

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
FLAMÍNIA ROSA CAMPOS FERREIRA**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MÚLTIPLA DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica*
GERMOPLASMA ANFILO A *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua***

**SÃO JOÃO EVANGELISTA
2021**

FLAMÍNIA ROSA CAMPOS FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MÚLTIPLA DE PROGÊNIES DE *Coffea arábica*
GERMOPLASMA ANFILO A *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Especialista em Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

F383a Ferreira, Fláminia Rosa Campos.

Avaliação da resistência múltipla de progênies de *Coffea arábica* Germoplasma Anfilo *A Meloidogyne paranaensis* e *M. Exigua*. / Fláminia Rosa Campos Ferreira. - São João Evangelista: IFMG, 2021.

33fl.;il.

Orientador: Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Meio Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2021.

I. Sustentabilidade 2. Melhoramento. 3.Cafeeiro. 4. Nematóide. I. Ferreira, Fláminia Rosa Campos. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 633.7323

FLAMÍNIA ROSA CAMPOS FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MÚLTIPLA DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica*
GERMOPLASMA ANFILO *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João
Evangelista como exigência parcial para obtenção do
título de Especialista em Meio Ambiente.

Aprovada em 03/03/2021

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus São João Evangelista



Profa Dra. Natália Risso Fonseca
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus São João Evangelista



Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Itabirito

*Ao meu querido pai Albercy Ferreira, à minha amada mãe
Delza Maria Campos Ferreira, por todo amor, confiança
e carinho. Às minhas irmãs Flávia e Flaviana.*

Dedico

AGRADECIMENTO

Nesta caminhada agradeço à minha família, por ter acreditado que eu conseguiria fechar mais esse capítulo da minha vida mesmo depois de um ano de muito sofrimento e tristeza.

Agradeço a minha querida amiga Patrícia Lage, por todas as palavras de carinho, pelo constante incentivo para continuar estudando, pelo companheirismo, agradeço a Deus por ter sua amizade.

Ao Prof.Msc. Alisson por ter aceitado esta orientação, pela atenção e pelo respeito.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - Campus São João Evangelista, pelas oportunidades que me incentivaram durante toda minha vida acadêmica.

A Epamig por ter me concedido estrutura física e material de pesquisa para a realização desse trabalho.

À Dra. Sonia Salgado, pelos ensinamentos.

À Dra. Barbhara Fatobene, pela ajuda com a coleta dos dados e manipulação dos mesmos.

A DEUS, por ter me dado forças nos momentos em que quis desistir.

Muito obrigada !!!

“Pensa em Deus, refugia-te em Deus, espera por Deus e confia em Deus, porquanto, ainda mesmo quando te suponhares a sós, em meio de tribulações incontáveis, Deus está conosco e com Deus venceremos”.

Emmanuel

RESUMO

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* estão amplamente disseminados pelas regiões produtoras de café do Brasil, entre as espécies mais danosas ao cafeeiro destacam-se *Meloidogyne exigua* e *Meloidogyne paranaenses*. Esses fitonematoides são responsáveis por sérias perdas na produção cafeeira com potencial destrutivo às plantas. Entre as formas de manejo de nematoides o controle químico é o menos indicado, sendo necessário diversas aplicações para obter um efeito considerável, além desses produtos serem extremamente poluentes ao meio ambiente, suas moléculas apresentam forte persistência no solo. O controle genético com o uso de cultivares resistentes a fitonematoides é o mais efetivo, o que possibilita ao produtor manter qualidade, produtividade e sustentabilidade em seu cafezal. O objetivo desse trabalho foi avaliar se as progênies do germoplasma Anfilo, resistentes a *M. paranaensis* são também resistentes a *M. exigua*. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com nove repetições e parcelas de uma planta. A avaliação foi realizada seis meses após a inoculação por meio do índice de galhas, população final (PF), número de ovos + J2 por grama de raiz (NEM.g) e fator de reprodução (FR). De acordo com o Fator de Reprodução, apenas o genótipo 40 pode ser considerado resistente a *M. exigua*. Os resultados desse trabalho evidenciam a importância do correto diagnóstico da espécie de fitonematoide que ocorre isolada ou em mistura na lavoura, assim como do portfólio de cultivares ou genótipos resistentes a esta espécie.

