



Universidade de Brasília

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. COM RESISTÊNCIA
A *Meloidogyne* spp. EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO E A
CAMPO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

ANA CATARINA JESUS PERES

BRASÍLIA/DF

Julho/2013



Universidade de Brasília

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. COM RESISTÊNCIA
A *Meloidogyne* spp. EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO E A
CAMPO**

ANA CATARINA JESUS PERES

ORIENTADOR: JEAN KLEBER DE ABREU MATTOS

CO-ORIENTADOR: REGINA MARIA DECHECHI GOMES CARNEIRO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 65/2013

BRASÍLIA – DF

Julho/2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. COM RESISTÊNCIA
A *Meloidogyne* spp. EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO E A
CAMPO**

ANA CATARINA JESUS PERES

**Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da
Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de
Mestre em Agronomia.**

APROVADA POR:

Prof. Dr. JEAN KLEBER DE ABREU MATTOS, FAV - UnB
Orientador - CPF: 002.288.181-68, e-mail: jkamattos@gmail.com

Prof. Dr. JOSE RICARDO PEIXOTO, FAV - UnB
Examinador Interno - CPF 354.356.236-34, e-mail: peixoto@unb.br

Dr. VALDIR RIBEIRO CORREIA, EMBRAPA – Cenargen
Examinador Externo – CPF 033.326.546 - 75, e-mail: correa.g@osu.edu

Prof. Dr. MARCELO FAGIOLI, FAV – UnB
Suplente – CPF 729.409.306-78, e-mail : mfagioli@unb.br

BRASÍLIA-DF, 19 DE JULHO DE 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Ana Catarina Jesus Peres

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. COM RESISTÊNCIA A *Meloidogyne* spp. EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO E A CAMPO.

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília-DF, 2013.

00 p.: il.

Orientador I. Jean Kleber de Abreu Mattos. II. Doutor.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PERES, A. C. J. SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. COM RESISTÊNCIA A *Meloidogyne* spp. EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO E A CAMPO. Brasília-DF: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 00 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ana Catarina Jesus Peres

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea arabica* L. COM RESISTÊNCIA A *Meloidogyne* spp. EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO E A CAMPO

GRAU: MESTRE

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias dessa tese de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta tese de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: Ana Catarina Jesus Peres

CPF: 080.878.626-19

Endereço: Rua Presidente Bernardes, 1488, bairro Jardim, Unai - MG

Telefone: (38) 3676-9788

E-mail: catarina-peres@hotmail.com

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.”

Cora Coralina

Com carinho, dedico a realização desse trabalho à minha família, meu pai Evanildo, minha mãe Regina e a meus irmãos Mario Augusto e Fábio Augusto. Sem o amor e a sustentação que vocês me proporcionam nenhum sonho se tornaria realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por todas as grandes oportunidades que ela tem me proporcionado, por todos os momentos em que o Senhor me sustentou nas horas de fraqueza, e por estar sempre me acompanhando nessa jornada.

Agradeço à minha família, que é meu grande alicerce nessa vida, por todo o apoio e pelo amor incondicional que me dedicam, principalmente ao meu pai Evanildo, um grande homem, que sempre me estimulou a ir mais longe e a acreditar em mim mesma.

Agradeço à minha co-orientadora, Dra. Regina Carneiro, por toda ajuda e paciência durante o curso de mestrado. Sem ela nada disso teria sido possível. Uma grande mulher, com uma sabedoria imensa e um grande coração, que nos acolhe como filhos, sabendo o momento de nos elogiar e criticar na medida da nossa necessidade.

Agradeço ao meu orientador, o professor Jean Kleber Mattos, pela ajuda em todos os momentos que precisei, pela paciência com meus atrasos e indecisões e pelo carinho que me dedicou durante o curso.

Agradeço muito ao professor José Ricardo Peixoto, pela ajuda, pelo estímulo, pela amizade, por todo apoio, por ter acreditado de verdade em mim e no meu potencial, por ser um grande homem, um grande professor, um grande amigo, e um exemplo de sabedoria e humildade para todos que o conhecem.

Agradeço aos meus colegas de laboratório, Vanessa, Edriana, Valdir, Mariana, Joelma, Ana Paula, Giulia, pela ajuda durante a condução do meu experimento, pelo muito que me ensinaram e pela amizade que me proporcionaram; e principalmente ao Aldemiro, que foi meu companheiro, meu melhor ajudante e um grande amigo.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	18
RESUMO	12
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO GERAL	17
3. OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
4. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA	18
4.1 O CAFÉ.....	18
4.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO CAFÉ.....	18
4.3 ORIGEM E CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA DO CAFEIEIRO	20
4.4 MORFOLOGIA DO CAFEIEIRO	22
4.4.1 ASPECTOS GERAIS DA MORFOLOGIA DE <i>Coffea arabica</i>	22
4.4.2 RAMOS	22
4.4.3 FOLHAS	23
4.4.4 FLORES.....	23
4.4.5 FRUTOS	24
4.4.6 SISTEMA RADICULAR	25
4.4.6.1 RAIZ PIVOTANTE.....	25
4.4.6.2 RAIZES LATERAIS	26
4.4.7 MORFOLOGIA DE <i>Coffea canephora</i>	26
4.5 CULTIVARES E MATERIAIS DE CAFÉ ARÁBICA UTILIZADOS NOS CRUZAMENTOS	27
4.5.1 CATUAÍ VERMELHO.....	27
4.5.2 MUNDO NOVO	28
4.5.3 HÍBRIDO DE TIMOR.....	28
4.5.4 AMPHILLO	29
4.6 A PROBLEMÁTICA DOS FITONEMATOIDES PARASITAS DO CAFEIEIRO 29	
4.7 MANEJO/CONTROLE DOS FITONEMATOIDES PARASITAS DO CAFEIEIRO	32
4.8 RESISTÊNCIA GENÉTICA DO CAFEIEIRO AOS NEMATOIDES DAS GALHAS.....	33
4.9 MELHORAMENTO DO CAFEIEIRO PARA A RESISTÊNCIA A NEMATOIDES	36

4.10	OS NEMATOIDES DO GÊNERO <i>Meloidogyne</i>	39
4.10.1	CICLO DE VIDA.....	40
4.10.2	O PARASITISMO	42
4.10.3	DESENVOLVIMENTO DA CÉLULA GIGANTE	43
4.10.4	MORFOLOGIA DE <i>Meloidogyne</i> spp.	44
4.10.4.1	ASPECTOS BIOLÓGICOS DO J2 DE <i>Meloidogyne</i> spp.	45
4.10.4.2	ASPECTOS BIOLÓGICOS DO MACHO DE <i>Meloidogyne</i> spp. .	46
4.10.4.3	ASPECTOS BIOLÓGICOS DA FÊMEA DE <i>Meloidogyne</i> spp. ..	47
5.	MATERIAIS E MÉTODOS	49
5.1	SELEÇÃO DOS GENÓTIPOS A SEREM TESTADOS.....	49
5.2	PREPARO DAS MUDAS	49
5.3	PREPARO DO INÓCULO E INOCULAÇÃO.....	50
5.4	AVALIAÇÃO.....	50
5.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	51
5.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	52
6.	RESULTADOS	52
7.	DISCUSSÃO	64
8.	CONCLUSÃO	73
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Número dos tratamentos e os genótipos correspondentes utilizados no ensaio	51
Tabela 2 - Valores médios dos pesos das raízes e dos fatores de reprodução em diferentes genótipos de <i>Coffea arabica</i> inoculados com <i>Meloidogyne incognita</i> raça 1	52
Tabela 3 - Valores dos fatores de reprodução das repetições dos tratamentos classificados como moderadamente resistentes para o nematoide <i>Meloidogyne incognita</i> raça 1	56
Tabela 4 - Valores médios dos pesos das raízes e dos fatores de reprodução em diferentes genótipos de <i>Coffea arabica</i> inoculados com <i>Meloidogyne paranaensis</i>	57
Tabela 5 - Valores dos fatores de reprodução das repetições dos tratamentos classificados como moderadamente resistentes para o nematoide <i>Meloidogyne paranaensis</i>	60
Tabela 6 - Media de ovos em 100 g de raiz provenientes do campo, produção das plantas de cafeeiros matrizes em campo em comparação com os fatores de reprodução obtidos em casa de vegetação em diferentes genótipos de <i>Coffea arabica</i> inoculados com <i>Meloidogyne paranaensis</i>	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de <i>Meloidogyne</i> spp. (AGRIOS, 1988)	42
Figura 2: Células gigantes induzidas por <i>Meloidogyne incognita</i> em <i>Arabidopsis thaliana</i> . N: nematoide; * células gigantes (ABAD et al., 2009).	44
Figura 3: Desenho do juvenil de segundo estágio do nematoide das galhas. A: região anterior; B: região posterior (EISENBACK e HUNT, 2009).	46
Figura 4: Desenho de um espécime macho do nematoide das galhas (EISENBACK e HUNT, 2009)	47
Figura 5: Micrografia eletrônica de varredura de uma fêmea do nematoide das galhas (EISENBACK e HUNT, 2009)	48

SELEÇÃO DE ACESSOS DE *Coffea arabica* COM RESISTÊNCIA A *Meloidogyne* spp. EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO E A CAMPO

RESUMO

O cultivo do cafeeiro no Brasil vem enfrentando sérios problemas em relação aos nematoides parasitas dessa cultura, com grandes perdas na produção e prejudicando economicamente os cafeicultores. Os nematoides de galhas são os mais importantes, dentre eles, *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* se destacam pela intensidade dos danos que causam e pela distribuição nas áreas produtoras. Até o presente momento, não há métodos de controle que sejam realmente eficazes para esses fitoparasitas, sendo a resistência genética um dos meios mais promissores. Dessa maneira, o que se objetivou com este experimento foi identificar acessos de cafeeiro com resistência a *M. paranaensis* e a *M. incognita* raça 1, que têm se mostrado promissores em condições de campo. Os materiais avaliados foram provenientes da seleção de genótipos de *Coffea arabica* do Banco de Germoplasma de Café da EPAMIG. Foram inoculadas com esses nematoides, plântulas de 18 diferentes cruzamentos ou acessos, mais uma cultivar padrão de resistência (IPR 100) e outra, padrão de susceptibilidade (Mundo Novo). Esses acessos foram avaliados quanto ao grau de resistência/suscetibilidade, usando a variável fator de reprodução. Dos tratamentos avaliados, foram considerados resistentes ao nematoide *M. incognita*, cinco acessos do cruzamento entre Catuaí Vermelho e Amphillo MR 2161 (tratamentos 2, 3, 4, 14, 19), um acesso do cruzamento entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474 (tratamento 5), dois acessos do Híbrido do Timor UFV 408-1 (tratamento 8 e 10), e a cultivar padrão de resistência IPR-100 (tratamento 20). Para o nematoide *M. paranaensis* foram considerados resistentes, quatro acessos do cruzamento entre Catuaí Vermelho e Amphillo MR 2161 (tratamentos 3, 14, 16, 19), um acesso do cruzamento entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474 (tratamento 5), um acesso do Híbrido do Timor UFV 408-1 (tratamento 8), e a cultivar padrão de resistência IPR-100 (tratamento 20). Resultados obtidos a campo, com as plantas matrizes dos acessos avaliados, demonstraram que as plantas que originaram as progênes dos tratamentos 3 e 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 12 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) foram resistentes e bastante produtivas, ao passo que as plantas que originaram as progênes avaliadas nos tratamentos 5 e 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), no 8 (Híbrido do Timor UFV 408-01) e no 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) também apresentaram

resistência e boa produtividade. Com esse experimento pode-se concluir que existe resistência múltipla a *Meloidogyne* spp. nos materiais avaliados (3, 5, 8, 14, 19, 20) em condições de campo e casa de vegetação e boas perspectivas de produtividade para o desenvolvimento de novas cultivares de *C. arabica*, que possam ser usadas em programas de melhoramento para futura utilização em áreas infestadas por nematoides, visando a manutenção e a sustentabilidade da produção cafeeira.

Palavras-chave: café, nematoides das galhas, Amphillo

SELECTION FOR RESISTANCE TO *Meloidogyne* spp. IN *Coffea arabica* ACCESSIONS UNDER GREENHOUSE AND FIELD CONDITIONS

ABSTRACT

Nematode parasitism significantly impact coffee production in Brazil with reducing yields and economic losses. Root-knot nematodes (RKN) are amongst the most economically important plant-parasitic nematodes infecting coffee in Brazil, particularly, *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita* due to their pronounced plant damage and widespread distribution throughout coffee-producing areas. Currently, there are no control methods that are really effective against coffee-associated RKNs and genetic resistance is considered the most promising one. The objective of this study was to identify coffee materials resistant to *M. paranaensis* and *M. incognita* race 1, which have shown promising agronomic traits in the field. Genotype selections (accessions) of *Coffea arabica* obtained from the Coffee Germoplasm Bank (EPAMIG) were used in this study. Seedlings of 18 different accessions, plus a resistant (cv. IPR-100) and a susceptible (cv. Mundo Novo) check, were inoculated with these two nematode species. Nematode reproduction factor was used to infer coffee accession responses (resistance/susceptibility) to nematode infection. Five accessions from crossing between Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161 (treatments 2, 3, 4, 14, 19), one accession from crossing between Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474 (treatment 5), two accessions from Timor Hybrid UFV 408-01 (treatment 8 and 10) and the resistant control cv. IPR-100 were resistant to *M. incognita* race 1. Four accessions from crossing between Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161 (treatments 3, 14, 16, 19), one accession from Timor Hybrid UFV 408-01 (treatment 8) and the cv IPR-100 were resistant to *M. paranaensis*. Field testing with parental genotypes showed that plants that originated progenies of Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161 (treatments 3 and 6) and Amphillo x H. Natural MR 36-349 (treatment 12) were resistant and highly productive, while plants that originated progenies from Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474 (treatments 5 and 7), Timor Hybrid UFV 408-01 (treatment 8) and Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161 (treatment 14) were also resistant and with good yield. Overall, materials from treatments (3, 5, 8, 14, 19 and 20) were resistant to both *M. paranaensis* and *M. incognita* race 1 under greenhouse/field conditions and showed promising agronomic traits which can be used in breeding programs to develop new cultivars of *C. arabica* and maintain sustainable coffee production.

Keywords: coffee, root-knot nematodes, Amphillo.

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é de grande importância na economia brasileira, sendo o Brasil o maior produtor e exportador do grão no mundo. O país é responsável por 30% do mercado internacional de café, com uma produção de 50,83 bilhões de sacas de café beneficiadas em 2012 (CONAB, 2012).

Apesar das condições ambientais e climáticas favoráveis e do sucesso da cafeicultura no Brasil, esta vem enfrentando sérios problemas fitossanitários principalmente em relação aos nematoides parasitas dessa cultura, causando redução na produtividade, e em alguns casos, abandono das lavouras (CARNEIRO, 1995).

Dentre os nematoides que atacam o cafeeiro, os mais importantes são os do gênero *Meloidogyne*. A redução na produção de café estimada pelo parasitismo dos fitonematoides é de 20%, e desse total as espécies de *Meloidogyne* são responsáveis por 75% (LORDELLO, 1976).

No Brasil, os nematoides de galhas colaboraram para a sucessiva decadência das regiões nobres da cafeicultura. Desse modo, forçando a migração das lavouras cafeeiras do Rio de Janeiro para São Paulo, então para o Paraná, Minas Gerais e, por último, para o Oeste da Bahia. Dentre as espécies do gênero *Meloidogyne*, *M. incognita* e *M. paranaensis* são as mais danosas para o café devido a sua agressividade e aos danos que causam, podendo levar a planta a morte. A alta susceptibilidade e intolerância das cultivares de *Coffea arabica* a esses nematoides constitui fator limitante para a cafeicultura (SALGADO et al., 2011).

Conforme Salgado et al. (2011) os principais sintomas do parasitismo por *M. incognita* e *M. paranaensis* são danos drásticos na integridade das raízes, como escamações superficiais com aspecto de cortiça, descascamento, rachaduras e lesões necróticas. Ferraz (2008) complementa que, na parte aérea os sintomas são clorose, desfolhamento, redução no crescimento e às vezes morte da planta.

De acordo com Salgado et al. (2011), por causa do impacto dos nematoides na produção nacional de café, principalmente os do gênero *Meloidogyne*, o controle desses fitoparasitas representa um desafio permanente aos pesquisadores brasileiros, principalmente porque, uma vez introduzidos em uma área agrícola, sua erradicação é praticamente impossível. Kanayama et al. (2009) afirmaram que o método de controle mais eficiente, econômico e ecologicamente correto dos fitonematoides é o uso de cultivares resistentes.

Os recursos genéticos disponíveis nos bancos de germoplasma de café são as principais fontes de resistência a nematoides para serem usadas em programas de melhoramento. Aproximadamente 120 espécies do gênero *Coffea* já foram identificadas, e elas hibridizam facilmente umas com as outras. Desse modo, genes de resistência podem ser transferidos de plantas selvagens para cultivares, em qualquer nível intraespecífico ou interespecífico (BERTRAND e ANTHONY, 2008).

Em *C. arabica* todas as cultivares usadas atualmente foram consideradas susceptíveis a *Meloidogyne* spp., no entanto, numerosas plantas selvagens dessa espécie, introduzidas da Etiópia, foram consideradas resistentes. Além disso, vários acessos resistentes foram identificados em *C. canephora* e em progênies de híbridos interespecíficos entre *C. arabica* e *C. canephora* (BERTRAND e ANTHONY, 2008).

Todos os profissionais da área, desde pesquisadores, extensionistas, produtores, empresas privadas e instituições de pesquisas, estão concentrando esforços para o alcance de medidas de manejo dos fitonematoides em cafeeiro; principalmente no que se refere à obtenção de cultivares resistentes (SALGADO et al., 2011); embora exista certa dificuldade dado ao alto custo e a complicação dos programas de melhoramento para plantas perenes como o cafeeiro (BERTRAND e ANTHONY, 2008; SALGADO et al., 2011). No entanto, vale repetir que o uso de cultivares resistentes é a medida mais econômica, eficaz e ambientalmente correta de manejo dos nematoides na cafeicultura.

2. OBJETIVO GERAL

- Avaliar Reação de genótipos de *C. arábica* a *M. paranaensis* e *M. incógnita* raça 1.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Avaliar o comportamento de genótipos de *C. arabica* quanto à resistência ou suscetibilidade a *M. paranaensis* e a *M. incognita* raça 1 em casa de vegetação.
- Identificar genótipos de *Coffea arabica* com potencial para obtenção de novas cultivares resistentes a *M. paranaensis* e a *M. incognita*.
- Comparar os resultados da fenotipagem em casa de vegetação com os resultados a campo, em área naturalmente infestada pelo nematoide.

4. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

4.1 O CAFÉ

Segundo Caixeta e Teixeira (1999) o café é cultivado em diferentes países tropicais, sendo apreciado e consumido no mundo inteiro. Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Café (2009), mais de 4 milhões de toneladas do grão são produzidos mundialmente por ano, sendo o Brasil o principal produtor (REIS e CUNHA, 2010). No agronegócio café, assim como na maioria dos produtos agrícolas, os preços de remuneração do grão estão sujeitos a altas e baixas periódicas, influenciadas pela disponibilidade do produto no mercado, pelos preços de outras commodities e pelo movimento dos fundos de investimentos que negociam o café nas bolsas de valores (OSÓRIO, 2005). Aliado ao contexto econômico, a produção cafeeira ainda passa pela necessidade de atender a um mercado com padrões de exigência de uma atividade que respeite o meio ambiente e as pessoas envolvidas na cadeia de produção, e exigentes também com a qualidade final do produto (REIS e CUNHA, 2010).

Para satisfazer a demanda desse mercado consumidor exigente, permanecer dentro dos padrões de sustentabilidade tanto econômico como social e ambiental, e ainda sobressair-se em um negócio sujeito a tantas oscilações cambiais, há a necessidade de aumentar o conhecimento científico do café, aliado ao desenvolvimento de inovações tecnológicas que permitam as mudanças relevantes para disponibilizar processos produtivos adequados à cadeia cafeeira. Dentre os conhecimentos e tecnologias aplicáveis a cafeicultura, o melhoramento genético do cafeeiro e a biotecnologia têm proporcionado inestimáveis avanços da atividade no Brasil e no mundo, e ainda apresentam um imenso potencial para desenvolvimentos futuros (CARVALHO, 2008).

4.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO CAFÉ

Desde que chegou ao Brasil, em 1727, até os dias de hoje, o café é um importantíssimo gerador de riquezas para o país (REIS e CUNHA, 2010). As primeiras sementes e mudas foram plantadas no Pará, em seguida no Maranhão, irradiando-se pelos

estados do Ceará, Pernambuco e Bahia. Depois o café chegou ao Rio de Janeiro e expandiu-se pelos estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais (IBC, 1986).

No começo da década de 1830 o Brasil já era o principal produtor mundial de café, contribuindo com cerca de 650 mil sacas em uma produção mundial de 2,5 milhões de sacas anuais. Desde o século XIX até os dias de hoje, a cafeicultura representa um ponto chave na economia brasileira. Já em 1790 o Brasil exportava grandes quantidades de café para Portugal, cerca de 23.900 arrobas do grão (REIS e CUNHA, 2010). Esses números vêm aumentando, chegando o Brasil a exportar para o mundo, em 2006, 27,2 milhões de sacas de 60 kg (FERRAZ, 2008).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café no mundo. Em 2006 aproximadamente 30% do grão produzido no mundo provinha de lavouras brasileiras, movimentando cerca de US\$ 5,1 bilhões no mercado internacional de commodities (FERRAZ, 2008). Em 2012 o país exportou 28,7 milhões de sacas de 60 kg, que representou 6,7% de todas as exportações brasileiras, com um faturamento de US\$ 6,5 bilhões (BRASIL, 2013).

Hoje, segundo estimativas da CONAB (2012), o Brasil colheu na safra 2012 cerca de 50,83 milhões de sacas de café beneficiadas. Sendo 38,34 milhões de sacas de café arábica e 12,48 milhões de sacas de café conilon. Com esse resultado, esta é a maior safra já produzida no país (CONAB, 2012). Para a safra 2013, a primeira estimativa da CONAB é que o Brasil deverá colher entre 46,98 e 50,16 milhões de sacas, essa redução quando comparada à safra anterior deve-se ao fato de 2013 ser um ano de baixa bienalidade.

Ainda segundo dados da CONAB (2012), a área plantada com café no Brasil totaliza 2.329,4 mil hectares. Sendo Minas Gerais o maior estado produtor do grão, com 52,1% da área cultivada no país, onde quase a totalidade das lavouras é de café arábica. A segunda maior área produtora cafeeira no Brasil é no estado do Espírito Santo, com predomínio de lavouras de café conilon. Outros estados brasileiros produtores de café que merecem destaque são São Paulo, Bahia, Paraná, Rondônia, Rio de Janeiro, Goiás, Pará e Mato Grosso.

Os principais destinos das exportações brasileiras de café verde foram Alemanha, Estados Unidos, Itália e Japão; café solúvel - Rússia, Estados Unidos, Ucrânia e Japão; e café torrado e moído - Estados Unidos, Itália, Argentina e Japão (BRASIL, 2013).

Não obstante sua grande importância na economia brasileira, a cafeicultura apresenta um importante papel social na geração de empregos, onde cerca de 3,5 milhões de pessoas,

principalmente na área rural, estão envolvidas com a cultura, que gera aproximadamente 7 milhões de empregos diretos e indiretos (RICE, 2003; EMBRAPA, 2004). A cadeia cafeeira é uma importante geradora de renda e empregos no país, tanto na lavoura, como na indústria e no comércio. Mais de 300.000 propriedades têm o café como sua principal fonte de renda, explorando terras, fixando mão-de-obra e criando riquezas e bem estar social (IBC, 1986).

