis número de ovos/grama de raiz (NOGR) e número de galhas (NG) utilizou-se a metodologia de Box-Cox (BOX; COX, 1964) para encontrar uma transformação para estabilizar ou reduzir a heterogeneidade de variância e normalizar os resíduos, conforme a expressão:

$$Y = \frac{(y^\lambda - 1)}{\lambda}$$

onde:

Y : é a variável transformada

y : é a variável sem transformação

λ : são valores no intervalo de $[-2,2]$

Utilizando o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011), as melhores transformações foram obtidas onde λ assumiu os valores de 0,22 e 0,30 para as variáveis NOGR e NG, respectivamente.

Após a transformação de dados, as variáveis NOGR e NG foram submetidas a análise de variância no esquema de parcelas subdividas no tempo (STEEL; TORRIE, 1980), sendo as parcelas representadas pelas progênie e, as subparcelas, pelas épocas de avaliação, conforme o modelo estatístico abaixo:

$$Y_{ijk} = m + p_i + b_j + (pb)_{ij} + a_k + (ba)_{jk} + (pa)_{ik} + e_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} : valor médio da progênie i, no bloco j, na época k

m: média geral

p_i : efeito da progênie i (i = 1, 2, ..., 30)

b_j : efeito do bloco j (j= 1,2,3,4)

$(pb)_{ij}$: efeito da interação da progênie i com o bloco j (erro a)

a_k : efeito da época k (k= 1,2)

$(ba)_{jk}$: efeito da interação do bloco j com a época k (erro b)

$(pa)_{ik}$: efeito da interação da progênie i com a época k

e_{ijk} : erro experimental (erro c)

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SISVAR, desenvolvido por Ferreira (2008). Foi verificada a significância, a 1% de probabilidade, pelo teste F e, detectando-se diferenças entre os tratamentos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em experimentos agrícolas é de extrema importância verificar se existem relações entre duas ou mais variáveis, isto é, saber se as alterações sofridas por uma das variáveis são acompanhadas por alterações nas outras. Diante disso, foi determinado o coeficiente de correlação de Pearson para todas as características avaliadas (Tabela 2).

A análise de correlação mostrou que a produtividade de café foi inversamente correlacionada com o número de ovos/grama de raiz (-0,57) e número de galhas (-0,57), revelando que a infestação de *M. exigua* interfere negativamente na produtividade do cafeeiro (Tabela 2). Esses resultados corroboram com Barbosa et al. (2004a) e Barbosa, Souza e Vieira (2010), que observaram reduções significativas na produtividade de cafeeiros em área infestada por *M. exigua*.

Tabela 2 Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis produtividade (sc.ha^{-1}), número de ovos/grama de raiz (NOGR) e número de galhas (NG) avaliadas em uma área naturalmente infestada por *M. exigua* no município de Campos Altos – MG

	Produtividade ⁽¹⁾	NOGR ⁽²⁾
NOGR ⁽²⁾	-0,57**	
NG ⁽²⁾	-0,57**	0,94**

⁽¹⁾ Biênio 2010-2011;

⁽²⁾ Dados médios das duas épocas de avaliação (Janeiro e Julho de 2011);

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de t.

Correlação positiva de alta magnitude foi detectada entre as variáveis NOGR e NG (0,94) (Tabela 2). Esse resultado está de acordo com Silva et al. (2006, 2007), que encontraram uma relação numérica direta do número de galhas induzidas por *M. exigua* com a reprodução do nematoide verificada pelo número de ovos e fator de reprodução. No entanto, segundo Moura (1997), a presença de galhas é um aspecto sintomatológico e em cultivares resistentes ao

M. exigua pode haver formação de galhas sem que haja reprodução do nematoíde, e que em algumas plantas suscetíveis pode não ocorrer a formação das mesmas, sendo um critério inconsistente para ser utilizado na avaliação de fontes de resistência.

Foram detectadas diferenças significativas para todas as características avaliadas (Tabelas 3 e 4). Para as variáveis número de ovos/grama de raiz (NOGR) e número de galhas (NG) observa-se efeito significativo apenas para a fonte de variação tratamentos (Tabela 4), indicando que os níveis populacionais de *M. exigua* nas raízes dos cafeeiros e o comportamento das progênies mantiveram-se constantes na época das chuvas (Janeiro) e das secas (Julho). Resultados contraditórios são encontrados na literatura em relação a densidade populacional dos nematoides nas raízes dos cafeeiros e precipitação pluviométrica. Souza, Volpato e Viana (2008) encontraram um aumento populacional de *M. exigua* nas raízes na estação seca e uma redução na estação chuvosa. Já Avelino et al. (2009) detectaram em condições de baixa precipitação, nula ou baixa densidade populacional de *M. exigua* nas raízes.

Tabela 3 Quadro da análise de variância para produtividade de grãos (sacas de café beneficiado. ha⁻¹) de 23 progênies e sete cultivares avaliadas nas safras 2010/2011 e 2011/2012 (Biênio 2010-2011) no município de Campos Altos - MG

FV	GL	SQ	QM	Fc
Tratamento	29	3673,3327	126,6666	2,517**
Bloco	3	197,9826	65,9942	1,311 ^{ns}
Resíduo	87	4378,0817	50,3228	
Média		41,79		
CV (%)		16,98		

^{ns}: Não significativo e **: Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Tabela 4 Resumo da análise de variância para número de ovos/grama de raiz (NOGR) e número de galhas (NG) de 23 progênes oriundas do cruzamento de Híbrido de Timor com Catuaí e sete cultivares avaliadas no município de Campos Altos - MG