Palavras-chave: Sustentabilidade, melhoramento do cafeeiro, nematoides das galhas.

ABSTRACT

Nematodes of the genus *Meloidogyne* are widely disseminated in coffee producing regions of Brazil, among the most harmful species to coffee stand out *Meloidogyne exigua* and *Meloidogyne paranaenses*. These phytonematodes are responsible for serious losses in coffee production with destructive potential for plants. Among the nematode management methods, chemical control is the least indicated, requiring several applications to obtain a considerable effect, in addition to these products being extremely polluting to the environment, their molecules have strong persistence in the soil. Genetic control with the use of cultivars resistant to phytonematoids is the most effective, which allows the producer to maintain quality, productivity and sustainability in his coffee plantation. The objective of this work was to evaluate whether the progenies of the Anphyl germplasm, resistant to *M. paranaensis* are also resistant to *M. exigua*. The experiment was installed in a completely randomized design, with nine replications and plots of a plant. The evaluation was carried out six months after inoculation using gall index, final population (PF), number of eggs + J2 per gram of root (NEM.g) and reproduction factor (FR). According to the Reproduction Factor, only genotype 40 can be considered resistant to *M. exigua*. The results of this work show the importance of the correct diagnosis of the phytonematoid species that occurs isolated or in mixture in the crop, as well as the portfolio of cultivars or genotypes resistant to this species.

Keywords: Sustainability, coffee improvement, gall nematodes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEORICO	13
2.1 NEMATOIDES DAS GALHAS	13
2.2 CICLO BIOLÓGICO DO NEMATOIDE	14
2.3 CONTROLE DE FITONEMATOIDES	15
2.4 RESISTÊNCIA MÚLTIPLA	17
3 METODOLOGIA	18
3.1 PREPARO E MULTIPLICAÇÃO DO INÓCULO DO NEMATOIDE.....	20
3.2 INOCULAÇÃO	21
4 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

O café é uma cultura de forte tradição no Brasil principalmente no estado de Minas Gerais um dos principais produtores de café arábica do país. Por se tratar de um commodity de grande importância econômica, diversas pesquisas estão sendo realizadas no intuito de desenvolver novas cultivares resistentes a pragas e doenças, e que mantenham uma produtividade igual ou superior as cultivares tradicionais.

Um dos principais entraves para a cafeicultura nacional vem sendo os nematoides, principalmente os nematoides das galhas que causam sérios danos ao sistema radicular do cafeeiro influenciando negativamente na produtividade (CAMPOS, 2005).

Entre os fitonematoides existentes, o gênero *Meloidogyne*, é o mais disseminado pelos cafezais do país, sendo *M. exigua* Göldi, 1887 e *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos & Almeida, 1996, de ocorrência em lavouras cafeeiras de vários municípios produtores de café. Esses nematoides são responsáveis por sérias perdas na produção cafeeira com potencial destrutivo às plantas (SALGADO; REZENDE, 2010).

M. paranaensis teve sua ocorrência constatada primeiramente no Paraná onde devastou grandes áreas de cultivo, impossibilitando o desenvolvimento da cultura do café na região. Assim, com migração dos produtores de café do Paraná para o Estado de São Paulo houve também a entrada e a disseminação dessa doença no estado, a qual já foi detectada em outros estados, inclusive Minas Gerais.

M. exigua está amplamente disseminada por todas as regiões produtoras de café, seus sintomas podem passar despercebidos nos primeiros anos de cultivos, porém os prejuízos a longo prazo são sentidos em diminuição de produção e qualidade (REZENDE, 2012).

Entre as formas de controle de nematoides o controle químico é o menos indicado, sendo necessário diversas aplicações para obter um efeito considerável, além desses produtos serem extremamente poluentes ao meio ambiente, suas moléculas apresentam forte persistência no solo, eliminando a macro e microfauna do solo principalmente os inimigos naturais dos nematoides. O controle varietal com o uso de cultivares resistentes a nematoides é o mais efetivo, o que possibilita ao produtor manter qualidade, produtividade e sustentabilidade em seu cafezal (FATOBENE, 2014).