4.3 ORIGEM E CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA DO CAFEIEIRO

O cafeeiro pertence a divisão das Fanerógamas, classe Angiospermae, subclasse Eudicotiledônea, ordem Rubiales, família Rubiaceae, tribo Coffeae, subtribo Coffeinae, e gêneros *Coffea* e *Psilanthus* (CARVALHO, 2008).

Dentro do gênero *Coffea* encontra-se 103 espécies (DAVIS et al., 2006), que estão ordenadas em três seções (CHEVALIER, 1942): *Mascarocoffea*, com espécies encontradas em Madagascar e nas Ilhas Mascarenhas; *Mozambicoffea*, com espécies localizadas no leste africano; e *Eucoffea* (CHEVALIER, 1942; CROS, 1996), com espécies das regiões central e oeste africano.

A seção *Eucoffea* é ainda dividida em quatro subseções: *Erytrocoffea*, com frutos de coloração vermelha; *Melanocoffea*, com frutos pretos; *Nanocoffea*, com espécies pequenas e arbustivas; e *Pachycoffea*, com espécies arbóreas (CHEVALIER, 1947).

Na seção *Eucoffea* é que são encontradas as espécies mais importantes de cafeeiro, dentre elas *C. arabica*, *C. canephora*, *C. liberica*, *C. dewevrei*, *C. klainii*, *C. congensis*, *C. racemosa*, *C. salvatrix*, *C. stenophylla*, *C. eugenoides*, *C. kapakata*, *C. humilis*, *C. sessiflora*, *C. heterocalyx*, *C. anthonyi*, e outras (CARVALHO, 2008). Ainda que a diversidade seja expressiva, somente *C. arabica* e *C. canephora* são cultivadas comercialmente.

Coffea arabica abrange como região de origem o sudoeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, numa faixa de altitude variando de 1.000 a 2.000 metros. A cafeicultura brasileira é originária da introdução de somente três plantas de café, em 1727 (CARVALHO, 2008). Sendo assim, sua base genética é bastante estreita (CARVALHO, 1993), e todas as cultivares disponíveis da espécie são provenientes das duas formas botânicas, *Typica* e *Bourbon* (ANTHONY et al., 2001).

A espécie *C. arabica* é alotetraploide com $2n = 4x = 44$ cromossomos; é ainda autógama com uma taxa de cruzamentos de até 10% (CARVALHO e MÔNACO, 1964). A

provável origem dessa espécie foi através da hibridação de gametas não reduzidos de espécies diploides do gênero, como foi mostrado em diversos trabalhos de natureza genética (CHARRIER e BERTHAUD, 1985), citológica (PINTO-MAGLIO e CRUZ, 1987), estudos quimiotaxonômicos (LOPES, 1972), serológicos (CHARRIER e BERTHAUD, 1985), e até mesmo em exames relacionados com a origem geográfica e com a compatibilidade em cruzamentos controlados (CARVALHO e MÔNACO, 1968). Recentes pesquisas concordam com a teoria de que *C. arabica* tenha como parentais as espécies *C. eugenoides* e *C. canephora* ou uma forma ancestral dessa espécie (LASHERMES et al., 1999).

A espécie *C. canephora* é originária também do continente africano, encontrada em extensas áreas da República da Guiné, Costa do Marfim, Libéria, Sudão e Uganda (CHARRIER e BERTHAUD, 1985). Uma gama de genótipos é encontrada na República Democrática do Congo. Essa espécie é observada espontaneamente em uma grande área da floresta tropical ao sul e ao norte do Equador, que compreende regiões variando desde o nível do mar em Gabão a altitudes maiores de até 1.300 m em Angola, Camarões, Costa do Marfim, e outras (CARVALHO, 1946).

Coffea canephora inclui inúmeras variedades, como: Kouillou (Conilon), Robusta, Sankuru, Bukaba, Niaculi, Uganda, Maclaud, Laurentti, Petit, Indénié, Nana, Polusperma, Oka, dentre outras (CHARRIER e BERTHAUD, 1988). Essa espécie é comumente denominada de “café robusta” devido à expressão de rusticidade e resistência às doenças de plantas, sendo considerado como um material de café resistente.

A variedade Kouillou (Conilon) foi observada em seu estado selvagem, pelos franceses em 1880, entre Gabão e a embocadura do rio Congo, principalmente junto ao ribeirão Kouilou, na África (CHEVALIER, 1929; CARVALHO, 1946). Foi então que em 1895, o botânico Louis Pierre descreveu o material como *C. canephora*.

A espécie *C. canephora* é diploide ($2n = 2x = 22$ cromossomos), alógama, exibindo incompatibilidade do tipo gametofítica (CONAGIN e MENDES, 1961). Sua diversidade genética é bem mais ampla do que em *C. arabica*, existindo dois grupos bastante distintos, o Guineano e o Congolês, estabelecidos em função de sua origem geográfica. O grupo Guineano compreende populações selvagens da Costa do Marfim, e o grupo Congolês com populações selvagens da República Centro-Africana, Camarões e Congo (BERTHAUD, 1986; DUSSERT et al., 1999). No Brasil, os cafés conilon da espécie *Coffea canephora* são representantes do grupo Guineano.

4.4 MORFOLOGIA DO CAFEIEIRO

4.4.1 ASPECTOS GERAIS DA MORFOLOGIA DE *Coffea arabica*

De modo geral o cafeeiro arábica é um arbusto perene, com altura variando de dois a seis metros, e podendo chegar até dez metros no estado selvagem sem nenhum tipo de condução. A copa apresenta formato cilíndrico com apenas um ramo vertical, de onde saem ramificações laterais horizontais. As folhas adultas são de coloração verde escura, brilhantes, com formato elíptico, bordas onduladas, nervuras secundárias de pequena profundidade e domácias glabras parcialmente desenvolvidas. As inflorescências se desenvolvem nas axilas foliares e originam até quatro flores, em uma estrutura chamada de glomérulo. Os frutos apresentam formato oblongo, de coloração amarela ou vermelha na maturação, com duas sementes envolvidas por uma membrana denominada de pergaminho (CARVALHO, 2008).

4.4.2 RAMOS

Os ramos que se desenvolvem no sentido vertical são denominados ortotrópicos, enquanto aqueles que crescem no sentido horizontal são chamados de plagiotrópicos, e a interação dos moldes de crescimentos entre esses dois tipos de ramos concede a *C. arabica* um formato cilíndrico (REIS e CUNHA, 2010).

A parte aérea da planta de café, durante a germinação, se forma em um único caule ortotrópico, a partir do desenvolvimento do eixo embrionário até que a plântula atinja de oito a dez pares de folhas. A ausência de ramos plagiotrópicos nesse estágio de desenvolvimento da planta é devido a forte dominância que a gema apical exerce sobre as gemas localizadas nas axilas foliares, que podem se diferenciar em folhas, ramos e raramente frutos. Essas gemas são encontradas em número de cinco a seis e são denominadas de gemas seriadas, a primeira gema do conjunto é conhecida como gema cabeça-de-série (CARVALHO, 2008).

Como existe somente uma gema cabeça-de-série em cada axila foliar presente nos nós ao longo do ramo ortotrópico, somente um par de ramos plagiotrópicos é formado por nó. Assim, os ramos plagiotrópicos de primeira ordem começam o seu desenvolvimento nas axilas das folhas. Essas ramificações primárias também possuem gemas cabeça-de-série que

são capazes de se diferenciarem em ramificações secundárias e gemas seriadas que originarão folhas, ramos secundários ou botões florais, dependendo do estímulo ambiental. Desse modo, a produtividade da safra de café depende diretamente da capacidade das gemas seriadas se diferenciarem vegetativamente ou reprodutivamente (CASTRO et al., 1987).

4.4.3 FOLHAS

Em plantas adultas as folhas são encontradas somente nos ramos plagiotrópicos, no mesmo plano e em posições opostas. A lâmina foliar apresenta de 12 a 14 cm e é delgada e ondulada, com formato elíptico (ALVES e LIVRAMENTO, 2003). Cultivares de *C. arabica* que possuem parentesco com *C. canephora* podem apresentar folhas mais curtas e estreitas. As folhas jovens, dependendo do germoplasma podem apresentar coloração verde ou bronze, sendo esta característica um importante descritor para as cultivares (CARVALHO, 2008).

O tecido epidérmico da lâmina foliar possui uma ou mais camadas de células externas, e é altamente especializado na absorção de luz. A epiderme (camada celular mais externa) é transparente e suas células são frequentemente convexas, podendo atuar como lentes que concentram a luz de maneira que a quantidade dessa que atinge os cloroplastos pode ser muitas vezes maior que a quantidade de luz ambiente (REIS e CUNHA, 2010).

A epiderme é revestida por uma camada de cutícula, formada por cutina, ceras cuticulares e polissacarídeos pectínicos, e tem a função de reduzir a perda espontânea de água e proteger o tecido foliar contra danos mecânicos. Na epiderme também estão presente os estômatos, que são formados por duas células guardas, o ostíolo ou poro estomático e células subsidiárias. Na planta de café as folhas são hipoestomáticas, ou seja, os estômatos estão presente apenas na epiderme inferior ou abaxial, o que confere ao cafeeiro uma melhor adaptação às condições de seca por apresentar menor transpiração na face adaxial das folhas (TAIZ e ZEIGER, 2004).

4.4.4 FLORES

A floração do café e sua produção acontecem nos ramos laterais que cresceram na estação passada. As flores se dispõem em glomérulos axilares, em número variando de 2 a 19 flores por axila, elas são envolvidas por um caulículo formado por dois pares de brácteas,

lanceoladas e triangulares respectivamente. Os eixos laterais da inflorescência se originam a partir de gemas dispostas em série descendentes, nas axilas dos pares cruzados de folhas com os ramos primários. Cada gema dessa série desenvolve-se num eixo curto terminando em uma flor. Essas axilas florais produzem gemas uma única vez, de modo que a produção, com o passar do tempo, se concentra nas extremidades dos ramos, por esse motivo, de tempos em tempos é necessário realizar práticas de poda e renovação da lavoura (CARVALHO, 2008).

4.4.5 FRUTOS

O fruto do cafeeiro é uma drupa composta pelo pedúnculo, pela coroa, pelo exocarpo (epicarpo), pelo mesocarpo, pelo endocarpo e pela semente. O pedúnculo é a haste que sustenta o fruto, sendo uma região de ligação entre a planta e o fruto, e por onde este recebe fotoassimilados. A coroa é a região da cicatriz floral, fica localizada na parte oposta ao pedúnculo. O exocarpo (casca) é a camada externa do fruto, tem coloração vermelha ou amarela dependendo da cultivar, quando em estágio de cereja por ocasião da maturação fisiológica. O mesocarpo (mucilagem) é uma polpa gelatinosa e adocicada, encontrada entre o exocarpo e o endocarpo. O endocarpo, conhecido como pergaminho, faz parte do fruto, no entanto acompanha a semente na sementeira. Quando o fruto está maduro, o pergaminho é coriáceo e envolve cada semente individualmente. As sementes das principais cultivares de *C. arabica* tem formato plano-convexo, elíptico ou oval, são sulcadas longitudinalmente na face plana, apresentam espessura média, com endosperma de coloração verde e contém uma película prateada clara ligeiramente aderida ao endosperma (CARVALHO, 2008).

A semente é composta pelo espermoderma, pelo endosperma e pelo embrião. O espermoderma é prateado em *C. arabica* e fica aderido ao endosperma. O endosperma é o tecido de maior volume na semente, tem cor azul-esverdeada, é um tecido triploide, formado com ceras poliédricas de parede espessas, onde as hemiceluloses impregnantes possuem função de reserva. Ainda o endosperma apresenta plasmodesmas que atuam no transporte de substâncias durante a germinação, e é composto por água, aminoácidos, proteínas, cafeína, lactonas, triglicerídeos, açúcares, dextrina, pentosanas, galactomananas, celulose, ácido cafeico, ácido clorogênico e minerais. O embrião está localizado na superfície convexa da semente, e é formado por um hipocótilo e dois cotilédones cordiformes (REIS e CUNHA, 2010).

4.4.6 SISTEMA RADICULAR

Em cafeeiros a maioria das raízes encontram-se debaixo da projeção da copa, devido as melhores condições de umidade, fertilidade e aeração do solo. No entanto, geralmente estas avançam para o meio da rua, formando um emaranhado pelo entrelaçamento das raízes de cafeeiros adjacentes. Quanto ao seu desenvolvimento vertical, comumente, em solos bem estruturados e com boa fertilidade, encontram-se raízes em até dois metros de profundidade com cerca de 40 a 50% delas presentes nos primeiros 60 cm do solo (CARVALHO, 2008).

No sentido longitudinal, a raiz é composta pelas seguintes partes: a coifa, relativamente impermeável à água; a região meristemática, que possui baixa taxa de absorção de água; e as zonas de alongamento e maturação, onde estão presentes os pelos absorventes, que são alongamentos de células especiais da epiderme, os tricoblastos. Essa região é a que absorve mais rapidamente a água. Os pelos absorventes aumentam a superfície de contato solo-raiz por estenderem-se entre as partículas do solo em torno da raiz, aumentando assim a absorção de água e o volume de solo explorado. Nas partes mais velhas da raiz encontra-se a zona suberizada, onde a absorção de água é lenta (REIS e CUNHA, 2010).

Em um sistema radicular típico de um cafeeiro estabelecido em solo sem limitações físicas e químicas destacam-se dois tipos de raízes: pivotante e laterais.

4.4.6.1 RAIZ PIVOTANTE

Na maioria das lavouras a raiz pivotante é pouco desenvolvida e, na maior parte dos casos, ausente. Essa característica se deve ao sistema de formação das mudas; no momento do plantio, em geral, as raízes das mudas encontram-se enoveladas no fundo do saquinho, acarretando numa deformação conhecida como pião torto. Para contornar esse problema é recomendável o corte do fundo do saquinho de modo a eliminar os primeiros centímetros da raiz pivotante, essa prática culmina na perda da dominância apical da raiz, induzindo-a a emitir ramificações. Outra causa bastante comum do atrofiamento da raiz pivotante é o entortamento ou enovelamento desta durante uma repicagem mal feita, ou durante o plantio no campo quando se põe pressão sobre o bloco da muda, forçando a raiz a se dobrar. Por esses motivos, a raiz pivotante do cafeeiro quase nunca ultrapassa os primeiros 45 cm do solo, salvo

algumas plantas de lavouras antigas onde as sementes foram semeadas diretamente no solo, com raiz pivotante chegando até a 1,5 m de comprimento (CARVALHO, 2008).

4.4.6.2 RAIZES LATERAIS

As raízes laterais são ramificações da raiz principal e são divididas em axiais, laterais de superfície e laterais de profundidade.

As raízes axiais se desenvolvem verticalmente no solo, logo abaixo do tronco e estão presente em número de dois a seis. Elas atingem uma profundidade normal de aproximadamente dois metros, no entanto, dependendo das condições, podem chegar até quatro metros de profundidade (CARVALHO, 2008).

As raízes laterais de superfície crescem paralelamente à superfície do solo, atingindo até dois metros de comprimento. Elas apresentam elevada capacidade de crescimento que levam ao entrelaçamento com raízes de plantas adjacentes, chegando até a ultrapassar o eixo da planta vizinha, formando uma malha contínua. Esse tipo de raiz apresenta grande capacidade de lançamento de raízes terciárias e de ordem superior, as quais se encontram concentradas na região que corresponde à projeção da copa.

As raízes laterais de profundidade são de origem superficial, crescendo primeiro lateralmente e depois se desenvolvendo em profundidade, ocupando assim todo o volume do solo abaixo da copa (TAIZ e ZEIGER, 2004).

4.4.7 MORFOLOGIA DE *Coffea canephora*

Cabe aqui ressaltar, antes de se começar a descrever a morfologia de *C. canephora*, que atualmente, a maioria das lavouras de café conilon é formada por variedades clonais, sendo cada variedade composta por um determinado número de clones (BRAGANÇA et al., 1993).

A morfologia de *C. canephora* é em grande parte semelhante a do cafeeiro arábica (FERRÃO et al., 2007), entretanto, as plantas desta espécie são multicaules, podendo atingir cinco metros de altura. As folhas são maiores e de coloração verde menos intensa que em *C. arabica*, estas são ainda elípticas, lanceoladas, com bordas bastante onduladas e com nervuras bem salientes (FAZUOLI, 1986).

As flores são brancas, com grande número por inflorescência e por axila foliar. Os frutos apresentam formato e número variável, de acordo com o material genético. São observados aproximadamente 30 a 60 frutos por verticilo foliar, com superfície lisa, exocarpo fino, mesocarpo aquoso e endocarpo delgado (FAZUOLI, 1986).

As inflorescências (glomérulos), assim como no cafeeiro arábica, são formadas a partir de gemas seriadas (sendo um glomérulo por gema) localizadas nas axilas das folhas de ramos laterais que se formaram na estação de crescimento do ano corrente (BARROS et al., 1978). Silveira e Carvalho (1996) encontraram em média, para o café conilon, 3,3 glomérulos por axila foliar e 3,4 flores por glomérulo, de modo que apenas uma roseta de um determinado ramo plagiotrópico pode potencialmente produzir, de 22 a 24 frutos.

Quanto ao sistema radicular, as informações sobre o desenvolvimento de raízes do café conilon são bem mais escassas que as disponíveis para o cafeeiro arábica (FERRÃO et al., 2007). Em *C. canephora*, o sistema radicular concentra-se na projeção da copa, nas proximidades do tronco, e sua estrutura e distribuição são bastante semelhantes à de *C. arabica* (RENA, 1998; DA MATTA e RENA, 2002). Existem ainda, relatos na literatura, de que a maior robustez do café conilon esteja associada à maior extensão e eficiência de seu sistema radicular, tanto na absorção de água como nutrientes (DA MATTA e RENA, 2002).

4.5 CULTIVARES E MATERIAIS DE CAFÉ ARÁBICA UTILIZADOS NOS CRUZAMENTOS

4.5.1 CATUAÍ VERMELHO

Essa cultivar originou-se da recombinação de um cruzamento artificial entre cafeeiros selecionados, pela produtividade, das cultivares Caturra Amarelo, IAC 476-11 e Mundo Novo IAC 374-19, de *C. arabica*. O objetivo do trabalho para a obtenção da cultivar Catuaí Vermelho, foi o de transferir para a cultivar Mundo Novo o fator dominante Caturra (*CtCt*) que confere porte baixo, por meio da redução do comprimento dos internódios (CARVALHO, 2008).

Foram selecionadas plantas com frutos de cor vermelha, na população F3, homozigotas para os alelos *CtCt*, e heterozigotas para *Xcxc*, responsável pela cor do exocarpo.

Aos descendentes desses cafeeiros, na geração F4 e subsequentes deu-se a denominação de Catuaí Vermelho, caracterizados por serem vigorosos e altamente produtivos. A cultivar foi lançada em 1972, pelo IAC e registrada no Registro Nacional de Cultivares (RNC) em 1999. Essas cultivares possuem elevado vigor e excelente qualidade de bebida, no entanto são susceptíveis a ferrugem do cafeeiro e aos nematoides (CARVALHO, 2008).

4.5.2 MUNDO NOVO

Resultante da recombinação de um cruzamento natural entre as cultivares Sumatra e Bourbon Vermelho, no município paulista de Mineiros do Tietê. Sementes desses cafeeiros foram plantadas no município Mundo Novo, hoje Urupês (SP), e selecionadas plantas matrizes que deram origem a cultivar Mundo Novo. Várias seleções de plantas matrizes e, posteriormente, seleções entre e dentro das progênies, foram realizadas nos anos de 1943 a 1952. As progênies selecionadas, denominadas Mundo Novo, foram multiplicadas e distribuídas aos produtores a partir de 1952, sendo que novas seleções foram liberadas pelo IAC em 1977. Essas cultivares são caracterizadas pela elevada produção de café beneficiado, ótimo vigor vegetativo, com qualidade de bebida excelente, no entanto susceptível a ferrugem e aos nematoides (CARVALHO, 2008).

4.5.3 HÍBRIDO DE TIMOR

O Híbrido de Timor tem sua origem, possivelmente em um cruzamento natural entre *C. arabica* e *C. canephora*, em que um gameta não reduzido da espécie *C. canephora* tenha combinado com um gameta normal de um cafeeiro da espécie *C. arabica*. Esse híbrido foi identificado por volta de 1917, em uma plantação de *C. arabica* no Timor Português. Essa população passou a ser cultivada em seu local de origem na década de 1940. Mais tarde a Universidade Federal de Viçosa iniciou estudos dessa população, em 1976, e posteriormente em conjunto com a EPAMIG, até os dias de hoje, esse material vem sendo estudado como fonte de resistência a ferrugem (CARVALHO, 2008).

A população do Híbrido de Timor tem grande importância para o melhoramento genético do cafeeiro como fonte de resistência a doenças; sendo constituída de genótipos com variabilidade genética para resistência a ferrugem, a antracnose do cafeeiro, a

bacterioses e aos nematoides-das-galhas. Tendo em vista como um material muito importante para o melhoramento do cafeeiro, ele foi utilizado para a obtenção de várias populações de cafeeiros resistentes a ferrugem, como no caso do Catimor, Sarchimor, Cavimor, Cachimor, Blumor e outros (CARVALHO, 2008).

4.5.4 AMPHILLO

Segundo Fazuoli (1986), o cafeeiro Amphillo representa plantas originadas de sementes coletadas em Amphillo, na Etiópia, primeiramente estudada no Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Em 1953, o Instituto Agrônômico (IAC) recebeu dos Estados Unidos 40 mudas de Amphillo, foi então estabelecido um experimento no IAC, onde a melhor planta dessa progênie recebeu a sigla de IAC 1167-19. Sementes coletadas dessa planta e as mudas originadas foram testadas no início da década de 1970 no Instituto Biológico (IB) e no IAC. Os testes em casa de vegetação revelaram certo nível de resistência a *M. incognita*, sem identificação da raça. O IAC testou também progênies dessa mesma planta, em 1974, na cidade de Adamantina, em área infestada com *M. incognita*. O material, no campo, apresentou certa resistência, mas com baixa produção e o mesmo foi eliminado. Sementes também coletadas da mesma planta foram enviadas ao Engenheiro Agrônomo Eugênio Kroll Rebel, do antigo Instituto Brasileiro de Café (IBC) de Maringá-PR, por volta do início de 1975. Em testes realizados em casa de vegetação, com infecção artificial, e em condições de campo, num trabalho em conjunto com o IBC e o IAC, verificou-se resistência desse material a *M. incognita*. Várias plantas foram selecionadas como resistentes a esse nematoide, mas que poderia ser, na época, *M. paranaensis*. Posteriormente, foram feitos vários cruzamentos e as sementes desses cruzamentos enviadas ao IAC, EPAMIG, IAPAR, Universidade de Londrina e de Maringá e outros locais. O IAC seguiu o trabalho avaliando esse material para a produção e para diversas características agronômicas, fazendo cruzamentos, mas esse trabalho não avançou, e várias seleções encontram-se hoje no campo.

4.6 A PROBLEMÁTICA DOS FITONEMATOIDES PARASITAS DO CAFEIEIRO

No Brasil o café é cultivado em diferentes regiões e sob diferentes condições climáticas, desde o sul até o norte do país, com altitudes variando de 350 a mais de 1000 m acima do nível do mar (FERRAZ, 2008). Desde que chegou ao Brasil, o café encontrou quase tudo que necessitava para o seu cultivo, em regiões com características climáticas e físicas ideais (REIS e CUNHA, 2010).

Apesar do sucesso da cafeicultura no Brasil, diversos fatores como condições climáticas e edáficas adversas, cultivares ou variedades plantadas, sistemas de plantio e colheitas adotados e a incidência de pragas, doenças e dos nematoides parasitas, a produtividade varia muito entre e até mesmo dentro dos estados brasileiros (FERRAZ, 2008). Dentre os principais fatores limitantes para a cafeicultura, destacam-se os nematoides, que parasitam o sistema radicular da planta durante todo o ciclo da cultura no campo (REIS e CUNHA, 2010).