FV	GL	Quadrado Médio	
		NOGR ⁽¹⁾	NG ⁽²⁾
Tratamento	29	178,2912**	355,1845**
Bloco	3	653,7142**	109,5337 ^{ns}
Erro a	87	36,5386	43,9841
Época	1	762,2327 ^{ns}	12,8483 ^{ns}
Erro b	3	188,7413	28,9211
Tratamento x Época	29	23,1408 ^{ns}	13,0077 ^{ns}
Erro c	87	20,7407	14,2244
Média		13,49	14,44
CV a (%)		44,80	45,92
CV b (%)		101,82	37,24
CV c (%)		33,75	26,12

⁽¹⁾ Dados transformados em $(y^{0,22} - 1) / 0,22$

⁽²⁾ Dados transformados em $(y^{0,3} - 1) / 0,3$

^{ns}: Não significativo e **: Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Nota-se, pela Tabela 5, a formação de dois grupos para a característica produtividade, onde dez progênes apresentaram superioridade em relação às cultivares utilizadas como testemunha, corroborando com resultados encontrados na literatura, em que mesmo em áreas isentas de nematoides, progênes derivadas do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuaí vem apresentando produtividades iguais ou superiores às melhores cultivares do grupo Catuaí (BONOMO et al., 2004; CARVALHO et al., 2008; MIRANDA; PERECIN; PEREIRA, 2005).

Tabela 5 Produtividade de grãos em sacas. ha⁻¹ (PROD), número de ovos/grama de raiz (NOGR), graus de resistência (GR) e número de galhas (NG), de 23 progênies e sete cultivares avaliadas no município de Campos Altos – MG

Progênies	PROD ⁽¹⁾	NOGR ⁽²⁾	GR ⁽³⁾	NG ⁽²⁾
514-5-4-C25	39,67b	883b	I	268b
436-1-4-C26	48,52a	721a	R	358b
518-7-6-C71	40,04b	1895b	I	598b
514-7-14-C73	43,78a	864a	R	347b
514-5-2-C101	42,70b	568a	MR	67a
516-8-2-C109	42,52b	350a	MR	86a
504-5-6-C117	39,67b	479a	MR	246b
514-5-4-C121	32,45b	1525b	I	581c
514-7-4-C130	49,90a	258a	R	31a
493-1-2-C134	55,57a	80a	R	7a
505-9-2-C171	41,30b	2447c	S	675c
518-2-6-C182	47,83a	1823b	T	790c
514-7-16-C208	46,25a	763a	R	217a
514-7-16-C211	39,05b	1252b	I	522c
493-1-2-C218	46,08a	280a	R	475c
438-7-2-C233	37,13b	3076c	S	684c
514-7-16-C359	46,08a	1083b	T	410c
514-7-8-C364	37,89b	141a	MR	38a
518-2-10-C408	50,52a	1215b	T	213b
514-5-2-C494	47,01a	845a	R	231b
518-2-4-C593	40,66b	394a	MR	27a
516-8-2-C568	42,25b	596a	MR	152a
518-2-6-C685	37,52b	3046c	S	1005c
Catuai Vermelho IAC 99	38,96b	2253c	S	702c
Catuai Amarelo IAC 62	42,32b	1681b	I	718c
Topázio MG 1190	31,13b	2592c	S	1239c
Rubi MG 1192	40,02b	2371c	S	903c
Acaia Cerrado MG 1474	32,86b	2704c	S	1044c
Icatu Precoce IAC 3282	36,88b	1399b	I	736c
Icatu Amarelo IAC 2942	37,01b	2812c	S	790c

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

⁽¹⁾ Biênio 2010-2011.

⁽²⁾ Médias sem transformação.

⁽³⁾ R: Resistente; MR: Moderadamente resistente; T: Tolerante; I: Intolerante; S: Suscetível.

Em programas de melhoramento visando resistência à *M. exigua*, a variabilidade genética existente nos genótipos de cafeeiros deve ser considerada, juntamente com a variabilidade do patógeno (SILVA et al., 2007). Para a variável número de ovos/grama de raiz (NOGR) (Tabela 5), observa-se alta amplitude de valores, com extremos de 80 (progênie 493-1-2-C134) e 3076 ovos/grama/raiz (438-7-2-C233). Dessa forma, percebe-se uma alta variabilidade genética entre as progênies, confirmando resultados encontrados na literatura (LASHERMES et al., 2000; SILVAROLLA; GONÇALVES; LIMA, 1998). Este fato pode ser explicado pela resistência do Híbrido de Timor à *M. exigua* ser proveniente da espécie *C. canephora*, apresentando segregação próxima de 3:1, controlada por um gene maior dominante, designado no loco *Mex - 1* (NOIR et al., 2003).

Tendo em vista a escassez de uma escala de classificação do comportamento de cafeeiros em área naturalmente infestada por *M. exigua*, o presente trabalho propõe uma classificação baseada no agrupamento do teste de médias para produtividade e número de ovos/grama de raiz (Tabela 6).

Tabela 6 Classificação do comportamento de cafeeiros baseado no agrupamento de médias do teste de Scott-Knott para produtividade de grãos em sacas.ha⁻¹ (PROD) e número de ovos/grama de raiz (NOGR), em uma área naturalmente infestada por *M. exigua*, no município de Campos Altos – MG

PROD ⁽¹⁾	NOGR ⁽²⁾	Graus de resistência/suscetibilidade
a	a	Resistente
b	a	Moderadamente resistente
a	b	Tolerante
b	b	Intolerante
b	c	Suscetível

⁽¹⁾ a: grupo superior e b: grupo inferior para essa característica;

⁽²⁾ a, b e c : grupos com baixos, médios e altos valores, respectivamente, para essa característica.

