



ALLAN TEIXEIRA PASQUALOTTO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E
FISIOLÓGICO DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO
PARASITADAS POR *Meloidogyne paranaensis***

LAVRAS - MG

2015

ALLAN TEIXEIRA PASQUALOTTO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E FISIOLÓGICO DE PROGÊNIES DE
CAFEIRO PARASITADAS POR *Meloidogyne paranaensis***

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

Orientador

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes

Coorientador

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho

LAVRAS – MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pasqualotto, Allan Teixeira.

Desempenho agrônômico e fisiológico de progênies de cafeeiro
parasitadas por *Meloidogyne paranaensis* / Allan Teixeira
Pasqualotto. – Lavras : UFLA, 2015.

85 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador: Antônio Nazareno Guimarães Mendes.

Bibliografia.

1. Amphillo MR. 2. Ecofisiologia. 3. Nematóide das galhas. 4.
Melhoramento Genético. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título..

ALLAN TEIXEIRA PASQUALOTTO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E FISIOLÓGICO DE PROGÊNIES DE
CAFEIRO PARASITADAS POR *Meloidogyne paranaensis***

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

APROVADA em 26 de fevereiro de 2015.

Dra. Sônia Maria de Lima Salgado	EPAMIG
Dr. César Elias Botelho	EPAMIG
Dra. Vânia Aparecida Silva	EPAMIG

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes
Orientador

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho
Coorientador

LAVRAS – MG

2015

*Aos meus pais, **Claudia Maria Teixeira Pasqualotto e Itelvo José Pasqualotto**, por serem exemplos de caráter e por apoiarem sempre minhas decisões; pelo amor, carinho e confiança, sendo fundamentais para meu sucesso.*

*A minha irmã, **Luisa Teixeira Pasqualotto**, pela amizade, carinho e incentivo.*

*Aos meus avós, **Francisco Amado Teixeira, Celeste Pinto Teixeira**, que sempre me apoiaram me tornando mais forte para superar as dificuldades da vida.*

*Ao meu amor, **Ana Virginia de Paula Alves Pereira**, que além do carinho, amizade e compreensão, sempre esteve ao meu lado nas horas mais difíceis.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por se fazer presente em todos os momentos firmes ou incertos da minha vida.

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

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

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela concessão do experimento que foi avaliado neste trabalho.

Ao orientador Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pela oportunidade, ensinamentos, disponibilidade e amizade.

Ao pesquisador César Elias Botelho, pelo convívio, orientação, amizade, valiosas contribuições, sendo essencial para minha formação pessoal e profissional.

À pesquisadora Sônia Maria de Lima Salgado, pela amizade, orientação e pelos ensinamentos profissionais e pessoais.

Aos pesquisadores, Gladyston Rodrigues Carvalho e Vânia Aparecida Silva, pela amizade e tempo dispensado à transmissão de seus conhecimentos.

Ao Sr. Marcos Soares Rezende, proprietário da Fazenda Guaiçara em Piumhi-MG, pela concessão da área e de funcionários para a condução do experimento.

Ao funcionário do Laboratório de Nematologia, **Tarlei**, pela paciência e auxílios laboratoriais.

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

Ao **Helbert Rezende**, **Tiago Teruel** e **Simone Ribeiro**, pela amizade, ajuda nos experimentos e companheirismo.

Em especial, aos amigos **Ramiro Machado Rezende**, **Alex Mendonça Carvalho**, **João Paulo Felicori Carvalho**, **Arley Fonseca**, **Vinicius Lemose Alessandro Leite Meirelles** pela amizade, ajuda e companheirismo.

Aos amigos do NECAF, **Fernando Fernandes** (Capelinha), **Ravani**, **Thiago Naves** (Migue); **Felipe Chaves** (Godines), **João Luiz Ferreira** (Xinxilia), **Renato Botelho**, **Francisco Neto** (Chico), **Paulo** (Poney), **Marina Praxedes**, **Felipe** (Yudi) e **Janaina** (Potinho) e muitos outros que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Aos amigos de Lavras, **Gustavo Gontijo**, **Fernando Simeone**, **Lucas Fidelis**, **Diego Humberto**, pelos momentos de descontração e amizade.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho caracterizar o desempenho agrônômico e fisiológico de progênies de cafeeiro sob infestação de *Meloidogyne paranaensis*. O experimento de campo foi instalado na Fazenda Guaiçara em fevereiro de 2012, situada no Município de Piumhi-MG. Foram avaliadas 21 progênies, em geração F₅, resultantes do cruzamento entre material do grupo Catuaí Vermelho X Amphillo MR e três cultivares comerciais utilizadas como testemunhas (Catuaí IAC 62, Mundo Novo 379-19 e IPR 100) em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. O espaçamento utilizado foi de 3,0 x 0,5 m. Foram avaliadas características nematológicas referentes ao comportamento genético dos genótipos/progênies ao *M. paranaensis*, produtividade (sacas.ha⁻¹), rendimento, porcentagem de frutos chochos (%), classificação do café por peneira (%). O experimento em casa de vegetação foi instalado em maio de 2014 na Estação Experimental de Lavras da EPAMIG, situada no Município de Lavras-MG, sendo as avaliações realizadas no mês de outubro. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (4 x 2 x 2) com quatro repetições, sendo: quatro materiais genéticos (Catuaí IAC 62, IAPAR IPR 100) e duas progênies oriundas do cruzamento do Grupo Catuaí Vermelho X Amphillo, em dois níveis de irrigação (irrigado e não irrigado) plantados na presença ou ausência de nematoides. A inoculação de *M. paranaensis* foi realizada no mês de maio de 2014, quando as plantas se encontravam com três a quatro pares de folha. Inocularam-se 10.000 ovos divididos em quatro quadrantes ao redor de cada planta. Após seis meses de inoculação, metade das plantas foi submetida ao déficit hídrico por meio da suspensão da irrigação, até que as folhas atingissem o potencial hídrico de antemã de -4,0 MPa. Foram avaliadas as respostas fisiológicas, crescimento vegetativo e a reação dos materiais frente à inoculação de *M. paranaensis*. Conclui-se que as progênies MG 0179-1-R1-1051 e MG 0176-2-R2-943 apresentaram boas características agrônômicas em área infestada por *M. paranaensis*. A morfologia do sistema radicular da progênie MG 0179-3-R1-151 auxilia no mecanismo de resistência ao *M. paranaensis*. A progênie MG 0179-3-R1-151 quando inoculada por *M. paranaensis* e sob déficit hídrico apresentou uma maior eficiência da dissipação de calor.

Palavras-chave: Café. Amphillo MR. Nematóide das galhas. Melhoramento Genético. Ecofisiologia.

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the agronomic and physiological performance of coffee progenies under infestation of *Meloidogyne paranaensis*. The field experiment was installed at the Guaiçara Farm located in the municipality of Piumhi, MG, Brazil, in February of 2012. We evaluated 21 progenies, of the F₅ generation, originated from the cross between Catuaí Vermelho X Amphillo MR and three commercial cultivars used as witnesses (Catuaí IAC 62, Mundo Novo 359-19 and IPR 100) in a Randomized Blocks Design, with four replicates. The spacing used was of 3.0 x 0.5 m. We evaluated nematology traits regarding the genetic behavior of the genotypes/progenies to *M. paranaensis*, productivity (sacas.ha⁻¹), yield, percentage of empty fruits (%), sieve grading percentage (%). The experiment in greenhouse was installed in May of 2014 at the EPAMIG Experimental Facility, located in the city of Lavras, MG, Brazil, performing the evaluations in the month of October. We used a Randomized Blocks Design in a factorial scheme (4 x 2 x 2), with four replicates, being four genetic materials (Catuaí IAC 62, IAPAR IPR 100) and two progenies originated from the cross between Catuaí Vermelho X Amphillo MR, under two irrigation levels (with and without irrigation), planted in the presence or absence of nematodes. The inoculation of *M. paranaensis* was conducted in May of 2014, when the plants had reached 3-4 leaf pairs. We inoculated 10,000 eggs, divided into four quadrants, around each plant. After six months of inoculation, half of the plants were subjected to water deficit by means of suspending irrigation until the leaves reach the predawn leaf water potential of -4.0 MPa. We evaluated physiological responses, vegetative growth and the reaction of the materials in light of *M. paranaensis* inoculation. We concluded that the progenies MG 0179-1-R1-1051 and MG0176-2-R2-943 presented good agronomic traits in areas infected with *M. paranaensis*. The morphology of the root system of progeny MG 0179-3-R1-151 aids in the resistance mechanism to *M. paranaensis*. Progeny MG 0179-3-R1-151, when inoculated by *M. paranaensis* and under water deficit, presented the highest efficiency in heat dissipation.

Keywords: Coffee. Amphillo MR. Root-knot nematode. Genetic improvement. Ecophysiology

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução Geral.....	10
1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Cultura do Cafeeiro	12
2.2	Ecofisiologia do cafeeiro	14
2.3	Importância econômica dos fitonematoides	15
2.4	Técnicas de controle de fitonematoides	18
2.4.1	Melhoramento visando Resistência Genética a fitonematoides	20
	REFERÊNCIAS	24
	CAPÍTULO 2 Características agronômicas de progênies de cafeeiro em área infestada por <i>Meloidogyne paranaensis</i>	31
1	INTRODUÇÃO	33
2	MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1	Descrição dos materiais genéticos selecionados para avaliação (informações segundo dados de registro da EPAMIG/UFV)	37
2.2	Características avaliadas	38
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51
	CAPÍTULO 3 Respostas fisiológicas de progênies de cafeeiro sob condições de déficit hídrico e parasitismo de <i>Meloidogyne paranaensis</i>	55
1	INTRODUÇÃO	57
2	MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1	Preparo do material vegetal e instalação do experimento	59
2.2	Avaliação das respostas fisiológicas	61
2.3	Desenvolvimento vegetativo	63
2.4	Avaliações nematológicas	63
2.5	Análises Estatísticas	64
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.1	Características ecofisiológicas	65
3.1.1	Parâmetros de fluorescência da clorofila a	72
3.2	Crescimento e desenvolvimento vegetativo e análises nematológicas	77
4	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS	83

CAPÍTULO 1 Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é considerada uma das atividades mais importantes do agronegócio mundial. O Brasil é o maior produtor e exportador de “café verde” do mundo, ocupando uma posição de destaque no cenário mundial. O sucesso da atividade cafeeira no Brasil deve ser relacionado principalmente ao desenvolvimento das pesquisas realizadas, as quais proporcionaram importantes avanços nos sistemas de cultivo e manejo, tornando a atividade sustentável.

Dentre as linhas de pesquisas estudadas, o melhoramento genético contribuiu de maneira significativa para o agronegócio café, uma vez que proporcionou inúmeros ganhos em produtividade, possibilitou a adequação da arquitetura das plantas para colheita mecanizada e aplicação de tratamentos culturais, além de introduzir resistência às principais doenças e pragas.

Um dos grandes desafios nos atuais programas de melhoramento genético é introduzir genes de resistência aos nematoides nos materiais produtivos, já que o parasitismo nas raízes contribui com sérios prejuízos econômicos à produção cafeeira. Ao longo dos anos, o ataque de fitonematoides contribuiu para a sucessiva decadência das regiões nobres da cafeicultura brasileira (SALGADO; CARNEIRO; PINHO, 2011). Diversos gêneros têm sido encontrados associados às raízes de cafeeiros, sendo as espécies dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* as mais prejudiciais.

O gênero *Meloidogyne*, também conhecido como nematoides das galhas, apresenta maior importância em virtude de sua ampla distribuição e alta capacidade de multiplicação no campo. Dentre as espécies do gênero *Meloidogyne*, a espécie *Meloidogyne paranaensis* se destaca pela sua

agressividade e no depauperamento das plantas, principalmente do sistema radicular (CARNEIRO et al., 2008).

Das estratégias de manejo que visam à redução da população de fitonematoides, a grande maioria apresenta baixa eficiência quando comparadas ao controle genético, que tem se mostrado mais eficiente e viável economicamente (ITO et al., 2008).

As fontes de resistência de maior interesse estão presentes nas espécies de *Coffea*, como *Coffea canephora*, *C. congensis* e *C. dewevrei*, devido tanto à resistência aos fitonematoides, como a um sistema radicular mais desenvolvido (GONÇALVES, 1999; SERA et al., 2005, 2006).

O sistema radicular mais desenvolvido permite maior tolerância aos nematoides e ao déficit hídrico, uma vez que aumenta a absorção de água e nutrientes. O estresse hídrico pode potencializar e agravar ainda mais o depauperamento de plantas quando as raízes do cafeeiro estão parasitadas por nematoides, uma vez que o parasitismo causa mudanças anatômicas na raiz como células gigantes com formação de galhas, seguidas por ruptura da epiderme e do tecido cortical, dificultando a absorção de água e nutrientes (SHEPHERD; HUCK, 1989).

Diante do exposto, objetivou-se caracterizar o desempenho agrônomo e fisiológico de progênies de cafeeiro parasitadas por *Meloidogyne paranaensis*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do Cafeeiro

O café é cultivado em diferentes países tropicais, sendo consumido e apreciado no mundo inteiro (CAIXETA; TEIXEIRA, 1999). De acordo com a Organização Internacional do Café-OIC (2014) o Brasil produziu, na safra de 2012/2013, mais de 50,8 milhões de sacas de 60 kg de café. Esse número representa mais de um terço da produção mundial, a qual ultrapassa 144 milhões de sacas (OIC, 2014), o que realça a importância do agronegócio café na balança comercial brasileira e principalmente para os estados produtores (REIS; CUNHA, 2010).

No agronegócio café, assim como na maioria dos produtos agrícolas, os valores pagos pelo grão estão sujeitos a altas e baixas periódicas, influenciados principalmente pela disponibilidade do produto no mercado, pela demanda do consumidor, pelos preços de outras commodities e pelo movimento dos fundos de investimentos que negociam o café nas bolsas de valores (OSÓRIO, 2014).

Aliada ao contexto econômico, a atividade cafeeira desempenha importante papel social, uma vez que um grande número de pessoas está envolvido na cadeia produtiva do café. Segundo Rice (2003), cerca 3,5 milhões de pessoas estão envolvidas na atividade, sendo esta geradora de aproximadamente 7 milhões de empregos diretos e indiretos.

Além desses fatores, a produção cafeeira ainda possui a necessidade de atender mercados com altos padrões de exigência, tanto ambientais quanto com a qualidade final do produto (REIS; CUNHA, 2010). Essas exigências geram um aumento da competitividade internacional, o que demanda do cafeicultor uma maior eficiência para manter-se na atividade.

As primeiras lavouras cafeeiras foram introduzidas no país há mais de dois séculos. Em sua trajetória, o café passou pelo Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais (MATIELLO et al., 2010). Esses estados apresentavam condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo de café, o que proporcionou uma grande expansão do seu plantio pelo Brasil.

Com o aumento do número de propriedades cafeeiras, o Brasil se tornou o maior produtor mundial de café, em que de uma posição secundária passou para a de produto-base da economia brasileira, chegando a participar com até 80% de todas as exportações nacionais (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO -CONAB, 2014).

Dentre os treze estados brasileiros que cultivam café, mais de 95% da produção se concentram em apenas seis: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná e Rondônia, sendo Minas Gerais o estado de maior destaque (CONAB, 2014).

Minas Gerais possui condições favoráveis para produção de café, devido principalmente às variações de clima, altitude e sistemas de produção. A cafeicultura mineira tornou-se conhecida mundialmente, por apresentar produtos de alta qualidade, sabor e aroma refinados (MATIELLO et al., 2010). O estado é responsável por aproximadamente 53% da produção nacional, em uma área cultivada que corresponde a 1.238,2 mil hectares, predominando o tipo arábica com 99,4% da produção total. A produção está estimada em 26,6 milhões de sacas de café na safra 2014, com variação percentual de 2,9% para mais ou para menos (CONAB, 2014).

Por apresentar uma extensa área territorial e grande variação climática, a cafeicultura mineira tem sua produção distribuída em quatro regiões principais, constituídos pelas regiões Sul de Minas (Sul/Sudoeste), Matas de Minas (Zona da Mata/Rio Doce), Cerrado de Minas (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba) e Chapada de Minas (Vale do Jequitinhonha/Mucuri) (SILVA et al., 2012).