Uma vez introduzido em uma área agrícola, a erradicação dos fitonematoides é quase impossível (SALGADO et al., 2011), e a recuperação das plantas parasitadas também (FERRAZ, 2008). A única alternativa para lavouras cafeeiras implantadas em áreas infestadas é a erradicação de todas as plantas logo que a incidência dos nematoides for confirmada (FERRAZ, 2008). No Brasil, ao longo do tempo, os nematoides das galhas colaboraram para a sucessiva decadência das regiões nobres da cafeicultura (SALGADO et al., 2011). Existem vários relatos bibliográficos que citam o abandono pelos produtores das lavouras parasitadas (CARNEIRO, 1995), e a erradicação de inúmeras plantações infestadas nos estados do Paraná e São Paulo (JAEHN, 1984; GONÇALVES, 2000).

Vários gêneros e espécies de nematoides são encontrados associados ao café em diversos países produtores. Os nematoides das galhas como são chamados, pertencentes ao gênero *Meloidogyne* estão mundialmente distribuídos e são os mais importantes nematoides parasitas no cafeeiro no Brasil e no mundo (CAMPOS e VILLAIN, 2005). Compondo esse gênero existem mais de 90 espécies descritas, das quais 17 podem atacar o cafeeiro (CAMPOS e VILLAIN, 2005). No Brasil, *M. incognita*, *M. paranaensis* e *M. exigua* constituem as principais espécies por causa dos danos que causam e pela ampla distribuição nas áreas produtoras de café (CAMPOS e VILLAIN, 2005; OLIVEIRA, 2006), podendo levar a planta a morte (SALGADO et al., 2011).

O primeiro relato de nematoides parasitando cafeeiros no Brasil foi feito por Jobert, em 1878; em 1892 Göldi publicou um trabalho que se tratava da incidência de nematoides

causando sérios danos em plantações no estado do Rio de Janeiro, esse artigo descreve o nematoide *M. exigua* (FERRAZ, 2008). Em 1929, Rahm reportou o mesmo nematoide em São Paulo, desde então pode ser encontrado na maioria dos estados produtores (CAMPOS e VILLAIN, 2005), e esse é a espécie de *Meloidogyne* mais difundida em Minas Gerais (CAMPOS e MELLES, 1987; SANTOS et al., 1998).

Outro nematoide da galha encontrado causando os mais devastantes efeitos em plantações de café no Brasil, desde que foi primeiramente observado em São Paulo, é o *M. incognita* (LORDELLO; MELLO FILHO, 1970). Depois foi reportado também por diversos autores nos estados do Espírito Santo, Paraná, Ceará e Minas Gerais (LORDELLO e HASHIZUME, 1971; LORDELLO e LORDELLO, 1972; PONTE e CASTRO, 1975; GUERRA NETO e D'ANTONIO, 1984). Na década de 1970, milhões de pés de café infectados por *M. incognita* foram erradicados em duas grandes regiões produtoras do Estado de São Paulo, na Alta Paulista e na Araraquarense (CURI et al., 1977).

Meloidogyne paranaensis foi descrito em cafezais no Brasil em 1996, somando-se ao grupo dos nematoides fitoparasitas mais importantes no país (CARNEIRO et al., 1996). Antes de sua descrição, esse nematoide foi reportado como um novo patótipo de *M. incognita* (CARNEIRO, 1993), e também já foi mencionado anteriormente como uma população não identificada de *Meloidogyne* procedente do café (ESBENSHADE e TRIANTAPHYLLOU, 1985), geralmente encontrado em São Paulo e Paraná (SANTOS e TRIANTAPHYLLOU, 1992; CARNEIRO, 1993). Sua incidência em Minas Gerais parece ser limitada (CASTRO et al., 2008). Só recentemente, em algumas lavouras dos municípios de Serra do Salitre e de Patrocínio, região do Alto Paranaíba de Minas Gerais, foram feitas coletas em cafezais com sintomas típicos, diagnosticados como *M. paranaensis* pelo exame de configuração perineal e pelo fenótipo de esterese (CASTRO et al., 2003).

A redução estimada na produção de café pelos fitonematoides é de 20%, e desse total as espécies de *Meloidogyne* são responsáveis por 75% (LORDELLO, 1976). Também Campos e Villain (2005) constataram redução de 30 a 45% na produção cafeeira no Brasil em decorrência do parasitismo pelos nematoides das galhas. Devem também ser levadas em consideração as perdas indiretas causadas pelos nematoides, como menor tolerância às condições climáticas adversas, frios e secas, e perda parcial da eficiência de alguns insumos (GONÇALVES et al., 2004).

Em consequência do parasitismo a raiz do cafeeiro apresenta deficiência na absorção e translocação de nutrientes para o resto da planta, ficando debilitada, podendo chegar à morte (SALGADO et al., 2011). *Meloidogyne exigua* causa galhas arredondadas, principalmente em raízes novas, também podem ser observadas áreas necróticas nas raízes, que podem ser agravadas por infecções secundárias levando a seção da raiz atacada à morte (CAMPOS e VILLAIN, 2005). *Meloidogyne incognita* e *M. paranaensis* danificam drasticamente a integridade das raízes, causando escamações em sua superfície, com aspecto de cortiça, com descascamento, rachaduras e pontos de lesões necróticas (SALGADO et al., 2011). Na parte aérea das plantas, os sintomas são clorose, desfolhamento, redução no crescimento e as vezes morte da planta (FERRAZ, 2008).

4.7 MANEJO/CONTROLE DOS FITONEMATOIDES PARASITAS DO CAFEIEIRO

Por causa do impacto dos nematoides na produção nacional de café, principalmente os do gênero *Meloidogyne*, o controle desses fitoparasitas representa um desafio permanente aos pesquisadores brasileiros (FERRAZ, 2008). Como é praticamente impossível erradicar os nematoides de uma lavoura cafeeira, o ideal é evitar sua entrada na área cultivada (REIS e CUNHA, 2010).

Uma grande dificuldade para o controle dos nematoides no cafeeiro é que não existe nenhum método que seja totalmente eficiente ao controle das diversas espécies existentes associadas ao café (REIS e CUNHA, 2010). Além disso, o controle dos nematoides em culturas perenes é mais difícil do que em culturas anuais (CAMPOS e VILLAIN, 2005). Nesse contexto, o que se pode fazer é a aplicação de medidas de manejo dos fitonematoides na lavoura cafeeira. Dentre essas medidas podem ser citadas: a escolha de mudas sadias e livres de nematoides para o plantio; o manejo das enxurradas através de sua contenção para evitar a disseminação dos nematoides entre áreas vizinhas; a limpeza correta das máquinas e implementos que circulam nas propriedades, que podem carregar partículas de solo contaminadas; e o uso de cultivares resistentes (REIS e CUNHA, 2010).

Os nematicidas químicos usados para o controle dos nematoides em café e em outras culturas apresentam grandes desvantagens, uma vez que são extremamente tóxicos para o

homem, contaminam o solo com resíduos químicos e aumentam os custos de produção (FERRAZ, 2008). A decisão do uso de nematicidas deve ser bem pensada, pois, além de tudo, eles não conseguem erradicar os nematoides do solo (REIS e CUNHA, 2010). Os nematicidas mais utilizados na cafeicultura são Aldicarb, Carbofuran, Terbufós, entre outros, que se aplicados nas doses adequadas reduzem a população dos nematoides por aproximadamente 3 a 4 meses (GONÇALVES e SILVAROLLA, 2001), mas não os erradicam do solo, ficando seu uso dependente de fatores econômicos, que na maioria das vezes não são viáveis (LORDELLO et al., 1990).

Uma medida de controle que tornou possível o crescimento econômico do café em áreas infestadas com *M. incognita* e *M. paranaensis* foi o uso de variedades enxertadas. Uma introdução de *C. canephora* da Costa Rica apresentou alta resistência a *M. exigua*, à várias raças de *M. incognita* e a *M. paranaensis* (FAZUOLI, 1986; GONÇALVES et al., 1996). Essa linhagem foi então melhorada para ser usada como porta-enxerto e foi denominada Aboatã (FAZUOLI et al., 2002). Nos estados de São Paulo e Paraná, o cultivo de cafés enxertados é comum em áreas infestadas com nematoides (CAMPOS e VILLAIN, 2005).

O método de controle dos fitonematoides mais eficiente, econômico e ecologicamente correto é o uso de cultivares resistentes (KANAYAMA et al., 2009). Sendo que a utilização de cultivares resistentes possibilita a manutenção das populações de nematoides abaixo do nível de dano econômico (COOK e EVANS, 1987). A resistência genética tem sido utilizada principalmente para os nematoides endoparasitas sedentários, como os do gênero *Meloidogyne*, que apresentam uma interação especializada com seus hospedeiros (ROBERTS, 2002).

4.8 RESISTÊNCIA GENÉTICA DO CAFEIRO AOS NEMATOIDES DAS GALHAS

O termo resistência é usado para descrever a habilidade da planta em suprimir o desenvolvimento ou a reprodução do nematoide. Ela pode ser de baixa a moderada ou de alta resistência. A planta que apresenta resistência completa não permite a reprodução do nematoide, e plantas com resistência moderada permite quantidades intermediárias de reprodução. Susceptibilidade é o oposto da resistência, a planta susceptível permite a

reprodução normal do nematoide e a expressão da doença associada a este (ROBERTS, 2002).

Tolerância e intolerância são termos usados para descrever a habilidade da planta em suportar a infecção causada pelo nematoide; plantas intolerantes são prejudicadas, desenvolvem-se menos e podem até morrer quando infectadas (ROBERTS, 2002). Resistência e tolerância não estão sempre juntas e têm se mostrado estarem sob controles genéticos separados nas interações planta-nematoide (EVANS e HAYDOCK, 1990; TRUDGILL, 1991).

A resistência no que se refere ao modo de herança pode ser monogênica (um gene), oligogênica (poucos genes) ou poligênica (vários genes). Os genes de resistência podem ser ainda definidos de acordo com a quantidade de efeito fenotípico que eles expressam, sendo genes maiores com amplos efeitos ou genes menores com pequenos efeitos para a expressão fenotípica. Outra classificação de acordo com Vanderplank (1978) é a de resistência vertical ou qualitativa, diferenciando variantes intraespecíficos (raças, patótipos e biótipos do patógeno). Este tipo de resistência é normalmente controlada por um até no máximo três genes; e a resistência horizontal que é geralmente poligênica é herdada de vários genes menores com efeitos aditivos que conferem um nível quantitativo de resistência. A resistência quantitativa tende a ser mais durável e menos contornável pela pressão de seleção operando sobre a população do nematoide parasita (ROBERTS, 2002). De acordo com as reações da resistência, esta pode ser pré-infectiva, ocorrendo independente da infecção; ou pós-infectiva, ocorrendo em resposta à infecção pelo nematoide (ROBERTS et al., 1998).

No nematoide estão presentes genes de virulência que combinam com os genes de resistência da planta hospedeira. A virulência é definida de acordo com a capacidade do nematoide de reproduzir em uma planta hospedeira que possui um ou mais genes de resistência, enquanto que os nematoides avirulentos são incapazes de se reproduzirem na presença desses genes específicos (DAVIS et al., 2000). Um importante aspecto da virulência é que as populações de nematoides compreendem uma mistura de indivíduos virulentos e avirulentos. A frequência de indivíduos virulentos na população irá determinar o potencial para a seleção de virulência na presença de plantas resistentes; os genes que codificam essa característica são tipicamente chamados genes de avirulência ou genes Avr (ROBERTS, 2002).

A resistência em plantas foi encontrada e desenvolvida principalmente para os nematoides parasitas especializados, como no caso dos *Meloidogyne*, que tem uma relação endoparasítica sedentária com seus hospedeiros. Relações altamente especializadas resultaram em genes específicos de resistência e parasitismo enquanto vantagens genéticas estavam sendo procuradas tanto por parte da planta hospedeira como do nematoide parasita (ROBERTS, 2002).

No Brasil, apesar dos vários atributos agrônômicos das principais cultivares plantadas, como “Mundo Novo”, “Catuaí Vermelho”, “Catuaí Amarelo”, “Bourbon Vermelho”, “Caturra Amarelo”, entre outras, todas são susceptíveis às várias espécies de *Meloidogyne*, principalmente *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis* (GONÇALVES *et al.*, 2004). A alta susceptibilidade e intolerância das cultivares de *C. arabica* a esses nematoides constitui fator limitante para a cafeicultura (SALGADO *et al.*, 2011).

Devido a susceptibilidade dos cafeeiros brasileiros aos fitonematoides tornou-se uma prioridade encontrar fontes de resistência nos Bancos de Germoplasma de café (FERRAZ, 2008). Ao contrário de *C. arabica*, podem ser encontradas fontes de resistência aos nematoides *Meloidogyne* nas espécies diplóides do gênero *Coffea* (REIS e CUNHA, 2010).

Foi então que partir de 1970 iniciaram-se estudos básicos e avançados para lidar com o *status* de hospedeira de novos materiais de *C. arabica* a *Meloidogyne* spp. Os genótipos avaliados foram resultantes de cruzamentos entre *C. arabica* e outras espécies do gênero *Coffea*, especialmente *C. canephora*, *C. congensis* e *C. dewevrei* (FERRAZ, 2008).

Progênes derivadas do Híbrido de Timor, que é fenotipicamente um café arábica, resultante do cruzamento natural entre *C. arabica* e *C. canephora*, são as principais fontes de resistência usadas em programas de melhoramento (LASHERMES *et al.*, 1999). Primeiramente suas progênes foram estudadas para a resistência a ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) e então para resistência aos nematoides das galhas (FERRAZ, 2008). Os materiais descendentes dessas plantas foram então sendo cruzados com variedades comerciais como o Caturra, o Villa Sarchi e o Catuaí, originando Catimores, Sarchimores e Cavimores, respectivamente (REIS e CUNHA, 2010). A resistência encontrada nas plantas derivadas do Híbrido de Timor é determinada por um gene de efeito maior oriundo de *C. canephora*, e para o qual foi identificado o locus *Mex-1* (NOIR *et al.*, 2003).

Algumas combinações entre *C. arabica* e *C. canephora* originam plantas resistentes a *M. incognita* e *M. paranaensis*, porém segregantes para essa característica (GONÇALVES e

FERRAZ, 1987; GONÇALVES et al., 1996; GONÇALVES et al., 1998). A resistência a *M. paranaensis* vem sendo encontrada em *C. canephora* (GONÇALVES et al., 1988; 1996; SERA et al., 2004a; 2005) e em *C. congensis* (GONÇALVES et al., 1988). DaMatta et al. (2000) identificaram um genótipo de Catucaí que originou a cultivar IPR-100 com 100% de plantas resistentes a *M. paranaensis* e *M. incognita* raça 2.

Também foi identificada resistência a *M. incognita* em cafeeiros arábica do germoplasma Sarchimor (GONÇALVES et al., 1988), do Icatu (CARNEIRO, 1995) e de *C. canephora* (GONÇALVES e FERRAZ, 1987; GONÇALVES et al., 1996; SERA et al., 2004b; 2005), no entanto, a maioria segregando para a resistência. Em 50 acessos de cafeeiros arábica introduzidos da Etiópia e do Sudão, observou-se que 40% dos acessos foram resistentes a *M. incognita* (ANZUETO et al., 2001).

Fazuoli et al. (1987) identificaram na cultivar Apoatã de *C. canephora* resistência a *M. incognita*, e desde então ela tem sido utilizada como porta-enxerto de cultivares de *C. arabica* para o plantio em áreas infestadas.

4.9 MELHORAMENTO DO CAFEIEIRO PARA A RESISTÊNCIA A NEMATÓIDES

O melhoramento genético do cafeeiro vem proporcionando ao longo do tempo grandes contribuições para o aumento da produtividade e da qualidade do café. Por ser o cafeeiro uma planta perene, seu melhoramento demanda longo tempo, o que acaba dificultando o trabalho dos melhoristas, considerando problemas bióticos, abióticos e principalmente financeiros que ocorrem durante as avaliações dos cafeeiros por vários anos consecutivos (REIS e CUNHA, 2010).

A ideia inicial que se tinha com o melhoramento genético do cafeeiro era o aumento direto da produção. Com o advento da genética e o aprimoramento dos métodos de seleção, novos critérios foram sendo incorporados, principalmente visando resistência à pragas e doenças e qualidade de bebida. Posteriormente foi também dado ênfase à tolerância a estresses ambientais, devido a necessidade da expansão da cafeicultura para regiões climáticas marginais à cultura (CARVALHO, 2008).

Dentro do gênero *Coffea* todas as espécies são diploides, exceto *C. arabica* que é tetraploide. Com raras exceções, as espécies diploides são auto-incompatíveis, só

produzindo grãos quando a planta é polinizada por outra planta da mesma espécie. O café arábica, ao contrário, é auto-compatível, sendo que 90% ou mais de seus grãos são formados por autofecundação (REIS e CUNHA, 2010). A polinização cruzada em *C. arabica*, embora pequena, é suficiente para produzir certa variabilidade nas progênes. Esse mecanismo é responsável pela origem de novas cultivares que surgiram como recombinantes de cruzamentos naturais entre cultivares diferentes plantadas na mesma localidade (CARVALHO, 2008).

Uma vez que o cafeeiro arábica se reproduz por autofecundação e é comercialmente propagado por sementes, as estratégias do melhoramento genético visam o desenvolvimento de cultivares altamente homozigóticas para originarem lavouras uniformes. Para o melhoramento do cafeeiro, a escolha do método depende do tipo e da fonte de variabilidade que se está utilizando e do objetivo final do melhoramento que se pretende alcançar. Os métodos usuais de melhoramento do cafeeiro constam, normalmente, de uma ou várias hibridações seguidas ou alternadas com autofecundações em seleções genealógicas; é frequente utilizado também o método de retrocruzamentos conduzido por várias gerações, ou com número variável de gerações de autofecundações entre as gerações de retrocruzamentos (CARVALHO, 2008).

Em *C. arabica*, duas populações bases são conhecidas por seu grande impacto no desenvolvimento da cafeicultura, identificadas com os nomes de Typica e Bourbon (KRUG et al., 1939). A população Typica foi originada de uma única planta da Indonésia, que foi subsequentemente cultivada em Amsterdã e Paris, enquanto que a população Bourbon é originária de vários indivíduos introduzidos da ilha de Bourbon, hoje Reúnião (BERTRAND e ANTHONY, 2008). Uma análise molecular da diversidade genética dessas duas populações confirmou um baixo polimorfismo em ambas, principalmente na população Typica. Esses resultados também mostraram que há uma pequena diferenciação entre as duas populações, o que explica as limitações genéticas encontradas nos programas de melhoramento tradicional para *C. arabica* (ANTHONY et al., 2002).

Ao contrário das cultivares derivadas de Typica e Bourbon, plantas selvagens de café coletadas do centro de diversidade de *C. arabica* na Etiópia têm se mostrado, através de marcadores moleculares, terem relativamente alto polimorfismo (ANTHONY et al., 2001).

A busca por fontes de resistência entre os recursos genéticos disponíveis em bancos de germoplasma é o primeiro passo para se estudar a hereditariedade da resistência e seu uso no

melhoramento. A origem dos genes de resistência, suas frequências e como eles são transmitidos são elementos essenciais para se definir um programa de melhoramento (BERTRAND e ANTHONY, 2008).

Os bancos de germoplasma de café constituem uma valiosa fonte de genes de resistência, já que aproximadamente 120 espécies foram identificadas dentro dos gêneros *Coffea* e *Psilanthus* (BRIDSON, 1987; DAVIS et al., 2005; 2006). Embora as espécies de café exibam variação considerável na morfologia e na adaptação ecológica, elas hibridizam umas com as outras produzindo híbridos interespecíficos que são mais ou menos férteis, mesmo entre espécies pertencentes a diferentes gêneros (COUTURON et al., 1998). Pode-se então transferir material genético de plantas selvagens para cultivares em qualquer nível intraespecífico ou interespecífico. Hoje, a nível mundial, os esforços nos programas de melhoramento estão tendendo para a transferência de genes de resistência de plantas selvagens de *C. arabica* ou de outras espécies (BERTRAND e ANTHONY, 2008).

A resistência a *M. exigua* foi avaliada nos bancos de germoplasma de café de vários países, porém nenhum acesso resistente foi encontrado em *C. arabica*, em nenhuma cultivar nem em plantas de café arábica selvagens coletadas da Etiópia (CURI et al., 1970; FAZUOLI e LORDELLO, 1978; ARANGO et al., 1982; BERTRAND et al., 1995). Por outro lado, vários acessos resistentes foram identificados em *C. canephora* e em algumas progênies de híbridos interespecíficos entre *C. arabica* e *C. canephora* (CURI et al., 1970; BERTRAND et al., 1995; 1997; GONÇALVES e PEREIRA, 1998; SILVAROLLA et al., 1998; ANTHONY et al., 2003).

Diferentes níveis de resistência a *M. exigua* foram encontrados em progênies derivadas do cruzamento entre *C. arabica* e *C. canephora* (RIBEIRO et al., 2001). Várias progênies do Híbrido de Timor também apresentaram resistência a *M. exigua* (GONÇALVES et al., 1998b). Dentre 83 progênies derivadas de cruzamentos entre *C. arabica* e *C. canephora*, duas delas foram imunes e homozigotas para a resistência a *M. exigua*. Também quatro híbridos entre Icatu e Sarchimor foram resistentes, mostrando que a resistência de *C. canephora* pode ser realmente transferida (SILVAROLLA et al., 1998). Essa resistência a *M. exigua* é controlada por um simples gene maior herdado de *C. canephora* designado como locus *Mex-1*, possivelmente com dominância incompleta (NOIR et al., 2003).

No Brasil, *M. paranaensis* foi confundido com *M. incognita* por mais de 20 anos (CARNEIRO et al., 1996), uma vez que sua taxonomia ficou clara, uma análise das

publicações mostraram que existiam acessos resistentes a um isolado da Guatemala nas espécies *C. arabica* e *C. canephora* (ANZUETO et al., 1993; 2001; BERTRAND et al., 2000). Em *C. arabica* todas as cultivares foram consideradas susceptíveis a *M. paranaensis*, entretanto inúmeras plantas selvagens da espécie, encontradas na Etiópia, foram consideradas resistentes (ANZUETO et al., 1991; 2001).

Existe fonte de resistência a *M. paranaensis* nas duas espécies de café cultivadas. Em *C. arabica*, uma análise das famílias resultantes de um cruzamento fatorial, com três cultivares e oito plantas de café selvagens, mostraram que três das plantas de café selvagens produziam famílias híbridas F1 resistentes (ANZUETO et al., 2001). Em *C. canephora*, o cruzamento envolvendo quatro parentais fêmeas e oito parentais machos, mostrou variáveis níveis de resistência, dependendo dos parentais usados, que destaca o mérito de rastreamento dos recursos genéticos antes da realização dos cruzamentos controlados (BERTRAND et al., 2001).

Quatro raças de *M. incognita* foram reconhecidas, mas apenas dois fenótipos de esterase foram revelados, um para as raças 1 e 4, outro para as raças 2 e 3 (CARNEIRO et al., 2000). Estes dois fenótipos também podem ser distinguidos por marcadores moleculares (CARNEIRO et al., 2004). Nenhum acesso de *C. arabica* provou ser resistente a *M. incognita* raça 3 (CONÇALVES e FERRAZ, 1987), e algumas linhagens introgridas de Icatu mostraram ser tolerantes a raça 2 no campo (CARNEIRO, 1995). Acessos resistentes a raça 1 foram identificados em *C. canephora* (GONÇALVES et al., 1996). Uma planta selvagem de *C. arabica* e uma linhagem derivada do Híbrido de Timor foram consideradas resistentes a um isolado de *M. incognita* no Brasil, para o qual a raça não foi identificada (HERNANDEZ et al., 2004).