Utilizando-se dos critérios apresentados na Tabela 6, verificou-se que todas as cultivares utilizadas como testemunha comportaram-se como intolerantes ou suscetíveis, enquanto que das 23 progênies avaliadas, sete mostraram-se resistentes, seis moderadamente resistentes, três tolerantes, quatro intolerantes e duas suscetíveis (Tabela 5). Os resultados encontrados estão de acordo com os conceitos utilizados por Roberts (2002) para representar o comportamento da planta em resposta à reprodução do nematoide.

Os genótipos classificados como intolerantes e suscetíveis permitiram a penetração, desenvolvimento e reprodução dos nematoides, com conseqüente redução na produtividade. Já as progênies tolerantes suportaram as ações parasitárias do nematoide, sem danos significativos na produção. As progênies que se comportaram como moderadamente resistentes apresentaram baixa infestação de *M. exigua* nas raízes, no entanto, a presença desse patógeno reduziu a produção dessas progênies. As progênies resistentes apresentaram alta produtividade e baixa população de *M. exigua* nas raízes, comportando-se como hospedeiras não eficientes para a multiplicação desses nematoides. Esse processo de defesa é desencadeado após a penetração dos juvenis em suas raízes, ocorrendo uma possível interação entre substâncias produzidas pelo nematoide (*Meloidogyne* spp.) e pela célula vegetal desde o início do parasitismo com conseqüente indução da expressão de genes de defesa (ANTHONY et al., 2005; RODRIGUES et al., 2000; SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005).

Comparando-se a média de produtividade das sete testemunhas com as sete progênies resistentes (Tabela 3), observa-se que o parasitismo de *M. exigua* causou uma redução de 23,12% na produtividade dessas cultivares. Esses resultados reforçam, ainda mais, os prejuízos causados por esses nematoides e evidenciam a importância dos trabalhos de melhoramento que visam à obtenção de cultivares resistentes ao *M. exigua*.

A avaliação do número de galhas (NG) permitiu separar os genótipos em três grupos (Tabela 5), com destaque para as progênies 516-8-2-C568, 514-7-4-C130, 493-1-2-C134, 514-7-16-C208, 514-7-8-C364, 518-2-4-C593, 514-5-2-C101 e 516-8-2-C109 que apresentaram os menores valores para essa variável e também para NOGR. Segundo Silva et al. (2006, 2007) essa característica é de grande importância em fases iniciais de programas de melhoramento do cafeeiro visando resistência ao *M. exigua*, onde o número de genótipos avaliados é muito alto, resultando, dessa forma, em grande economia de tempo, sem perder a confiabilidade.

Progênies derivadas de Híbrido de Timor, bem como outros genótipos do gênero *Coffea* têm apresentado um comportamento diferenciado às populações de *M. exigua* em diferentes regiões, mostrando resistência para algumas populações e suscetibilidade para outras (GONÇALVES; PEREIRA, 1998; RIBEIRO et al., 2005). Dessa forma, fica claro que as progênies classificadas como resistentes nas condições desse experimento devem também ser avaliadas em outras populações de *M. exigua* provenientes de outras regiões, a fim de se conhecer melhor o comportamento das mesmas quanto à variabilidade intraespecífica desse nematoide, com possibilidade da ocorrência de populações virulentas.

4 CONCLUSÕES

- O parasitismo de *Meloidogyne exigua* nas raízes dos cafeeiros interfere negativamente na produtividade;
- Existe correlação positiva de alta magnitude entre o número de galhas e o número de ovos de *M. exigua* nas raízes de cafeeiros;
- As progênies 436-1-4-C26, 514-7-14-C73, 514-7-4-C130, 493-1-2-C134, 514-7-16-C208, 493-1-2-C218 e 514-5-2-C494 apresentam resistência ao *M. exigua*.

REFERÊNCIAS

- ANTHONY, F. et al. Hypersensitive-like reaction conferred by de Mex-1 resistance gene against *Meloidogyne exigua* in coffee. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 54, n. 4, p. 476-482, Aug. 2005.
- AVELINO, J. et al. Relationships between agro-ecological factors and population densities of *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus coffeae* sensu lato in coffee roots, in Costa Rica. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 95-105, Jan. 2009.
- BARBOSA, D. H. S. G. et al. Field estimates of coffee yield losses and damage threshold by *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 49-54, jun. 2004a.
- _____. Survey of root-knot (*Meloidogyne* spp.) in coffee plantations in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 43-47, jun. 2004b.
- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, S. Avaliação em campo de cultivares de *Coffea arabica* em áreas isenta ou infestada por *Meloidogyne exigua* na região noroeste fluminense: 1., formação da lavoura. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 2, p. 101-110, 2008.
- BONOMO, P. et al. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 207-219, 2004.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B**, New York, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.
- CARVALHO, A. M. et al. Avaliação de progênies de cafeeiros obtidas do cruzamento entre 'Catuaí' e 'Híbrido de Timor'. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 9, n. 2, p. 249-253, 2008.
- CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F4 obtidas por cruzamentos de 'Icatu' com 'Catimor'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 2009.

CASTRO, J. M. C. et al. Levantamento de fitonematoides em cafezais do Sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 56-64, fev. 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

GONÇALVES, W.; PEREIRA, A. A. Resistência do cafeeiro a nematóides IV: reação de cafeeiros derivados do Híbrido de Timor a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 39-50, fev. 1998.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

LASHERMES, P. et al. Molecular analysis of introgressive breeding in coffee (*Coffea arabica* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Amsterdam, v. 100, n. 1, p. 139-146, 2000.

MIRANDA, J. M.; PERECIN, D.; PEREIRA, A. A. Produtividade e resistência à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) de progênies F₅ de Catuaí Amarelo com o Híbrido de Timor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1195-1200, nov./dez. 2005.