2.2 Ecofisiologia do cafeeiro

O gênero *Coffea* pertence à família *Rubiaceae*, contém 103 espécies descritas (DAVIS et al., 2006). Dentre essas espécies, apenas *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, possuem expressão econômica internacional (AGUIAR et al., 2005). Estas espécies, denominadas popularmente como Arábica e Robusta, são originárias das florestas tropicais do continente africano.

A espécie *C. arabica* é nativa de regiões altas (1.600 a 2.000 m) da Etiópia localizadas entre 6° e 9° Norte de latitude. Nessa região, as plantas de café se desenvolvem espontaneamente sob sombra, em uma temperatura média anual de 18 a 20°C e com precipitação anual variando entre 1.500 a 1.800 mm (CAMARGO; PEREIRA, 1994). Entretanto, quando submetidos às mesmas condições nutricionais e climáticas, os plantios de café a pleno sol, de maneira geral, produzem mais em relação a cultivos sombreados (DAMATTA, 2004).

No Brasil, as regiões com temperatura média anual entre 19 a 22°C são consideradas aptas para o cultivo da espécie *Coffea arabica* (MATIELLO et al., 2010). No entanto, temperaturas superiores a 23°C proporcionam antecipação no desenvolvimento e na maturação dos frutos (RENA; MAESTRI, 1986), tornando difícil o cultivo nessas temperaturas, visto que dificulta a colheita e reduz a qualidade do grão. Outro fator abiótico a se considerar é a disponibilidade de água para as plantas do cafeeiro.

A precipitação é um dos fatores meteorológicos de maior importância para a cultura (KOBAYASHI et al., 2008). A faixa de precipitação deve situar-se entre 1.200 e 1.800 mm, embora trabalhos indiquem que o cafeeiro cresce sob ampla faixa de precipitações (DAMATTA; RENA, 2002). O excesso ou ausência de água em qualquer fase fenológica implica em prejuízos, tanto no crescimento quanto na produtividade. O conhecimento das fases fenológicas do cafeeiro arábica é de extrema importância, uma vez que facilita as pesquisas e

observações na cafeicultura (SOARES et al., 2005) e possibilita a indicação de regiões aptas e inaptas para o cultivo de café.

Os fatores bióticos, assim como os fatores abióticos, interferem diretamente na fenologia do cafeeiro, principalmente quando se interagem (DAMATTA; RENA, 2002). As condições edafoclimáticas, a cultivar de cafeeiro plantada, o manejo adotado, a presença de doenças e de nematoides e seu nível populacional podem influenciar diretamente no desenvolvimento da planta de café.

Por se tratar de uma cultura perene, ao longo dos anos de cultivo o cafeeiro está exposto a várias intempéries, como: geadas, chuvas de granizo, aumento e queda brusca de temperatura, além de intensos períodos de chuva e principalmente de seca (PAIVA et al., 2012). Quando ocorrem irregularidades no fornecimento de água para as plantas, podem ocorrer estresses hídricos, provocando uma menor absorção de nutrientes e afetando principalmente as relações hídricas da planta (ZAMBOLIM; VALE, 2003).

O estresse hídrico pode potencializar e agravar ainda mais o depauperamento de plantas, quando as raízes do cafeeiro estão parasitadas por nematoides, uma vez que o parasitismo causa mudanças anatômicas na raiz como células gigantes e formação de galhas, seguidas por ruptura da epiderme, do tecido cortical, dificultando a absorção de água e nutrientes (SHEPHERD; HUCK, 1989).

2.3 Importância econômica dos fitonematoides

A cafeicultura brasileira está presente em diversas regiões do país e sob diferentes condições climáticas, uma vez que se cultiva café em altitudes que variam de 350 m a mais de 1.000 m (FERRAZ, 2008). É indiscutível o papel que

a atividade cafeeira proporciona para o país, tanto economicamente quanto socialmente.

Entretanto, mesmo apresentando condições climáticas e edáficas adversas dentro do território nacional, vários são os fatores que afetam a produtividade, como cultivares e variedades plantadas, nível técnico do produtor, sistemas de plantio e a incidência de pragas, doenças e nematoides parasitas.

Salgado, Rezende e Nunes(2014) mencionam que os nematoides destacam-se como fator limitante para produção agrícola. Estima-se que os prejuízos causados por esses microrganismos podem chegar a até 80 bilhões de dólares anuais (AGRIOS, 1997). Nos EUA, essas perdas são estimadas em US\$ 8 bilhões/ano, correspondendo a 10% em relação à agricultura mundial (BARKER et al., 1994). Já no Brasil, a quantificação das perdas causadas por nematoides não é precisa, uma vez que os danos provocados por pragas e outras doenças, condições climáticas, presença de plantas invasoras e inadequação de tratos culturais podem ser confundidos com ataques de nematoides (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

Os nematoides que parasitam plantas podem causar pequenas perdas na produção agrícola e até mesmo levar a morte de um grande número de plantas. Quando introduzido em um campo de produção, a erradicação desses microrganismos é quase impossível (SALGADO; CARNEIRO; PINHO, 2011) e a recuperação das plantas parasitadas também (FERRAZ, 2008).

Aqueles denominados como fitoparasitas são todos microscópicos, com comprimento de 0,3 mm (300 μ) a 5,0 mm (5.000 μ) por 0, 25 a 0,50 mm de largura, sendo machos e fêmeas bastante semelhantes na aparência (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). Dentre as características morfológicas presentes nos fitonematoides, a presença de um estilete bucal típico é característica principal e mais marcante desses microrganismos. Esse órgão é

responsável pela ingestão de alimento líquido disponibilizado pela célula vegetal parasitada e até mesmo pela injeção de substâncias tóxicas produzidas pelo mesmo.

Vários gêneros de fitonematoides têm sido encontrados associados às raízes de cafeeiros, sendo as espécies dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* as mais prejudiciais à cafeicultura brasileira (SALGADO; REZENDE, 2010).

Aqueles denominados como nematoides das galhas pertencentes ao gênero *Meloidogyne* são amplamente distribuídos em lavouras de café (*Coffea arabica* L.) por todo o mundo. Sasser e Freckman (1987) mencionam que 70% dos danos causados por fitonematoides são atribuídos aos nematoides das galhas. No Brasil, as espécies prejudiciais conhecidas são *M. exigua* Göldi, 1887, *M. incognita* (KOFOID & WHITE) Chitwood, 1949 e *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos & Almeida, 1996 (CAMPOS; VILLAIN, 2005).

Ao longo dos anos, os nematoides das galhas contribuíram para a sucessiva decadência das regiões nobres da cafeicultura brasileira (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014). Vários relatos são encontrados na literatura que mostram o abandono de lavouras pelos produtores quando parasitadas por esses microrganismos (CARNEIRO, 1995), e a erradicação de inúmeras plantações infestadas principalmente nos estados do Paraná e São Paulo (GONÇALVES, 2000; JAEHN, 1984). Os níveis de danos variam, mas podem chegar a uma redução de 45% em produtividade, como observado por Barbosa et al. (2004) em uma plantação no estado do Rio de Janeiro.

Das espécies que parasitam o cafeeiro, a *Meloidogyne paranaensis* se destaca pela sua agressividade no depauperamento das plantas (CARNEIRO et al., 2008). Os sintomas causados por esse fitopatógeno normalmente ocorrem em reboleiras, nas quais as plantas exibem estado de deficiência nutricional e desfolha acentuada (CASTRO; CAMPOS, 2004). As raízes parasitadas por *M.*

paranaensis apresentam um aspecto de descascamento e rachaduras, com alguns pontos de engrossamento que mostram lesões do tipo “cancro” e descorticação (CASTRO et al., 2008).

Desta forma, o parasitismo desses fitonematoides prejudica a absorção e a translocação de nutrientes nas raízes, que ficam extremamente prejudicadas, razão do sintoma de desnutrição na parte aérea (SALGADO; PEREIRA; ABREU, 2008).

2.4 Técnicas de controle de fitonematoides

O controle dos fitonematoides na lavoura cafeeira requer planejamento. A confirmação da ocorrência desses fitopatógenos, bem como a importância econômica no cafezal são informações necessárias antes de iniciar uma determinada estratégia de manejo (CARNEIRO et al., 2008).

Algumas estratégias de manejo do cafeeiro para o controle de nematoides não apresentam a mesma eficiência de outras culturas, pois se trata de uma cultura perene que propicia condições favoráveis para o aumento da população dos nematoides durante quase todo o ano (PAIVA et al., 2012).

A principal estratégia é a prevenção, ou seja, evitar a entrada e disseminação do nematoide na área por meio de mudas infestadas, solo infestado aderido às máquinas e implementos, além da água, principalmente de enxurradas provenientes de talhões ou áreas já infestadas (SALGADO; REZENDE, 2010). Assim seu controle torna-se uma operação difícil de ser realizada e sua erradicação em culturas já estabelecidas é quase impossível de ser feita (CAMPOS; LIMA, 1986).

Dentre as técnicas de controle dos fitonematoides, o uso de leguminosas tropicais como a *Crotalaria spectabilis* tem sido amplamente recomendado na agricultura para controle de nematoides, além de ser utilizada como adubo

verde, cobertura morta e fixação de nitrogênio. Lordello (1973) cita que em 1940, Barrons demonstrou que os nematoides das galhas (*Meloidogyne spp.*) penetravam nas raízes de *C. spectabilis*, mas não sobreviviam, perecendo prematuramente sem deixar sobreviventes ou reduzindo o número de nematoides. Desse modo esta técnica poderia auxiliar no manejo e na redução da população.

O controle químico seria outra estratégia de manejo, com a utilização de nematicida sistêmico ou de contato. Esses produtos atuam diminuindo o nível populacional desses parasitas por um determinado período. Marcuzzo et al. (2000) avaliando o controle químico de populações mistas de *M. exigua* e *M. incognita* em lavoura cafeeira, perceberam que o uso de nematicidas proporcionava menores fatores de reprodução para a população. Todavia, vale ressaltar que esses produtos são altamente tóxicos e com alto poder de contaminação ambiental e humano (ALPIZAR; ETIENE; BERTRAND, 2007).

Dentre as estratégias de manejo que visam à redução da população de fitonematoides a grande maioria apresenta baixa eficiência quando comparadas ao controle genético, uma vez que esse tem se mostrado mais eficiente e viável economicamente (ITO et al., 2008). Segundo Alpizar, Etienne e Bertrand (2007), a resistência genética representa a melhor medida de manejo dos nematoides das galhas.

O uso de mudas enxertadas tem sido empregado na cultura do cafeeiro, principalmente em áreas onde há ocorrência de nematoides. Gonçalves, Silvarolla e Lima (1998) mencionam que é uma técnica de controle em curto prazo que utiliza porta enxertos de cultivares resistentes aos nematoides. Porém, a técnica de enxertia requer mão de obra especializada, tornando o custo das mudas elevado (PAIVA et al., 2012).

A outra forma de controle genético seria a transferência de genes de resistência para cultivares comerciais plantadas. Entretanto, a resistência ou

tolerância a nematoides é bastante complexa. Uma das razões é o fato de que nesses organismos a reprodução sexuada e assexuada resulta em ampla variação morfológica e cromossômica entre espécimes da mesma espécie, dificultando a sua caracterização (MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2008), ainda com a possibilidade de aparecer patótipos e raças capazes de quebrar a resistência genética das plantas.

Para outras espécies do gênero *Meloidogyne*, como *M. paranaensis* e *M. incognita*, as fontes de resistência de maior interesse estão presentes em outras espécies de *Coffea*, como *Coffea canephora* (GONÇALVES et al., 1996; GONÇALVES; LIMA; FAZUOLI, 1988; LIMA; GONÇALVES; TRISTÃO, 1987), *C. congensis* (GONÇALVES; LIMA; FAZUOLI, 1988; LIMA; GONÇALVES; TRISTÃO, 1987) e *C. dewevrei*, devido tanto a resistência aos fitonematoides, como a um sistema radicular mais desenvolvido (GONÇALVES, 1999; SERA et al., 2005, 2006).

Todavia, a população pode ser reduzida e mantida em níveis baixos, em todas as técnicas mencionadas e também na interação entre as mesmas, principalmente a resistência genética (ITO et al., 2008).

2.4.1 Melhoramento visando Resistência Genética a fitonematoides

O melhoramento genético do cafeeiro no Brasil teve início a partir de 1930, quando foi criada a Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Os objetivos constituíam-se basicamente em selecionar cafeeiros de cultivares comerciais; introduzir e estudar novas cultivares e pesquisar sobre novos genótipos que ocorriam em plantações como consequência de hibridações e/ou mutações (CARVALHO; FAZUOLI, 1993).

Em seguida, novos programas foram criados em diversas instituições, com destaque para o convênio EPAMIG/UFLA/UFV e o MAPA/PROCAFÉ em

Minas Gerais, o programa do IAPAR, no Paraná e o INCAPER no Espírito Santo (MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2008). Segundo Carvalho (2008), essas instituições têm proporcionado grandes avanços no melhoramento genético e da atividade cafeeira no Brasil, e ainda possuem um grande potencial para desenvolvimentos futuros.

Atualmente, os programas de melhoramento genético do cafeeiro, além de almejar aumento de produtividade visam também melhorias em outras características agrônômicas como uniformidade de maturação, vigor, rusticidade, seleção de cultivares adaptadas em regiões distintas, resistência a pragas e doenças como à ferrugem e aos nematoides (AGWANDA et al., 2003; GONÇALVES, 1992).

No Brasil, existe uma grande quantidade de cultivares disponíveis para o produtor, entretanto as mais plantadas ainda são as cultivares do grupo Mundo Novo e do grupo Catuaí Vermelho e Amarelo, sendo todas suscetíveis às várias espécies de *Meloidogyne*, principalmente *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis* (GONÇALVES et al., 2004). Deste modo, a alta suscetibilidade e intolerância dessas cultivares constitui um fator limitante para a cafeicultura brasileira na atualidade. Com alta suscetibilidade dos cafeeiros brasileiros aos fitonematoides, tornou-se necessário encontrar fontes de resistência nos Bancos de Germoplasma de café (FERRAZ, 2008).

Vários trabalhos foram realizados com o objetivo de selecionar genótipos resistentes, os quais em sua grande maioria ocorreram sob condições controladas de casa de vegetação, como os de Boisseau et al. (2009), Kanayama et al. (2009) e Sera et al. (2006, 2007).

Estudando progênies de café com resistência aos nematoides *M. paranaensis* e raça 2 de *M. incognita* em casa de vegetação, Ito et al. (2008) avaliaram quatro progênies IPR 100 (Catuaí SH2, SH3), 11 progênies IPR 106 (Icatu) e a cultivar Mundo Novo 376-4 como padrão suscetível. Após as

avaliações, encontraram dez progênies da cultivar IPR 106 e quatro da cultivar IPR 100 com resistência a *M. paranaensis* e raça 2 de *M. incognita*.

Resultados semelhantes foram encontrados por Sera et al. (2007), que encontraram progênies de IPR 100 resistentes e superiores ao padrão suscetível Mundo Novo 376-4. Desta forma, os melhores materiais que se comportam como resistentes em *Coffea arabica* são aqueles que apresentam em seu material genético, genes da espécie *C. canephora*, a exemplo do Icatu e de materiais do cruzamento entre Icatu x Catuaí, bem como outras fontes em acessos de *C. arabica* oriundos da Etiópia, como a variedade Amphillo (MATA et al., 2000, 2002).

A variedade Amphillo possui grande potencial de resistência tanto ao *M. paranaensis* quanto à seca, uma vez que apresenta um sistema radicular desenvolvido. Gonçalves et al. (1996) observaram resistência parcial da variedade Amphillo à raça 2 de *M. incognita*, entretanto para *M. paranaensis* estes genótipos apresentaram um comportamento inicial promissor para resistência (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014).

Contudo, poucos trabalhos foram realizados em condições de campo para seleção de materiais de *Coffea sp.* (REZENDE et al., 2013). Os trabalhos de seleção realizados em campo, mesmo que demandem maior tempo, são necessários e de extrema importância para os programas de melhoramento genético, uma vez que os dados se tornam mais confiáveis sobre o desempenho de progênies de café (OLIVEIRA et al., 2011).