4.10 OS NEMATOIDES DO GÊNERO *Meloidogyne*

Os nematoides do gênero *Meloidogyne*, conhecidos como os nematoides das galhas, são parasitas de plantas altamente adaptados. Eles se alimentam e se reproduzem em células modificadas dentro das raízes de plantas vivas. Em plantas parasitadas os sintomas são semelhantes a plantas com um sistema radicular em mal funcionamento e danificado. A infecção por *Meloidogyne* afeta a captação e a translocação de nutrientes pelo sistema radicular (MOENS et al., 2009).

4.10.1 CICLO DE VIDA

O ciclo de vida dos *Meloidogyne* spp. está representado na Figura 1. As fêmeas dos nematoides das galhas colocam seus ovos em massas gelatinosas compostas por uma matriz de glicoproteína, que é produzida pela glândula retal, essa massa gelatinosa mantém os ovos juntos e os protege contra ambientes extremos e predação. As massas de ovos geralmente são encontradas na superfície das raízes galhadas, embora possam estar incorporadas dentro do tecido das galhas (MOENS et al., 2009).

Dentro do ovo, a embriogênese resulta no juvenil de primeiro estágio, que passa para o estágio J2 infectivo. A eclosão dos J2 depende primeiramente da temperatura e umidade adequadas, entre outros fatores, incluindo difusatos da raiz alterando a resposta à eclosão. Os J2 somente eclodem quando as condições são favoráveis para sua movimentação e localização do hospedeiro. A habilidade dos *Meloidogyne* em sobreviver é alcançada por várias adaptações fisiológicas e bioquímicas, incluindo embriogênese tardia, quiescência e diapausa, e reservas lipídicas que prolongam a viabilidade dos J2 até eles atingirem e invadirem a raiz. No solo os J2 são vulneráveis e precisam localizar um hospedeiro o mais rápido possível (MOENS et al., 2009).

O J2 invasivo começa a se alimentar logo após ter invadido a raiz, então ele se movimenta dentro desta para iniciar e desenvolver um sítio de alimentação permanente. A alimentação do J2 nas células do protoxilema e do protofloema induz essas células a se diferenciarem em células especializadas em nutrição, as quais são chamadas de células gigantes (Figura 2). Quando a célula gigante é iniciada, o nematoide se torna sedentário e aumenta até assumir a forma de uma salsicha. Em condições favoráveis o J2 muda para o juvenil de terceiro estágio (J3), depois para juvenil de quarto estágio (J4), e finalmente para o estágio adulto. Os estágios J3 e J4 não apresentam um estilete funcional e não se alimentam. Os machos, quando presentes são vermiformes e não há evidência de que eles se alimentem. Machos são encontrados nas espécies de reprodução partenogenética quando as condições são desfavoráveis para o desenvolvimento das fêmeas (MOENS et al., 2009).

As células gigantes são sítios de alimentação especializados bastante complexos. Elas são grandes ampliações do parênquima do floema e do xilema, ou de células corticais, com volume celular final próximo de cem vezes maior do que células radiculares normais. Os fotoassimilados passam através das células gigantes antes de serem ingeridos pelos

nematoides (BIRD e LOVEYS, 1975). A célula gigante é multinucleada, contendo mais de 80 núcleos cada, sendo que cada núcleo é poliploide, com até oito vezes o número de cromossomos aumentados (HUANG e MAGGENTI, 1969; WIGGERS et al., 1990).

Os nematoides das galhas passam pela primeira muda dentro dos ovos para se desenvolverem em juvenis de primeiro estágio (J1), e então para juvenis de segundo estágio (J2) antes de eclodirem. Depois de eclodidos, os J2 pré-parasíticos então penetram nas raízes das plantas hospedeiras, próximo a ponta da raiz, através do uso de seus estiletos e pela liberação de secreções contendo enzimas degradadoras de parede celular (ABAD et al., 2003). Dentro da planta eles migram intercelularmente entre as células do córtex em direção a ponta da raiz, alinhando-se paralelamente ao longo eixo da raiz. Ao chegar as estrias de Caspary, estas formam uma barreira insuperável, forçando o nematoide a fazer uma volta para entrar no cilindro vascular. Somente a partir dessa fase migratória, que leva o agora parasítico J2 a proximidade do tecido vascular, é que este inicia a fase sedentária e começa a se alimentar. Para sustentar seus subseqüentes estágios parasíticos sedentários, cada J2 induz então a diferenciação de cinco a sete células radiculares parenquimáticas em multinucleadas e hipertrofiadas células de alimentação (ABAD et al., 2009).

Essas células gigantes funcionam como tanques, suprindo a demanda de nutrientes para o nematoide até a reprodução (CAILLAUD et al., 2008). Enquanto as duas glândulas subventral e faringeal são mais ativas durante os primeiros estágios do parasitismo, como na penetração na raiz, na migração e nos eventos primários da formação da célula gigante; a única glândula dorsal se torna mais ativa nos estágios finais da formação da célula gigante e na sua manutenção, bem como durante a alimentação. Os nematoides das galhas alimentam-se exclusivamente das células gigantes, e passam por três mudas adicionais até atingirem o estágio adulto para reprodução. A maioria dos nematoides das galhas se reproduzem por partenogênese (CASTAGNONE-SERENO, 2006; CHITWOOD e PERRY, 2009). Os machos, quando presentes, migram para fora da planta. Após o desenvolvimento das fêmeas, quando elas atingem a forma de uma pera, os ovos são depositados na superfície da raiz numa matriz gelatinosa protetora. Então recomeça o ciclo, com a embriogênese dentro do ovo, seguida pela primeira muda levando ao J2 (ABAD et al., 2009).

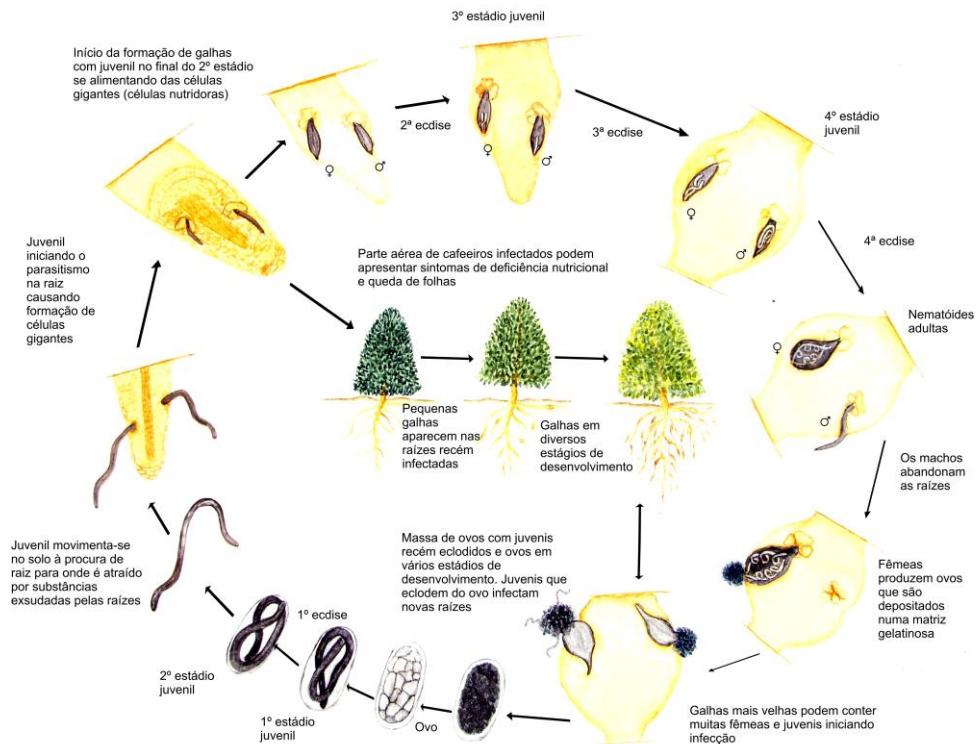


Figura 1: Ciclo de vida de *Meloidogyne* spp. (AGRIOS, 1988)

4.10.2 O PARASITISMO

O diálogo molecular entre o nematoide das galhas e a planta hospedeira começa a distância, com modificações na superfície do J2 infectivo em resposta aos difusatos da raiz (LÓPEZ DE MENDOZA et al., 2000; AKHKHA et al., 2002). O nematoide percebe os estímulos da planta através dos anfídeos, que são dois órgãos quimiosensoriais localizados na região cefálica do nematoide, que estão envolvidos na percepção do ambiente (CURTS et al., 2009).

As proteínas do nematoide envolvidas no parasitismo são produzidas pela glândula faríngea e secretadas dentro da planta hospedeira através do estilete. Essas proteínas são sinalizadores moleculares que engatilham a manipulação das vias de sinalização, levando a supressão da resposta da hospedeira e a indução da célula gigante (ABAD et al., 2009).

O complexo painel de proteínas secretadas através do estilete é provavelmente necessário para o sucesso do estabelecimento do nematoide na planta hospedeira (JAUBERT et al., 2002; HUANG et al., 2003). Até hoje foram identificadas pelo menos 60 proteínas diferentes com variadas funções, indicando que vários processos celulares da planta são alvos do nematoide para o sucesso da manipulação da resposta da planta hospedeira. A degradação

da parede celular é uma das funções identificadas para essas secreções. Foi também proposto que alguns efetores estão envolvidos na modulação das defesas da planta e na indução das células gigantes (ABAD et al., 2009).

Os juvenis infectivos secretam uma bateria de enzimas degradadoras e modificadoras da parede celular, que participam no amolecimento da parede celular durante sua penetração e migração nos tecidos das raízes. Todos os maiores constituintes da parede celular são alvos das enzimas secretadas pelos nematoides das galhas (ROSSO et al., 1999; LEDGER et al., 2006). Além disso, proteínas homologas as expansinas foram identificadas, sendo excretadas pelo nematoide, que podem enfraquecer as ligações intermoleculares entre os polissacarídeos da parede celular (ROZE et al., 2008).

4.10.3 DESENVOLVIMENTO DA CÉLULA GIGANTE

Meloidogyne spp. são patógenos biotróficos obrigatórios que apenas se alimentam de células vivas. Eles estabelecem e mantêm uma relação íntima com seus hospedeiros. Dentro do cilindro vascular da raiz, os J2 induzem a diferenciação das células em células gigantes. As células gigantes completamente diferenciadas contêm mais de 100 núcleos poliploides, que possivelmente tenham sofrido extensivas endoreplicações (WIGGERS et al., 1990). As células gigantes podem atingir um tamanho de cerca de 400 vezes maior do que das células vasculares individuais da raiz. Além disso, elas apresentam um aumento na densidade citoplasmática e uma perda da vacuolização normal. O citoplasma denso contém o complexo de golgi e o retículo endoplasmático liso bem desenvolvidos, geralmente organizados em redemoinhos, e com numerosas mitocôndrias, plastídios e ribossomos (JONES e PAYNE, 1978). Outra característica das células gigantes é o desenvolvimento de invaginações da parede celular, típico das células de transferência (JONES, 1981). As invaginações da parede celular, em contato com os elementos do xilema, aumenta a superfície de contato da área associada à membrana e provavelmente aumenta a captação de solutos do sistema vascular (ABAD et al., 2009).

As células gigantes servem como a única fonte de alimento para os estágios parasíticos subsequentes a colonização das células do cilindro vascular e a formação da célula gigante pelo J2. O estabelecimento e a manutenção das células gigantes completamente diferenciadas são essenciais para suprir a demanda nutricional do nematoide para seu crescimento e

reprodução. Um dos primeiros sinais da indução da célula gigante é a formação de células vasculares binucleadas. As células inicialmente selecionadas aumentam consideravelmente e se tornam multinucleadas, com repetidas divisões nucleares sincronizadas sem divisão celular. Nas células gigantes, apesar de a cariocinese ocorrer sem a divisão celular completa, a citocinese é iniciada no final da mitose (ABAD et al., 2009).

Ainda não foi bem elucidado como as células alimentares são induzidas, mas acredita-se que fatores de patogenicidade, secretados pelo nematoide, tenham efeito direto nas células hospedeiras (DAVIS et al., 2004; VANHOLME et al., 2004). Como *Meloidogyne* sp. podem induzir células gigantes em milhares de espécies de plantas de maneira similar, eles provavelmente interagem e manipulam funções fundamentais da hospedeira em benefício próprio. A transformação das células das raízes em células hipertrofiadas, com a morfologia e função única de alimentar o nematoide, requerem extensivas mudanças na expressão de genes das células radiculares infectadas (GHEYSEN e FENOLL, 2002; de ALMEIDA ENGLER et al., 2005).

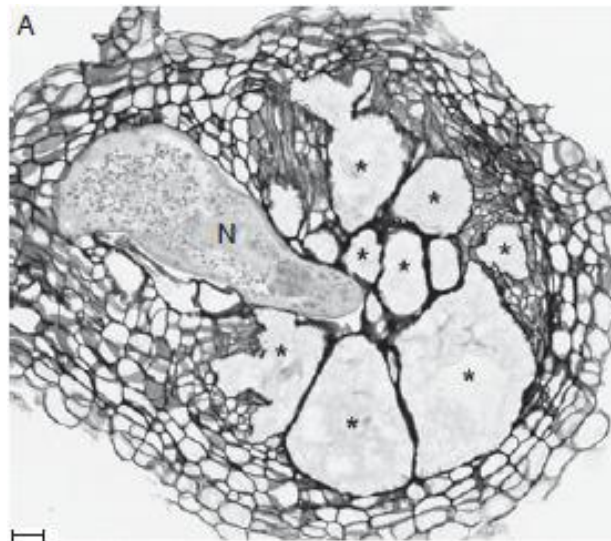


Figura 2: Células gigantes induzidas por *Meloidogyne incognita* em *Arabidopsis thaliana*. N: nematoide; * células gigantes (ABAD et al., 2009).

4.10.4 MORFOLOGIA DE *Meloidogyne* spp.

Durante o complexo ciclo de vida de *Meloidogyne* spp., sua morfologia sofre mudanças desde um zigoto unicelular até um pequeno e vermiforme juvenil de primeiro estágio, que muda outra vez dentro do ovo tornando-se o infectivo J2, o estágio que

subsequentemente eclode do ovo. Os juvenis infectivos movem-se livremente saindo da massa de ovos para o solo e saem a procura de uma raiz hospedeira ou, no caso da segunda ou das subseqüentes gerações de uma infecção estabelecida, podem migrar internamente no tecido radicular antes de estabelecer um novo sítio de alimentação (EINSENBACK e HUNT, 2009).

Dentro do cilindro vascular, os J2s iniciam uma série de três a oito células gigantes, onde se alimentam por 3 a 8 semanas e incham, aumentando de tamanho até atingirem a forma de uma salsicha. Os juvenis inchados mudam então para os rápidos estágios de terceiro e quarto juvenis. Os juvenis de quarto estágio que irão se desenvolver em machos se tornam vermiformes após a terceira muda, porém os juvenis destinados a se tornarem fêmeas continuam inchados. Os dois tipos de juvenis de quarto estágio mudam mais uma vez para se tornarem machos e fêmeas maduros (EINSENBACK e HUNT, 2009).

4.10.4.1 ASPECTOS BIOLÓGICOS DO J2 DE *Meloidogyne* spp.

Os J2s (Figura 3) que eclodem dos ovos são móveis e capazes de se locomoverem verticalmente no perfil do solo por longas distâncias, quando os níveis de umidade no solo estão ótimos. A mobilidade permite ao J2 encontrar uma raiz hospedeira adequada, penetrar no córtex e então se mover até o local onde irá estabelecer o sítio de alimentação (EISENBACK e HUNT, 2009).

No J2, a parede celular, juntamente com a cutícula protetora e os músculos somáticos, são controlados por um sistema nervoso, que permite ao nematoide responder à estímulos ambientais, que permitem a ele se mover até um sítio adequado para estabelecer a relação parasita-hospedeiro. O sistema digestivo inicia a formação do sítio de alimentação, e os nutrientes que o nematoide absorve da planta são armazenados no intestino, que começa a aumentar, resultando em um juvenil inchado que não é mais capaz de se mover. A energia armazenada no intestino é transferida para um pequeno primórdio genital, que subsequentemente se desenvolve em um sistema reprodutivo maduro (TRIANAPHYLLOU, 1960; 1962; 1979; PAPADOPOULOU; TRIANTAPHYLLOU, 1982; EISENBACK e HUNT, 2009).

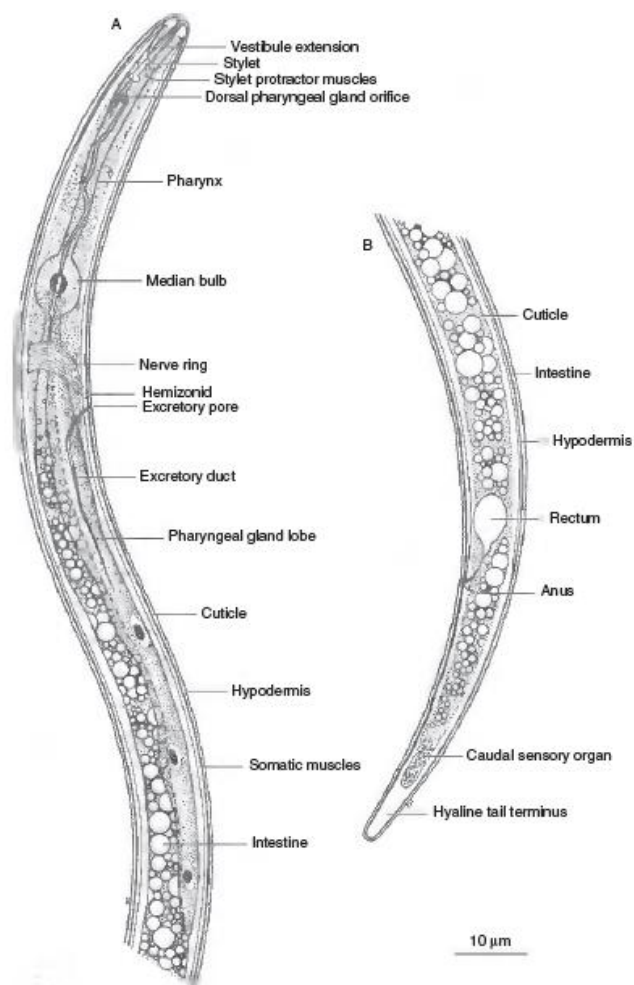


Figura 3: Desenho do juvenil de segundo estágio do nematoide das galhas. A: região anterior; B: região posterior (EISENBACK e HUNT, 2009).

4.10.4.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS DO MACHO DE *Meloidogyne* spp.

Os machos se tornam vermiformes após a terceira muda e continuam vermiformes durante a quarta muda até a fase adulta (Figura 4). Eles se tornam móveis quando adultos e saem da cutícula a qual estão retidos antes de deixarem as galhas e adentrarem na fase que irão passar no solo. Assim como nos J2, a parede celular e o sistema nervoso permitem ao nematoide macho à responder aos estímulos ambientais e se moverem através do solo em sua busca por uma parceira (EISENBACK e HUNT, 2009). Em espécies

partenogénéticas, como no caso de *M. incognita*, *M. exigua* e *M. paranaensis*, os machos são muito raros e desnecessários para a reprodução (TRIANANTAPHYLLOU, 1979).

Ao contrário do J2 e da fêmea, o macho não se alimenta, toda a energia requerida para o desenvolvimento de seu sistema reprodutivo começa enquanto ele ainda é um J2. Como consequência, as glândulas faríngeas do macho são degeneradas e provavelmente não funcionais. O intestino serve como um órgão de armazenamento para as reservas alimentares obtidas enquanto J2, para suprir a energia necessária para o sistema reprodutivo e para a produção de esperma (EISENBACK e HUNT, 2009).

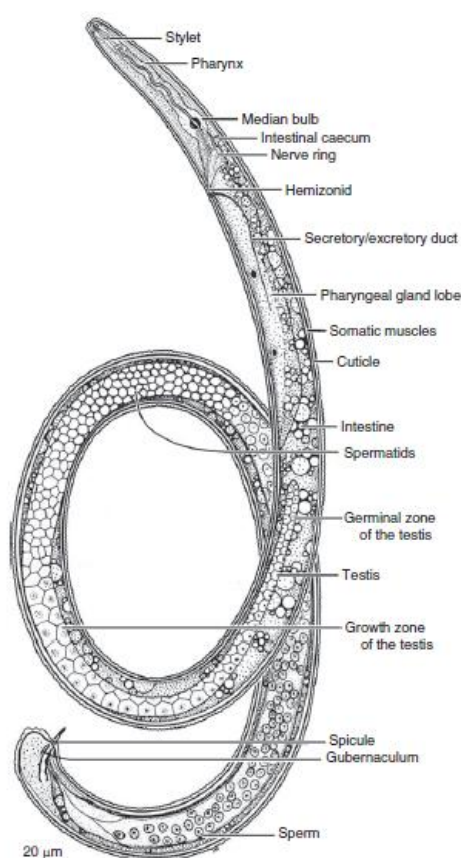


Figura 4: Desenho de um espécime macho do nematoide das galhas (EISENBACK e HUNT, 2009).

4.10.4.3 ASPECTOS BIOLÓGICOS DA FÊMEA DE *Meloidogyne* spp.

As fêmeas apresentam um formato de pera e são sedentárias, embora a região do pescoço continue musculada para permitir ao nematoide mudar a posição da cabeça para

que consiga se alimentar das várias células gigantes (Figura 5). O aumento no tamanho do corpo e a mudança na forma se somam ao volume do sistema reprodutivo, que está em contato íntimo com o grande intestino amorfo. Enquanto o sistema digestivo é especializado para a manutenção da célula gigante e para a retirada de nutrientes da planta, o intestino é menos especializado e serve primeiramente como um órgão de reserva para os nutrientes ingeridos da planta. O intestino não é anexado ao reto, desse modo terminando em um final cego. Ao invés disso, seis grandes glândulas retais, esvaziam seus conteúdos através do ânus para formar a matriz gelatinosa que envolve e protege os ovos enquanto eles são depositados através da vulva. Os dois ovários do sistema genital feminino estão em contato direto com o intestino para que os nutrientes lá armazenados simplesmente se espalhem através da membrana celular para se tornarem disponíveis no desenvolvimento da oogônia e dos oócitos em ovos maduros (EISENBACK e HUNT, 2009).