MOURA, R. M. Gênero *Meloidogyne* e a Meloidoginose: parte II. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 5, p. 281-315, 1997.

NOIR, S. et al. Identification of a major gene (*Mex-1*) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 52, n. 1, p. 97-103, Feb. 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <<http://www.R-project>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

RIBEIRO, R. C. F. et al. Resistência de progênies de híbridos interespecíficos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, n. 1, p. 11-16, 2005.

ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CABI, 2002. p. 23-42.

RODRIGUES, A. C. F. O. et al. Ultrastructural response of coffee roots to root-knot nematodes, *Meloidogyne exigua* and *Meloidogyne megadora*. **Nematopica**, Bradenton, v. 30, n. 2, p. 201-210, 2000.

SALGADO, S. M. L.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cultivares de cafeeiros resistentes e suscetíveis. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 413-415, abr. 2005.

SILVA, R. V. et al. Otimização da produção de inóculo de *Meloidogyne exigua* em mudas de cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 229-238, maio/jun. 2006.

_____. Respostas de genótipos de *Coffea* spp. a diferentes populações de *Meloidogyne exigua*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 205-212, mar./abr. 2007.

SILVAROLLA, M. B.; GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A. Resistência do cafeeiro a nematoides V: reprodução de *Meloidogyne exigua* em cafeeiros derivados da hibridação de *Coffea arabica* com *C. canephora*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 51-59, jan./mar. 1998.

SOUZA, R. M.; VOLPATO, A. R.; VIANA, A. P. Epidemiology of *Meloidogyne exigua* in an upland coffee plantation in Brazil. **Nematologia Mediterranea**, Bari, v. 36, n. 1, p. 13-17, 2008.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. K. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

CAPÍTULO 4

**Estimativas de parâmetros genéticos e predição de ganhos em progênies
obtidas do cruzamento de Híbrido de Timor com Catuaí**

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho estimar os parâmetros genéticos e prever os ganhos genéticos de progênies de cafeeiro, frente às características de interesse ao melhoramento genético do cafeeiro. O experimento foi instalado em área naturalmente infestada por *Meloidogyne exigua*, na Fazenda Ouro Verde, situada no Município de Campos Altos-MG, compreendendo 23 progênies com potencial para resistência ao nematoide das galhas e sete cultivares utilizadas como testemunha. As progênies estudadas referem-se à quarta geração do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuai e foram obtidas no programa de melhoramento genético do cafeeiro conduzido em Minas Gerais, coordenado pela EPAMIG/UFV/UFLA. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 120 parcelas, sendo cada parcela constituída por oito plantas. O espaçamento utilizado foi de 4,0 x 0,8 m nas entrelinhas e entre plantas, respectivamente, correspondendo a uma área total de 3072 m². As características produtividade em sacas de café beneficiado, ha⁻¹, porcentagem de frutos no estádio “cereja”, porcentagem de frutos chochos, classificação do café (peneira 17 acima) e vigor vegetativo foram avaliadas nas safras 2010/2011 e 2011/2012, sendo que nesta última safra avaliou-se também o número de ovos de *M. exigua* /grama de raiz. A partir das análises de variância foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: coeficiente de variação ambiental, variância fenotípica, variância genotípica, herdabilidade no sentido amplo, coeficiente de variação genética e índice de variação. Para a predição dos ganhos genéticos foram estimados os ganhos pela seleção direta e indireta e pelo índice com base na soma de “ranks” de Mulamba e Mock. Concluiu-se que as progênies apresentam grande variabilidade genética para as características estudadas. O índice baseado na soma de “ranks” apresenta ganhos simultâneos superiores em relação à seleção direta e indireta. As progênies 493-1-2-C134, 514-7-4-C130, 518-2-10-C408 e 514-5-2-C494 são indicadas para o avanço de gerações com base nos dois procedimentos analíticos de predição de ganhos.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Índice de seleção. Melhoramento.

ABSTRACT

The objective of this work was to estimate genetic parameters and predict genetic gains of coffee progenies compared to the characteristics of interest to coffee breeding. The experiment was conducted in an area naturally infested by *M. exigua*, in Ouro Verde Farm, located in Campos Altos city /MG. The plant material consisted of 23 progenies with potential for resistance to root-knot nematode and seven cultivars used as checks. The progenies refer to the fourth generation from cross between Timor Hybrid and Catuai and they were obtained from the coffee breeding program conducted by EPAMIG/UFV/UFLA in Minas Gerais State. The experimental design was randomized blocks with four replications, totaling 120 plots and each plot consisted of eight plants. The spacing used was 4.0 x 0.8 m between rows and plants, respectively, corresponding to a total area of 3072 m². The characteristics percentage of fruit at cherry stage, percentage of floating fruits, high sieve classification and vegetative vigor were evaluated during the harvests 2010/2011 and 2011/2012, and at this last season was also evaluated the number of eggs of *M. exigua*/gram of root. From the analysis of variance the following genetic parameters were estimated: coefficient of environmental variation, phenotypic variance, genotypic variance, broad sense heritability, coefficient of genetic variation and variation index. For the prediction of genetic gains, gains by direct and indirect selection and by index based on the sum of "ranks" of Mulamba and Mock were estimated. The results show that progenies exhibit high genetic variability for all traits. The index based on the sum of "ranks" shows simultaneous gains higher than for direct and indirect selection. The progenies 493-1 2-C134, 514-7-4-C130, 518-2-10-C408 and 514-5-2-C494 are indicated for the advancement of generations based on two analytical procedures for prediction of gains.