Programas de melhoramento genético buscam desenvolver novas cultivares resistentes as espécies mais agressivas do gênero *Meloidogyne*, onde possa ser obtido um material genético que apresente resistência múltipla a *M. paranaensis* e *M. exigua*.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em seu programa de melhoramento genético do cafeeiro, realizou diversos cruzamentos da cultivar Catuaí vermelho- IAC144 com um germoplasma silvestre Anfilo oriundo da Etiópia, em que foi constatada à resistência a *M. paranaenses* (CARVALHO, 2017; ALVES, 2019). Uma vez que há ampla ocorrência de *M. exigua* em lavouras cafeeiras, algumas vezes em mistura com a espécie *M. paranaensis*, o objetivo desse trabalho foi avaliar se as progênies do germoplasma Anfilo, resistentes a *M. paranaensis* são também resistentes a *M. exigua*.

2 REFERENCIAL TEORICO

A natureza é perfeita, consegue manter relações ecológicas a níveis adequados a sobrevivência de todos os organismos. No solo isso não é diferente, a constância físico-química que ocorrem nesse ambiente permite que se tenha biodiversidade, manter essa riqueza biológica é o que garante resiliência ao solo. Qualquer desequilíbrio interno ou externo é fator chave para alterar a manutenção no sistema solo, e assim modificando a sua dinâmica, diminuindo organismos benéficos, eliminando relações mutualísticas, criando portas para a entrada de organismos patogênicos de difícil controle, elevando assim os custos de produção (CARDOSO, 2016).

Dentre os diversos micro-organismos patogênicos de solo, nematoides vêm ganhando uma forte expressão na cafeicultura nacional devido aos prejuízos a médio e longo prazo, e seu difícil controle (FERRAZ, 2016).

Nematoides são organismos microscópios de fácil disseminação e difícil controle, sua população cresce de forma geométrica em condições ambientais favoráveis, e com a presença de um hospedeiro suscetível. Estes, já instalados no solo, buscam as raízes das plantas hospedeiras e começam a colonizar a área (GUIMARÃES, 2010). O plantio de culturas suscetíveis favorece a multiplicação dos nematoides, que irão instalar nas raízes e iniciar sítios de alimentação. A absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas é impedida, refletindo negativamente na qualidade e produtividade da cultura (ALVES, 2019).

O uso de nematicidas químicos eleva os custos de produção, além de não ser totalmente efetivo, sendo necessárias diversas aplicações para obter um controle desejável. Estes produtos possuem moléculas altamente tóxicas e persistentes no solo, exterminando os organismos benéficos e os inimigos naturais dos nematoides (ALBUQUERQUE, 2010; VILLAIN, 2010). Assim, o uso de cultivares resistentes tem sido considerado o método mais eficiente entre as diversas técnicas de manejo dos nematoides parasitos do cafeeiro, por ser econômico e ambientalmente seguro (BERTRAND; ANTHONY, 2008).

2.1 NEMATOIDES DAS GALHAS

As espécies de nematoides mais temidas pelos cafeicultores brasileiros estão no gênero *Meloidogyne*, pois, além de provocarem diversos danos à planta hospedeira, possuem uma grande gama de hospedeiros, afetando diversas plantas de interesse agrícola (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2001). Das dezoito espécies de *Meloidogyne* relatadas como

patógenos de cafeeiros em diversas partes do mundo, seis ocorrem no Brasil (CARNEIRO; COFCEWICZ, 2008; LOPEZ-LIMA, 2014). Porém, para cultura do cafeeiro, as mais prejudiciais são *M. exigua Goeldi*, 1887, pela ampla distribuição geográfica, e *M. paranaensis* Carneiro, Abrantes, Santos, Almeida, 1996 e *M. incognita* Kofoid; White, 1919; Chitwood, 1949, pela intensidade dos danos que causam (GONÇALVES, 2004)

A redução na produção de café estimada pelo parasitismo dos fitonematoides chega a 20%, e desse total as espécies de *Meloidogyne* são responsáveis por aproximadamente 75% (LORDELLO, 1976; 1984). Sendo que as perdas em decorrência da presença da espécie *M. paranaensis* em áreas tradicionais de café podem chegar a 50% da produção (CARNEIRO, 1996).