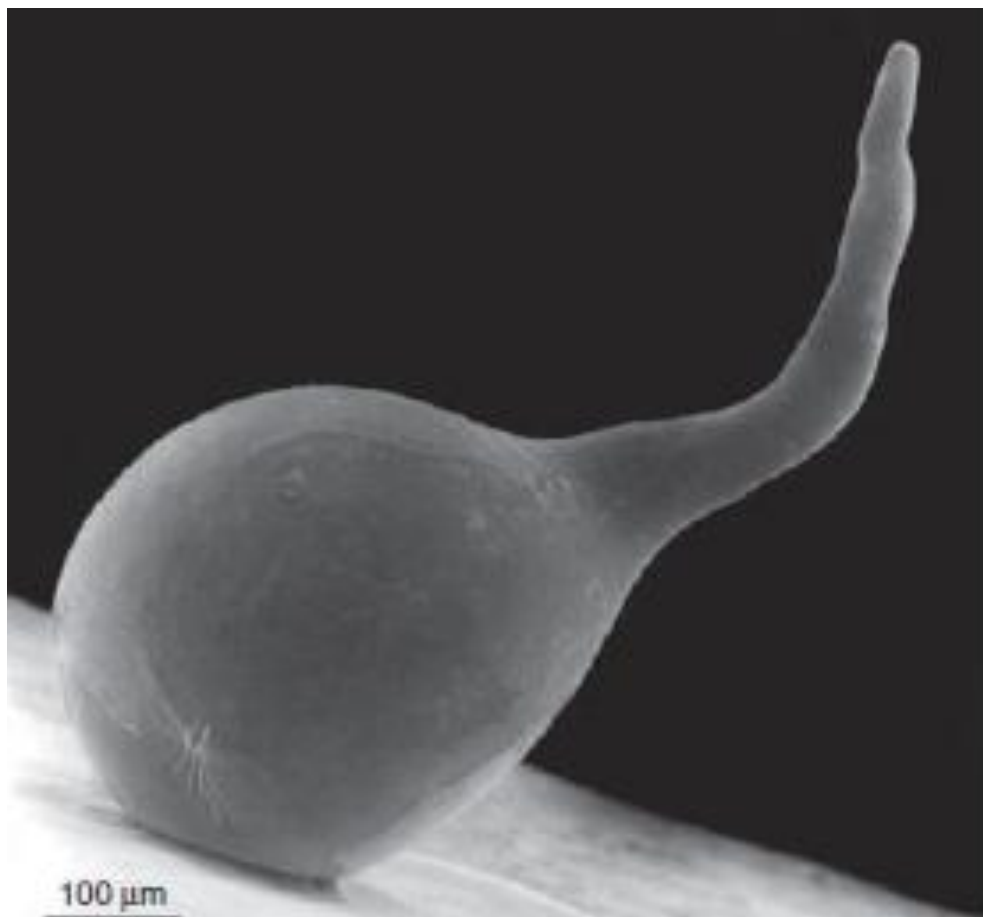


Figura 5: Micrografia eletrônica de varredura de uma fêmea do nematoide das galhas (EISENBACK e HUNT, 2009).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 SELEÇÃO DOS GENÓTIPOS A SEREM TESTADOS

Os genótipos testados em casa de vegetação foram oriundos de plantas de *Coffea arabica* selecionadas do Banco de Germoplasma de Café de Minas Gerais, mantido na Fazenda Experimental Certificada da EPAMIG, município de Patrocínio-Minas Gerais. Sementes desses genótipos, colhidas na safra 2008/2009, foram utilizadas para gerar as plantas matrizes dos genótipos selecionados para este experimento. Essas plantas encontram-se em área infestada por *M. paranaensis* localizada na região sudoeste de Minas Gerais, Município de Piunhi, Fazenda Guaiçara, de propriedade particular, situada à 20° 25' 28,7", de Latitude Sul, 46° 1' 10,5" de longitude e altitude média de 812 m. A identificação da espécie *M. paranaensis* foi realizada pela técnica caracterizando o fenótipo de esterase (CARNEIRO et al., 2001), com amostragem em área total.

Sementes provenientes das 18 plantas mais promissoras selecionadas com base em critérios agronômicos (Salgado et al., 2011), colhidas na safra 2011/2012, foram utilizadas para gerar as mudas que foram testadas em casa de vegetação, quanto a resistência a *M. paranaensis* e *M. incognita* raça 1 (Tabela 1).

5.2 PREPARO DAS MUDAS

As mudas utilizadas no experimento foram produzidas no Viveiro Sacoman, na cidade de Unaí-Minas Gerais. Foram utilizadas sementes das 18 melhores plantas, da área infestada com *M. paranaensis*, na Fazenda Guaiçara.

As sementes foram colocadas para germinar em recipientes próprios contendo areia lavada. Após germinadas, as plântulas foram repicadas em bandejas de tubetes contendo o substrato comercial Bioplant. Cada bandeja continha 50 tubetes; e cada genótipo foi arranjado em uma bandeja devidamente identificada.

Após três meses nas bandejas, as plantas foram novamente repicadas em sacos de mudas de 3 litros de capacidade, contendo solo esterilizado e autoclavado. Após repicadas para os sacos, as mudas foram levadas para casa de vegetação na Embrapa Cenargen, onde permaneceram até o final do ensaio.

Depois de um mês em casa de vegetação, as seis mudas melhores e mais uniformes de cada genótipo foram escolhidas para compor o ensaio. As mudas selecionadas foram inoculadas com os nematoides *M. incognita* raça 1 e *M. paranaensis*. Depois de inoculadas, as mudas continuaram na casa de vegetação por oito meses, antes de serem avaliadas para o nematoide *M. incognita* e por 10 meses para o nematoide *M. paranaensis*, quando foram avaliadas quanto ao grau de resistência/suscetibilidade aos nematoides.

Foram inoculadas também mudas de duas cultivares como parte do ensaio, uma que foi usada como (Mundo Novo 379-19) e outra como padrão resistente (IPR 100).

5.3 PREPARO DO INÓCULO E INOCULAÇÃO

Para obtenção do inóculo, os ovos de *M. incognita* e de *M. paranaensis* foram extraídos de raízes infectadas de cafeeiros da variedade Mundo Novo, usando o método de extração proposto por Hussey e Barker (1973), modificado por Bonetti e Ferraz (1981). Esse método consiste em lavar, cortar e processar o sistema radicular, em liquidificador contendo solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, por um minuto. Em seguida, o processado é passado em um jogo de peneiras de 20, 80 e 500 mesh, para a obtenção da suspensão de inóculo, constituído dos ovos retidos na peneira de 500 mesh.

Então, a suspensão de ovos é avaliada em lâmina de Peters, utilizando uma média de três leituras, para a definição do volume de inóculo a ser utilizado em cada parcela.

Cada parcela de cada genótipo foi inoculada com cerca de 10.000 ovos de cada nematoide por planta; os quais foram depositados sobre o solo, junto à rizosfera. Após a inoculação, as plantas de café foram mantidas em casa de vegetação, sob temperatura e umidade controladas, e com a aplicação das práticas culturais necessárias.

As plantas inoculadas ficaram na casa de vegetação de oito a dez meses, permitindo o parasitismo das raízes pelos nematoides. Após esse tempo, as plantas de café foram avaliadas pelo fator de reprodução: população final/10.000 (OOSTENBRINK, 1966).

5.4 AVALIAÇÃO

Para a avaliação das variáveis, número médio de ovos/100 g de raiz e Fator de Reprodução (FR), as raízes das plantas infectadas foram pesadas individualmente e os ovos extraídos pela metodologia descrita anteriormente de Bonetti e Ferraz (1981), usando NaOCl

a 1%. Por fim, os ovos foram quantificados em lâminas de Peters e calculados os FRs pela razão entre a população final do nematoide extraída das raízes e a população inicial inoculada, de acordo com Oostenbrink (1966). Onde, os genótipos que apresentaram $FR < 1,0$ foram considerados resistentes (R) e os genótipos com $FR > 1,0$ susceptíveis (S) ou moderadamente resistentes (MR) (SASSER et al., 1984). Os genótipos foram também considerados como moderadamente resistentes ou resistentes, de acordo com a terminologia proposta por Roberts (2002) e com as análises estatísticas.

Dados de produção das plantas matrizes dos genótipos avaliados no bioensaio foram coletados pela Dra. Sonia Salgado, a campo, no município de Piunhi-MG. Esses dados são médias de produção dos anos 2011 e 2012, medidos em litros de café por planta.

5.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 18 genótipos e duas cultivares de *C. arabica* e duas espécies de nematoides, *Meloidogyne paranaensis* e *Meloidogyne incognita* raça 1, totalizando 20 tratamentos e seis repetições. O padrão de susceptibilidade foi a cultivar Mundo Novo 379-19 (tratamento 15), e o padrão de resistência foi a cultivar IPR-100 (tratamento 20). Os outros 18 genótipos testados estão descritos na Tabela 1:

Tabela 1 - Número dos tratamentos e os genótipos correspondentes utilizados no ensaio.

Tratamentos	Genótipo	Origem
1	E ₁ 29 – 4 I	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2474
2	E ₁ 28 – 6 II	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2161
3	E ₁ 16 – 5 III	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2161
4	E ₂ 9 – 9 II	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2161
5	E ₁ 29 – 2 I	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2474
6	E ₁ 44 – 1 II	Sarchimor (Vila Sarchi x Híbrido de Timor)
7	E ₁ 29 – 5 I	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2474
8	E ₁ 6 – 6 II	Híbrido de Timor 408-01

Continuação Tabela 1. Número dos tratamentos e os genótipos correspondentes utilizados no ensaio.

Tratamentos	Genótipo	Origem
9	E ₁ 16 – 7 I	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2161
10	E ₁ 6 – 7 III	Híbrido de Timor 408-01
11	E ₁ 29 – 6 I	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2474
12	E ₂ 3 – 4 I	Amphillo x H. Natural MR 36-349
13	E ₂ 35 – 1 VII	Amphillo x H. Natural MR 36-349
14	E ₁ 16 – 6 I	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2161
15		Cultivar Mundo Novo 379-19 *
16	E ₂ 16 – 6 III	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2161
17	E ₂ 5 – 5 I	Amphillo x H. Natural MR 36-349
17	E ₂ 16 – 7 III	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2161
19	E ₁ 16 – 5 I	Catuai Vermelho x Amphillo MR 2161
20		Cultivar IPR-100 **

* Susceptível e ** Resistente (controles).

5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados experimentais foram analisados pelos programas estatísticos Genes (Cruz, 1997) e SAS V.8 (SAS[®]), onde foram comparadas as diferenças das médias do peso de raízes e do Fator de Reprodução dos nematoides nos genótipos avaliados. As diferenças entre médias dos tratamentos foram obtidas pelo teste de Scott-Knott (1974), com dados foram transformados em $\log(x + 1)$.

6. RESULTADOS

6.1 PESO DAS RAÍZES E FATORES DE REPRODUÇÃO NOS TRATAMENTOS INOCULADOS COM *M. incognita*

Pela análise da variável peso das raízes dos genótipos inoculados com *M. incognita*, houve diferença significativa entre os tratamentos a 5% de probabilidade. Pelo teste de médias de Scott-Knott, os tratamentos foram separados em três grupos de acordo com o peso das raízes (Tabela 2).

Pela análise da variável fator de reprodução (FR) do nematoide *M. incognita*, os tratamentos foram significativamente diferentes a 5% de probabilidade. Pelo teste de médias de Scott-knott, os tratamentos foram separados em quatro grupos (a, b, c e d) de acordo com o valor do FR nos tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios dos pesos das raízes e dos fatores de reprodução em diferentes genótipos de *Coffea arabica* inoculados com *Meloidogyne incognita* raça 1.

Tratamentos	Genótipos	Peso da raiz (g)	FR ¹ /Reação ²
1	E1 29-4 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	12,00 c	3,20 c S
2	E1 28-6 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	16, 83 b	0,53 a R**
3	E1 16-5 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	8,33 c	0,06 a R*
4	E2 9-9 II (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	19,50 b	0,12 a R*
5	E1 29-2 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	20,50 b	0,12 a R*
6	E1 44-1 II (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido de Timor)	16,50 b	8,29 d S
7	E1 29-5 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	16, 08 b	1,84 b MR**
8	E1 6-6 II (Híbrido de Timor 408-01)	11,00 c	0,04 a R*
9	E1 16-7 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	20,08 b	3,06 c S
10	E1 6-7 III (Híbrido de Timor 408-01)	14,00 c	0,04 a R*
11	E1 29-6 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	29,33 a	8,38 d S
12	E2 3-4 I (Amphillo x H. Natural MR 36-349)	16,66 b	2,60 b MR
13	E2 35-1 VII (Amphillo x H. Natural MR 36-349)	31,91 a	1,56 b MR**
14	E1 16-6 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	15,58 b	0,01 a R*
15	Mundo Novo 379-19 ^T	20,83 b	13,16 d S
16	E2 16-6 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	19,41 b	1,15 b MR**

Continuação Tabela 2 - Valores médios dos pesos das raízes e dos fatores de reprodução em diferentes genótipos de *Coffea arabica* inoculados com *Meloidogyne incognita* raça 1.

Tratamentos	Genótipos	Peso da raiz (g)	FR ¹ / Reação ²
17	E2 5-5 I (Amphillo x H. Natural MR 36-349)	24,9 a	1,20 b MR**
18	E2 16-7 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	16,91 b	3,68 c S
19	E1 16-5 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	26,91 a	0,05 a R*
20	IPR-100 ^T	23,58 a	0,73 a R*

(*) Não ocorreu segregação entre as repetições (**) ou pouca segregação.

¹ Fator de Reprodução (FR): população final/10.000. ² Reação: Resistente (R); Susceptível (S); Moderadamente Resistente (MR) (ROBERTS, 2002).

^T As cultivares Mundo Novo 379-19 e IPR-100 foram usadas como padrão de susceptibilidade e resistência, respectivamente.

Os tratamentos que apresentaram maior peso de raiz foram os do grupo "a", são eles os tratamentos 11 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 13 (Amphillo x H. Natural MR 36-349), 17 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) e 20 (IPR-100). Pode-se observar-se que a testemunha padrão de resistência IPR 100 encontrou-se dentro desse grupo "a". Os tratamentos com peso médio de raiz, classificados com a letra "b" foram o 2 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 4 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 6 (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido do Timor), 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 9 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 12 (Amphillo x H. Natural MR 36-349), 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 15 (Mundo Novo 379-19), 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 18 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161). A testemunha padrão de susceptibilidade, Mundo Novo 379-19, encontraram-se nesse grupo "b", apresentando a maior média do grupo. As duas testemunhas, padrão de resistência e padrão de susceptibilidade encontraram-se muito próximas uma da outra pelo peso das raízes, elas encontraram-se em grupos separados, no entanto seguidas uma da outra pelo resultado da média dos tratamentos. Os tratamentos do grupo "c", que tiveram menor peso de raízes foram o 1 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 3 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 8 (Híbrido de Timor 408-01) e 10 (Híbrido de Timor 408-01).

Em todos os tratamentos pode ser observado radículas necrosadas principalmente as superiores, ou seja, as que foram formadas primeiramente. Essas necroses podem ser sintomas do parasitismo ou pode ser em decorrência da morte natural dessas radículas mais velhas. Nos tratamentos 6 (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido de Timor), 12 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) e 15 (Mundo Novo 379-19), puderam ser observados engrossamentos semelhantes a galhas nas radículas de algumas repetições, sintomas típicos do parasitismo por *M. incognita* (dados não mostrados).

Os tratamentos 2 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 3 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 4 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 8 (Híbrido de Timor 408-01), 10 (Híbrido de Timor 408-01), 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 19 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 20 classificados no grupo “a” foram os que apresentaram menor fator de reprodução de *M. incognita* raça 1 (FR<1.0) e foram considerados todos resistentes; enquanto os tratamentos 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 12 (Amphillo x H. Natural MR 36-349), 13 (Amphillo x H. Natural MR 36-349), 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 17 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) no grupo “b”, sendo considerados moderadamente resistentes. Os tratamentos 1 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 9 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 18 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) no grupo “c” tiveram FR médio, e os tratamentos 6 (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido de Timor), 11 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474) e 15 (Mundo Novo 379-19) no grupo “d” os maiores FR. Todos esses tratamentos foram considerados susceptíveis. Genótipos com FR menor que 1,0 foram considerados resistentes (R), com FR de 1,0 a 3,0 considerados como moderadamente resistentes (MR) e FR maior que 3,0 como susceptíveis (S), segundo Roberts (2002).

Nos tratamentos classificados como moderadamente resistente a *M. incognita* raça 1 foi observada segregação para resistência, com base no fator de reprodução, dentro das repetições (Tabela 3). São eles os tratamentos: 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 12 (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349), 13 (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349), 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 17 (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349). Essa segregação mostrou que ainda alguns cruzamentos em F5 estão segregando para a resistência ao nematoide.

Tabela 3 - Valores dos fatores de reprodução das repetições dos tratamentos classificados como moderadamente resistentes para o nematoide *Meloidogyne incognita* raça 1.

Tratamento	Genótipo	Repetição	FR ¹
7	E1 29-5 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	1	0,16
		2	3,25
		3	0,08
		4	3,67
		5	0,7
		6	3,14
12	E2 3-4 I (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349)	1	2,29
		2	0,18
		3	12,7
		4	0,23
		5	0,17
		6	0,04
13	E2 35-1 VII (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349)	1	0,13
		2	0,05
		3	3,04
		4	0,06
		5	0,79
		6	5,29
16	E2 16-6 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	1	1,35
		2	4,2
		3	0,63
		4	0,23
		5	0,35
		6	0,18
17	E2 5-5 I (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349)	1	0,18
		2	6,2
		3	0,16
		4	0,1
		5	0,6
		6	0

¹ Fator de Reprodução: população final / 10.000.

6.2 PESO DAS RAÍZES E FATORES DE REPRODUÇÃO NOS TRATAMENTOS INOCULADOS COM *M. paranaensis*.

Pela análise da variável peso de raiz nos tratamentos dos genótipos inoculados com *M. paranaensis*, houve diferença significativa entre os tratamentos a 5% de probabilidade. Pelo teste de Scott-Knott, os tratamentos foram separados em três grupos (a, b, e c), de acordo com o peso médio das raízes (Tabela 4).

Pela análise da variável fator de reprodução (FR) do nematoide *M. paranaensis* os tratamentos foram significativamente diferentes a 5% de probabilidade. Pelo teste de Scott-knott, os tratamentos foram separados em quatro grupos (a, b, c e d) de acordo com o valor do FR nos tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios dos pesos das raízes e dos fatores de reprodução em diferentes genótipos de *Coffea arabica* inoculados com *Meloidogyne paranaensis*

Tratamentos	Genótipos	Peso da raiz (g)	(FR ¹ / Reação ²)
1	E1 29-4 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	34,08 c	15,38 d S
2	E1 28-6 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	72,75 a	21,08 d S
3	E1 16-5 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	78,50 a	0,23 a R*
4	E2 9-9 II (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	88,5 a	5,70 c S
5	E1 29-2 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	76,00 a	0,14 a R*
6	E1 44-1 II (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido de Timor)	36,50 c	5,13 c S

Continuação Tabela 4 - Valores médios dos pesos das raízes e dos fatores de reprodução em diferentes genótipos de *Coffea arabica* inoculados com *Meloidogyne paranaensis*

Tratamentos	Genótipos	Peso da raiz (g)	(FR ¹ / Reação ²)
7	E1 29-5 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	54,25 b	1,23 b MR**
8	E1 6-6 II (Híbrido de Timor 408-01)	63,66 b	0,12 a R*
9	E1 16-7 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	80,25 a	6,31 c S
10	E1 6-7 III (Híbrido de Timor 408-01)	80,25 a	2,89 b S
11	E1 29-6 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	78,70 a	11,06 d S
12	E2 3-4 I (Amphillo x H. Natural MR 36-349)	80,58 a	2,78 b MR**
13	E2 35-1 VII (Amphillo x H. Natural MR 36-349)	80,59 a	17,02 d S
14	E1 16-6 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	62,75 b	0,03 a R*
15	Mundo Novo 379-19 ^T	52,00 b	18,60 e S
16	E2 16-6 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	55,83 b	0,64 a R**
17	E2 5-5 I (Amphillo x H. Natural MR 36-349)	59,20 b	12,64 d S
18	E2 16-7 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	43,91 c	11,49 d S
19	E1 16-5 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	61,25 b	0,06 a R*
20	IPR-100 ^T	60,25 b	0,07 a R*

(*) Não ocorreu segregação entre as repetições (**) ou pouca segregação.

¹ Fator de Reprodução (FR): população final/10.000. ² Reação: Resistente (R); Susceptível (S); Moderadamente Resistente (MR) (ROBERTS, 2002).

^T Cultivares Mundo Novo 379-19 e IPR-100 foram usadas como padrão de susceptibilidade e resistência, respectivamente.

Os tratamentos com maior peso de raiz foram os do grupo “a”, e são eles o 2 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 3 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 4 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 9 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 10 (Híbrido do Timor 408-01), 11 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 12 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) e 13 (Amphillo x H. Natural MR 36-349). Os tratamentos que apresentaram peso intermediário das raízes são os do grupo “b”, e são eles o 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 8 (Híbrido de Timor 408-01), 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 15 (Mundo Novo 379-19), 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 17 (Amphillo x H. Natural MR 36-349), 19 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 20 (IPR-100). Notou-se que as duas testemunhas, o padrão de susceptibilidade Mundo Novo 379-19 (tratamento 15) e o padrão de resistência IPR-100 (tratamento 20) encontram-se classificados nesse mesmo grupo “b”. Os tratamentos com menores pesos de raiz foram os do grupo “c”, sendo eles os tratamentos 1 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 6 (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido de Timor) e 18 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161).

Pelo observado durante as avaliações das raízes, os tratamentos 1 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474) e 15 (Mundo Novo 379-19) mostraram rachaduras com aspecto de cortiça nas raízes. O tratamento 3 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) apresentava raízes com aspecto bem saudável. Necroses puderam ser observadas em vários tratamentos: 6 (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido de Timor), 8 (Híbrido de Timor 408-01), 9 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 10 (Híbrido de Timor 408-01), 11 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 15 (Mundo Novo 379-19), 17 (Amphillo x H. Natural MR 36-349), 18 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 19 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161). Os tratamentos 10 (Híbrido de Timor 408-01), 17 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) e 18 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) apresentaram algum sintoma de parasitismo como engrossamento e mal desenvolvimento em algumas repetições dentro do tratamento. O sintoma de necrose foi devido ao parasitismo de *M. paranaensis* (dados não mostrados).

Os tratamentos 3 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 8 (Híbrido de Timor 408-01), 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 19 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR

2161) e 20 (IPR-100) classificados no grupo “a” foram os que apresentaram menor fator de reprodução de *M. paranaensis* e foram considerados resistentes (FR<1,0); enquanto que os tratamentos 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 10 (Híbrido de Timor 408-01) e 12 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) agrupados em “b” foram considerados moderadamente resistentes. Os tratamentos 4 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 6 (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido de Timor) e 9 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) no grupo “c” e os tratamentos 1 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 2 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 11 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 13 (Amphillo x H. Natural MR 36-349), 17 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) e 18 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) do grupo “d” tiveram fatores de reprodução altos e foram classificados como suscetíveis. O tratamento 15 (Mundo Novo 379-19, padrão de susceptibilidade) classificado no grupo “e” apresentou o maior fator de reprodução e a testemunha padrão de resistência IPR-100, o tratamento 20, foi classificada no grupo “a” e apresentou um FR bem pequeno, sendo comprovada sua resistência a esse nematoide. Dessa maneira, os tratamentos que mostraram $FR < 1,0$ foram considerados como resistentes (R), os com $FR > 1,0$ como susceptíveis (S) ou moderadamente resistentes (MR) de acordo com o valor do FR. Nos tratamentos classificados como moderadamente resistentes a *M. paranaensis* foi observada segregação para a resistência, baseada no fator de reprodução em F5, dentro das repetições (Tabela 5). São eles os tratamentos 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474) e 12 (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349).

Tabela 5 - Valores dos fatores de reprodução das repetições dos tratamentos classificados como moderadamente resistentes para o nematoide *Meloidogyne paranaensis*

Tratamento	Genótipo	Repetição	FR ¹	Tratamento	Genótipo	Repetição	FR ¹	
7	(Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	E1 29-5 I	1	0	12	E2 3-4 I	1	0,18
			2	0,7			2	0,02
			3	0,65		(Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349)	3	16,02
			4	2,75			4	0,29
			5	0			5	0,16
			6	3,3			6	0

¹ Fator de Reprodução: população final / 10.000.