Carneiro (1995) avaliou 61 progênies de Icatu quanto a reação a *M. incognita* raça 2, em condições de campo. Todas as plantas da cultivar Mundo Novo, utilizada como testemunha, morreram em decorrência do parasitismo do nematoide. Já nas progênies de Icatu, não foi identificada resistência, entretanto algumas progênies apresentaram tolerância ao patógeno. O autor ainda menciona que os dados encontrados no experimento não foram suficientes para

recomendar o plantio comercial dos genótipos identificados como tolerantes, uma vez que a reação das progênies aos fitonematoides poderia mudar ao longo do tempo.

Mata et al. (2002) identificaram um genótipo de Catucaí (Iapar Vitrine 83) em uma propriedade onde apresentava uma área altamente infestada por *M. paranaensis*. Esse material pertencente à espécie *C. arabica* originou a cultivar IPR 100, a qual apresenta 100% de resistência a *M. paranaensis* e *M. incognita* raça 2.

Recentemente, Rezende et al. (2013) avaliaram 23 progênies resultantes do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catucaí. O experimento foi instalado em condição de campo, em área infestada de *M. exigua* fenótipo E1 (Rm 1,5), com população média de 324 juvenis de segundo estágio (J2). 100 cm⁻³. Foram selecionadas sete progênies resistentes que apresentaram alta produtividade e baixa população de *M. exigua* nas raízes, comportando-se como hospedeiras não eficientes para a multiplicação desse nematoide.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G.N. Plant diseases caused by nematodes. In: GEORGE, N.; AGRIOS, F.N. (Ed.). **Plant pathology**. 4thed. San Diego: Academic, 1997. p.565-597.
- AGUIAR, A. T. E. et al. Variação no teor de lipídios em grãos de variedades de *Coffea canephora*. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1251-1254, dez. 2005.
- AGWANDA, C. O. et al. Selection for bean and liquor qualities within related hybrids of *Arabica coffee* in multi local Field trials. **Euphytica**, Wageningen, v. 131, n. 1, p. 1-14, 1993.
- ALPIZAR, E.; ETIENE, H.; BERTRAND, B. Intermediate resistance to *Meloidogyne exigua* root-knot nematode in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, Guildford, v.26, n. 7, p. 903-910, July 2007.
- BARBOSA, D. H. S. G. et al. Field estimates of coffee yield losses and damage threshold by *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v.28, n. 1, p. 49-54, jun. 2004.
- BARKER, K.R. et al. Plant and soil nematodes: societal impact and focus for the future. **Journal of Nematology**, Lakeland, v.26, n. 2, p.127-137, June 1994.
- BOISSEAU, M. et al. Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.34, n. 1, p. 38-41, Jan./Feb. 2009.
- CAIXETA, G. Z. T.; TEIXEIRA, S. M. A globalização e o mercado do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n. 199, p.74-82, 1999.
- CAMARGO, A.P. de; PEREIRA, A.R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva: World Meteorological Organization, 1994. 43p. (CAgM Report, 58; WMO/TD, 615).
- CAMPOS, V. P.; LIMA, R. D. de. Nematóides parasitas do cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEERIO, 10., 1986, Poços de Caldas. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 379-389.

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**. Wallingford: CAB International, 2005. p. 529-579.

CARNEIRO, R. G. Reação de progênies de café Icatu a *Meloidogyne incognita* raça 2, em condição de campo. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v.19, n. 1, p.53-59, ago. 1995.

CARNEIRO, R. M. D. G. et al. Pathogenicity of *Meloidogyne spp.* (Tylenchida: Meloidogynidae) from Brazil and Central America on two genotypes of *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.33,n. 4, p. 309-312, jul./ago. 2008.

CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C. Café. In: FURLANI, A. M. C.; VIEGAS, G. A. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. v. 1, p. 29-76.

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

CASTRO, J. M. C.; CAMPOS, V.P. Ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiros na região Sul de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 89, 2004. Suplemento.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2014: primeira estimativa**. Brasília, 2014. 21 p.

DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2, p. 99-114, Mar. 2004.

DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte e tecnologia na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p.93-135.

DAVIS, A. P. et al. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 152, n. 4, p. 465-512, 2006.

FERRAZ, L. C. B. F. World reports of *Meloidogyne*: Brazil. In: SOUZA, R.M. (Ed.). **Plant parasitic nematodes of coffee**. New York: APS, 2008. p. 225-248.

GONÇALVES, W. Manejo de fitonematoides em cafeeiro no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 22., 2000, Uberlândia. **Proceedings...**Uberlândia: UFU, 2000. p. 42-43.

GONÇALVES, W. Melhoramento do cafeeiro visando resistência a nematoides. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS - GENÉTICA E MELHORAMENTO DO CAFEEIRO, 1., 1999, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1999. p. 82-91.

GONÇALVES, W. Melhoramento do cafeeiro visando resistência a nematoides. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 172, n. 16, p. 66-72, 1992.

GONÇALVES, W. et al. Manejo de nematóides na cultura do cafeeiro. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO-CAFÉ, 10., 2004, Mococa. **Anais...** Mococa: Instituto Biológico, 2004. p. 48-66.

GONÇALVES, W. et al. Reações de cafeeiros às raças 1,2 e 3 de *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 22, n. 2, p. 172-177, 1996.

GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A.; FAZUOLI, L. C. Resistência dos cafeeiros aos nematoides: III., avaliação da resistência de espécies de *Coffea* e de híbridos interespecífico a *Meloidogyne incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v.12, p.47-54, 1988.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. Nematoides parasitos do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologia de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 169-268.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B.; LIMA, M. M. A. Estratégias visando a implementação do manejo integrado dos nematoides parasitos do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 193, n. 19, p. 36-47, 1998.

ITO, D. S. et al. Progênies de café com resistência aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 156-163, jul./dez. 2008.

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

KANAYAMA, F. S. et al. Progênies de *Coffea arabica* cv. IPR 100 com resistência ao nematoide *Meloidogyne incognita* raça 1. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1321-1326, set./out. 2009.

KOBAYASHI, E. S. et al. Variação sazonal do potencial da água nas folhas de cafeeiro em Mococa, SP. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.421-428, 2008.

LIMA, M. M. A.; GOLÇALVES, 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 CAFEIEIRAS, 14., 1987, Campinas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1987. p. 887-888.

LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1973. 197p.

MARCUZZO, K. V. et al. Uso nematicidas no controle de *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne exigua*, no município de Indianópolis, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 260-261.

MATA, J. S. da et al. Resistência de genótipos de cafeeiro (*Coffea arabica*) de São Jorge do Patrocínio ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, v. 6, p. 34-36, 2002. Edição especial.

MATA, J. S. da et al. 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, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 515-518.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2010. 438 p.

MEDINA FILHO, H.P.M.; BORDIGNON, R. Desenvolvimento de novas cultivares de arábica. In: CARVALHO, C.H.S. de. (Ed.). **Cultivares de café: origens, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008.v.1, p. 79-101.

OLIVEIRA, A. C. B. et al. Prediction of genetic gains from selection in Arabica coffee progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 106-113, June 2011.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Estatísticas de comércio**. Disponível em: <<http://www.ico.org/>>. Acesso em: 6 maio 2014.

OSÓRIO, N. **Comunicação da OIC a cúpula da G-8 Gleneales**. Disponível em: <<http://www.ico.org/documents/ed1959p.pdf>>. Acesso em: 6 maio 2014.

PAIVA, R. F. et al. Comportamento de cultivares de cafeeiros *C. arabica* L. enxertados sobre cultivar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1155-1160, jul. 2012.

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

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação para a Pesquisa de Potassa e do Fósforo, 1986. p. 13-106.

REZENDE, R. M. et al. Resistência de progênies de *Coffea arabica* em área infestada por *Meloidogyne exigua*. **Nematropica**, Bradenton, v. 43, n. 2, p. 233-240, nov. 2013.

RICE, R. Coffee production in a time of crisis: social and environmental connections. **SAIS Review**, Washington, v. 23, n. 1, p. 221-245, 2003.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, ago. 2006.

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

SALGADO, S. M. L.; PEREIRA, T. B.; ABREU, F. A. **Cafeicultor: atenção com os nematóides que parasitam o cafeeiro.** Belo Horizonte: EPAMIG, 2008.2 p. (Circular Técnica, 37).

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. **Café arábica do plantio a colheita.** Lavras: EPAMIG, 2010. v.1, 794 p.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C.; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 94-101, June 2014.

SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. W. A world perspective on nematology the role of the society. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.). **Vistas on nematology.** Maryland: Society of Nematologists, 1987. p. 7-14.

SERA, G. H. et al. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 171-184, abr./jun. 2006.

SERA, G. H. et al. Progênies de *Coffea arabica* cv IPR-100 resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 43-49, abr. 2007.

SERA, T. et al. Seleção de cafeeiros resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações de "Icatu" (*Coffea arabica*). **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, 2005.1 CD-ROM.

SHEPHERD, R. L.; HUCK, M. G. Progression of root-knot nematode symptoms and infection on resistant and susceptible cotton. **Journal of Nematology**, College Park, v. 21, p. 235-241, 1989.

SILVA, V. A. et al. Sistemas intercalares com abacaxizeiro como alternativa de renda durante a formação de cafezais irrigados. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.10, p.1471-1479, out. 2012.

SOARES, A. R. et al. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.27, n. 1, p. 117-125, jan./mar. 2005.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. Estratégias múltiplas no manejo integrado de doenças do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 137-153, 2003. Suplemento.

CAPÍTULO 2 Características agronômicas de progênies de cafeeiro em área infestada por *Meloidogyne paranaensis*

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho caracterizar o desempenho agronômico de progênies de cafeeiro e a reação ao *M. paranaensis*. O experimento foi instalado na Fazenda Guaiçara em fevereiro de 2012, situada no Município de Piumhi-MG. Foram avaliadas 21 progênies, em geração F5, resultantes do cruzamento entre material do grupo Catuaí Vermelho X Amphillo MR e três cultivares comerciais utilizadas como testemunhas (Catuaí IAC 62, Mundo Novo 379-19 e IPR 100). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 96 parcelas, sendo cada parcela constituída por 8 plantas no espaçamento de 3,0 x 0,5 m. As características nematológicas referentes ao comportamento genético dos genótipos/progênies ao *M. paranaensis*, foram avaliadas na estação de seca (julho) e chuvosa (novembro) de 2014. A produtividade (sacas ha⁻¹), rendimento, porcentagem de frutos chochos (%), classificação do café por peneira (%) foram avaliados na safra de 2013/2014. Efetuou-se a análise de correlação de Pearson entre as variáveis PGR, NR, NA e Produtividade. Foi realizada a análise de variância e detectando diferenças significativas, as médias foram agrupadas pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Há possibilidade de avaliar as plantas de café baseando-se na caracterização sintomatológica do sistema radicular, para *screening* em experimentos de grandes volumes de materiais genéticos. As progênies MG 0179-1-R1-1051 e MG 0176-2-R2-943 apresentaram boas características agronômicas em área infestada por de *M. paranaensis*.

Palavras clave: Café. Amphillo MR. Nematóide das galhas. Melhoramento.

ABSTRACT

The objective of this research was to characterize the agronomic performance of coffee progenies and the reaction to *M. paranaensis*. The experiment was installed at the Guaiçara Farm located in the municipality of Piumhi, MG, Brazil, in February of 2012. We evaluated 21 progenies of the F5 generation originated from the cross between Catuaí Vermelho X Amphillo MR and three commercial cultivars used as witness (Catuaí IAC 62, Mundo Novo 379-19 and IPR 100). The experiment design used was randomized blocks design with four replicates, totalizing 96 plots, with each plot constituted of eight plants in the spacing of 3.0 x 0.5 m. The nematology traits regarding the genetic behavior of the genotypes/progenies to *M. paranaensis* were evaluated during the dry (July) and rainy seasons (November) of 2014. Productivity (bags ha⁻¹), yield, percentage of empty fruits, sieve grading percentage (%) were evaluated in the harvest season of 2013/2014. We performed the Pearson correlation analysis between variables PGR, NR, NA and productivity. We also performed analysis of variance, detecting significant differences, and the mean were grouped by the Scott-Knott test at 5% probability. There is the possibility of evaluating the coffee plants based on the symptomatic characterization of the root system for screening experiments with large volumes of genetic material. Progenies MG 0179-1-R1-1051 and MG0176-2-R2-943 presented good agronomic traits in areas infected with *M. paranaensis*.

Keywords: Coffee. Amphillo MR. Root-knot nematode. Breeding.

1 INTRODUÇÃO

Nematoides do gênero *Meloidogyne* destacam-se como fator limitante para regiões produtoras de café (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014). Estima-se que a ocorrência destes microrganismos possa reduzir em até 15% da produção mundial e 20% da produção brasileira (ITO et al., 2008).

No Brasil, as principais espécies prejudiciais ao cafeeiro são *Meloidogyne exigua* Göldi 1887, *M. incognita* (KOFOID & WHITE) Chitwood 1949 e *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos & Almeida 1996 (CAMPOS; VILLAIN, 2005). O *M. paranaensis* se destaca das demais espécies pela sua agressividade e forte dano ao sistema radicular do cafeeiro, com elevado grau de depauperamento das plantas (CARNEIRO et al., 2008). As raízes parasitadas por *M. paranaensis* apresentam descascamento e rachaduras, com alguns pontos de engrossamento que se mostram lesões do tipo “cancro” e descorticação (CASTRO et al., 2008).

A principal estratégia de manejo é a prevenção, ou seja, evitar a entrada e disseminação do nematoide na área por meio de mudas infestadas, solo infestado aderido às máquinas e implementos, além da água, principalmente de enxurradas provenientes de talhões ou áreas já infestadas (SALGADO; REZENDE, 2010).

O manejo cultural, biológico e químico tem sido utilizado como estratégia para redução da população de nematoides (GOLÇALVES et al., 1996). Entretanto, todas essas estratégias apresentam baixa eficiência quando comparadas ao controle genético, que se tem mostrado mais eficiente e viável economicamente (ITO et al., 2008; TOMAZINI et al., 2005).

As fontes de resistência de maior interesse estão presentes em algumas espécies do gênero *Coffea*, como *Coffea canephora* (GONÇALVES et al., 1996; RIBEIRO et al., 2005), *C. congensis* (SERA et al., 2005, 2007) e *C. dewevrei*

(KANAYAMA et al., 2009; SERA et al., 2005, 2006). O germoplasma Amphillo possui grande potencial para resistência a *M. paranaensis*. Gonçalves et al. (1996) observaram resistência parcial da variedade Amphillo à raça 2 de *M. exigua*. Para *M. paranaensis* estes genótipos apresentaram um comportamento vegetativo inicial em área infestada (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014).

Os estudos sobre o comportamento de genótipos de cafeeiro a *Meloidogyne* spp. em sua grande maioria têm sido conduzidos sob condições de casa de vegetação. Entretanto, poucos trabalhos foram realizados em condições de campo para seleção de materiais *Coffea* sp. (REZENDE et al., 2013). Os trabalhos de seleção realizados em campo, mesmo que demandem maior tempo, são necessários e de extrema importância para os programas de melhoramento genético, uma vez que os dados se tornam mais confiáveis sobre o desempenho de progênies de café (OLIVEIRA et al., 2011).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho caracterizar o desempenho agrônômico de progênies de cafeeiro e a reação ao *M. paranaensis*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Guaiçara em fevereiro de 2012, situada no Município de Piumhi, Estado de Minas Gerais, Brasil, a uma altitude de 812 m, latitude 20° 25' 28,7" S e longitude 46° 1' 10,5" W. A temperatura média anual é 20,7°C, com precipitação média anual de 1426,3 mm. O solo foi caracterizado com textura argilosa e relevo plano. A área experimental selecionada apresenta infestação de *Meloidogyne paranaensis*, espécie identificada por meio da técnica de eletroforese (CARNEIRO; ALMEIDA, 2001) com população média de 250 juvenis de segundo estágio (J2). 100cm⁻³ de solo.