Keywords: *Coffea arabica*. Selection index. Breeding.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os programas de melhoramento genético do cafeeiro, visam, além de altas produtividades, outras características desejáveis, como seleção de cafeeiros com maturação mais uniforme, baixa porcentagem de grãos chochos, qualidade superior de bebida, alta peneira, elevado vigor vegetativo e, principalmente, resistência aos principais patógenos que parasitam o cafeeiro, com destaque para os fitonematoides, os quais tem sido responsáveis por sérios danos à produção cafeeira.

As estimativas de parâmetros genéticos são de extrema importância nos programas de melhoramento, pois, permitem distinguir os efeitos genéticos dos ambientais, auxiliando na escolha da melhor estratégia de melhoramento, fornecendo embasamento para uma posterior seleção dos genótipos superiores, e conseqüentemente, uma redução no tempo de lançamento de cultivares (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Uma das mais importantes contribuições da genética quantitativa ao melhoramento de plantas é a possibilidade de se predizer os ganhos a serem obtidos na geração seguinte. Nesse contexto, as seleções diretas e indiretas surgem como as primeiras alternativas para obtenção de ganhos genéticos compensadores (MARTINS et al., 2003). Na seleção de progênies superiores o embasamento em uma ou poucas características pode não ser adequada ao melhorista. Dessa forma, a seleção simultânea de várias características desejáveis visa aumentar a probabilidade de sucesso do programa (COSTA et al., 2004; GONÇALVES et al., 2007).

Os índices de seleção são técnicas multivariadas que permitem a combinação de várias informações contidas na unidade experimental, com o propósito de selecionar materiais superiores com base em um complexo de variáveis que reúna atributos de interesse ao melhorista, de modo que resulte em

melhores ganhos simultâneos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). O índice baseado na soma de “ranks” (MULAMBA; MOCK, 1978) tem sido indicado na literatura por proporcionar melhores ganhos simultâneos em várias situações (COSTA et al., 2004; SANTOS et al., 2007).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho estimar os parâmetros genéticos e prever os ganhos genéticos de progênies oriundas do cruzamento de Híbrido de Timor com Catuaí, frente à características de interesse ao melhoramento genético do cafeeiro, em uma área naturalmente infestada por *Meloidogyne exigua*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do local do experimento

O experimento foi instalado em dezembro de 2000 em uma área infestada por *Meloidogyne exigua*, logo após o arranquio de uma antiga lavoura de café, sem que ocorresse o revolvimento do solo, na Fazenda Ouro Verde, propriedade particular, situada no Município de Campos Altos, na região do Alto Paranaíba de Minas Gerais, a 19°41'47" de latitude Sul, 46°10'17" de longitude e altitude média de 1230 m. A temperatura média anual é 17,6°C, com precipitação média de 1830 mm. O tipo de solo é o Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, com textura argilosa e relevo plano.

O material utilizado no experimento compreende 23 progênies com potencial para resistência ao nematoide das galhas, e sete cultivares utilizadas como testemunhas (Tabela 1). As progênies estudadas referem-se à quarta geração do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuaí e 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 participação da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Tabela 1 Relação e genealogia das progênies em geração F₄ avaliadas no município de Campos Altos – MG

Nº	Progênies	Origem
1	514-5-4-C25	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
2	436-1-4-C26	CV IAC 99 x HT UFV 442-42
3	518-7-6-C71	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
4	514-7-14-C73	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
5	514-5-2-C101	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
6	516-8-2-C109	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
7	504-5-6-C117	CV IAC 81 x HT UFV 438-01
8	514-5-4-C121	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
9	514-7-4-C130	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
10	493-1-2-C134	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
11	505-9-2-C171	CV IAC 81 x HT UFV 438-52
12	518-2-6-C182	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
13	514-7-16-C208	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
14	514-7-16-C211	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
15	493-1-2-C218	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
16	438-7-2-C233	CA IAC 86 x HT UFV 451-41
17	514-7-16-C359	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
18	514-7-8-C364	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
19	518-2-10-C408	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
20	514-5-2-C494	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
21	518-2-4-C593	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
22	516-8-2-C568	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
23	518-2-6-C685	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
24	Catuai Vermelho IAC 99*	-
25	Catuai Amarelo IAC 62*	-
26	Topázio MG 1190*	-
27	Rubi MG 1192*	-
28	Acaia Cerrado MG 1474*	-
29	Icatu Precoce IAC 3282*	-
30	Icatu Amarelo IAC 2942*	-

CA: Catuai Amarelo; CV: Catuai Vermelho; HT: Híbrido de Timor

*Cultivares utilizadas como testemunha.

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 120 parcelas, sendo cada parcela constituída por oito plantas. O espaçamento utilizado foi de 4,0 x 0,8 m nas entrelinhas e entre plantas, respectivamente, correspondendo a uma área total de 3072 m².

A implantação e a condução foram feitas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro, sendo as adubações realizadas conforme a 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999).

2.2 Características avaliadas

As características agronômicas foram avaliadas nas safras 2010/2011 e 2011/2012.

Produtividade em sacas de café beneficiado. ha⁻¹: A produção em litros de “café da roça” por parcela foi avaliada anualmente, sendo a colheita realizada no mês de julho de cada ano. Posteriormente, foi realizada a conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado.ha⁻¹ por aproximação de valores, considerando um rendimento médio de 480 litros de “café da roça” para cada saca de 60 kg de café beneficiado (CARVALHO et al., 2009).

Porcentagem de frutos no estádio “cereja”: Foi realizada por meio da contagem em uma amostra de 300 mL de frutos por parcela.

Porcentagem de frutos chochos: Foi realizada utilizando-se a metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1954), em que se coloca 100 frutos cereja em água, sendo considerados chochos aqueles que permaneceram na superfície.

Vigor vegetativo: Foi avaliado 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).