6.3 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE CAMPO EM ÁREA NATURALMENTE INFESTADA COM *M. paranaensis* COM OS RESULTADOS DE CASA DE VEGETAÇÃO

Pela análise da variável número médio de ovos/g de raiz nos tratamentos avaliados a campo e naturalmente infestados com *M. paranaensis*, houve diferença significativa entre os tratamentos a 5% de probabilidade. Pelo teste de Scott-Knott, os tratamentos foram separados em quatro grupos (a, b, c e d), de acordo com a população de nematoides (Tabela 6). Através da análise da variável produção em litros de café das plantas matrizes em campo, os tratamentos apresentaram diferença significativas a 5% de probabilidade. Pelo teste de Scott-Knott, os tratamentos separaram-se em dois grupos (a, b) pela média da produção (Tabela 6).

Tabela 6 - Média de ovos em 100 g de raiz provenientes do campo, produção das plantas de cafeeiros matrizes em campo em comparação com os fatores de reprodução obtidos em casa de vegetação em diferentes genótipos de *Coffea arabica* inoculados com *Meloidogyne paranaensis*

Tratamentos	Genótipos	Média de ovos em 100g de raízes ¹	Produção 2011/2012 (L) ¹	FR ² / Reação ³
1	E1 29-4 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	121,0 d	3,0 b	15,38 d S
2	E1 28-6 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	397,0 d	8,5 a	21,08 d S
3	E1 16-5 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	14,0 a	6,5 a	0,23 a R
4	E2 9-9 II (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	-	6,5 a	5,70 c S
5	E1 29-2 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	35,0 a	4,25 b	0,14 a R
6	E1 44-1 II (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido de Timor)	412,0 d	2,1 b	5,13 c S
7	E1 29-5 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	23,0 a	4,0 b	1,23 b MR

Continuação Tabela 6 - Media de ovos em 100 g de raiz provenientes do campo, produção das plantas de cafeeiros matrizes em campo em comparação com os fatores de reprodução obtidos em casa de vegetação em diferentes genótipos de *Coffea arabica* inoculados com *Meloidogyne paranaensis*

Tratamentos	Genótipos	Média de ovos em 100g de raízes ¹	Produção 2011/2012 (L) ¹	FR ² / Reação ³
8	E1 6-6 II (Híbrido de Timor 408-01)	29,0a	4,6 b	0,12 a R
9	E1 16-7 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	85,0 c	2,3 b	6,31 c S
10	E1 6-7 III (Híbrido de Timor 408-01)	428,0d	3,05 b	2,89 b S
11	E1 29-6 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474)	44,0 b	5,5 a	11,06 d S
12	E2 3-4 I (Amphillo x H. Natural MR 36-349)	-	7,0 a	2,78 b MR
13	E2 35-1 VII (Amphillo x H. Natural MR 36-349)	-	6,0 a	17,02 d S
14	E1 16-6 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	62,00 b	4,0 b	0,03 a R*
15	Mundo Novo 379-19 ^T	569,0d	-	18,60 e S
16	E2 16-6 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	-	5,25 a	0,64 a R
17	E2 5-5 I (Amphillo x H. Natural MR 36-349)	-	4,0 b	12,64 d S
18	E2 16-7 III (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	-	4,0 b	11,49 d S
19	E1 16-5 I (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161)	44,0 b	3,2 b	0,06 a R
20	IPR-100 ^T	27.0 a	4,4 b	0,07 a R

¹ Resultados obtidos em condições de campo, com plantas matrizes, no município de Piunhi-MG (Dados Sonia Salgado, EPAMIG)

² Fator de Reprodução (FR): população final/10.000. ³ Reação: Resistente (R); Susceptível (S); Moderadamente Resistente (MR) (Roberts, 2002).

^T Cultivares Mundo Novo 379-19 e IPR-100 foram usadas como padrão de susceptibilidade e resistência, respectivamente.

- Dados não avaliados.

Para a produção das plantas matrizes, em litros de café, os tratamentos classificados no grupo “b” tiveram menor produção, e são eles os tratamentos: 1 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 6 (Sarchimor: Villa Sarchi x Híbrido de Timor), 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 8 (Híbrido de Timor 408-01), 9 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 10 (Híbrido de Timor 408-01), 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 17 (Amphillo x H. Natural MR 36-349), 18 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 19 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 20 (IPR-100). Os tratamentos classificados dentro do grupo “a” apresentaram melhor produção, são eles tratamentos: 2 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 3 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 4 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 11 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 12 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) e 13 (Amphillo x H. Natural MR 36-349).

Houve uma correspondência interessante entre os níveis populacionais de *M. paranaensis* a campo e os fatores de reprodução obtidos para a mesma população em casa de vegetação. Os tratamentos 3 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 8 (Híbrido de Timor 408-01), 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 19 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 20 (IPR-100) classificados no grupo “a, b” foram os que apresentaram menores fatores de reprodução de *M. paranaensis*.

Os tratamentos 3 e 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), além de serem classificados como resistentes a *M. paranaensis*, ainda apresentaram elevada produção a campo (Tabela 6). O tratamento 12 (Amphillo x H. Natural MR 36-349), classificado como moderadamente resistente, apresentou excelente produção da planta matriz, sendo este um material bastante interessante e promissor. Os tratamentos 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 8 (Híbrido de Timor 408-01) e 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), além de serem resistentes, apresentaram boa produção a campo mesmo tendo sido classificados no grupo “b” de menor produção; assim como o tratamento 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), que apresentou resistência moderada e boa produção apesar de ter sido classificado no grupo “b” de plantas com menor produção.

7. DISCUSSÃO

No presente trabalho, 18 novos genótipos de *Coffea arabica*, desenvolvidos em programas de melhoramento pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), foram avaliados quanto ao grau de resistência aos nematoides *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. paranaensis*. A fim de comparação foi utilizado no experimento uma testemunha padrão de resistência, a cultivar IPR-100, e uma testemunha padrão de susceptibilidade, a cultivar Mundo Novo 379-19.

Dos 18 genótipos testados em casa de vegetação, oito foram seleções do cruzamento entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161; desses, cinco mostraram-se resistentes a *M. incognita* raça 1, são eles os tratamentos 2, 3, 4, 14 e 19. Da seleção de quatro híbridos do cruzamento entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474, apenas um genótipo comportou-se como resistente a *M. incognita* raça 1, o tratamento 5. Para o nematoide *M. paranaensis*, das oito seleções dos híbridos entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161, quatro apresentaram resistência em casa de vegetação e a campo, são eles os tratamentos 3, 14, 16 e 19. Da seleção dos quatro híbridos de Catuaí Vermelho x Amphillo 2474, apenas um comportou-se como resistente a *M. paranaensis*, o tratamento 5. A resistência encontrada nesses genótipos provavelmente é oriunda do material Amphillo, sobre o qual, infelizmente, existe carência de informação, e o pouco conhecimento sobre sua origem advém de informações pessoais. Essa afirmação procede uma vez que, é de conhecimento que as cultivares de Catuaí, apesar de possuírem diversos atributos agronômicos, são susceptíveis a *Meloidogyne* spp., principalmente *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis* (Gonçalves et al., 2004).

Em diversos trabalhos foi relatada a susceptibilidade das cultivares de Catuaí aos nematoides das galhas, onde estas muitas vezes foram utilizadas como testemunha em ensaios com esses nematoides. Para dar crédito a essa afirmação pode-se citar o trabalho de Lordello e Lordello (1987), onde estes verificaram que as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo foram susceptíveis e intolerantes a *Meloidogyne incognita* raças 1 e 2. Também Garcia et al. (2007), avaliaram a resistência de cultivares de café a *M. exigua*, através do número de galhas por grama de raiz, e classificaram dois acessos da cultivar Catuaí Vermelho e um da cultivar Catuaí Amarelo como susceptíveis. Em outro trabalho, realizado por Barbosa et al. (2007), foi confirmada a susceptibilidade da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 a *M. exigua*, a qual foi utilizada como testemunha no trabalho em questão. Outro ensaio, realizado por Rezende et al.

(2011), para ser testado a reação de progênies de *C. arabica* a *M. exigua*, a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 também foi utilizada como testemunha e classificada como susceptível ao nematoide em questão.

As cultivares Catuaí, se cruzadas com cafeeiros que possuam resistência aos nematoides das galhas, podem originar progênies resistentes, tal fato pode ser constatado em diversos trabalhos; como no de Mata et al. (2000), que relataram a obtenção de uma linhagem IAPARLN 94066, do cruzamento entre Catuaí x Icatu, selecionada a campo em área infestada pelo nematoide *M. paranaensis*. Esse cruzamento apresentou excelente aspecto vegetativo e boa produção cultivado no mesmo local onde plantas de outros genótipos chegaram a morrer pelo parasitismo do nematoide. Em outro ensaio, Kanayama et al. (2009) encontraram resistência parcial ao nematoide *M. incognita* raças 1 e 2 na cultivar IPR-103, que é originada do cruzamento entre Catuaí e Icatu. Esses autores afirmaram que essa resistência é proveniente de Icatu (Carneiro, 1995; Sera et al., 2003, 2004b). A cultivar Icatu Vermelho IAC 4160 é resultante do cruzamento entre *C. arabica* e *C. canephora*, e em trabalhos realizados por Gonçalves et al. (1999b) e Mata et al. (2000), essa cultivar deu origem a progênies que apresentaram resistência a *M. paranaensis*, quando estas foram avaliadas em casa de vegetação.

Das duas seleções do Híbrido de Timor UFV 408-01, ambas apresentaram resistência a *M. incognita* raça 1 (tratamentos 8 e 10); e apenas uma, o tratamento 8, mostrou-se resistente a *M. paranaensis*, pela avaliação do fator de reprodução. Esse é o primeiro relato na literatura, onde uma seleção do Híbrido de Timor apresentou resistência as espécies *M. incognita* e *M. paranaensis*.

O Híbrido de Timor, originário do cruzamento natural entre *C. arabica* e *C. canephora* é fonte de resistência a *Meloidogyne* spp., por isso foi frequentemente utilizado em programas de melhoramento que visaram a resistência do cafeeiro aos nematoides das galhas (Salgado et al., 2002; Fazuoli, 2004). Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com os encontrados por Gonçalves e Pereira (1998), que estudaram a reação de seleções do Híbrido do Timor a uma população de *M. exigua* de São Sebastião do Paraíso-MG, onde utilizaram para avaliação o critério do fator de reprodução, e observaram reação de resistência. Também Ribeiro et al. (2005) estudaram a reação de 36 seleções do Híbrido do Timor a uma população de *M. exigua* oriunda de Mirai-MG, e encontraram cinco seleções com reação de susceptibilidade enquanto que as 31 seleções restantes apresentaram reação de resistência.

Outro resultado que concorda com os encontrados no presente trabalho foi o encontrado por Ribeiro et al. (2005), que estudaram a resistência de sete progênies de híbridos de Catuaí x Híbrido de Timor ao nematoide *M. exigua* e observaram que em nenhuma delas houve a presença de galhas, ovos e juvenis, sendo estas consideradas imunes. Os resultados foram também compatíveis com os encontrados por Barbosa et al. (2007), que estudaram a reação de 27 genótipos do cruzamento entre Catuaí Amarelo x Híbrido de Timor ao nematoide *M. exigua*, e encontraram quatro seleções resistentes, utilizando o critério do fator de reprodução. Outro resultado que corrobora o presente trabalho e com os trabalhos anteriores foi o encontrado por Rezende et al. (2011), que avaliaram em campo a reação de 23 progênies do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor, quanto a resistência a ferrugem do cafeeiro e ao nematoide *M. exigua*, e encontraram 2 progênies com baixa população do nematoide por grama de raiz, baixa população no solo adjacente a raiz e com poucas galhas, considerando-as como resistentes.

A cultivar Paraíso é resultante do cruzamento entre Catuaí Amarelo IAC 30 x Híbrido do Timor UFV 445-46, e foi descrita por Salgado et al. (2005) como resistente ao nematoide *M. exigua*. No entanto, o trabalho realizado por Barbosa et al. (2007), discorda com os resultados encontrados no presente trabalho e os encontrados por Salgado et al. (2005), pois os autores encontraram uma população fluminense da espécie *M. exigua* quebrando a resistência da cultivar Paraíso H419-1. Os resultados de Barbosa et al. (2007), corroboram parcialmente com os encontrados por Muniz et al. (2009) onde, para quatro populações do nematoide *M. exigua*, três apresentaram baixos fatores de reprodução na cultivar Paraíso (H 419-5-4-5-2) e uma população do Rio de Janeiro apresentou um alto fator de reprodução. Ainda esses autores encontraram altos valores de fator de reprodução e reação de susceptibilidade da cultivar Paraíso (H 419-5-4-5-2) aos nematoides *M. incognita* e *M. paranaensis*.

Das três seleções do cruzamento entre Amphillo e o Híbrido Natural MR 36-349, todas foram classificadas como moderadamente resistentes a *M. incognita* raça 1, sendo os tratamentos 12, 13 e 17; para *M. paranaensis* apenas o tratamento 12 foi considerado moderadamente resistente, sendo os demais (tratamentos 13 e 17) susceptíveis. A única seleção de Sarchimor (Villa Sarchi x Híbrido de Timor) avaliada, o tratamento 6, comportou-se como susceptível a ambas espécies de nematoides. O germoplasma Sarchimor foi primeiramente estudado para resistência a ferrugem do cafeeiro, e então para resistência aos

nematoides das galhas (Bertrand et al., 2000b; Bertrand e Anthony, 2008). Os resultados encontrados neste trabalho discordam de Gonçalves e Silvarolla (2001), que afirmaram que híbridos interespecíficos entre *C. arabica* e *C. canephora*, como no caso do Sarchimor, apresentam resistência a *M. incognita* e a *M. paranaensis*. Os resultados do presente trabalho discordam também de outros autores que encontraram resistência em plantas de Sarchimor para algumas raças de *M. incognita* (Gonçalves et al., 1988; Gonçalves et al., 1996). Os resultados do presente trabalho estão parcialmente de acordo com os resultados encontrados por Kanayama et al. (2009), que avaliaram a resistência de cultivares de café desenvolvidas pelo IAPAR aos nematoides *M. paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 2, através do número de galhas e ovos presente nas raízes, e encontraram resistência parcial em duas cultivares, IPR-98 e IPR-99, que são Sarchimores. Os mesmos autores acreditaram que IPR-98 e IPR-99 possuam nível de resistência parcial a *M. incognita* raça 1 devido a ação de genes de efeito secundário. Outro trabalho que relatou a resistência do material Sarchimor aos nematoides das galhas foi o realizado por Shigueoka et al. (2011), que avaliou para características agronômicas linhagens de cafeeiro Sarchimor e do cruzamento entre Icatu e Sarchimor, e que encontravam-se em homozigose para resistência a *M. paranaensis*, com a finalidade de lançar novas cultivares com boas aptidões agronômicas e resistentes ao nematoide em questão.

No presente trabalho, a cultivar Mundo Novo 379-19 foi utilizada para compor o ensaio como testemunha padrão de susceptibilidade, e foi confirmada sua susceptibilidade a *M. incognita* raça 1 e *M. paranaensis*, com valores altos dos fatores de reprodução desses nematoides nessa cultivar. Esse resultado concorda com a afirmação de Gonçalves et al. (2004), de que, apesar de seus vários atributos agronômicos, a cultivar Mundo Novo é altamente susceptível as várias espécies de *Meloidogyne*. Essa cultivar é utilizada como padrão de susceptibilidade na maioria dos trabalhos para avaliação de resistência aos nematoides de galhas em cafeeiros; e em todos os critérios de avaliação, seja baseado no número de galhas e massas de ovos por grama de raiz ou pelo fator de reprodução, essa cultivar sempre foi classificada como altamente susceptível a *Meloidogyne* spp. (Sera et al., 2005; Tomazine et al., 2005; Sera et al., 2007; Ito et al., 2008; Kanayama et al., 2009; Shigueoka et al., 2011).

A cultivar IPR-100 foi utilizada neste trabalho como padrão de resistência aos nematoides das galhas, e esta resistência foi confirmada pelos baixos valores do fator de reprodução das espécies *M. incognita* raça 1 e *M. paranaensis* nessa cultivar. Esses resultados

corroboram com os encontrados por Mata et al. (2000), que identificaram em área infestada com *M. paranaensis* uma progênie da cultivar IPR-100 com produção e vigor vegetativo normais, demonstrando sua resistência. Também Ito et al. (2008, 2011) afirmaram que IPR-100 é uma fonte de resistência a *M. paranaensis* e *M. incognita*, e que essa cultivar provavelmente tenha herdado um conjunto diferente de genes de resistência de *C. liberica*, podendo ser recomendada para plantio em áreas infestada por nematoides.

Diversos trabalhos relataram a resistência da cultivar IPR-100 aos nematoides das galhas. Em vários experimentos com progênies dessa cultivar, a herança dessa resistência foi confirmada, porém com uma pequena porcentagem de plantas segregando para essa característica. Sera et al. (2007) estudaram 63 progênies da cultivar IPR-100 observaram que em 31 das progênies a porcentagem de plantas resistentes foi menor que 90%, em 23 a frequência de plantas resistentes foi de 90% a 94% e nas 8 restantes a frequência foi de 95% a 99%. No mesmo trabalho, os autores afirmaram que 24 progênies da cultivar IPR-100 foram classificadas como resistentes e que são materiais bastante promissores como novas cultivares e *C. arabica*. Em outro ensaio, realizado por Ito et al. (2008), que trabalharam com progênies das cultivares IPR-100 e IPR-106 com resistência a *M. paranaensis* e *M. incognita* raça 2, foi encontrada em quatro progênies da cultivar IPR-100, porcentagem de plantas resistentes a *M. paranaensis* menor que 90%; e que de onze progênies da cultivar IPR-106, quatro apresentaram porcentagem de plantas resistentes a mesma espécie de nematoide menor que 90%; entretanto, sete apresentaram porcentagem de plantas resistentes de 90% a 95%. No mesmo experimento, para o nematoide *M. incognita* raça 2, das quatro progênies da cultivar IPR-100, todas tiveram porcentagem de plantas resistentes menor que 90%; enquanto que das onze progênies da cultivar IPR-106, uma apresentou porcentagem de plantas resistentes entre 90% e 95%, uma com mais de 95% de plantas resistentes, e nove com 100% de plantas resistentes. Esses autores acreditaram que a frequência de plantas resistentes nas progênies da cultivar IPR-100 foram menores que nas progênies de IPR-106 porque os alelos de resistência nas progênies de IPR-100 estavam em heterozigose, e que por meio de seleção seria possível aumentar a frequência de plantas resistentes.

No presente trabalho as plantas utilizadas da cultivar IPR-100 não apresentaram segregação para a resistência baseada no fator de reprodução, no entanto, alguns tratamentos apresentaram plantas segregantes dentro das repetições para essa característica. Os tratamentos 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 12 (Amphillo x Híbrido Natural MR

36-349), 13 (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349), 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 17 (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349), foram classificados como moderadamente resistentes a *M. incognita* raça 1; enquanto os tratamentos 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474) e 12 (Amphillo x Híbrido Natural MR 36-349) também foram classificados como moderadamente resistentes a *M. paranaensis*. Como nesses tratamentos as plantas apresentavam segregação para o valor do fator de reprodução dentro das repetições, esses genótipos talvez tivessem se comportado como resistentes se não houvessem plantas segregando e elevando a média do fator de reprodução no tratamento. Isso indica que esses genótipos não estão estáveis e, que ainda há variabilidade dentro dos materiais para a resistência, e que provavelmente, com seleções e gerações de autofecundações, esses genótipos podem vir a serem classificados como resistentes aos nematoides estudados. Todos os tratamentos classificados como resistentes nesse trabalho não apresentaram segregação dentro das repetições, fato este que contribuiu para a avaliação, pois a média dos tratamentos não foi alterada por plantas segregantes dentro das repetições. Vários trabalhos demonstraram que existe segregação em progênies de cafeeiros, mesmo em gerações avançadas, tanto para a característica de resistência aos nematoides das galhas, como para outras; pode-se citar os trabalhos realizados por Lima et al. (1987) e Gonçalves et al. (1996), onde estes afirmaram que, para *M. incognita* e *M. paranaensis* foram observadas plantas de *C. canephora* e *C. congensis* resistentes, porém a maioria segregante. Também Gonçalves e Silvarolla (2001) relataram que em germoplasmas do cruzamento entre *C. arabica* e *C. canephora*, como no caso de Icatu, Sarchimor, Catimor, e outros, existem plantas resistentes a *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis*, porém segregantes para esta característica. Os mesmos autores afirmaram que, por outro lado, algumas plantas do Híbrido do Timor e Catimor foram homozigotas para a resistência a *M. exigua*.

Assim como ocorreu neste trabalho de a segregação para resistência dentro das repetições elevarem as médias dos fatores de reprodução em alguns tratamentos, outros trabalhos relataram o mesmo acontecimento. Pode-se citar o ensaio realizado por Tomazini et al. (2005), que estudaram a resistência de quatro genótipos de *C. canephora* (Robusta IAC 4804; Robusta IAC 4810; Konillou IAC 4764; Konillou IAC 4765) a *Pratylenchus coffeae* e a *M. incognita* raça 2, pelo critério de avaliação do fator de reprodução, e encontraram que o cafeeiro IAC 4804 foi susceptível aos dois nematoides, porém ocorreu grande variação entre as repetições com relação a *M. incognita*, com FR variando de 0,1 a 0,4 em 6 repetições e de

29,2 e 32,6 em outras duas, onde foi demonstrado que mesmo que a maioria das repetições tenha se comportado como resistentes, o material foi classificado como susceptível pela média dos FR. Os autores afirmaram que, embora IAC 4804 foi considerado como susceptível a *M. incognita* raça 2 pela média dos fatores de reprodução, este apresentou grande variação nesse caráter, podendo ser explorado na seleção de genótipos resistentes. No mesmo trabalho, o genótipo IAC 4810 foi susceptível a *P. coffeae* e resistente a *M. incognita* raça 2, porém com grande variação entre as repetições em relação a *P. coffeae*, mas em todas as repetições com FR maiores que 1,0, variando de 1,4 a 21,0. O genótipo IAC 4764 foi resistente a *P. coffeae* e susceptível a *M. incognita* raça 2, onde também ocorreu grande variação dos fatores de reprodução entre as repetições, variando de 0,0 a 161,4. Para o genótipo IAC 4765, também foi observada resistência a *P. coffeae* e susceptibilidade a *M. incognita* raça 2, com variação entre os FR das repetições de 0,1 a 6,31. Esses autores acreditaram que é importante destacar essa grande variação nos fatores de reprodução dentro das repetições dos genótipos em relação a *M. incognita*, e que tal fato demonstrou que existe a possibilidade de seleção de plantas matrizes resistentes. Os mesmos autores ainda afirmaram que essas heterogeneidades estavam amplamente registradas em bibliografias especializadas (Rebel & Fazuoli, 1978; Fazuoli et al., 1983; Gonçalves et al., 1990; Costa et al., 1991; Gonçalves, 1993; Carneiro, 1995).

Outro trabalho que demonstrou segregação das progênies de cafeeiros, como aconteceu no presente ensaio, foi o realizado por Mata et al. (2000), que estudou a progênie de quatro famílias de cafeeiros arábicas, dos materiais “Icatu” e “Catuaí x Icatu”, para resistência a *M. paranaensis*, através da contagem de galhas e massas de ovos, os autores encontraram 18% de plantas homozigotas resistentes na família 93500, 12% na família 93164, 21% na família 93179, e zero na família 93167, sendo esta última considerada toda homozigota susceptível e as demais como resistentes heterozigotas. No mesmo trabalho, dentro da família 93500, quatro progênies comportaram-se como homozigotas resistentes; dentro da família 93179 também duas progênies foram classificadas como homozigotas resistentes; e nas progênies da família 93164 todas demonstraram ser heterozigotas para a resistência. Esses autores relataram, pelos resultados obtidos no experimento, que esta segregação indicou que o controle genético da resistência a *M. paranaensis* foi monogênico, incompleto e dominante.