Foram avaliadas 21 progênies em geração F5 (Tabela 1), sendo 18 progênies resultantes do cruzamento entre cafeeiros do grupo Catuaí Vermelho X Amphillo MR, dois progênies resultantes do cruzamento entre Amphillo MR X Híbrido Natural, um progênie resultante do cruzamento de cafeeiros do grupo Catuaí Vermelho X Híbrido de Timor e três cultivares comerciais, sendo Catuaí IAC 62 e Mundo Novo IAC 379/19 utilizadas como testemunhas suscetíveis, e a cultivar IPR 100, utilizada como padrão de resistência.

Tabela 1 Relação e genealogia das progênies em geração F₅ avaliadas no município de Piumhi- MG, em área naturalmente infestada por *Meloidogyne paranaensis*

Nº	Progênies	Origem
1	MG 0185-2-R2-847	C. V. X Amphillo MR 2-474
2	MG 0179-1-R1-776	C. V. X Amphillo MR 2-161
3	MG 0185-2-R2-849	C. V. X Amphillo MR 2-474
4	MG 0185-2-R2-138	C. V. X Amphillo MR 2-474
5	MG 0179-3-R1-151	C. V. X Amphillo MR 2-161
6	MG 0185-2-R2-1182	C. V. X Amphillo MR 2-474
7	MG 0179-1-R1-91	C. V. X Amphillo MR 2-161
8	MG 0185-2-R2-850	C. V. X Amphillo MR 2-474
9	MG 0179-1-R1-90	C. V. X Amphillo MR 2-161
10	MG 0185-2-R2-132	C. V. X Amphillo MR 2-474
11	MG 0176-2-R2-1232	Amphillo MR X H. N. MR 36/349
12	MG 0185-2-R2-139	C. V. X Amphillo MR 2-474
13	MG 0179-1-R1-1052	C. V. X Amphillo MR 2-161
14	MG 0179-1-R1-89	C. V. X Amphillo MR 2-161
15	MG 0179-1-R1-1004	C. V. X Amphillo MR 2-161
16	MG 0185-2-R2-137	C. V. X Amphillo MR 2-474
17	MG 0185-2-R2-1176	C. V. X Amphillo MR 2-474
18	MG 0179-1-R1-775	C. V. X Amphillo MR 2-161
19	MG 0179-1-R1-1051	C. V. X Amphillo MR 2-161
20	MG 0294-1-R1-342	C. V. X Híbrido Timor UFV 408-01
21	MG 0176-2-R2-943	Amphillo X H. N. MR 36/349
22	Mundo Novo IAC 379/19*	-
23	Catuaí Amarelo IAC 62*	-
24	IPR 100*	-

*: Cultivares utilizadas como testemunhas. C.V.: Catuaí Vermelho; H. N: Híbrido Natural; H. T.: Híbrido de Timor.

As progênies utilizadas foram selecionadas no programa de melhoramento genético do cafeeiro conduzido em Minas Gerais, coordenado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 96 parcelas de oito plantas. O espaçamento utilizado foi

de 3,0 x 0,5 m, correspondendo a uma área total de 1152 m². A implantação e a condução das plantas seguiram as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro na região. O controle químico do nematoide na área não foi realizado, visando à identificação e seleção de progênies resistentes a este patógeno.

2.1 Descrição dos materiais genéticos selecionados para avaliação(informações segundo dados de registro da EPAMIG/UFV)

MG 0185-2 R2 (CV x Amphillo MR 2-474): Sementes da planta 2 selecionada na repetição 2 do BAG da Epamig. Material originado de cruzamento de Catuaí Vermelho com Amphillo, introduzido do IBC de Maringá - PR, MR2474, na UFV em 1978.

MG 0179-1 R1 (CV x Amphillo MR 2-161) e MG 0179-3 R1 (CV x Amphillo MR 2-161): São sementes das plantas 1 e 3 selecionadas na repetição 1 do BAG da Epamig. São originadas de cruzamento de Catuaí Vermelho com Amphillo, introduzido do IBC de Maringá - PR, MR2161, na UFV em 1978. Amphillo é material originado da Etiópia.

MG 0294-1 R1 (HT UFV 408-01): Híbrido de Timor, planta 1 selecionada na repetição 1 da introdução MG0294 do Banco Ativo de Germoplasma de Café da Epamig. Originou-se de sementes da introdução UFV 408 - 28 CAS (Campo de Adaptação e Seleção), que foi oriunda da introdução CIFC 1590. A descendência da planta 28 da introdução UFV 408 é relatada como resistente ao *M. paranaensis*. A planta 1 é irmã da planta 28.

IPR 100: cultivar comercial derivada do germoplasma de Catuaí SH2, SH3 (IAPAR Vit. 83), com plantas resistentes a *M. paranaensis*.

Catuai Amarelo IAC 62: cultivar comercial oriunda do cruzamento de Mundo Novo com Caturra Amarelo. Cruzamento realizado em 1949, teve suas progênies exploradas em plantios comerciais a partir de F4.

Mundo Novo IAC 379-19: cultivar comercial oriunda de cruzamento natural, na década de 1940, entre Sumatra e Bourbon Vermelho. Seleção de progênies realizada pelo IAC (Instituto Agronômico de Campinas).

A numeração que se segue após a identificação do cruzamento de origem, se refere à planta selecionada no experimento conduzido por de Sá (2013).

2.2 Características avaliadas

O aspecto da parte aérea das plantas foi caracterizado nos meses de abril e novembro de 2014, a partir da escala de notas proposta por Carneiro (1995). Os materiais que receberam nota 0, apresentavam plantas extremamente depauperadas ou mortas, ao passo que aqueles que receberam nota 5, as plantas apresentavam excelente vigor vegetativo. As raízes foram coletadas logo após a primeira colheita, no mês de julho (período seco) e no mês de novembro (período chuvoso). As amostras de aproximadamente 20 gramas de raízes foram retiradas na rizosfera das plantas, e em seguida essas amostras foram submetidas à avaliação visual seguindo a escala de notas proposta por Carneiro (1995), na qual as raízes que receberam nota 0, exibiam ausência de sintomas, ao passo que aquelas que receberam nota 5 exibiam sintomas severos de infestação pelo patógeno.

Após a avaliação visual, as raízes foram submetidas à extração empregando-se a técnica de Hussey e Barker (1973) e a população de *M.*

paranaensis por grama de raízes foi quantificada em câmara de contagem sob microscópio de objetiva invertida.

Ainda no mês de julho de 2014, para a confirmação da presença de *M. paranaensis*, foram coletadas amostras de solo na rizosfera dos cafeeiros dentro de cada parcela experimental, para instalação do bioteste com plantas de tomateiro (bioindicadoras). Em casa de vegetação, as amostras de solo foram distribuídas em copos de 200 mL de capacidade, onde foram plantadas mudas de tomateiro cultivar Santa Clara para o teste de indicador biológico da população de *M. paranaensis*. A avaliação do bioteste foi realizada por meio da quantificação da população de *M. paranaensis* nas raízes dos tomateiros aos 50 dias do plantio.

A produção foi medida pelo volume de frutos de café, imediatamente após a colheita. Posteriormente, foi realizada a conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare, por meio do rendimento de uma amostra de quatro litros de café, coletada por ocasião da colheita, conforme proposto por Moraes (2013).

A porcentagem de frutos chochos (%) foi avaliada utilizando-se a metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1954), em que 100 frutos maduros são colocados em água e se consideram chochos aqueles que permanecem na superfície.

Para a classificação dos grãos, passou-se uma amostra de 300 gramas por um conjunto de peneiras intercaladas (16/64 a 19/64). A massa dos grãos retidos em cada peneira foi quantificada e transformada em porcentagem (BRASIL, 2003).

A partir dos dados da população por grama de raiz (PGR), notas do aspecto da parte aérea (NA) e raiz (NR) e produtividade de cada parcela, efetuou-se a análise de correlação de Pearson, com significância, a 1% de

probabilidade, pelo teste t, utilizando-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

Para a análise de variância da produtividade (sacas de café beneficiado ha^{-1}) e das características agronômicas, adotou-se significância de 1% de probabilidade para o teste F. Detectando-se diferenças significativas, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram feitas utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

Com relação às variáveis nematológicas (PGR, NA, NR e PGRB), utilizou-se a transformação de dados ($\sqrt{X + 1}$). Posteriormente as mesmas foram submetidas à análise de variância no esquema de parcelas subdividas no tempo (STEEL; TORRIE, 1980), sendo as parcelas representadas pelas progênies e, as subparcelas, pelas épocas de avaliação. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SISVAR, desenvolvido por Ferreira (2008). Foi verificada a significância, a 1% de probabilidade, pelo teste F e, detectando-se diferenças entre os tratamentos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de correlação de Pearson determinado para as características nematológicas e de produtividade, mostrou que a produtividade de café foi positivamente correlacionada com escala de notas do aspecto da parte aérea ($r= 0,4$), evidenciando que o aspecto vegetativo das plantas interferiu positivamente na produtividade do cafeeiro (Tabela 2). Os resultados encontrados corroboram com Teixeira et al. (2012), que ao analisarem os efeitos diretos e indiretos de alguns caracteres morfológicos sobre a produtividade de cafeeiros, constataram que o vigor vegetativo é um bom critério para avaliação do potencial produtivo de cafeeiros. De acordo com Rezende et al. (2013), em experimentos agrícolas, é de extrema importância verificar se existem relações entre duas ou mais variáveis.

Tabela 2 Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis população de *M. paranaensis* por grama de raiz (PGR), notas do aspecto da parte aérea (NA) e raiz (NR) e produtividade (Prod.) em sacas.ha⁻¹, avaliadas em área naturalmente infestada por *M. paranaensis* no município de Piumhi – MG

	NA ⁽¹⁾	PGR ⁽¹⁾	NR ⁽¹⁾	NA ⁽²⁾	PGR ⁽²⁾	NR ⁽²⁾
PGR ⁽¹⁾	-0,13					
NR ⁽¹⁾	-0,01	0,58**				
NA ⁽²⁾	0,04	-0,11	0,02			
PGR ⁽²⁾	-0,08	0,71**	0,54**	-0,2		
NR ⁽²⁾	-0,08	0,55**	0,49**	-0,15	0,64**	
Prod.	0,40**	-0,10	-0,11	0,18	0,00	-0,13

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

⁽¹⁾ Primeira época de avaliação (Julho de 2014);

⁽²⁾ Segunda época de avaliação (Novembro de 2014);

Verifica-se correlação significativa e positiva entre as variáveis população por grama de raiz (PGR) e a caracterização (escala de notas) do sistema radicular (NR) frente à reação dos genótipos ao parasitismo de nematoides, nas duas épocas de avaliação (Tabela 2). Esse resultado valida a aplicação da tabela de classificação proposta por Carneiro (1995) e indica a possibilidade de avaliar as plantas de café baseando-se na caracterização sintomatológica do sistema radicular para *screening* em experimentos de grandes volumes de materiais genéticos.

Estimativas de correlações positivas entre caracteres morfológicos e produtividade, em cafeeiro, têm sido encontradas em diversos trabalhos (CARVALHO et al., 2010; MARTINEZ et al., 2007). Foram detectadas diferenças significativas para todas as características (Tabelas 3 e 4), indicando desempenho distinto das progênies nas condições deste ensaio. O bioteste, realizado aos 30 meses após o plantio, indicou diferença estatística da população (ovos + juvenil do segundo estágio-J2) de *M. paranaensis* por grama de raízes de tomateiros cultivados em solo retirados da rizosfera das progênies no campo (Tabela 3). Essa diferença da população do patógeno indica que os cafeeiros permitiram ou não a multiplicação destes em suas raízes durante o desenvolvimento das plantas no campo, fato esse verificado no solo coletado da cultivar resistente (IPR 100) que apresentou ausência de nematoides nas raízes do tomateiro (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Salgado, Rezende e Antunes (2014), os quais verificaram redução da população de *M. paranaensis* no solo cultivado com IPR 100.

A população de nematoides por grama de raiz nos cafeeiros (PGR) apresentou interação significativa entre os materiais genéticos e as épocas de avaliação (Tabela 3). O nível populacional de *M. paranaensis* nas raízes dos cafeeiros da progênie MG 0294-1-R1342 e das testemunhas suscetíveis (Mundo Novo e Catuaí) foi maior na época das secas (julho). Esse resultado confirma a

maior população desse nematoide nas raízes de tomateiro (PGRB), crescidas em solo retirado das parcelas dessa progênie e das testemunhas no campo (Tabela 3). Para a espécie *M. exigua*, Rezende et al. (2013) detectaram que os níveis populacionais nas raízes dos cafeeiros e o comportamento das progênies mantiveram-se constantes na estação chuvosa e seca. Entretanto, Souza, Volpato e Viana (2008) encontraram um aumento populacional de *M. exigua* nas raízes na estação seca e uma redução na estação chuvosa, fato semelhante ocorrido com *M. paranaensis* neste trabalho.

Ao analisar os genótipos no primeiro mês de avaliação (julho), percebe-se que houve diferença entre os materiais estudados, em que vinte progênies apresentaram população semelhante estaticamente à cultivar IPR 100. Vale ressaltar que dentre as progênies, somente a MG 0294-1-R1-342 apresentou uma elevada população por grama de raiz (651,63 pop.g-1).

Na segunda avaliação (novembro) da população de *M. paranaensis*, não foi detectada diferença significativa entre os materiais estudados (Tabela 4). Souza, Volpato e Viana (2008) também encontraram considerável redução na densidade de nematoides durante o período chuvoso, sugerindo que o aumento da densidade de nematoides nas raízes durante os meses secos está, possivelmente, relacionado com a redução do sistema radicular, quando comparado ao período chuvoso.

Tabela 3 População (ovos+juvenis do segundo estágio- J2) *Meloidogyne paranaensis* por grama de raiz de tomateiro bioindicador (PGRB) e de cafeeiro (PGR) com respectivo desdobramento da interação das progênes em cada época. Piumhi-MG.

Progênes	PGRB**	PGR / Mês	
		Julho	Novembro
MG 0185-2-R2-847	266,66 b	165,44 aA	17,01 aA
MG 0179-1-R1-776	0,92 a	25,38 aA	13,80 aA
MG 0185-2-R2-849	1,12 a	2,14 aA	14,77 aA
MG 0185-2-R2-138	15,12 a	106,70 aA	8,13 aA
MG 0179-3-R1-151	2,37 a	152,85 aA	11,07 aA
MG 0185-2-R2-1182	1,93 a	6,83 aA	1,33 aA
MG 0179-1-R1-91	91,23 a	222,46 aA	15,51 aA
MG 0185-2-R2-850	4,18 a	181,07 aA	4,45 aA
MG 0179-1-R1-90	0,23 a	20,65 aA	5,45 aA
MG 0185-2-R2-132	131,55 b	129,17 aA	8,13 aA
MG 0176-2-R2-1232	71,18 a	197,31 aA	32,48 aA
MG 0185-2-R2-139	35,92 a	56,87 aA	6,42 aA
MG 0179-1-R1-1052	62,80 a	363,67 aA	26,98 aA
MG 0179-1-R1-89	2,46 a	2,13 aA	2,03 aA
MG 0179-1-R1-1004	17,51 a	193,78 aA	22,09 aA
MG 0185-2-R2-137	187,92 b	116,80 aA	31,31 aA
MG 0185-2-R2-1176	278,94 b	343,45 aA	54,99 aA
MG 0179-1-R1-775	2,25 a	100,62 aA	4,00 aA
MG 0179-1-R1-1051	2,37 a	4,74 aA	13,24 aA
MG 0294-1-R1-342	304,89 b	651,63 bB	53,33 aA
MG 0176-2-R2-943	5,09 a	78,30 aA	28,84 aA
Mundo Novo IAC 379/19*	169,71 b	1093,99 cB	90,93 aA
Catuaí Amarelo IAC 62*	155,90 b	1411,06 cB	79,67 aA
IPR 100*	0,00 a	55,80 aA	4,85 aA

** : Bioteste; * : Cultivares utilizadas como testemunhas. Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As produtividades apresentadas variaram de 22,53 sc ha⁻¹ (MG 0185-2-R2-139) a 71,02 sc ha⁻¹ (IPR 100), e aproximadamente 40% das progênes apresentaram desempenho superior à média geral (Tabela 4). Assim como Salgado, Rezende e Antunes (2014), verifica-se no presente trabalho a elevada capacidade produtiva da cultivar IPR 100 na região de Piumhi - MG. O fato das progênes apresentarem produtividades médias satisfatórias, nas condições experimentais, indica possível resistência/tolerância a essa espécie de nematoide. Neste contexto, ao se comparar a produtividade das progênes MG 0179-1-R1-775, MG 0179-1-R1-1051 e MG 0176-2-R2-943 em relação às duas testemunhas suscetíveis (Mundo Novo 379-19 e Catuaí Amarelo IAC 62), observa-se que as progênes apresentaram produtividade 32% superior às cultivares testemunhas.