Classificação do café (Peneira 17 acima): Essa análise foi realizada após o beneficiamento do café, passando-se uma amostra de 300 gramas pelo conjunto de peneiras (17/64 a 19/64). O material retido em cada peneira foi pesado determinando-se a porcentagem de grãos peneira 17 e acima (BRASIL, 2003).

Número de ovos de *Meloidogyne exigua*/grama de raiz: Para a avaliação dessa característica, foram coletadas raízes na profundidade de 20-40 cm, nos dois lados da planta perpendiculares à linha de plantio, na quantidade aproximada de 50 g em todas as plantas da parcela, que depois de misturadas foram retiradas 100 g de raízes para formar a amostra composta de cada parcela experimental. Essa avaliação foi realizada em duas épocas, das águas (Janeiro/2011) e seca (Julho/2011). Em laboratório, a extração de nematoides foi feita pela metodologia de Hussey e Barker (1973). Após a extração dos nematoides, foi feita a quantificação em microscópio biológico de objetiva invertida utilizando lâmina de contagem, determinando-se o número de ovos/grama de raiz.

2.3 Análises genético-estatísticas

Para as análises de variância de todas as características foram consideradas as médias das duas avaliações, adotando-se significância de 1% de probabilidade, para o teste F. Para a variável número de ovos/grama de raiz houve a necessidade de transformação de dados, após a constatação de heterogeneidade de variância e falta de normalidade dos erros. Com o auxílio do programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011), utilizou-se a metodologia de Box-Cox (BOX; COX, 1964), onde a transformação mais adequada foi obtida quando λ assumiu o valor de 0,22, conforme a expressão:

$$Y = \frac{(y^\lambda - 1)}{\lambda}$$

em que:

Y: é a variável transformada

y: é a variável sem transformação

λ : são valores no intervalo de [-2,2]

O modelo adotado para a análise de variância foi:

$$Y_{ij} = m + b_j + p_i + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} : valor médio da progênie i, no bloco j

m: média geral

b_j : efeito do bloco j (j= 1,2,3,4)

p_i : efeito da progênie i (i = 1, 2, ..., 30)

e_{ij} : erro experimental

A partir das análises de variância foram estimados os seguintes parâmetros genéticos:

Coefficiente de variação ambiental (CVe): [($\sqrt{\text{quadrado médio do resíduo}}$)/média geral das progênies] x 100.

Variância fenotípica (σ^2_f): quadrado médio de progênies/nº blocos.

Variância genotípica (σ^2_g): (quadrado médio de progênies - quadrado médio do resíduo)/nº blocos.

Herdabilidade no sentido amplo (h^2_a): (σ^2_g / σ^2_f) x 100.

Coefficiente de variação genética (CVg): $[(\sqrt{\sigma_g^2})/\text{média geral das progênies}] \times 100$.

Índice de variação (θ): CVg/CVe.

Para a predição dos ganhos genéticos foram estimados os ganhos por seleções direta e indireta (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004) para todas as características avaliadas, considerando a seleção de aproximadamente 20% dos genótipos, ou seja, as seis melhores progênies. Além dessa estratégia, o processo de seleção foi também realizado com base no índice proposto por Mulamba e Mock (1978), onde são somados os “ranks” de cada material genético em relação a cada um dos caracteres em ordem favorável ao melhoramento, resultando no índice de seleção, como descrito a seguir: $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$, sendo que I é o valor do índice para determinado indivíduo ou família; r_j é a classificação (ou “rank”) de um indivíduo em relação ao j-ésimo caráter; n é o número de caracteres considerado no índice. Adicionalmente, as variáveis são especificadas para diferentes pesos, dessa forma $I = p_1r_1 + p_2r_2 + \dots + p_n r_n$, em que p_j é o peso econômico atribuído ao j-ésimo caráter (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; SANTOS et al., 2007). Neste estudo, os pesos econômicos adotados foram: coeficiente de variação genético (CVg); herdabilidade no sentido amplo (h_a^2), índice de variação (CVg/CVe); peso 1 para todas as características (P1); e valores atribuídos pela importância relativa (PIR) de magnitudes de 100, 40, 40, 60, 60 e 80, respectivamente, para as características produtividade (PROD), percentagem de frutos no estágio “cereja”(PC), percentagem de frutos chochos (PCH), Vigor vegetativo (VV), peneira 17 acima (P17) e nº de ovos/grama de raiz (NOGR).

Para as variáveis PROD, PC, VV e P17 a seleção foi no sentido de acréscimo, já para as variáveis PCH e NOGR a seleção foi no sentido inverso.

Todas as análises genético-estatísticas foram realizadas através do programa Genes (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se diferenças significativas para todas as características avaliadas, mostrando que as progênies têm um comportamento diferenciado nas condições do ensaio (Tabela 2). Os coeficientes de variação ambiental (C_{Ve}) oscilaram entre 6,25% (VV) e 31,67% (NOGR), revelando boa precisão experimental. Altos valores de C_{Ve} para variáveis relacionadas à população de nematoides nas raízes também foram encontrados em outras culturas por Moura et al. (2008) e Silva et al. (2011), e podem ser explicados pela complexidade da avaliação deste patógeno, principalmente em condições de campo.

A herdabilidade no sentido amplo (h^2_a) reflete a importância da herança e do ambiente na expressão dos caracteres. Os valores encontrados para a herdabilidade foram de 60,27%, 87,44%, 97,02%, 91,09%, 94,10% e 79,51% para PROD, PC, PCH, VV, P17 e NOGR, respectivamente (Tabela 2). Observa-se, para todas as características, altos valores de herdabilidade, quando comparados a outros ensaios de avaliação de progênies de *Coffea arabica* (BOTELHO et al., 2007; PETEK et al., 2006). Segundo Miranda, Costa e Cruz (1988), para se obter sucesso com a seleção, é interessante que a herdabilidade do caráter em questão seja alta, ou seja, quanto maior o nível de expressão da variabilidade genética em relação ao ambiente, maiores serão os ganhos estimados para a geração seguinte. Dessa forma, esses resultados evidenciam a existência de variabilidade genética entre as progênies, com possibilidades de ganhos com a seleção.