O resultado da segregação de progênies de cafeeiros para a resistência a nematoides que ocorreu no presente ensaio foi semelhante também ao encontrado por Sera et al. (2005) que avaliaram 63 progênies da cultivar IPR-100 quanto a resistência a *M. paranaensis*, através da contagem de galhas e massas de ovos, onde foram encontradas 33 progênies homozigotas resistentes, todas moderadamente resistentes, dezessete progênies que se comportaram como heterozigotas e 15 como homozigotas susceptíveis, assim como a testemunha Mundo Novo IAC 376-4 que demonstrou ser homozigota susceptível. Os autores afirmaram que pelo comportamento da resistência como parcial e pelo resultado do teste de x2 realizado no experimento, levou-se a hipótese de segregação 3:1 para a resistência com dominância completa.

Outro trabalho em que se encontrou essa segregação para a resistência observada no presente experimento foi o de Silva et al. (2007) que estudaram a reação de 49 progênies da cultivar Catiguá MG 3 a quatro populações de *M. exigua*, e encontraram que dessas, 43 não induziram a formação de galhas com nenhuma das populações inoculadas, sendo classificadas como resistentes; enquanto as demais progênies segregaram quanto a resistência a *M. exigua* de maneira diferenciada de acordo com a população inoculada. No mesmo trabalho, cinco das progênies segregaram em relação a população 1 de *M. exigua*, quatro em relação a população 2, duas em relação a população 3 e três em relação a população 4. Esses autores relataram que a maioria das progênies da cultivar Gatiguá MG 3 já estavam com a resistência estabilizada a *M. exigua*, no entanto algumas delas ainda estavam segregando de maneira diferenciada frente as populações do patógeno. Tal segregação foi também observada por Mata et al. (2000), que selecionaram progênies de *C. arabica* para resistência a *M. paranaensis* e para atributos agronômicos, e encontraram uma linhagem IAPARLN 94066 moderadamente resistente, este material na geração em que se encontrava não segregava mais para plantas susceptíveis e foi classificado como homozigoto para a resistência, porém, essa linhagem mesmo na geração F6 ainda apresentava variabilidade genética para produtividade.

No presente trabalho, o peso das raízes das plantas inoculadas com as espécies de nematoides utilizadas não foi afetado pelo parasitismo. Isso provavelmente ocorreu devido às constantes adubações realizadas nessas plantas no decorrer do experimento, que proporcionaram desenvolvimento normal das raízes. As diferenças entre os pesos das raízes dos genótipos devem-se, provavelmente, à diferença genética entre eles. Esse resultado concorda com Muniz et al. (2009), que estudaram a reação de genótipos de café a populações

de *Meloidogyne* spp., e não encontraram relação entre as populações dos nematoides estudados e os parâmetros vegetativos dos genótipos de café avaliados, esses autores afirmaram que isso provavelmente tenha ocorrido pelas constantes adubações das plantas de café durante os oito meses do bioensaio.

As plantas utilizadas neste trabalho são progênies de genótipos que estão sendo estudados em campo pela Dra. Sonia Maria de Lima Salgado (EPAMIG). Esses genótipos são provenientes do Banco de Germoplasma de Café da EPAMIG, e encontram-se em área infestada por *M. paranaensis*, no município de Piunhi-MG. Esses genótipos estão sendo avaliados quanto ao desenvolvimento e vigor vegetativo na área infestada e quanto a produtividade. Em informação pessoal, a pesquisadora relatou resultados de produtividade do ano de 2011 desses genótipos. As plantas que estão em campo são da geração F3 e F4, e segundo a pesquisadora, ainda apresentam variabilidade dentro dos genótipos para as características de vigor avaliadas, produtividade e resistência. Esse resultado de variabilidade para resistência foi confirmado no presente trabalho, onde alguns tratamentos apresentavam plantas segregantes nas repetições.

A Dra. Sonia Salgado ainda afirmou que as plantas mais produtivas são também aquelas que provavelmente são resistentes ou tolerantes a *M. paranaensis*, pelo bom desenvolvimento em área infestada. Ela destacou a progênie 16 pelo excelente vigor e boa produtividade, que corresponde aos tratamentos 3, 9, 14, 16, 18 e 19 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), e, desses, os tratamentos 3, 14 e 19 apresentaram resistência aos nematoides *M. incognita* raça 1 e *M. paranaensis*, e o tratamento 16 apresentou resistência apenas a *M. paranaensis*, em casa de vegetação, no presente trabalho. A pesquisadora também destacou a progênie 6 como um material promissor, que corresponde aos tratamentos 8 e 10 (Híbrido do Timor UFV 408-01) do presente trabalho; desses, o tratamento 8 foi considerado resistente às duas espécies de nematoide das galhas estudadas, e o tratamento 10 resistente apenas a *M. incognita* raça 1.

Dos genótipos estudados pode-se destacar os tratamentos 3 e 16 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) por serem resistentes aos nematoides *M. incognita* raça 1 e *M. paranaensis* e produtivos. O tratamento 12 (Amphillo x H. Natural MR 36-349) apresentou excelente produção da planta matriz e foi classificado como moderadamente resistente às duas espécies de nematoides estudadas. Esse tratamento foi considerado como moderadamente resistente por ter apresentado segregação entre as repetições, indicando que com seleção pode

ser um material que venha apresentar resistência além da excelente produtividade. Também os tratamentos 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 8 (Híbrido do Timor UFV 408-01) e 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) demonstraram ser resistentes as duas espécies de nematoides e com boa produtividade das plantas matrizes à campo. Ainda o tratamento 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), moderadamente resistente a *M. incognita* raça 1 e *M. paranaensis*, apresentou boa produtividade.

Dos genótipos estudados, quanto a resistência múltipla às duas espécies de nematoides utilizadas no ensaio, foram selecionados cinco acessos, são eles os tratamentos 3 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161), 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 8 (Híbrido de Timor 408-01), 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161) e 19 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161). Pelos resultados encontrados no presente trabalho e pelo experimento a campo, observou-se que alguns dos genótipos avaliados apresentaram resistência aos nematoides *M. incognita* raça 1 e *M. paranaensis*, além de boa produtividade, sendo estes materiais promissores para serem utilizados em programas de melhoramento genético com finalidade de lançamento de novas cultivares de *C. arabica*, para plantio em áreas infestadas por nematoides das galhas, garantindo a sustentabilidade da atividade cafeeira no país e a rentabilidade ao produtor. Observou-se também que em alguns genótipos, onde ainda há segregação, existe a possibilidade de seleção de plantas que apresentem a característica de resistência, para compor uma nova população a ser melhorada para o desenvolvimento de cultivares resistentes aos nematoides das galhas.

8. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que, dos genótipos de *Coffea arabica* avaliados, foram simultaneamente resistentes aos nematoides *M. incognita* raça 1 e *M. paranaensis*, três acessos do cruzamento entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161 (tratamentos 3, 14 e 19); um acesso do cruzamento entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474 (tratamento 5); um acesso do Híbrido do Timor UFV 408-01 (tratamento 8); e a cultivar IPR-100 (tratamento 20). Esses resultados foram confirmados a campo em área naturalmente infestada por *M. paranaensis*.

Foram moderadamente resistentes para as duas espécies de nematoides das galhas estudadas, um acesso do cruzamento entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474

(tratamento 7) e um acesso do cruzamento entre Amphillo x H. Natural MR 36-349 (tratamento 12). Para o nematoide *M. incognita* raça 1 foram também moderadamente resistentes mais dois acessos do cruzamento entre Amphillo x H. Natural MR 36-349 (tratamentos 13 e 17) e mais um acesso do cruzamento entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161 (tratamento 16). Esses tratamentos considerados moderadamente resistentes podem vir, a ser resistentes, através de seleção, pois ainda estão segregando para a resistência. O tratamento 12, que é um acesso do cruzamento entre Amphillo x H. Natural MR 36-349, apresentou a planta matriz mais produtiva a campo e é moderadamente resistente às duas espécies de nematoides estudadas, e ainda apresentou potencial para ser resistente através de seleção. Também os tratamentos 3, resistente a ambas espécies de nematoides, e o 16, resistente a *M. paranaensis*, que são acessos do cruzamento entre Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161, apresentaram ótima produtividade nas plantas matrizes a campo. Outros tratamentos que também demonstraram boa produtividade das plantas matrizes a campo, e resistência a ambas espécies de nematoides, foram os tratamentos 5 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474), 8 (Híbrido do Timor UFV 408-01) e 14 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2161); e o tratamento 7 (Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2474) que foram moderadamente resistente a *M. incognita* raça 1 e *M. paranaensis* e com potencial para a resistência através da seleção. Mais estudos estão sendo realizados com outras populações de *Meloidogyne* spp. para corroborar esses resultados.

Esses resultados indicam que, entre os genótipos estudados, existem materiais de *Coffea arabica* que são resistentes a *Meloidogyne* spp., além de serem produtivos, com potencial para serem desenvolvidas novas cultivares e viabilizar o plantio de café em áreas infestadas com nematoides das galhas, assegurando assim, retorno financeiro ao produtor e a garantia da sustentabilidade da cafeicultura brasileira.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, P.; CASTAGNONE-SERENO, P.; MARIE-NOËLLE, R.; ENGLER, J.A.; FAVERY, B. Invasion, feeding and development. In: PERRY, N.R.; MOENS, M.; STARR, J.L. (Ed.). **Root-Knot Nematodes**. Cambridge: CAB International, 2009. p.163-181.

ABAD, P.; FAVERY, B.; ROSSO, M.N.; CASTAGNONE-SERENO, P. Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. **Molecular Plant Pathology**. v.4, p.217-224, 2003.

ABIC. Produção e exportação mundial de café, MDIC e SECEX, OIC. Disponível em: <http://abic.com.br/estat_exporta_ppaises.html>. Acesso em: 10 Fev. 2013.

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. London: Academic Press, 1988. 803p.

AKHKHA, A.; KUSEL, J.; KENNEDY, M.; CURTIS, R.H.C. Effects of phytohormones on the surfaces of plant parasitic nematodes. **Parasitology**. v.125, p.165-175, 2002.

ALVES, J.D. E LIVRAMENTO, D.E. **Morfologia e Fisiologia do Cafeeiro**. Lavras: Textos Acadêmicos. Faepe/Ufla, 2004. 50p.

Embrapa Café – Gestão da pesquisa do café no Brasil. Disponível em: <http://www22.sede.embrapa.br/cafe/outros/Arq_Relat_Gestao/Gest%E3o_Pesquisa.pdf>. Acesso em: 10 Fev. 2013.

ANTHONY, F.; TOPARD, P.; ANZUETO, F.; BERTRAND, B. La resistencia genética de *Coffea* spp. a *Meloidogyne paranaensis*: identificación y utilización para la caficultura latino-americana. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**. v.67, p.4-11, 2003.

ANTHONY, F.; COMBES, M.C.; ASTORGA, C.; BERTRAND, B.; GRAZIOSI, G.; LASHERMES, P. The origin of cultivated *Coffea Arabica* L. varieties revealed by AFLP and SSR markers. **Theoretical and Applied Genetics**. v.104, p. 894-900, 2002.

ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; QUIROS, O.; WILCHES, A.; LASHERMES, P.; BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica**, v.118, p.53-65, 2001.

ANZUETO, F.; BERTRAND, B.; SARAH, J.L.; ESKES, A.B.; DECASY, B. Resistance to *Meloidogyne incognita* in Ethiopian *Coffea arabica* accessions. **Euphytica**. v.1, p.1-8, 2001.

ANZUETO, F.; ESKES, A.B.; SARAH, J.L.; et al. Résistance de quelques descendants de *Coffea arabica* et *C. canephora* vis-à-vis de deux populations de *Meloidogyne* spp., originaires du Guatemala et du Brésil. Proceedings: **XV Int. Sci. Colloq. Coffee**. p.338-349, 1993.

ANZUETO, F.; ESKES, A.B.; SARAH, J.L.; et al. Recherche de la résistance à *Meloidogyne* sp. dans une collection de *Coffea arabica*. Proceedings: **XIV Int. Sci. Colloq. Coffee**. p.534-543, 1991.

ARANGO, L.G.; BAEZA, C.A.; LEGUIZAMÓN, J.E. Pruebas de resistencia a especies de *Meloidogyne* en plântulas de *Coffea* ssp. Proceedings: **X Int. Sci. Colloq. Coffee**. p.563-568, 1982.

BARBOSA, D.H.S.G.; VIEIRA, H.D.; SOUZA, R.M.; DIAS, P.D.; VIANA, A.P. Desenvolvimento vegetativo e reação de genótipos de *Coffea* spp. a uma população de *Meloidogyne exigua* virulenta a cultivares resistentes. **Nematologia Brasileira**. v.31, p.1-6, 2007.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; COONS, M.P. The physiology of flowering in coffee: a review. **Journal of Coffee Research**. v.8, p.29-73, 1978.

BERTHAUD, J. **Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes**. Montpellier: Orstom, 1986. p.179.

BERTRAND, B.; ANTHONY, F. Genetics of resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and breeding. In: SOUZA, R.M. (Ed). **Plant Parasitic Nematodes of Coffee**. New York: APS Press & Springer, 2008. p.225-248.

BERTRAND, B.; ETIENNE, H.; ESKES, A.B. Growth, production and bean quality of *Coffea arabica* as affected by interspecific grafting: consequences for rootstock breeding. **Hort Science**. v.36, p.269-273, 2001.

BERTRAND, B.; PEÑA DURÁN, M.X.; ANZUETO, F.; CILAS, C.; ETIENNE, H.; ANTHONY, F.; ESKES, A.B. Genetic study of *Coffea canephora* coffee tree resistance to *Meloidogyne incognita* nematodes in Guatemala and *Meloidogyne* sp. nematodes in El Salvador for selection of rootstock varieties in Central America. **Euphytica**. v.113, p.79-86, 2000.

BERTRAND, B.; AGUILAR, G.; BOMPARD, E.; RAFINON, A.; ANTHONY, F. Comportement agronomique et résistance aux principaux déprédateurs des lignées de Sarchimor et Catimor au Costa Rica. **Plante Recherche Développement**. v.4, p.312-321, 1997.

BERTRAND, B.; ANZUETO, A.; PENÃ, M.X.; ANTHONY, F.; ESKES, A.B. Genetic improvement of coffee for resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) in Central America. Proceedings: **X International Science Colloquium Coffee**. p.630-636, 1995.

BIRD, A.F.; LOVEYS, B.R. The incorporation of photosynthates by *Meloidogyne javanica*. **Journal of Nematology**. v.7, p.111-113, 1975.

BONETTI, J.I.S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para a extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**. v.6, p.553, 1981.

BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, UFV, 1999. 817 p.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S. de; FONSECA, A.F.A. da; FERRÃO, R.G.; SILVEIRA, J.S.M. ‘Emcapa 8111’, ‘Emcapa 8121’, ‘Emcapa 8131’: primeiras variedades de café conilon lançadas para o Espírito Santo. Vitória: EMCAPA, 1993, 2 p. (Emcapa, Comunicado Técnico, 68).

BRASIL, MAPA: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>>. Acesso em: 05 Fev 2013.

BRIDSON, D.M. Nomenclatural notes on *Psilanthus* including *Coffea* set. *Paracoffea* (Rubiaceae tribe Coffeae). **Kew Bulletin**. v.42, p. 453-460, 1987.

BUENO, L. C. de S.; MENDES, A. N.; CARVALHO, S. P. de. **Melhoramento de plantas: princípios e procedimentos**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

CAILLAUD, M.C.; DUBREUIL, G.; QUENTIN, M.; PERFUS-BARBEOCH, L.; LECOMTE, P.; de ALMEIDA ENGLER, J.; ABAD, P.; ROSSO, M.N.; FAVERY, B. Root-knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. **Journal of Plant Physiology**. v.165, p.104-113, 2008.

CAIXETA, G.Z.T.; TEIXEIRA, S.M. A globalização e o mercado do café. **Informe Agropecuário**. v.20, p.74-82, 1999.

CAMPOS, V.P.; VILLAIN, L. Nematode parasites of coffee and cocoa. In: LUC, M; SIKORA, R.A.; BRIDGE, J. (Ed). **Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture**. 2.ed. Wallingford: CABI, 2005. p.189-204.

CAMPOS, V.P.; MELLES, C.C.A. Ocorrência e distribuição de espécies de *Meloidogyne* em cafezais dos Campos das Vertentes e do sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**. v.11, p.233-241, 1987.

CARNEIRO, R.M.D.G.; TIGANO, M.S.; RANDIG, O.; ALMEIDA, M.R.A.; SARAH, J.L. Identification and genetic diversity of *Meloidogyne* spp. (Tylenchida: Meloidogynidae) on coffee from Brazil, Central America and Hawaii. **Nematology**. v.6, p.287-298, 2004.

CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A.; QUÉNÉHERVÉ, P. Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. populations. **Nematology**. v.2, p.645-654, 2000.

CARNEIRO, R.M.D.G.; CARNEIRO, R.G.; ABRANTES, I.M.O.; et al. *Meloidogyne paranaensis* n.sp., a root-knot nematode parasitizing coffee in Brazil. **Journal of Nematology**. v.28, p.177-189, 1996.

CARNEIRO, R.G. Reação de progênes de café 'Icatu' a *Meloidogyne incognita* raça 2, em condições de campo. **Nematologia Brasileira**, v.19, p.53-59, 1995.

CARNEIRO, R.G. Fitonematoides na cafeicultura paranaense: situação atual. Proceedings: **XXVII Congresso Brasileiro de Nematologia**. p.42-44, 1993.

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

CARVALHO, C.G.P. de; OLIVEIRA, V.R.; CRUZ, C.D.; CASALI, V.W.D. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.603-613, 1999.

CARVALHO, A. **Histórico do desenvolvimento do cultivo do café do Brasil**. Campinas: IAC, 1993, p.7. (Documentos IAC, 34).

CARVALHO, A.; MÔNACO, L.C. Relaciones genéticas de espécies selecionadas de *Coffea*. **Café**. v.9, p.1-19, 1968.

CARVALHO, A.; MÔNACO, L.C. Natural crosspollination in *C. arabica*. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 16, 1964, Brussels. Proceedings...Brussels, v.4, p.447-449, 1964.

CARVALHO, A. Distribuição geográfica e classificação botânica do gênero *Coffea* com referência especial à espécie arábica. **Separata dos boletins da superintendência de serviços de café**. Campinas: IAC, 1946.

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

CASTRO, J.M.C.; CAMPOS, V.P.; POZZA, E.A.; NAVES, R.L.; ANDRADE JUNIOR, W.C.; DUTRA, M.R.; COIMBRA, J.L.; MAXIMINIANO, C.; SILVA, J.R.C. Levantamento de fitonematoides em cafezais do Sul de Minas. **Nematologia Brasileira**. v.32, p.56-64, 2008.

CASTRO, J.M.C.; NAVES, R.L.; CAMPOS, V.P. Ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro na região Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.565. 2003.

CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFÓS, 1987. p.249.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Principles and methods in coffee plant breeding: *Coffea canephora* Pierre. In: CLARKE, R.J.; MACRAE, R. (Eds.). **Coffee: agronomy**. London: **Elsevier Applied Science**. 1988. p.167-195.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: CLIFFORD, M.M.; WILSON, K.C. (Eds.) **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. Westport: AVI, 1985. p.13-47.

CHEVALIER, A. Systematique des caféiers et faux-caféiers. Maladies et insectes nuisibles. In: ENCICLOPEDIA Biologique XXVIII. **Les caféiers du globe**. 3.ed. Lechevalier, p.257, 1947.

CHEVALIER, A. **Les caféiers du globe**. Iconographie des caféiers sauvages et cultivés et des Rubiacées prises pour des caféiers. Lechevalier. p.36, 1942.

CHITWOOD, D.J.; PERRY, R.N. Reproduction, Physiology and Biochemistry. In: PERRY, N.R.; MOENS, M.; STARR, J.L. (Ed.). **Root-Knot Nematodes**. Cambridge: CAB International, 2009. p.182-200.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Café: Safra 2013 Primeira Estimativa Janeiro/2013.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Café: Safra 2012 Quarta Estimativa Dezembro/2012.

CONAGIN, C.H.T.M.; MENDES, A.J.T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*: auto-incompatibilidade em *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. **Bragantia**. v.20, p.787-804, 1961.

COOK, R.; EVANS, K. Resistance and tolerance. In: BROWN, R.H.; KERRY, B.R. (Eds.). **Principles and Practice of Nematodes Control in Crops**. London: Academic Press, 1987. p.179-231.

COSTA, W.M.; GONÇALVES, W.; FAZUOLI, L.C. Produção de café Mundo Novo em porta-enxertos de *Coffea canephora* em áreas infestadas com *Meloidogyne incognita* raça 1. **Nematologia Brasileira**. v.15, p.43-50, 1991.

COUTURON, E.; LASHERMES, P.; CHARRIER, A. First intergeneric hybrids (*Psilanthus ebracteolatus* Hiern x *Coffea arabica* L.) in coffee trees. **Canadian Journal Botany**. v.76, p.542-546, 1998.

CROS, J. **Implications phylogénétiques des variations de l'ADN chloroplastique chez les Caféiers (genres *Coffea* L. et *Psilanthus* Hook. F.)**. 1996. 160f. Tese (Doutorado). Université Montpellier II, Montpellier, 1996. (Thèses et Documents Microfichés TDM, 147).

CRUZ, C. D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Editora UFV, 442p, 1997.

CURI, S.M.; SILVEIRA, S.G.P.; ELIAS, G.R. Jr. Resultados de produção e da proteção do sistema radicular de cafeeiros sob controle químico do nematoide *Meloidogyne incognita* em condições de campo. **Nematologia Brasileira**. v.2, p.93-99, 1977.

CURI, S.M.; CARVALHO, A.; MORAES, F.P.; et al. Novas fontes de resistência genética de *Coffea* no controle de nematoide do cafeeiro, *Meloidogyne exigua*. **Biológico**. v.36, p.293-295, 1970.

CURTIS, R.H.C.; ROBINSON, A.F.; PERRY, R.N. Hatch and Host Location. In: PERRY, N.R.; MOENS, M.; STARR, J.L. (Ed.). **Root-Knot Nematodes**. Cambridge: CAB International, 2009. p.139-162.

DaMATTA, F.M.; RENA, A.B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **O estudo da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Viçosa: UFV Viçosa, 2002. p.93-135.

DaMATTA, J.S.; SERA, T.; ALTÉIA, M.Z.; AZEVEDO, J.A.; FADELLI, S.; PETEK, M.R.; TRILLER, C.; SERA, G.H. Resistência de genótipos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) de São Jorge do Patrocínio ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **Scientific Journal**. v.6, p.34-36, 2002. (Ed. Especial).

DaMATTA, J.S.; SERA, T.; AZEVEDO, J.A.; ALTÉIA, M.Z.; COLOMBO, L.A.; SANCHES, R.S.; PETEK, M.R.; FADELLI, S. Seleção para resistência ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* EMN-95001: Iapar LN 94066 de "Catuaí x Icatú" em área

altamente infestada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p.515-518.

DAVIS, A.P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D.M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of The Linnean Society**. v.152, p.465-512, 2006.

DAVIS, A.P.; BRIDSON, D.; RAKOTONASOLO, F. A reexamination of *Coffea* subgenus *BaraCoffea* and comments on the morphology and classification of *Coffea* and *Psilanthus* (Rubiaceae-Coffeae). In: KEATING, R.C.; HOLLOWELL, V.C.; CROAT, T. (Eds.). Festschrift for William G. D'Arcy: **The Legacy of a Taxonomist**. Saint Louis: MBG Press, 2005.

DAVIS, E.L.; HUSSEY, R.S.; BAUM, T.J. Getting to the roots of parasitism by nematodes. **Trends in Parasitology**. v.20, p.134-141, 2004.