Diferenças significativas não foram detectadas entre as épocas de avaliação das notas do aspecto do sistema radicular e de parte aérea dos genótipos de cafeeiros estudados. No que se refere às notas de caracterização da parte aérea das plantas (Tabela 4) frente à ação dos nematoides e à produtividade, 14 progênes apresentaram notas semelhantes à cultivar IPR 100, e superiores à cultivar Mundo Novo 379/19, que segundo Botelho et al. (2010b), apresenta médio a alto vigor vegetativo. Para as notas de caracterização do sistema radicular, 16 progênes apresentaram poucas raízes finas parasitadas ou ausência de sintomas de *M. paranaensis*. Segundo a escala de notas proposta por Carneiro (1995), esses materiais são considerados como resistentes, pois aliaram uma baixa população de *M. paranaensis* por grama de raiz com bom aspecto vegetativo e boa produtividade.

Tabela 4 Produtividade média (Prod.) (sacas/ha), valores médios de notas da caracterização da parte aérea (NA) e de raízes (NR) de genótipos/progênes de cafeeiro em área infestada por *Meloidogyne paranaensis*. Adaptado de Carneiro (1995). Piumhi-MG.

Progênes	Prod.	NA	NR
MG 0185-2-R2-847	34,95 c	2,53 b	1,62 a
MG 0179-1-R1-776	37,25 c	2,08 b	1,25 a
MG 0185-2-R2-849	38,33 c	2,91 a	1,37 a
MG 0185-2-R2-138	35,16 c	3,11 a	1,37 a
MG 0179-3-R1-151	41,15 c	3,16 a	2,00 b
MG 0185-2-R2-1182	38,84 c	2,73 a	1,00 a
MG 0179-1-R1-91	42,71 c	2,44 b	1,50 a
MG 0185-2-R2-850	37,25 c	2,64 a	2,12 b
MG 0179-1-R1-90	33,18 d	3,08 a	0,62 a
MG 0185-2-R2-132	40,57 c	2,81 a	1,25 a
MG 0176-2-R2-1232	42,97 c	2,11 b	1,37 a
MG 0185-2-R2-139	22,53 d	2,02 b	0,75 a
MG 0179-1-R1-1052	32,85 d	2,08 b	2,50 b
MG 0179-1-R1-89	28,87 d	1,48 b	0,87 a
MG 0179-1-R1-1004	28,37 d	2,60 a	1,37 a
MG 0185-2-R2-137	31,38 d	2,79 a	2,50 b
MG 0185-2-R2-1176	26,00 d	3,36 a	2,12 b
MG 0179-1-R1-775	50,40 b	2,88 a	0,75 a
MG 0179-1-R1-1051	54,99 b	2,56 a	1,00 a
MG 0294-1-R1-342	32,42 d	2,42 b	1,75 a
MG 0176-2-R2-943	48,48 b	3,06 a	1,62 a
Mundo Novo IAC 379/19*	40,87 c	2,27 b	3,12 c
Catuai Amarelo IAC 62*	37,01 c	2,57 a	4,12 c
IPR 100*	72,01 a	3,77 a	0,62 a
Média	38,68	2,65	1,60
CV(%)	28,6	13,96	18,81

*: Cultivares utilizadas como testemunhas. Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para a característica rendimento, verificou-se a formação de dois grupos (Tabela 5). No grupo com os melhores rendimentos, foi detectada variação de 463,99 a 566,95 litros de café da roça para cada saca de 60 kg de café

beneficiado. Neste grupo, quinze progênies e as três testemunhas estudadas apresentaram rendimentos semelhantes estatisticamente, o que demonstra o potencial dessas progênies para essa característica. Segundo Carvalho et al. (2013) e Paiva et al. (2010), esse fator deve ser levado em consideração como um adicional na seleção de cafeeiros, uma vez que essa característica é influenciada por fatores ambientais.

Para porcentagem de frutos chochos, nota-se ampla variabilidade fenotípica das progênies, com formação de quatro grupos distintos (Tabela 5). As progênies MG 0176-2-R2-943 e MG 0185-2-R2-1176 apresentaram maior porcentagem de frutos granados, com porcentagem de 95,5 e 97% respectivamente. Estes valores estão dentro da faixa ideal para essa característica, pois em programas de melhoramento genético do cafeeiro, admitem-se como satisfatórios os valores superiores a 90% (CARVALHO et al., 2006). Durante o ano agrícola 2013/2014, houve uma redução de aproximadamente 500 mm na precipitação em relação à média histórica (1.426 mm), o que provavelmente influenciou de maneira negativa o desempenho das demais progênies para essa característica. Nesse contexto, pode-se ressaltar a capacidade das progênies MG 0176-2-R2-943 e MG 0185-2-R2-1176 em suportar o déficit hídrico.

Tabela 5 Rendimento (Rend.) (litros de café da roça por saca de 60 Kg de café beneficiado por hectare), percentagem de frutos chochos (Chocho) e percentagem de grãos com peneira 16 e acima (Peneira) avaliadas na safra 2013/2014 no município de Piumhi– MG

Progênie	Rend.	Chocho	Peneira
MG 0185-2-R2-847	592,45 b	12,75 b	51,00 b
MG 0179-1-R1-776	552,86 a	24,00 d	66,50 a
MG 0185-2-R2-849	547,71 a	10,25 b	61,00 a
MG 0185-2-R2-138	547,58 a	16,75 c	48,50 b
MG 0179-3-R1-151	691,78 b	22,75 d	60,00 a
MG 0185-2-R2-1182	545,65 a	25,25 d	49,00 b
MG 0179-1-R1-91	509,56 a	21,00 d	62,50 a
MG 0185-2-R2-850	527,47 a	14,00 b	49,50 b
MG 0179-1-R1-90	526,37 a	17,50 c	64,00 a
MG 0185-2-R2-132	593,93 b	10,00 b	48,00 b
MG 0176-2-R2-1232	566,95 a	17,50 c	61,50 a
MG 0185-2-R2-139	603,20 b	11,25 b	47,00 b
MG 0179-1-R1-1052	474,48 a	11,50 b	48,25 b
MG 0179-1-R1-89	534,85 a	11,50 b	60,50 a
MG 0179-1-R1-1004	547,18 a	14,75 c	51,50 b
MG 0185-2-R2-137	591,67 b	17,25 c	51,00 b
MG 0185-2-R2-1176	543,63 a	3,00 a	61,00 a
MG 0179-1-R1-775	573,03 a	20,50 d	53,00 b
MG 0179-1-R1-1051	551,11 a	15,50 c	53,50 b
MG 0294-1-R1342	606,34 b	15,75 c	52,50 b
MG 0176-2-R2-943	535,62 a	4,50 a	57,00 b
Mundo Novo IAC 379/19*	484,01 a	8,00 b	67,50 a
Catuaí Amarelo IAC 62*	559,26 a	22,25 d	61,00 a
IPR 100*	463,99 a	9,00 b	59,50 a
Média	552,94	14,85	56,03
CV(%)	10,62	25,32	15,77

*: Cultivares utilizadas como testemunhas. Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A classificação por peneiras é indicada por ser uma característica relacionada aos padrões de qualidade do produto (BOTELHO et al., 2010a). Com relação aos grãos retidos na peneira 16 e acima, observa-se a formação de

dois grupos. No grupo superior, estão inseridas oito progênies e as três testemunhas estudadas (Tabela 5), com uma amplitude de variação de 57,00% a 67,50%. Os valores encontrados são normais e semelhantes aos encontrados por outros autores, que observaram porcentagem de grãos peneira 16 e acima variando de 51,0% a 68,7% (CARVALHO et al., 2012; REZENDE et al., 2014).

4 CONCLUSÕES

- a) As progênies MG 0179-1-R1-1051 e MG 0176-2-R2-943 apresentaram boas características agronômicas em área infestada por *M. paranaensis*.
- b) As progênies MG 0179-1-R1-1051 e MG 0176-2-R2-943 apresentam potencial para resistência ao *M. paranaensis*.

REFERÊNCIAS

ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro: ocorrência de lojas vazias em frutos de café "Mundo Novo". **Bragantia**, Campinas, v. 13, p. 165-179, 1954.

BOTELHO, C. E. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12, p.1404-1411, dez. 2010a.

BOTELHO, C. E. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n.3, p. 274-281, 2010b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8**, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/media/NMQ_LEGISLAcao_IN8.pdf>. Acessado em 13/01/2014>. Acesso em: 10 nov. 2014.

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**. Wallingford: CAB International, 2005. p. 529-579.

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

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 35-44, 2001.

CARNEIRO, R. M. D. G. et al. Pathogenicity of *Meloidogyne spp.* (Tylenchida: Meloidogynidae) from Brazil and Central America on two genotypes of *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 309-312, jul./ago. 2008.

CARVALHO, A. M. de et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.

CARVALHO, A. M. de et al. Desempenho agrônômico de cultivares de café resistentes à ferrugem no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n.4, p. 481-487, 2012.

CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F4 de cafeeiros arábica, antes e após a poda tipo esqueletamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 33-42, jan./mar. 2013.

CARVALHO, G. R. et al. Seleção de progênies oriundas do cruzamento entre “Catuai” e “Mundo Novo” em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 583-590, 2006.

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

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

GONÇALVES, W. et al. Reações de cafeeiros às raças 1,2 e 3 de *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 22, n. 2, p. 172-177, 1996.

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

ITO, D. S. et al. Progênies de café com resistência aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 156-163, jul./dez. 2008.

KANAYAMA, F. S. et al. Progênies de *Coffea arabica* cv. IPR 100 com resistência ao nematoide *Meloidogyne incognita* raça 1. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1321-1326, set./out. 2009.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n. 4, p.481-489, abr. 2007.

MORAES, B. F. X. **Tamanho de parcela e de amostra na avaliação da produtividade de grãos de café arábica**. 2013. 98 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

OLIVEIRA, A. C. B. et al. Prediction of genetic gains from selection in Arabica coffee progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 106-113, June 2011.

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

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <<http://www.R-project>>. Acesso em: 6 jan. 2015.

REZENDE, R. M. et al. Agronomic traits of coffee tree progenies from Timor Hybrid x Catuaí crossing. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p. 775-780, 2014.

REZENDE, R. M. et al. Resistência de progênies de *Coffea arabica* em área infestada por *Meloidogyne exigua*. **Nematropica**, Piracicaba, v. 43, n. 2, p. 233-240, nov. 2013.

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

SÁ, L. A. de. **Seleção de cafeeiros em área infestada por *Meloidogyne paranaensis***. 2013. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. **Café arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, 794 p.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C.; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 94-101, June 2014.

SERA, G. H. et al. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 171-184, abr./jun. 2006.

SERA, G. H. et al. Progênies de *Coffea arabica* cv IPR-100 resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 43-49, 2007.

SERA, T. et al. Seleção de cafeeiros resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações de "Icatu" (*Coffea arabica*). **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, 2005. 1 CD-ROM.

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

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

TEIXEIRA, A. L. et al. Seleção precoce para produção de grãos em café arábica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.8, p.1110-1117, ago. 2012.

TOMAZINI, M. D. et al. Resistência de genótipos de cafeeiros a *Pratylenchus coffeae* e *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 193-198, 2005.

CAPÍTULO 3 Respostas fisiológicas de progênies de cafeeiro sob condições de déficit hídrico e parasitismo de *Meloidogyne paranaensis*

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho caracterizar o efeito do déficit hídrico em mudas de cafeeiro parasitadas e não parasitadas por *M. paranaensis* e analisar o efeito desse nematoide na formação de raízes de diferentes genótipos. O experimento foi instalado em maio de 2014, em casa de vegetação, na Estação Experimental da EPAMIG, situada no Município de Lavras-MG, sendo as avaliações realizadas no mês de outubro. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (4 x 2 x 2), com 4 repetições, sendo: quatro materiais genéticos (Catuaí IAC 62, IAPAR IPR 100 e duas progênies oriundas do cruzamento do Grupo Catuaí Vermelho com germoplasma Amphillo em dois níveis de irrigação (irrigado e não irrigado) plantados na presença ou ausência de nematoides. A inoculação de *M. paranaensis* foi realizada no mês de maio de 2014, quando as plantas se encontravam com três a quatro pares de folhas. Inocularam-se 10.000 ovos divididos em quatro quadrantes ao redor de cada planta. Após seis meses de inoculação, metade das plantas foi submetida ao déficit hídrico por meio da suspensão da irrigação, até que as folhas atingissem o potencial hídrico de antemã de -4,0 MPa. Foram medidas: taxa fotossintética líquida, condutância estomática e transpiração. A eficiência de carboxilação e a eficiência instantânea do uso da água foram obtidas pelas relações Ci/Ca ou A/Ci respectivamente. Os parâmetros de fluorescência da clorofila foram determinados com o fluorímetro portátil de luz modulada MINI-PAM (Walz, Effeltrich, Germany). O crescimento vegetativo das plantas também foi medido, através das seguintes avaliações: altura (m) diâmetro de caule (mm), número de ramos plagiotrópicos e comprimentos de ramos plagiotrópicos (cm), volume (mm³) das raízes e área (mm²) de raízes. A população de *M. paranaensis* por grama de raiz, a nota do aspecto sintomatológico das raízes e o fator de reprodução foram estimados em laboratório. As progênies MG 0179-3-R1-151 e MG 0179-1-R1-776 apresentam resistência ao *Meloidogyne paranaensis*. A morfologia do sistema radicular da progênie MG 0179-3-R1-151 auxilia no mecanismo de resistência ao *M. paranaensis*. A progênie MG 0179-3-R1-151 quando inoculada com *M. paranaensis* e sob déficit hídrico apresentou uma maior eficiência da dissipação de energia e manutenção de trocas gasosas.

Palavras-chave: Cafeeiro. Déficit hídrico. *Meloidogyne paranaensis*. Ecofisiologia.

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the effect of water deficit in coffee seedlings parasitized or not by *M. paranaensis* and analyze the effect of this nematode in the formation of roots of different genotypes. The experiment was installed in May of 2014, in a greenhouse, at the EPAMIG Experimental Facility, located in the municipality of Lavras, MG, Brazil, with the evaluations conducted in the month of October. We used a randomized blocks design, in a factorial scheme (4 x 2 x 2), with four replicates, being four genetic materials (Catuaí IAC 62, IAPAR IPR 100) and two progenies originated from the cross between Red Catuaí Group with Amphillo germplasm, in two irrigation levels (with and without irrigation) planted in the presence or absence of nematodes. The inoculation of *M. paranaensis* was performed in May of 2014, when the plants had reached 3-4 leaf pairs. We inoculated 10,000 eggs, divided into four quadrants around each plant. After six months of inoculation, half of the plants was subjected to water deficit by suspending irrigation until the leaves reach the predawn leaf water potential of -4.0 MPa. We measured net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration. The relations C_i/C_a or A/C , respectively obtained the carboxylation efficiency and the instantaneous efficiency of water use. The fluorescence parameters of chlorophyll a were determined with the portable modulated light MINI-PAM fluorimeter (Walz, Effeltrich, Germany). The vegetative growth of the plants was measured using the following evaluations: height (m), stem diameter (mm), number of plagiotropic branches and lengths of the plagiotropic branches (cm), root volume (mm³) and root area (mm²). The population of *M. paranaensis* per gram of root, symptomatic aspect grade of the roots and the reproduction factor were estimated in laboratory. Progenies MG-0179-3 R1-151 and MG-0179-1 - R1-776 presented resistance to *Meloidogyne paranaensis*. The morphology of the root system of progeny MG 0179-3-R1-151 aids in the mechanism of resistance to *M. paranaensis*. Progeny MG 0179-3-R1-151, when inoculated with *M. paranaensis* and under water deficit, presented higher efficiency of energy dissipation and maintaining gas exchange.