O coeficiente de variação genética (C_{Vg}) expressa a magnitude da variação genética em relação à média do caráter. Estimativas do coeficiente de variação genética apresentadas na Tabela 2 revelam que os caracteres analisados apresentaram de maneira geral, variações, oscilando entre 10,00% (VV) e 51,12% (PCH). Bonomo et al. (2004) e Mistro et al. (2007), trabalhando com

progênies derivadas do germoplasma Híbrido de Timor, em gerações F₃ e F₄, respectivamente, também encontraram alta variabilidade genética, confirmando que a seleção das melhores progênies possibilitará expressivo aumento no valor genético da população.

Tabela 2 Resumo da análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos para produtividade de grãos em sacas.ha⁻¹ (PROD), porcentagem de frutos cereja (PC), porcentagem de frutos chochos (PCH), vigor vegetativo (VV), classificação por peneira (P17), e número de ovos/grama de raiz (NOGR) de 23 progênies e sete cultivares avaliadas no município de Campos Altos-MG

FV	GL	Quadrado Médio					
		PROD ⁽¹⁾	PC ⁽¹⁾	PCH ⁽¹⁾	VV ⁽¹⁾	P17 ⁽¹⁾	NOGR ⁽²⁾
Trat.	29	126,6664**	336,1794**	97,7431**	2,0924**	428,5528**	89,1377**
Bloco	3	65,9942	47,6461	2,3806	0,8354	316,1807	326,8069
Resíduo	87	50,3228	42,2411	2,9165	0,1863	25,2955	18,2659
Média	-	41,79	50,80	9,53	6,90	33,80	13,49
CVe(%)	-	16,98	12,79	17,93	6,25	14,88	31,67
σ_f^2	-	31,67	84,04	24,44	0,52	107,14	22,28
σ_g^2	-	19,09	73,48	23,71	0,48	100,81	17,72
h_a^2	-	60,27	87,44	97,02	91,09	94,10	79,51
CVg(%)	-	10,46	16,87	51,12	10,00	29,71	31,19
θ	-	0,62	1,32	2,85	1,60	2,00	0,98

⁽¹⁾ Média das safras 2010/2011 e 2011/2012.

⁽²⁾ Média das duas épocas de avaliação (Janeiro e Julho de 2011).

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

CVe: Coeficiente de variação ambiental; σ_f^2 : Variância fenotípica; σ_g^2 : Variância genotípica; h_a^2 : Herdabilidade no sentido amplo; CVg: Coeficiente de variação genética; θ : índice de variação (CVg/CVe).

A proporção entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação ambiental, é denominado índice de variação (θ). Segundo Vencovsky (1987), quando esse índice é próximo ou superior a 1,0 indica uma situação favorável à seleção. Os valores encontrados nesse estudo (Tabela 2) indicam uma situação satisfatória para a seleção em todas as características, exceto produtividade, que apresentou valor de 0,62. Valores menores que 1,0 para produtividade também foram encontrados por Bonomo et al. (2004), e pode ser explicado, pelo fato de ser uma característica de herança quantitativa, ou seja, a

variação genética em produtividade depende da variação alélica em um grande número de locos e a expressão gênica destes locos é altamente afetada pelos fatores ambientais (GELDERMANN, 1975). No entanto, é uma variável importante e qualquer ganho nesta característica deve ser considerado.

Na Tabela 3 estão apresentadas as estimativas dos ganhos diretos e indiretos à seleção. Espera-se, com essa seleção, obter ganhos em um único caráter sobre o qual se pratica a seleção, podendo ocorrer respostas favoráveis ou desfavoráveis nos caracteres de importância secundária (COSTA et al., 2004). Considerando que o interesse era obter acréscimo nas características PROD, PC, VV e P17 e decréscimo em PCH e NOGR, o melhor resultado foi obtido quando a seleção foi praticada na característica PROD, situação essa que proporcionou ganhos positivos de 11,69%, 8,85%, 6,09%, e 20,36% para PROD, PC, VV e P17, e negativos de 22,32% e 13,97% para PCH e NOGR, respectivamente. Sendo assim, com base na seleção direta em produtividade, as progênies 493-1-2-C134, 518-2-10-C408, 514-7-4-C130, 436-1-4-C26, 518-2-6-C182 e 514-5-2-C494 foram selecionadas como promissoras para o avanço de gerações.

Tabela 3 Estimativas dos ganhos percentuais por seleção direta e indireta para produtividade de grãos em sacas.ha⁻¹ (PROD), porcentagem de frutos cereja (PC), porcentagem de frutos chochos (PCH), vigor vegetativo (VV), classificação por peneira (P17), e número de ovos /grama de raiz (NOGR) de 23 progênies em geração F₄ e sete cultivares avaliadas no município de Campos Altos-MG

Seleção em	Ganho esperado em (%)					
	PROD	PC	PCH*	VV	P17	NOGR*
PROD	11,69	8,85	-22,32	6,09	20,36	-13,97
PC	6,38	18,56	-19,78	7,86	5,21	-12,63
PCH*	3,19	-4,08	-48,21	0,16	24,76	-2,81
VV	7,62	16,67	-24,02	12,12	-10,53	-18,69
P17	7,44	13,90	0,59	3,60	39,84	-17,61
NOGR*	5,35	2,03	-13,62	6,21	0,07	-35,81

*Variáveis selecionadas no sentido de decréscimo, ou seja, valores negativos são desejáveis para essas características.