DAVIS, E.L.; HUSSEY, R.S.; BAUM, T.J.; BAKKER, J.; SCHOTS, A.; ROSSO, M.N.; ABAD, P. Nematode parasitism genes. **Annual Review of Phytopathology**. v.38, p. 365-396, 2000.

de ALMEIDA ENGLER, J.; FAVERY, B.; ENGLER, G.; ABAD, P. Loss of susceptibility as an alternative for nematode resistance. **Current Opinion in Biotechnology**. v.16, p.112-117, 2005.

DUSSERT, S.; LASHERMES, P.; ANTHONY, F.; MONTAGNON, C.; TROUSLOT, P.; COMBES, M.C.; BERTHAUD, J.; NOIROT, M.; HAMON, S. Le caféier, *Coffea canephora*. In: HAMON, P.; GLASZMANN, J.C.; PERRIER, X.; SEGUIN, M. (Ed.). **Diversité Génétique des Plantes Tropicales Cultivées**. Plymouth: Science. 1999. p.175-194.

EISENBACK, J.D.; HUNT, D.J. General morphology. In: PERRY, N.R.; MOENS, M.; STARR, J.L. (Ed.). **Root-Knot Nematodes**. Cambridge: CAB International, 2009. p.18-54.

ESBENSHADE, P.R.; TRIANTAPHYLLOU, A.C. Use of enzyme phenotypes for identification of *Meloidogyne* species. **Journal of Nematology**. v.17, p.42-43, 1985.

EVANS, K.; HAYDOCK, P.P.J. A review of tolerance by potato plants of cyst-nematode attack, with consideration of what factors may confer tolerance and methods of assaying and improving it in crops. **Annals of Applied Biology**, v.117, p.703-740, 1990.

FAZUOLI, L.C. Melhoramento genético do cafeeiro. **Proceedings...** V Reunião Itinerante. Fitos do Instituto Biológico: 2-28, 2004.

FAZUOLI, L.C.; MEDINA FILHO, H.P.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO FILHO, O.; SILVAROLLA, M.B. Melhoramento do cafeeiro: variedades tipo arábica obtidas no Instituto Agrônomo de Campinas. In: ZAMBOLIN, L. (ed.) **O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Viçosa: UFV, 2002. p.162-215.

FAZUOLI, L.C.; LIMA, M.M.A.de; GONÇALVES, W.; COSTA, W.M. da. Melhoramento do cafeeiro visando resistência a nematoides: utilização de porta-enxertos resistentes. In: CONGRESSO PAULISTA DE AGRONOMIA, 6., 1987, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: AEASP, p.171-180, 1987.

FAZUOLI, L.C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, N.; YAMADA, J. (Eds). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade do cafeeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1986. p.87-113.

FAZUOLI, L.C.; COSTA, W.M.; FERNANDES, J.A.R. Variabilidade na resistência de linhagens de *Coffea canephora* em relação a uma população do nematoide *Meloidogyne incognita* em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, X, Poços de Caldas. **Anais...** p.115-117, 1983.

FAZUOLI, L.C.; LORDELLO, R.R.A. Fontes de resistência em espécies de cafeeiro a *Meloidogyne exigua*. **Sociedade Brasileira de Nematologia**. v.3, p.49-52, 1978.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A. da; FERRÃO, M.A.G.; De MUNER, L.H.; VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S.; MARQUES, E.M.G.; ZUCATELI, F. **Café conilon: técnica de produção com variedades melhoradas**. 3.ed. Vitória: Incaper, 2007. p.60.

FERRAZ, L.C.B.F. World reports of *Meloidogyne*: Brazil. In: SOUZA, R.M. (Ed). **Plant Parasitic Nematodes of Coffee**. New York: APS Press & Springer, 2008. p.225-248.

GARCIA, A.L.A.; CAMPOS, V.P.; CARVALHO, C.H.S. Avaliação de cultivares de *Coffea arabica* L. ao parasitismo de *Meloidogyne exigua*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2007.

GHEYSEN, G.; FENOLL, C. Gene expression in nematode feeding sites. **Annual Review of Phytopathology**. v.40, p.191-219, 2002.

GÖLDI, E.A. Relatório sobre a moléstia do cafeeiro na Província do Rio de Janeiro. **Archivos do Museu Nacional**. v.8, p.7-123, 1892.

GONÇALVES, W.; RAMIRO, D.A.; GALLO, P.B.; GIOMO, G.S. Manejo de nematóides na cultura do cafeeiro. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO-CAFÉ, 10., 2004, Mococa. **Anais...** Mococa: Instituto Biológico. p.48-66, 2004.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M.B. Nematoides parasitos do cafeeiro. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **Tecnologias de Produção de Café com Qualidade**. Viçosa: UFV, p.199-268, 2001.

GONÇALVES, W. Manejo de fitonematóides em cafeeiro no estado de São Paulo. **Proceedings XXII Congresso Brasileiro de Nematologia**. p.42-43, 2000.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M.B.; LIMA, M.M.A. de. Estratégias visando a implementação do manejo integrado dos nematoides parasitos do cafeeiro. **Informe Agropecuário**. v.19, p.36-47, 1998.

GONÇALVES, W.; PEREIRA, A. Resistência do cafeeiro a nematoides. IV Reação de cafeeiros derivados do Híbrido do Timor a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**. v.22, p.39-50, 1998.

GONÇALVES, W.; PEREIRA, A.A.; MENDES, A.N.G. Reação de progênies do Híbrido do Timor à *Meloidogyne exigua*. **XXI Congresso Brasileiro de Nematologia**. Maringá, PR, p.54, 1998b.

GONÇALVES, W.; FERRAZ, L.C.C.B.; LIMA, M.M.A.; SILVAROLLA, M.B. Reação de cafeeiros às raças 1, 2 e 3 de *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathologica**. v.22, p.172-177, 1996.

GONÇALVES, W.; BARBOSA, L.C.C.; LIMA, M.M.A.; SILVAROLLA, M.B.; Patogenicidade de *Meloidogyne exigua* e *M. incognita* raça 1 a mudas de cafeeiros. **Bragantia**. v.55, p.89-93, 1996.

GONÇALVES, W. Reação de cafeeiros (*Coffea* spp.) a *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887 e diferentes populações de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949. 1993. 110f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. 1993.

GONÇALVES, W.; RAMOS, L.C.S.; FERNANDES, J.A.R.; KASAI, F.S. Avaliação da resistência de dois cultivares de *Coffea canephora* a *Meloidogyne incognita* raça 2. **Nematologia Brasileira**. v.14, p.45-53, 1990.

GONÇALVES, W.; LIMA, M.M.A. de; FAZUOLI, L.C. Resistência do cafeeiro à nematoides: III. Avaliação da resistência de espécies de *Coffea* e de híbridos interespecíficos a *Meloidogyne incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**. v.12, p.47-54, 1988.

GONÇALVES, W.; FERRAZ, L.C.C.B. Resistência do cafeeiro a nematoides – II: testes de progênies e híbridos para *Meloidogyne incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**. v.11, p.125-142, 1987.

GUERRA NETTO, E.G.; D'ANTONIO, A.M. Nematoides parasitas em lavouras cafeeiras do sul de Minas Gerais. Proceedings **VII Brazilian Congress of Coffee Research**: p.171. 1984.

HERNANDEZ, A.; FARGETTE, M.; SARAH, J.L. Pathogenicity of *Meloidogyne* spp. (Tylenchida: Meloidogynidae) isolates from Central America and Brazil on four genotypes of *Coffea arabica*. **Nematology**. v.6, p.205-213, 2004.

HUANG, G.; GAO, B.; MAIER, T.; ALLEN, R.; DAVIS, E.L.; BAUM, T.J.; HUSSEY, R.S. A profile of putative parasitism genes expressed in the esophageal gland cells of the root-knot

nematode *Meloidogyne incognita*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**. v.16, p.376-381, 2003.

HUANG, C.S.; MAGGENTI, A.R. Mitotic aberration and nuclear changes of developing giant cells in *Vicia faba* caused by *Meloidogyne javanica*. **Phytopathology**. v.59, p.447-455, 1969.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Grupo Executivo de Racionalização de Cafeicultura (Rio de Janeiro, RJ). Clima e Fenologia. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura (Rio de Janeiro, RJ). **Cultura do Café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro, 1986. p.8-21.

ITO, D.S.; SERA, T.; SHIGUEOKA, L.H.; ROCHA, V.P.C.; COLOMBO, L.A.; BRANDET, E.; ANDREAZI, E.; SERA, G.H.; CARVALHO, F.G.; GARDIANO, C.G. Identificação de cultivares de café resistentes aos nematoides ao nível de propriedades em São Jorge do Patrocínio, Paraná. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011. Araxá. **Resumos Expandidos...** p.356.

ITO, D.S.; SERA, G.H.; SERA, T.; SANTIAGO, D.C.; KANAYAMA, F.S.; GROSSI, L.D. Progenies de café com resistência aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**. v.3, p.156-163, 2008.

JAEHN, A. Variabilidade do uso de nematicidas em cafezal novo instalado em solo infestado por *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**. v.8, p.275-284, 1984.

JAUBERT, S.; LEDGER, T.N.; LAFFAIRE, J.B.; PIOTTE, C.; ABAD, P.; ROSSO, M.N. Direct identification of stylet secreted proteins from root-knot nematodes by a proteomic approach. **Molecular and Biochemical Parasitology**. v.121, p.205-211, 2002.

JOBERT, C. Sur une maladie du caféier observée au Brésil. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris 87: 941-943 Krzyzanowski, AA (2000). Nematoides do cafeeiro. In: XXII

CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2000. Uberlândia. **Proceedings...** XXII. p.40-41, 1978.

JONES, M.G.K. The development and function of plant cells modified by endoparasitic nematodes. In: ZUCKERMAN, B.M.; RHODE, R.A. (Eds). **Plant Parasitic Nematodes**. New York: Academic Press, 1981. p.225-279.

JONES, M.G.K.; PAYNE, H.L. Early stages of nematode-induced giant cell formation in roots of *Impatiens balsamina*. **Journal of Nematology**. v.10, p.70-84, 1978.

KANAYAMA, F.S.; SERA, G.H.; SERA, T.; MATA, J.S. da; RUAS, P.M.; ITO, D.S. Progênies de *Coffea arabica* cv IPR 100 com resistência ao nematóide *Meloidogyne incognita* raça 1. **Ciência Agrotécnica**. v.33, p. 1321- 1326, 2009.

KRUG, C.A.; MENDES, J.E.T.; CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea arabica* L. **Boletim Técnico**. v.62. Campinas: IAC, 1939. p.1-57.

LASHERMES, P.; COMBES, M.C.; ROBERT, J.; TROUSLOT, P.; D'HONT, A.; ANTHONY, F.; CHARRIER, A. Molecular characterization and origin of the *Coffea arabica* L. genome. **Molecular and General Genetics**. v.261, p.259-266, 1999.

LEDGER, T.N.; JAUBERT, S.; BOSSELUT, N.; ABAD, P.; ROSSO, M.N. Characterization of a new beta-1,4-endoglucanase gene from the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and evolutionary scheme for phytonematode family 5 glycosyl hydrolases. **Gene**. v.38, p.121-128, 2006.

LIMA, M.M.A.; GONÇALVES, W.; TRISTÃO, R.O. Avaliação de resistência de seleções de *Coffea canephora* e *C. congensis* à raça 3 de *Meloidogyne incognita*. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 14, Campinas. **Trabalhos Apresentados...** Rio de Janeiro: IBC, p.87-88, 1987.

LOPES, C.R. Estudo dos pigmentos flavonoides e sua contribuição à filogenia do gênero *Coffea*. 1972. 186f. Tese (Doutrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 1972.

LÓPEZ de MENDOZA, M.; MODHA, J.; ROBERTS, C.; CURTIS, R.H.C.; KUSEL, J. Observations of the changes of the surface cuticle of the parasitic nematode using fluorescent probes. **Parasitology**. v.120, p.203-209, 2000.

LORDELLO, R.R.A.; LORDELLO, A.I.L.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A. Plantio de cafezal infestado por *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**. v.14, p.18-19, 1990.

LORDELLO, R.R.A.; LORDELLO, A.I.L. Avaliação da resistência de cafeeiros às raças de *Meloidogyne incognita*. **Bragantia**. v.46, p.59-64, 1987.

LORDELLO, L.G.E. Perdas causadas por nematóides. **Revista de Agricultura**. v.51, p.222, 1976.

LORDELLO, L.G.E.; LORDELLO, R.R.A. *Meloidogyne incognita* ataca cafeeiro no Paraná. **Solo**. v.64, p.27, 1972.

LORDELLO, L.G.E.; HASHIZUME, H. Suscetibilidade da variedade Konillon de *Coffea canephora* a um nematoide. **Revista Agrícola**. v.46, p.157-158, 1971.

LORDELLO, L.G.E.; MELLO FILHO, A.T. Mais um nematoide ataca o cafeeiro. **Revista Agrícola**. v.45, p.102, 1970.

MATA, J.S. da; SERA, T.; AZEVEDO, J.A.; ALTÉIA, M.Z.; COLOMBO, L.A.; SANCHES, R.S.; PETEK, M.R.; FADELLI, S. Seleção para resistência ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* EMN-95001: IAPARLN 94066 de “Catuaí x Icatu” em área altamente infestada. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA, p.515-518, 2000.

MOENS, M.; PERRY, R.N.; STARR, J.L. *Meloidogyne* species – a diverse group of novel and important plant parasites. In: PERRY, N.R.; MOENS, M.; STARR, J.L. (Ed.). **Root-Knot Nematodes**. Cambridge: CAB International, 2009. p.1-17.

MUNIZ, M.F.de.D.; CAMPOS, V.P.; MOITA, A.W.; GONÇALVES, W; ALMEIDA, M.R.A.; SOUZA, F.R.de; CARNEIRO, R.M.D.G. Reaction of coffee genotypes to different

populations of *Meloidogyne* spp.: detection of a naturally virulent *M. exigua* population. **Tropical Plant Pathology**. v.34, p.379-378, 2009.

NOIR, S.; ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; COMBES, M.C.; LASHERMES, P. Identification of a major gene (*Mex-1*) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. **Plant Pathology**. v.52, p.97-103, 2003.

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

OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mendelingen Landbouwhogeschool Wageningen**. v.66, p.1- 46, 1966.

OSORIO, N. Comunicação da OIC à cúpula do G-8 Gleneagles. Escócia, 2005. <<http://www.ico.org/documents/ed1959p.pdf>> Acesso em: 05 Fev 2013.

PAPADOPOULOU, J.; TRIANTAPHYLLOU, A.C. Sex differentiation in *Meloidogyne incognita* and anatomical evidence of sex reversal. **Journal of Nematology**. v.14, p.549-566, 1982.

PERRY, N.R.; MOENS, M.; STARR, J.L. (Ed.). **Root-Knot Nematodes**. Cambridge: CAB International, 2009. 488.p. v.1.

PINTO-MAGLIO, C.A.F.; CRUZ, N.D. Pachytene chromosome morphology in *Coffea* L. I. Nucleolar chromosomes. **Caryologia**, v.40, p.7-23, 1987.

PONTE, J.J.; CASTRO, F.E. Lista adicional de plantas hospedeiras de nematoides de galhas no Estado do Ceará, referente a 1969-1974. **Fitossanidade**. v.1, p.29-30, 1975.

REBEL, E.K.; FAZUOLI, L.C. Fontes de resistência de cafeeiros ao nematoide *Meloidogyne incognita*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, XI, Ribeirão Preto. **Resumos...** p.187-191, 1978.

REIS, P.R.; CUNHA, R.L. **Café Arábica do plantio a colheita**. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2010. 896p. v.1.

RENA, A.B. A água na fisiologia do cafeeiro. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DO CAFÉ, 3., 1998, Vitória. **Anais...** Vitória: CETCAF, p.132-152, 1998.

REZENDE, R.M.; VELLOSO, J.A.; PASQUALOTTO, A.T.; SALGADO, S.M.L.; REZENDE, J.C.de; PAULI, B.de. Seleção de progênies de *Coffea arabica* visando a resistência a *Meloidogyne exigua*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, VII. **Resumos Expandidos**. Araxá – MG. 2011.

RHAM, G. Nematoides parasitas e semiparasitas de diversas plantas cultivadas no Brasil. **Archivos do Instituto Biológico**. v.2. p.67-137, 1929.

RIBEIRO, R.C.F.; PEREIRA, A.A.; OLIVEIRA, C.H.; LIMA, R.D.de. Resistência de progênies de híbridos interespecíficos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**. v.29, p.11-16, 2005.

RIBEIRO, R.C.F.; OLIVEIRA, C.H.; PEREIRA, A.A.; LIMA, R.D. Reação de progênies de híbridos interespecíficos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* a *Meloidogyne exigua* (Göeldi, 1887). In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA. **Resumos...** Marília, SP, p.94, 2001.

RICE, R. Coffee production in a time of crisis: social and environmental connections. **SAIS. REV** 23: 221-245, 2003.

ROBERTS, P.A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J.L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Eds). **Plant Resistance to Parasitic Nematodes**. Wallingford: CAB International, 2002. p.23-42.

ROBERTS, P.A.; MATTHEWS, W.C.; VEREMIS, J.C. Genetic mechanisms of host plant resistance to nematodes. In: BARKER, K.R.; PEDERSON, G.A.; WINDHAM, G.L. (Eds) **Plant Nematode Interactions**. MADISON: American Society of Agronomy, 1998. p.209-238.

ROSSO, M.N.; FAVERY, B.; PIOTTE, C.; ARTHAUD, L.; DE BOER, J.M.; HUSSEY, R.S.; BAKKER, J.; BAUM, T.J.; ABAD, P. Isolation of a cDNA encoding a beta-1,4-endoglucanase in the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and expression analysis during plant parasitism. **Molecular Plant-Microbe Interactions**. v.12, p.585-591, 1999.

ROZE, E.; HANSE, B.; MITREVA, M.; VANHOLME, B.; BAKKER, J.; SMANT, G. Mining the secretome of the root-knot nematode *Meloidogyne chitwoodi* for candidate parasitism genes. **Molecular Plant Pathology**. v.9, p.1-10, 2008.

SALGADO, S.M.L. de; CARNEIRO, R.M.D.G.; PINHO, R.S.C. de. Aspectos técnicos dos nematóides parasitas do cafeeiro. **Boletim Técnico**. v.98. Lavras: EPAMIG, 2011. p.60.

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

SALGADO, S.M.L.; CAMPOS, V.P.; RESENDE, M.L.; KRYZANOWSKI, A.A. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cafeeiros IAPAR 59 e Catuaí. **Nematologia Brasileira**. v.26, p.205-207, 2002.

SANTOS, M.A.; PINHEIRO, J.B.; SANTOS, C.M.; LELLES, A.M. Ocorrência de nematoides em cafeeiros do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Nematologia Brasileira**. v.22, p.3-4, 1998.

SANTOS, J.M.; TRIANTAPHYLLOU, H.H. Determinação dos fenótipos enzimáticos e estudos comparativos da morfologia de 88 populações de *Meloidogyne* spp. parasitas do cafeeiro. **Nematologia Brasileira**. v.16, p.88, 1992.

SASSER, J.N.; CARTER, C.C.; HARTMAN, R.M. **Standardization of host suitability studies and reporting of resistance to root-knot nematodes**. Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1984. p.7.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**. v.30, p.507-512, 1974.

SERA, G.H.; SERA, T.; ITO, D.S.; MATA, J.S.da; DOI, D.S.; AZEVEDO, J.A.de; RIBEIRO FILHO, C. Progenies de *Coffea arabica* cv. IPR-100 resistentes ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**. v.66, p.43-49, 2007.

SERA, T.; MATA, J.S. da; SERA, G.H.; DOI, D.S.; ITO, D.S.; AZEVEDO, J.A. de; RIBEIRO FILHO, C. Identificação de porta-enxertos de café Robusta resistentes aos

nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4, 2005, Londrina. **Anais...** Embrapa Café: Londrina, 2005. (CD-Room).

SERA, T.; MATA, J.S.; ITO, D.S.; DOI, D.S.; SERA, G.H.; AZEVEDO, J.A.; COTARELLI, V.M. Identificação de cafeeiros resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações de Icatu (*Coffea arabica*). **Scientific Journal**. v.8, p.20, 2004b.

SERA, T.; MATA, J.S. da; SERA, G.H.; DOI, D.S.; ITO, D.S.; AZEVEDO, J.A. de; COTARELLI, V.M. Frequência de plantas resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações da cultivar porta-enxerto Apoatã de *Coffea canephora*. **Scientific Journal**. v.8, p.17, 2004a.

SERA, T.; MATA, J.S.da; ALTÉIA, M.Z.; PETEK, M.R.; AZEVEDO, J.A.de; SERA, G.H. Resistência simultânea aos nematoides *Meloidogyne incognita* raças 1 e 2 e *M. paranaensis* em progênies de cafeeiros do tipo arábica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 29, Araxá, MG. **Trabalhos Apresentados...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, p.254-255, 2003.

SHIGUEOKA, L.H.; SERA, T.; ITO, D.S.; ANDREAZI, E.; ROCHA, V.P.C.; CARVALHO, F.G.; GARDIANO, C.G.; MATA, J.S.da. Avaliação de linhagens de café arábica resistentes ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* em Londrina, Paraná. **VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. 22 a 25 de Agosto, Araxá – MG, 2011.

SILVA, R.; SARAIVA, D.C.; OLIVEIRA, R.D.L.; PEREIRA, A.A.; FERREIRA, P.S. Reação de progênies de cafeeiro da cultivar Catiguá MG 3 a quatro populações de *Meloidogyne exigua*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL. Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Brasília, DF. Embrapa Café. 2007.

SILVAROLLA, M.B.; GONÇALVES, W.; MARINEZ, M.A.L. Resistência do cafeeiro a nematoides V – Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cafeeiros derivados da hibridação de *Coffea arabica* com *C. canephora*. **Nematologia Brasileira**. v.22, p.51-59, 1998.

SILVEIRA, J.S.M.; CARVALHO, C.H.S. de. Efeito da época de irrigação sobre o crescimento do ramo plagiotrópico e da longevidade foliar do café conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22, 1996, Águas de Lindóia. **Trabalhos Apresentados...Águas de Lindóia**. SP: SDR/Procafé/Embrapa, p.99-100, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.719.

TOMAZINI, M.D.; SILVA, R.A.; OLIVEIRA, C.M.G.; GONÇALVES, W.; FERRAZ, L.C.C.B.; INOMOTO, M.M. Resistência de genótipos de cafeeiros a *Pratylenchus coffeae* e *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**. v.29, p.193-198, 2005.

TRIANANTAPHYLLOU, A.C. Cytogenetics of root-knot nematodes. In: LAMBERTI, F.; TAYLOR, C.E. (Eds). **Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* species); Systematics, Biology and Control**. London and New York:Academic Press, 1979. p.85-109.

TRIANANTAPHYLLOU, A.C. Oogenesis in the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. **Nematologica**. v.7, p.105-113, 1962.

TRIANANTAPHYLLOU, A.C. Sex determination in *Meloidogyne incognita* Chitwood, 1949 and intersexuality in *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. **Annals of the Institute of Phytopathology**. v.3, p.12-31, 1960.

TRUDGILL, D.L. Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. **Annual Review of Phytopathology**. v.29, p.167-192, 1991.

VANDERPLANK, J.E. **Genetic and molecular basis of plant pathogenesis**. Verlag: Springer, 1978. p.417.

VANHOLME, B.; De MEUTTER, J.; TYTGAT, T.; VAN MONTAGU, M.; COOMANS, A.; GHEYSEN, G. Secretions of plant-parasitic nematodes: a molecular update. **Gene**. v.332, p.13-27, 2004.

WIGGERS, R.J.; STARR, J.L.; PRICE, H.J. DNA content variation and chromosome number in plant cells affected by *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*. **Phytopathology**. v.80, p.1391-1395, 1990.