Keywords: Coffee. Water deficit. *Meloidogyne paranaensis*. Ecophysiology

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água é considerada o fator mais limitante para a produção de café no Brasil (KOBAYASHI et al., 2008), e os nematoides do gênero *Meloidogyne*, especialmente *Meloidogyne paranaensis*, têm sido um dos principais patógenos que prejudicam a cafeicultura brasileira na atualidade (REZENDE et al., 2013).

As raízes parasitadas por *M. paranaensis*, exibem inicialmente galhas que evoluem para aspecto de engrossamento com descascamento e rachaduras, com alguns pontos de lesões do tipo “cancro” e descorticação, além de ausência de galhas características (CASTRO et al., 2008), ocasionando uma perda parcial na eficiência de utilização de alguns insumos, além de acarretar em perdas indiretas como menor tolerância ao frio e à seca (GONÇALVES et al., 2004).

As fontes de resistência de maior interesse estão presentes em algumas espécies de *Coffea*, como *Coffea canephora*, *C. congensis* e *C. dewevrei* (SERA et al., 2006). A variedade Amphillo possui grande potencial de resistência tanto ao *M. paranaensis* e à seca, uma vez que apresenta um sistema radicular desenvolvido. Gonçalves et al. (1996) observaram resistência parcial da variedade Amphillo à raça 2 de *M. incognita*, e segundo Salgado, Rezende e Nunes (2014), estes genótipos apresentaram um comportamento inicial promissor para resistência a *M. paranaensis*.

O estresse hídrico pode potencializar e agravar ainda mais depauperamento das plantas, quando as raízes do cafeeiro estão parasitadas por nematoides. Estudos conduzidos em Minas Gérias têm mostrado grande diversidade entre progênies de *C. arabica*, quanto à resistência de *M. paranaensis* e à seca. Para melhorar o rendimento de cafeeiros em ambientes com restrição hídrica, melhoristas têm procurado selecionar genótipos que produzam bem nesses ambientes (SILVA et al., 2010). Entretanto, poucos são os

trabalhos que envolvem estimar os efeitos simultâneos entre o parasitismo de *M. paranaensis* e a restrição hídrica no desenvolvimento do cafeeiro.

Desse modo objetivou-se com este trabalho caracterizar o efeito do déficit hídrico em mudas de cafeeiro parasitadas e não parasitadas por *M. paranaensis* e analisar o efeito desse nematoide na formação de raízes de diferentes genótipos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo do material vegetal e instalação do experimento

O experimento foi instalado em novembro de 2013 em casa de vegetação na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, situada no Município de Lavras, Estado de Minas Gerais, Brasil, a uma altitude de 919 m, latitude 21°14'43" S e longitude 44°59'59" W. As temperatura e umidade relativas médias na casa de vegetação foram de 25,5°C e 60% respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (4 x 2 x 2), com quatro repetições, sendo cada parcela constituída por uma planta por vaso:

- a) Quatro materiais genéticos
 - Catuaí IAC 62 (padrão suscetível)
 - IAPAR IPR 100 (padrão resistente)
 - Duas progênies (MG 0179-3-R1-151 e MG 0179-1-R1-776) oriundas do cruzamento do Grupo Catuaí Vermelho com germoplasma Amphillo. Essas duas progênies foram consideradas promissoras para a resistência a *M. paranaensis* e ao déficit hídrico em experimento conduzido por de Sá (2013), daí a utilização nesse experimento.
- b) Dois níveis de irrigação (irrigado e não irrigado)
- c) Dois níveis de *Meloidogyne parananensis* (presença ou ausência)

Tabela 1 Identificação dos tratamentos e denominação das progênies de cafeeiro

Ident.	Tratamentos
1	MG 0179-1-R1-776 inoculado com <i>M. paranaensis</i> e irrigado
2	MG 0179-1-R1-776 inoculado com <i>M. paranaensis</i> não irrigado
3	MG 0179-1-R1-776 não inoculado com <i>M. paranaensis</i> e irrigado
4	MG 0179-1-R1-776 não inoculado com <i>M. paranaensis</i> e não irrigado
5	IPR 100 inoculado com <i>M. paranaensis</i> irrigado
6	IPR 100 inoculado com <i>M. paranaensis</i> não irrigado
7	IPR 100 não inoculado com <i>M. paranaensis</i> e irrigado
8	IPR 100 não inoculado com <i>M. paranaensis</i> e não irrigado
9	CatuaíIAC 62 inoculado com <i>M. paranaensis</i> e irrigado
10	CatuaíIAC 62 inoculado com <i>M. paranaensis</i> não irrigado
11	CatuaíIAC 62 não inoculado com <i>M. paranaensis</i> e irrigado
12	CatuaíIAC 62 não inoculado com <i>M. paranaensis</i> não irrigado
13	MG 0179-3-R1-151 inoculado com <i>M. paranaensis</i> e irrigado
14	MG 0179-3-R1-151 inoculado com <i>M. paranaensis</i> não irrigado
15	MG 0179-3-R1-151 não inoculado com <i>M. paranaensis</i> e irrigado
16	MG 0179-3-R1-151 não inoculado com <i>M. paranaensis</i> e não irrigado

As mudas de café, formadas a partir de sementes colhidas de plantas cultivadas em área naturalmente infestada por *M. paranaensis*, foram plantadas em vasos de 12 litros em substrato de uma mistura de solo, areia e esterco bovino (1:1:1, v/v/v). O substrato foi caracterizado com textura franco-arenosa e com capacidade de campo de $0,4117 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (água. solo). A adubação foi feita de acordo com a análise do solo, segundo recomendações de Guimarães et al. (1999). As mudas foram mantidas em casa de vegetação, com livre troca de ar na densidade média de fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa de $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ao meio dia.

A inoculação foi realizada no mês de maio de 2014, quando as plantas se encontravam com três a quatro pares de folhas. O inóculo inicial foi proveniente de solo e raízes de cafeeiros suscetíveis em área naturalmente infestada por *M. paranaensis* identificado por meio da técnica de eletroforese de Carneiro e

Almeida (2001). A quantificação dos ovos de *M. paranaensis* foi realizada pela extração do nematoide das raízes por meio da técnica de Hussey e Barker (1973) e posterior quantificação em lâmina de contagem sob microscópio de objetiva invertida. Inocularam-se 10.000 ovos divididos em orifícios nos quatro quadrantes ao redor de cada planta.

Aos seis meses da data de inoculação de *M. paranaensis*, foram aplicados os tratamentos hídricos, que consistiram da imposição ou não de deficiência hídrica, as plantas foram submetidas ao déficit hídrico conforme o tratamento correspondente na Tabela 1. O déficit hídrico foi submetido por meio da suspensão total da rega e as avaliações fisiológicas foram realizadas até que as plantas atingissem o potencial de antemanhã de $-4,0$ Mpa.

Antes de iniciar as avaliações fisiológicas, todos os tratamentos foram submetidos a 100% da capacidade de campo do substrato. Para controle da água de todos os tratamentos e reposição de água dos tratamentos irrigados, utilizou-se o sensor de umidade (ML2X THETA PRODE, Delta – T Divices[®]) calibrado de acordo com a tensão do solo. A medição e reposição de água dos tratamentos foram realizadas sempre no dia anterior das avaliações fisiológicas.

2.2 Avaliação das respostas fisiológicas

As respostas fisiológicas foram avaliadas a cada quatro dias considerando o potencial hídrico, trocas gasosas e parâmetros de fluorescência da clorofila em folhas completamente expandidas do terceiro ou quarto pares de folhas, a partir do ápice dos ramos plagiotrópicos.

O potencial hídrico foi avaliado com uma bomba de pressão tipo Scholander (SCHOLANDER et al., 1965). Foi acompanhado o potencial hídrico até que as plantas atingissem o potencial hídrico na antemanhã (Ψ_{am}) de $-4,0$ MPa.

As trocas gasosas foram realizadas utilizando-se o analisador de gás por infravermelho (LI-6400XT Portable Photosynthesis System, LI-COR, Lincoln, USA) em folhas completamente expandidas, no 3º ou 4º pares de folhas. As características avaliadas foram: taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E). A eficiência de carboxilação (Ci/Ca) e a eficiência instantânea do uso da água (EUA) foram obtidas pelas relações Ci/Ca e A/E, respectivamente. Todas as avaliações foram realizadas entre 8 e 10 horas (horário solar) com utilização de fonte artificial de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em câmara fechada fixada em $1.500 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Blue + Red LED LI-6400-02B, LI-COR, Lincoln, USA). A taxa de assimilação de CO_2 na câmara foi medida com a concentração ambiente de CO_2 que foi de $380 \pm 3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$.

Os parâmetros de fluorescência da clorofila a foram determinados com o fluorímetro portátil de luz modulada MINI-PAM (Walz, Effeltrich, Germany). Dentre estes, as fluorescência mínima (F0) e máxima (Fm) foram determinadas em folhas adaptadas ao escuro por meia hora. As leituras, para obtenção das variáveis F0, Fm e rendimento quântico máximo (Fv/Fm), foram realizadas nas mesmas folhas em que foram realizadas as trocas gasosas. Foi realizada a curva de resposta à luz, com fluxo de fótons fotossintéticos (FFF), variando de 0 a $3.884 \text{mols m}^{-2} \text{s}^{-1}$, por um período inferior a dois minutos. Foram obtidos os parâmetros fluorescência mínima estimada de folhas adaptadas à luz (F), fluorescência máxima (Fm'), taxa aparente de transporte de elétrons ($\text{ETR} = \Phi\text{FSII} \times \text{RFA} \times 0,5 \times 0,84$), coeficiente de extinção fotoquímico ($qP = (\text{Fm}' - \text{F}) / (\text{Fm}' - \text{F0}')$) e coeficiente de extinção não fotoquímico ($qN = \text{Fm} - \text{Fm}' / \text{Fv}$).

2.3 Desenvolvimento vegetativo

A fim de caracterizar o desenvolvimento vegetativo, as plantas foram avaliadas quanto ao diâmetro de caule medido (mm) a 10 cm acima do colo da planta com o auxílio de paquímetro; altura da planta medida a partir do colo até o meristema apical, em centímetros; número de ramos plagiotrópicos, avaliados através da contagem de todos os ramos laterais primários que apresentaram tamanho superior a 5 cm; comprimento do primeiro ramo plagiotrópico avaliados através da medição de todos os ramos laterais primários (cm).

Para a avaliação da distribuição do sistema radicular, as raízes foram lavadas e expostas ao contraste de cor (fundo branco) com dimensões de 50x60 cm e coletadas imagens fotográficas através de câmera digital. Essas imagens foram processadas e analisadas utilizando o *software* SAFIRA[®] - Sistema de Análise de Fibras e Raízes, desenvolvido na Embrapa Instrumentação Agropecuária, de São Carlos, SP (JORGE; RODRIGUES, 2008), para dimensionamento do volume (mm³) e área (mm²) de superficial das raízes.

2.4 Avaliações nematológicas

A quantificação da população de *M. paranaensis* foi realizada logo após a obtenção das imagens do sistema radicular. Inicialmente as raízes foram submetidas à avaliação visual seguindo a escala de notas de Carneiro (1995). E a seguir submetidas à extração empregando-se a técnica de Hussey e Barker (1973). A população média (ovos+juvenis do segundo estágio - J2) de *M. paranaensis* por grama de raízes do cafeeiro foi quantificada em câmara de contagem sob microscópio de objetiva invertida em tríplice leitura.

2.5 Análises Estatísticas

Com relação às trocas gasosas e potencial hídrico, os genótipos, quando irrigados ou submetidos ao déficit hídrico, foram analisados em duas situações distintas: na ausência e presença de *M. paranaensis*. Para melhor interpretação dessas variáveis, foi empregada a análise de componentes principais (PCA) em conjunto com a técnica de Biplots para as quatro épocas de avaliação e definição das equações dos componentes principais para cada época. Utilizou-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

Com relação às variáveis nematológicas (PGR e NR), utilizou-se a transformação de dados ($\sqrt{X + 1}$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SISVAR, desenvolvido por Ferreira (2008). Foi verificada a significância, a 1% de probabilidade, pelo teste F e, detectando-se diferenças entre os tratamentos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características ecofisiológicas

Os valores médios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%), ao longo do período experimental, foram de 25°C e 60% respectivamente. No Gráfico 1, está representada a umidade do substrato (m^3m^{-3}) contida nos vasos dos tratamentos irrigados e não irrigados durante o período de avaliação. Percebe-se que os tratamentos irrigados mantiveram a capacidade de campo (0,41), enquanto os não irrigados apresentaram decréscimo da umidade do substrato durante o período experimental.

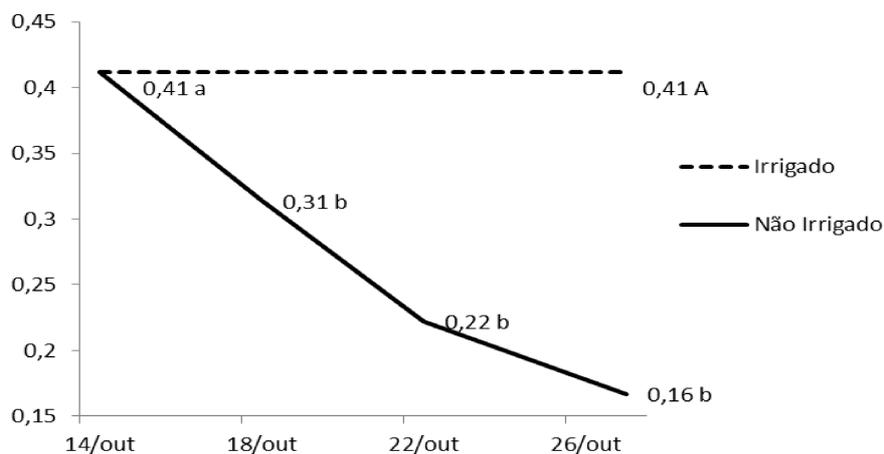


Gráfico 1 Umidade do substrato (m^3m^{-3}) contida nos vasos dos tratamentos irrigados e não irrigados. Lavras-MG

As equações dos componentes principais nas duas situações de inoculação por *M. paranaensis* (inoculado ou não) foram estimadas de acordo com cada coeficiente em cada época (Tabela 2 e 3).

A primeira e a segunda componentes principais explicaram conjuntamente a variabilidade entre os tratamentos com relação às respostas fisiológicas para cada época em cada situação de inoculação por *M. paranaensis* (inoculado ou não). Os dados de cada tratamento foram representados com a média dos escores, calculados com base nas quatro repetições. Os tratamentos que apresentaram similaridades em uma ou mais resposta fisiológica se aproximaram.

Tabela 2 Componentes principais – matriz de correlação das características fisiológicas de Potencial Hídrico (Ψ_{wpd}), Fotossíntese (A), Condutância estomática (g_s), Transpiração (E), Eficiência de Carboxilação (Ci/Ca) e Eficiência do uso de água (EUA) de mudas de cafeeiro quando irrigadas ou sob déficit hídrico na presença de *M. paranaensis*. Lavras - MG

Características Fisiológicas	Datas de Avaliação							
	14/out		18/out		22/out		26/out	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
Ψ_{wpd}	0,000	0,000	0,43	0,462	0,912	0,159	0,931	0,867
A	0,182	0,982	0,504	0,811	0,674	0,596	0,932	0,869
G_s	0,974	-0,004	0,946	0,197	0,969	-0,021	0,948	0,900
E	0,984	0,091	0,975	0,115	0,989	0,006	0,969	0,939
Ci/Ca	0,981	-0,139	0,830	-0,533	0,440	-0,822	0,557	0,311
EUA	-0,964	0,133	-0,814	0,570	-0,85	0,200	-0,526	0,277
Variância Total (%)	76,88	20,19	60,61	25,44	68,66	18,29	69,37	26,42

Tabela 3 Componentes principais – matriz de correlação das características fisiológicas de Potencial Hídrico (Ψ_{wpd}), Fotossíntese (A), Condutância estomática (gs), Transpiração (E), Eficiência de Carboxilação (Ci/Ca) e Eficiência do uso de água (EUA) de mudas de cafeeiro quando irrigadas ou sob déficit hídrico na ausência de *M. paranensis*. Lavras-MG

Características Fisiológicas	Datas de Avaliação							
	14/out		18/out		22/out		26/out	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
Ψ_{wpd}	-0,302	0,937	-0,789	0,033	0,912	-0,277	0,768	0,610
A	0,852	0,049	0,895	0,016	0,893	0,407	0,957	0,270
Gs	0,969	-0,118	0,827	0,509	0,936	0,313	0,989	0,037
E	0,976	-0,023	0,689	0,71	0,961	0,255	0,985	0,125
Ci/Ca	0,898	0,156	-0,541	0,837	0,772	-0,379	0,775	-0,57
EUA	-0,885	-0,268	0,532	-0,838	-0,87	0,408	-0,75	0,591
Variância Total			52,63	36,14	79,70	11,93	76,94	18,98

A terceira avaliação (22/10) foi escolhida para plotagem dos escores das características fisiológicas e dos tratamentos, uma vez que nessa avaliação houve diferenças entre os genótipos sob déficit para potencial hídrico das plantas nas duas condições de inoculação (inoculado ou não por *M. paranaensis*). Os vasos não irrigados apresentaram em média 51,00% do valor da capacidade de campo (Gráfico 1).