Visando aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos, foi utilizado também o índice com base na soma de “ranks” (MULAMBA; MOCK, 1978). Nota-se que foi possível obter ganhos desejáveis para todas as características avaliadas, considerando todos os pesos econômicos atribuídos (Tabela 4), indicando que é possível promover o efetivo aumento da concentração de alelos favoráveis das características estudadas na população.

Dentre as opções de pesos econômicos utilizados para a obtenção de ganhos seletivos, constatou-se que o peso baseado na importância relativa (PIR) apresentou os melhores resultados, com ganhos preditos de 10,73%, 10,65%, 6,90%, 22,30%, respectivamente para PROD, PC, VV e P17, além de ganhos negativos para PCH (-29,96%) e NOGR (-22,59) (Tabela 4), que é favorável na seleção de genótipos superiores, onde o número de plantas com frutos chochos e suscetíveis ao *M. exigua*, tende a ser menor.

Apesar do ganho para produtividade ter sido menor em comparação com a seleção direta e indireta, o índice de Mulamba e Mock (1978) proporcionou magnitudes mais elevadas de ganhos preditos para todas as outras características, corroborando Costa et al. (2004) e Santos et al. (2007).

Tabela 4 Estimativas dos ganhos percentuais por seleção simultânea, utilizando o índice com base na soma de “ranks”, com base em cinco critérios de pesos econômicos ⁽¹⁾, para produtividade de grãos em sacas.ha⁻¹ (PROD), porcentagem de frutos cereja (PC), porcentagem de frutos chochos (PCH), vigor vegetativo (VV), classificação por peneira (P17), e número de ovos/grama de raiz (NOGR) de 23 progênies em geração F₄ e sete cultivares avaliadas no município de Campos Altos-MG

Característica	Ganho esperado em (%)				
	CVg	h ² _a	CVg/CVe	P1	PIR
PROD	9,27	9,05	9,27	9,05	10,73
PC	11,21	15,08	11,21	15,08	10,65
PCH ⁽²⁾	-42,27	-30,81	-42,27	-30,81	-29,96
VV	5,80	5,66	5,80	5,66	6,90
P17	24,96	27,61	24,96	27,61	22,30
NOGR ⁽²⁾	-19,34	-20,06	-19,34	-20,06	-22,59

⁽¹⁾ CVg: coeficiente de variação genético; h²_a: herdabilidade no sentido amplo; CVg/CVe: índice de variação; P1: peso 1 para todas as características; PIR: valores atribuídos pela importância relativa (100, 40, 40, 60, 60 e 80).

⁽²⁾ Variáveis selecionadas no sentido de decréscimo.

As progênies selecionadas pelo procedimento de Mulamba e Mock (1978) com base no PIR foram: 493-1-2-C134, 514-7-4-C130, 518-2-10-C408, 514-7-16-C208, 493-1-2-C218 e 514-5-2-C494. Observa-se que quatro delas (493-1-2-C134, 514-7-4-C130, 518-2-10-C408 e 514-5-2-C494) também foram selecionadas pelo critério da seleção direta e indireta, confirmando o potencial dessas progênies para o avanço de gerações.

4 CONCLUSÕES

- As progênies apresentam grande variabilidade genética para as características estudadas;
- O índice baseado na soma de “ranks” apresenta ganhos simultâneos superiores em relação à seleção direta e indireta;
- As progênies 493-1-2-C134, 514-7-4-C130, 518-2-10-C408 e 514-5-2-C494 são indicadas para o avanço de gerações com base nos dois procedimentos analíticos de predição de ganhos.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro: ocorrência de lojas vazias em frutos de café “Mundo Novo”. **Bragantia**, Campinas, v. 13, p. 165-179, 1954.
- BONOMO, P. et al. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 207-219, 2004.
- BOTELHO, C. E. et al. Avaliação de progênies de café obtidas por cruzamentos das cultivares Icatu e Catimor. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 10-19, jan./jun. 2007.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B**, New York, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8**, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado Grão Cru. Brasília, 2003. Disponível em:
<http://www.abic.com.br/arquivos/abi_nm_ald_inst_normativa0.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2011.
- 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 F4 obtidas por cruzamentos de ‘Icatu’ com ‘Catimor’. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 2009.
- COSTA, M. M. et al. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, nov. 2004.
- CRUZ, C. D. **Programa genes: biometria**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 382 p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. v. 2, 586 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

GELDERMANN, H. Investigations on inheritance on quantitative characters in animals by gene markers: I., methods. **Theoretical and Applied Genetics**, Amsterdam, v. 46, p. 319-330, 1975.

GONÇALVES, G. M. et al. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 193-198, jan. 2007.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

MARTINS, I. S. et al. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 327-333, maio/jun. 2003.

MIRANDA, J. E. C.; COSTA, C. P.; CRUZ, C. D. Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente entre caracteres de fruto e planta de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 457-468, mar./abr. 1988.

MISTRO, J. C. et al. Estimates of genetic parameters in arabic coffee derived from the Timor hybrid. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 2, p. 141-147, 2007.

MOURA, M. F. et al. Parâmetros genéticos da resistência da soja ao nematoide de cisto raça 1. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 119-125, 2008.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetics and Cytology**, Cairo, v. 7, p. 40-51, 1978.

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, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052006000100009&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 nov. 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <<http://www.R-project>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

SANTOS, F. S. et al. Predição de ganhos genéticos por índice de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 389-396, 2007.

SILVA, G. O. et al. Seleção para resistência de genótipos de cenoura aos nematoides-das-galhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 335-341, jul./set. 2011.

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