Os parâmetros de trocas gasosas e potencial hídrico foram representados nas Figuras 1 e 3 através de gráficos biplots. Os resultados ilustrados nas Figuras 2 e 4 correspondem à plotagem dos escores dos tratamentos.

As duas primeiras componentes principais explicaram 86,95% da variância total do conjunto de dados quando os genótipos foram inoculados por *M. paranaensis*, sendo 68,66% de variância acumulada no primeiro componente principal e 18,29%, pela segunda componente principal. A condutância estomática (gs), transpiração (E) e potencial hídrico (Ψ_{wpd}) correlacionaram positivamente, ao passo que a eficiência do uso de água (EUA)

se correlacionou negativamente (Figura 1). Essas características foram as que mais representaram o conjunto de dados, visto que exibiram maiores autovalores (PC1) (Tabela 2).

Houve a formação de dois grupos quando os genótipos foram inoculados por *M. paranaensis* (Figura 2), sendo o grupo mais a direita formado por todos os genótipos irrigados e o grupo mais a esquerda formado por todos os genótipos sob déficit hídrico.

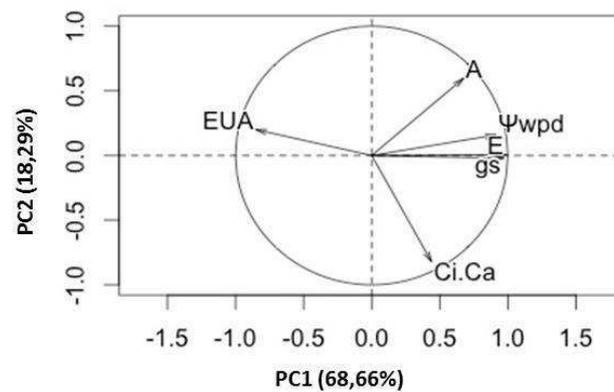
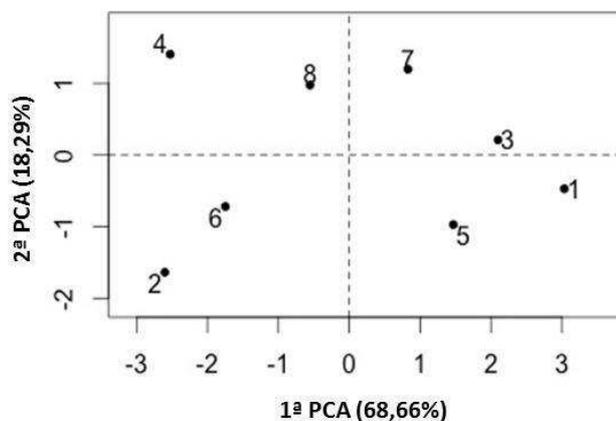


Figura 1 Biplot das características fisiológicas de mudas de cafeeiros inoculadas por *M. paranaensis* após oito dias de submissão do déficit hídrico (22/10), para Potencial Hídrico (Ψ_{wpd}), Fotossíntese (A), Condutância estomática (gs), Transpiração (E), Eficiência de Carboxilação (Ci/Ca), Eficiência do uso de água (EUA). Lavras-MG



- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1- MG 0179-1-R1-776 irrigado | 5- Catuaí IAC 62 irrigado |
| 2- MG 0179-1-R1-776 não irrigado | 6- Catuaí IAC 62 não irrigado |
| 3- IPR 100 irrigado | 7- MG 0179-3-R1-151 irrigado |
| 4- IPR 100 não irrigado | 8- MG 0179-3-R1-151 não irrigado |

Figura 2 Escores dos primeiros componentes principais, referentes à terceira época de avaliação. Lavras-MG

Nos tratamentos inoculados (Figura 2), foi possível observar que os genótipos MG 0179-1-R1-776 e IPR100, quando sob estresse, diminuem o potencial hídrico, g_s e E , apresentando maior eficiência de uso da água. Todos estes fatores contribuem para deslocar esses genótipos para valores bastante negativos de PC1. Por outro lado, a razão C_i/C_a foi alta para MG 0179-1-R1-776 e baixa para IPR100, fatores que contribuíram para deslocar os genótipos para sentidos opostos no PC2. Considerando o Catuaí, quando sob déficit hídrico, também há redução do potencial hídrico, g_s , fotossíntese e transpiração, o que aumenta a EUA, porém para valores menos negativos de PC1. Na análise das distâncias entre o genótipo MG 0179-3-R1-151 quando sob déficit e quando irrigado (7 e 8), verificou-se que houve menor efeito do déficit nas variáveis principais do CP1 e CP2, sendo que ambos os tratamentos posicionaram-se em valores próximos ao zero, apresentando menor distância entre o irrigado e não irrigado. Isso é resultado do comportamento do genótipo MG 0179-3-R1-151,

que quando sob déficit diminui o potencial hídrico, mas mantém A, E, Ci/Ca, gs e EUA semelhante ao irrigado. Podemos perceber na Figura 2 que em valores mais negativos de PC2 aparecem os genótipos 2, 6, 5 e 1, ficando os demais tratamentos (4, 8 e 7) deslocados para valores mais positivos, indicando que esses podem apresentar maiores valores de A.

Quando os genótipos não foram inoculados por *M. parananensis*, as duas primeiras componentes principais explicaram 91,63% da variância total do conjunto de dados, sendo 79,70% de variância acumulada no primeiro componente principal e 11,93%, pela segunda componente principal. A condutância estomática (gs), transpiração (E), potencial hídrico (Ψ_{wpd}), Ci/Ca e fotossíntese (A) se correlacionaram positivamente, ao passo que a eficiência do uso de água (EUA) se correlacionou negativamente na PC1 (Figura 3).

Houve a formação de dois grupos quando os genótipos não foram inoculados por *M. paranaensis* (Figura 4), sendo o grupo mais à direita formado por todos os genótipos irrigados e o grupo mais à esquerda formado por todos os genótipos sob déficit hídrico.

Sem inoculação, foi possível observar que os genótipos MG 0179-1-R1-776, Catuaí e MG 0179-3-R1-151, quando sob estresse hídrico, diminuem potencial hídrico, gs e E. Além disso, esses genótipos diminuem mais a transpiração do que a fotossíntese, o que contribui para aumentar a eficiência de uso da água e deslocar esses genótipos para valores bastante negativos de PC1.

Quando não inoculado, verificou-se que houve menor efeito do déficit no IPR100, que se posicionou em valores próximos ao zero, apresentando menor distância entre o irrigado e não irrigado. Isso é resultado do comportamento do genótipo, que quando sob déficit diminui o potencial hídrico, mas mantém os valores de A semelhantes ao irrigado.

De maneira geral, os resultados evidenciaram que nos genótipos IPR100 e MG 0179-3-R1-151, a presença de nematoide muda o padrão de respostas das

trocas gasosas em resposta ao déficit hídrico, de maneira a potencializar efeitos negativos do déficit hídrico sobre IPR100 e minimizar sobre o MG 0179-3-R1-151.

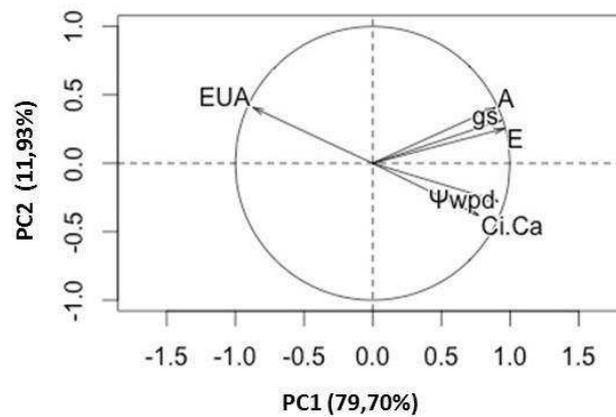
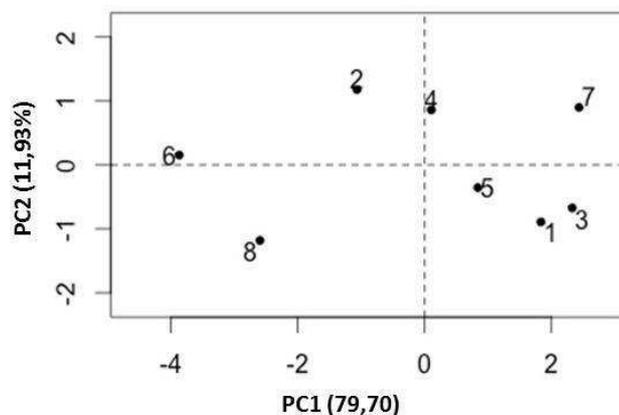


Figura 3 Biplot das características fisiológicas de mudas de cafeeiros não inoculadas por *M. paranaensis* após oito dias de submissão do déficit hídrico (22/10), para Potencial Hídrico (Ψ_{wpd}), Fotossíntese (A), Condutância estomática (*gs*), Transpiração (E), Eficiência de Carboxilação (Ci/Ca), Eficiência do uso de água (EUA). Lavras-MG



- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1- MG 0179-1-R1-776 irrigado | 5- Catuaí IAC 62 irrigado |
| 2- MG 0179-1-R1-776 não irrigado | 6- Catuaí IAC 62 não irrigado |
| 3- IPR 100 irrigado | 7- MG 0179-3-R1-151 irrigado |
| 4- IPR 100 não irrigado | 8- MG 0179-3-R1-151 não irrigado |

Figura 4 Escores dos primeiros componentes principais, referentes terceira época de avaliação. Lavras-MG

3.1.1 Parâmetros de fluorescência da clorofila a

Na caracterização dos genótipos frente aos parâmetros de fluorescência da clorofila a, foram determinados: valor de eficiência fotoquímica potencial do PSII (FV/FM), o *quenching* fotoquímico (q_p), *quenching* não fotoquímico (q_n) e o coeficiente de extinção não fotoquímico (NPQ) de todos os genótipos, sob condição de sequeiro e irrigado, na presença ou ausência de *Meloidogyne paranaensis*.

Nas Figuras 5, 6, 7 e 8, são apresentados os parâmetros de fluorescência da clorofila a para as cultivares Catuaí Amarelo IAC 62, IPR 100 e para as progênies MG 0179-1-R1-776 e MG 0179-3-R1-151.

A cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 quando inoculada por *M. paranaensis* e sob condições de déficit hídrico severo apresentou menores valores de *quenching* fotoquímico (q_p) (Figura 5). Isto indica que o estresse causado pelo

nematoide aliado ao déficit hídrico pode promover danos às proteínas do complexo fotossintético. O decréscimo do *quenching* fotoquímico reflete o estado reduzido do primeiro aceptor de elétrons estável do PSII, a plastoquinona a, fornecendo uma estimativa da capacidade do PSII em utilizar a energia luminosa para redução do NADP^+ , indispensável à assimilação fotossintética do carbono (MAXWELL; JOHNSON, 2000).

Além disso, a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 sob condição de irrigação e inoculada por *M. paranensis*, apresentou maior coeficiente de extinção não fotoquímico (NPQ) em comparação ao tratamento irrigado e não inoculada. Isso indica que o efeito do nematoide promoveu uma dissipação não fotoquímica, ou seja, dissipação da energia em processos não fotoquímicos para minimizar esse estresse, como por exemplo, a perda de energia na forma de calor (LI et al., 2010).

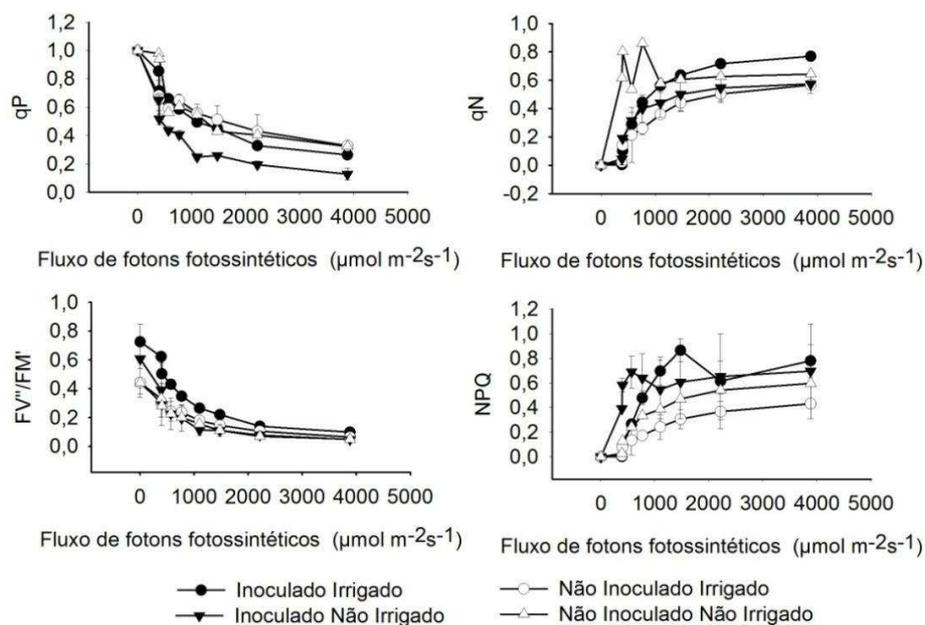


Figura 5 Valores de eficiência fotoquímica potencial do PSII (FV/FM), *quenching* fotoquímico (q_p), *quenching* não fotoquímico (q_n) e o coeficiente de extinção não fotoquímico (NPQ) para cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 sob condição de sequeiro e irrigado na presença e ausência de *M. paranaensis*. Lavras-MG

Sob a condição de irrigação, a cultivar IPR 100, quando não inoculada por *M. paranaensis*, apresentou uma maior eficiência fotoquímica (FV/FM) em comparação às outras condições que essa cultivar foi submetida (Figura 6). Bolh ar-Nordenkampf, Long e Baker (1989) relatam que, quando uma planta não est a submetida ao estresse, a razão Fv/Fm deve ser de 0,75 a 0,85. Desse modo, os valores iniciais de FV/FM observado nessa cultivar quando submetida ao tratamento controle estão de acordo com essa amplitude.

Com a redu o na disponibilidade de água no solo, a cultivar IPR 100 inoculada ou não por *M. paranaensis* apresentou menor eficiência fotoquímica

do PSII, indicando que o déficit hídrico foi o efeito principal para menor eficiência desse parâmetro. Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves et al. (2010) e Silva et al. (2006) que encontram uma redução significativa do rendimento quântico máximo do PSII (F_v / F_m) quando gramíneas foram submetidas ao déficit hídrico severo.

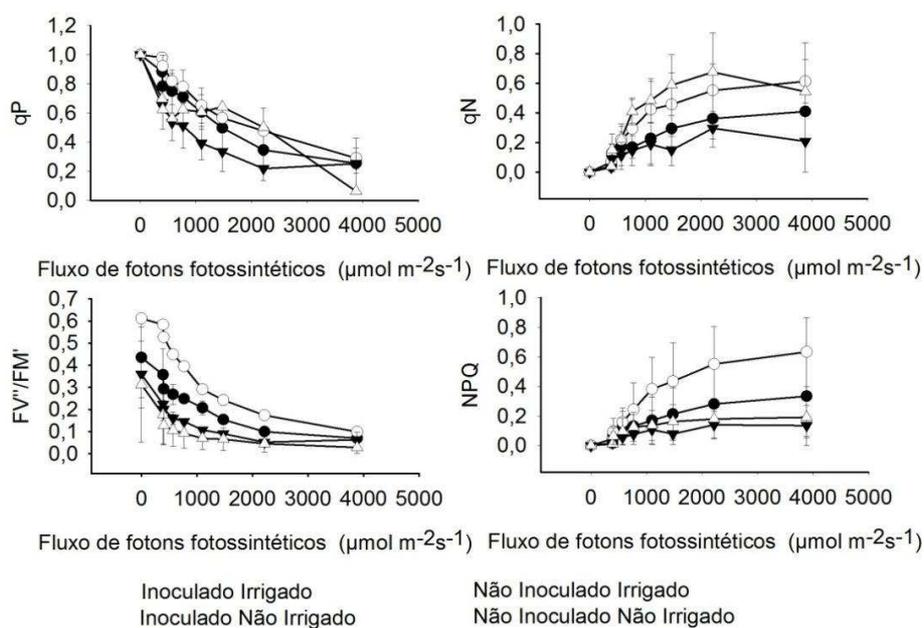


Figura 6 Valores de eficiência fotoquímica potencial do PSII (F_v/F_m), *quenching* fotoquímico (q_p), *quenching* não fotoquímico (q_n) e o coeficiente de extinção não fotoquímico (NPQ) para cultivar IPR 100 sob condição de sequeiro e irrigado na presença e ausência de *M. paranaensis*. Lavras-MG

A progênie MG 0179-1-R1-776 inoculada ou não por *M. paranaensis* não apresentou diferenças entre as condições de sequeiro e irrigado para todos os parâmetros de fluorescência da clorofila a (Figura 7).

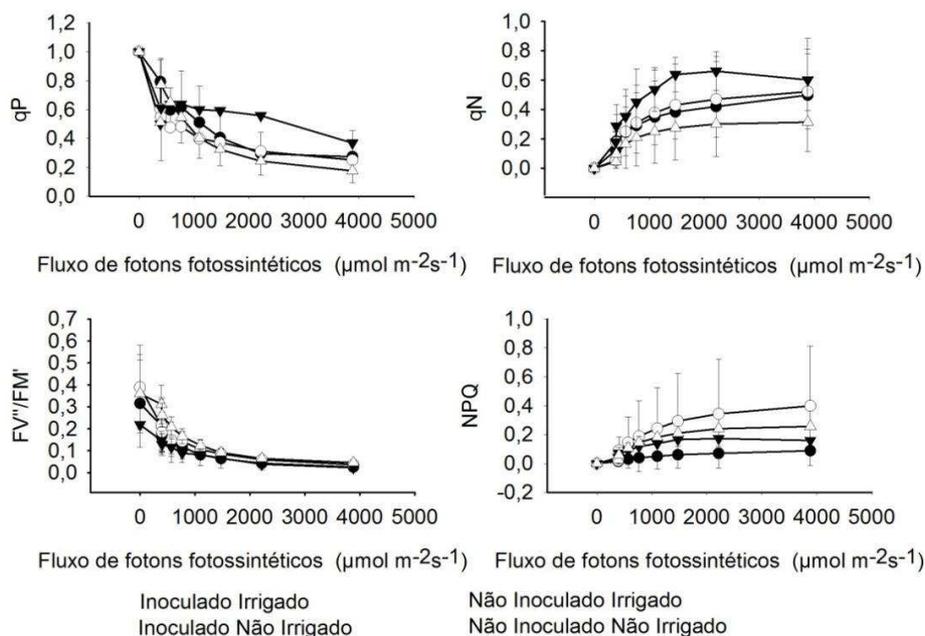


Figura 7 Valores de eficiência fotoquímica potencial do PSII (FV''/FM''), *quenching* fotoquímico (q_p), *quenching* não fotoquímico (q_n) e o coeficiente de extinção não fotoquímico (NPQ) para a progênie MG 0179-1-R1-776 sob condição de sequeiro e irrigado na presença e ausência de *M. paranaensis*. Lavras-MG

A progênie MG 0179-3-R1-151, quando inoculada por *M. paranaensis* e sob déficit hídrico, apresentou um aumento do *quenching* não fotoquímico (q_n) (Figura 8). Isto indica que o estresse causado pelo nematoide aliado ao déficit hídrico promoveu uma maior eficiência da dissipação de energia, em razão do aumento no gradiente de prótons entre o lúmen e o estroma do cloroplasto (MAXWELL; JOHNSON, 2000). Vale ressaltar que essa progênie, quando inoculada e em condições ótimas de hidratação (irrigado), apresentou menores valores de *quenching* não fotoquímico (q_n), sendo semelhante aos tratamentos que não foram inoculados por *M. paranaensis*.

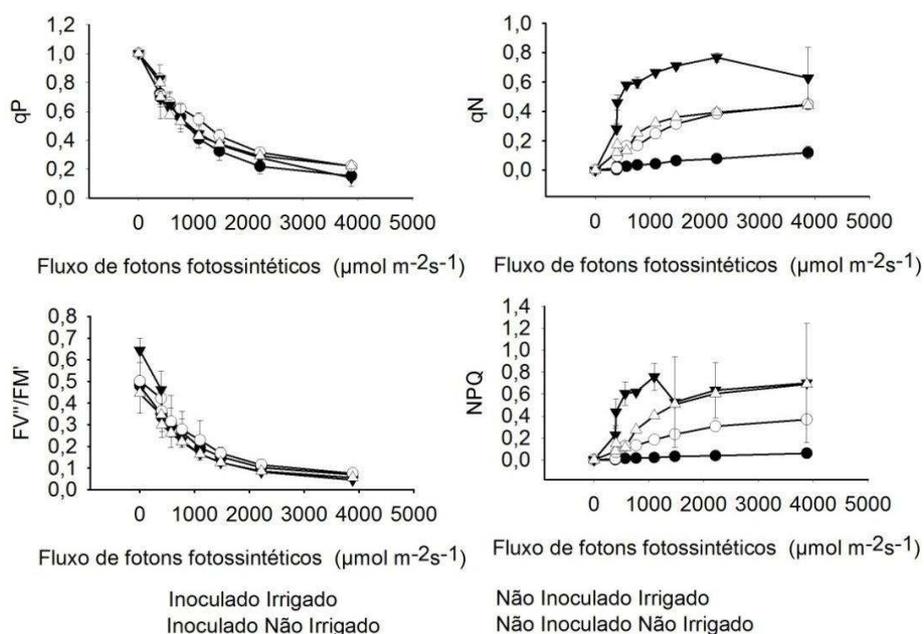


Figura 8 Valores de eficiência fotoquímica potencial do PSII (FV'/FM'), *quenching* fotoquímico (q_p), *quenching* não fotoquímico (q_n) e o coeficiente de extinção não fotoquímico (NPQ) para a progênie MG 0179-3-R1-151 sob condição de sequeiro e irrigado na presença e ausência de *M. paranaensis*. Lavras-MG

3.2 Crescimento e desenvolvimento vegetativo e análises nematológicas

Não houve interação entre os genótipos com infecção de nematoide e estresse hídrico para as características vegetativas avaliadas. Entretanto, os genótipos apresentaram diferenças significativas entre si para variável altura de plantas (ALT) e comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (CRP) (Tabela 4).

Os genótipos apresentaram diferenças significativas em relação aos caracteres altura de plantas (ALT) e comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (CRP) (Tabela 2). A progênie MG 0179-3-R1-151 apresentou maior altura (74,21) e maior comprimento do primeiro ramo plagiotrópico

(34,84) em relação aos outros genótipos (Tabela 4). Segundo Freitas et al. (2007), a característica CRP é indicativa de diâmetro da copa e a combinação com ALT é um indicativo de maior número de nós produtivos, sendo esses os dois dos mais importantes componentes da produtividade (MIRANDA; PERECIN; PEREIRA, 2005). Vale ressaltar, que essa progênie pode ser considerada de porte alto e segundo Bonomo et al. (2004) pode ser indicada para plantios menos adensados.

As cultivares Catuaí Amarelo IAC 62 e IPR 100 apresentaram os menores valores para altura e comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (Tabela 4). Corroborando esses resultados, Freitas et al. (2007) avaliando o crescimento vegetativo de cultivares de cafeeiro de porte baixo, encontraram valores semelhantes de altura e comprimento de ramo do primeiro ramo plagiotrópico para cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. Para a cultivar IPR 100, Sera et al. (2010) a classificaram de porte baixo, visto que apresentaram menor altura e comprimento de ramo plagiotrópico.

Tabela 4 Valores médios do comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (CRP), incremento de altura (ALT), incremento de diâmetro de caule (DC) e número de ramos (NuR) para genótipos de cafeeiro. Lavras – MG

Genótipos	CRP (cm)	ALT (cm)	DC (mm)	NuR
MG 0179-1-R1-776	30,59 b	62,71 b	8,25 a	10,18 a
MG 0179-3-R1-151	34,84 a	74,21 a	8,90 a	11,87 a
Catuaí Amarelo IAC 62	21,28 c	38,50 c	7,23 a	11,62 a
IPR 100	24,28 c	41,70 c	8,23 a	11,25 a

Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para as características nematológicas (FR, NR e PGR), houve efeito significativo entre os genótipos estudados (Tabela 5). A duas progênies

apresentaram baixa população de *M. paranaensis* por grama de raiz, o que demonstra o potencial desses materiais para resistência a esse nematoide. Diferente desses materiais, a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 apresentou uma alta população de *M. paranaensis*, confirmando a alta suscetibilidade dessa cultivar (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014; SERA et al., 2007a).

Baseado no fator de reprodução, as duas progênies se comportaram como resistentes ($FR < 1$). Esse resultado é confirmado por meio da escala de notas proposto por Carneiro (1995), na qual as duas progênies receberam notas do aspecto sintomatológico das raízes (Tabela 5) semelhantes da cultivar IPR100, demonstrando sintomas fracos de infestação. Entretanto, quando se baseia no fator de reprodução, a cultivar IPR 100 se comportou como suscetível nas condições desse ensaio, visto que o fator de reprodução foi superior a um. Sera et al.(2007b) verificaram que quando a cultivar IPR 100 é exposta a níveis de inóculo mais elevados, acima de 2.000 ovos, essa cultivar pode se comportar como suscetível.

Tabela 5 Nota da sintomatologia das raízes (NR), fator de reprodução (FR) de *Meloidogyne paranaensis* por grama de raiz (PGR) aos seis meses da inoculação e desdobramento da interação dos genótipos com a inoculação desse nematoide para área superficial do sistema radicular (ASSR) e do volume do sistema radicular (VSR). Lavras-MG

Genótipos	NR	PGR	FR	ASSR (cm ²)		VSR (cm ³)	
				Inoculado	Não Inoculado	Inoculado	Não Inoculado
MG 0179-1-R1-776	1,50 a	5659,12 a	0,6	1234,91 bA	1183,89 bA	621,91 bA	448,60 bA
MG 0179-3-R1-151	1,62 a	641,00 a	0,1	1606,40 bA	816,00 bB	848,46 bA	220,25 bB
Catuaí Amarelo	4,62 b	54176,56 b	5,4	1432,74 bB	2070,73 aA	704,03 bA	847,75 aA
IPR 100	1,37 a	12106,37 a	1,2	2554,96 aA	2171,00 aA	1443,33 aA	1061,78 aB

R = Resistente, S = Suscetível

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O desenvolvimento e o crescimento radicular foram influenciados pelos genótipos e pela presença de nematoides com efeito significativo para a interação desses fatores (Tabela 5). Analisando a característica de área superficial do sistema radicular, verifica-se que a cultivar IPR 100 apresentou maior área superficial de raízes quando comparada com os demais genótipos mesmo na condição de inoculação de *M. paranaensis*. As duas progênies e a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 apresentaram área superficial de raízes iguais estatisticamente quando inoculadas por *M. paranaensis* (Tabela 5).

Entretanto, a progênie MG 0179-3-R1-151 apresenta isoladamente maior área superficial e maior volume de raízes quando inoculada por *M. paranaensis* em comparação com as plantas não inoculadas. Acredita-se que o estresse inicial provocado pela infecção dos nematoides no sistema radicular dessa progênie desencadeou o crescimento de novas raízes, sugerindo que a morfologia do sistema radicular desse material promove um maior desenvolvimento vegetativo além de auxiliar no mecanismo de resistência ao *M. paranaensis*.

Vale ressaltar que esse material quando inoculado manteve os valores FV/FM ao longo do período de deficiência hídrica. Segundo Gonçalves et al. (2010), a manutenção do FV/FM também pode estar associada à morfologia do vegetal, sendo as características do sistema radicular um desses aspectos morfológicos.

4 CONCLUSÃO

- a) As progênies MG 0179-3-R1-151 e MG 0179-1-R1-776 apresentam resistência ao *Meloidogyne paranaensis*.
- b) A morfologia do sistema radicular da progênie MG 0179-3-R1-151 auxilia no mecanismo de resistência ao *M. paranaensis*.
- c) A progênie MG 0179-3-R1-151, quando inoculada com *M. paranaensis* e sob déficit hídrico, apresentou uma maior eficiência da dissipação de energia e manutenção de trocas gasosas.

REFERÊNCIAS

- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; LONG, S.P.; BAKER, N.R. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, Oxford, v.3, p.497-514, 1989.
- BONOMO, P. et al. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.2, p.207-219, 2004.
- CARNEIRO, R. G. Reação de progênies de café Icatu a *Meloidogyne incognita* raça 2, em condição de campo. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 19, p. 53-59, 1995.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 35-44, 2001.
- CASTRO, J. M. C. et al. Levantamento de Fitonematóides em Cafezais do Sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 56-64, mar. 2008.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.
- FREITAS, Z. M. T. S. et al. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.267-275, 2007.
- GONÇALVES, E. R. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.378-386, 2010.
- GONÇALVES, W. et al. Manejo de nematóides na cultura do cafeeiro. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO-CAFÉ, 10., 2004, Mococa. **Anais...** Mococa: Instituto Biológico, 2004. p. 48-66.

GONÇALVES, W. et al. Reações de cafeeiros às raças 1,2 e 3 de *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 22, n. 2, p. 172-177, 1996.

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

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

JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. O. **Safira**: sistema de análise de fibras e raízes. São Carlos: EMBRAPA, 2008. 21 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 24).

KOBAYASHI, E. S. et al. Variação sazonal do potencial da água nas folhas de cafeeiro em Mococa, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 421-428, 2008.

LI, G. et al. Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress level. **Industrial Crops and Products**, London, v. 31, n. 1, p.13-19, Jan. 2010.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.51, n.345, p.659-668, 2000.

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

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <<http://www.R-project>>. Acesso em: 6 jan. 2015.

REZENDE, R. M. et al. Resistência de progênies de *Coffea arabica* em área infestada por *Meloidogyne exigua*. **Nematropica**, Piracicaba, v. 43, n. 2, p. 233-240, nov. 2013.

SÁ, L. A. de. **Seleção de cafeeiros em área infestada por *Meloidogyne paranaensis***. 2013. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C.; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 94-101, June 2014.

SCHOLANDER, P. F. et al. Sap pressure in vascular plants. **Science**, New York, v. 148, p. 339-346, 1965.

SERA, G. H. et al. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 171-184, abr./jun. 2006.

SERA, G. H. et al. Progênie de *Coffea arabica* cv IPR-100 resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 43-49, 2007a.

SERA, G. H. et al. Reação da cultivar de café Tupi IAC 1669-33 em diferentes níveis de inoculo do nematóide *Meloidogyne paranaensis*. In: SMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2007b. 1 CD-ROM.

SERA, G. H. et al. Resistance to leaf rust in coffee cultivars. **Coffee Science**, Lavras, v.5, n. 1, p.59-66, jan./abr. 2010.

SILVA, M. M. P. da et al. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35, n.1, p.67-74, jan./fev. 2006.

SILVA, V. A. et al. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n.5, p. 457-464, maio 2010.