Lordello (1984) cita os principais sintomas causados por *Meloidogyne* spp. ao sistema radicular do cafeeiro incluindo galhas, fendilhamentos e escamações nos tecidos corticais, que chegam a causar total desorganização deste tecido, podendo ocorrer redução do sistema radicular. Na parte aérea, os sintomas incluem declínio, desfolha e clorose. Dependendo das condições climáticas locais, a planta infectada pode definhando e morrer.

As deformações radiculares, conhecidas como galhas, resultam de hipertrofia e hiperplasia de células afetadas pelas “secreções” produzidas pelas glândulas esofagianas dorsais dos nematoides. Outros sintomas são: o descolamento do córtex, a paralisação do crescimento da ponta da raiz e as rachaduras (ZINGER, 2015). No campo observa-se murcha das plantas durante as horas mais quentes do dia, declínio vagaroso, queda prematura das folhas, queda na produção e sintomas de deficiências de minerais (BRASS et al., 2008).

2.2 CICLO BIOLÓGICO DO NEMATOIDE

O nematoide apresenta ciclo curto, são 28 dias do início do primeiro estágio até sua morte. O primeiro estágio (J1) é marcado pelo desenvolvimento embrionário, esse ainda dentro do ovo passa pela primeira ecdise (J2), permanecendo no ovo até a eclosão. O único estágio móvel de nematoide das galhas é o J2 que também é o estágio infectivo, por isso após a eclosão o juvenil percorre no solo em busca de um hospedeiro. Um teor de umidade do solo (água livre no solo) é necessário para a movimentação do nematoide, que consegue mover até a raiz do hospedeiro. Uma característica que difere os fitonematoides dos demais e a presença de um estile em seu aparelho bucal, é essa estrutura que permite a penetração nas raízes do cafeeiro e inicia o parasitismo. Uma vez no interior da raiz, o J2 migra pelo córtex até o cilindro central, onde estabelece o sítio de alimentação, tornando-se sedentário. Nesse local, passa por mais duas

ecdises que o levam a se transformar em dois sucessivos estágios juvenis, o juvenil de terceiro estágio (J3) e o juvenil de quarto estágio (J4), até atingir o estágio adulto (LIMA, 2015).

Em condições favoráveis ao desenvolvimento do nematoide (solo, umidade e temperatura) o J4 passa pela quarta ecdise, se tornando fêmea que, em geral, se reproduz por partenogênese (CASTAGNONE, 2006). Em ambiente desfavorável, como por exemplo, raízes com excesso de fêmeas, o nematoide se converte em macho (reversão sexual), não permanece no sistema radicular, é de vida livre e não se alimenta, permanecendo no solo até morrer. (LIMA, 2015). As fêmeas sedentárias, piriformes produzem centenas de ovos (± 500) e permanecem internamente nas raízes da planta hospedeira (LORDELLO, 1986).

2.3 CONTROLE DE FITONEMATOIDES

O controle de nematoides é difícil de ser realizado e sua erradicação é praticamente impossível em áreas infestadas (GONÇALVES; SILVAROLLA 2007). Pouco se conhece sobre os níveis de danos relacionados à maioria dos nematoides, porém, sabe-se que o nível populacional da espécie do nematoide, a suscetibilidade da variedade utilizada, o tipo de solo e as condições climáticas determinam esse nível (RITZINGER; COSTA, 2004).

Tihohod (1993), afirma que é de fundamental importância o conhecimento do momento adequado para implantação de qualquer medida de controle. O ideal é manipular a população do nematoide para mantê-la abaixo do limiar de dano econômico, definido como a intensidade de doença na qual o benefício do controle iguala-se ao seu custo (CAMPOS, 1999).

Meloidogyne exigua é a espécie menos agressiva entre os nematoides das galhas, geralmente ocorre em todas as principais regiões produtoras de café, seus sintomas podem passar despercebidos nos primeiros dois anos produtivos, com diminuição da produtividade nas safras seguintes. Em cafezais infestados com *M.exigua* é possível realizar o manejo utilizando algumas práticas como químico, cultural, controle biológico, e com o emprego da adubação orgânica, aumentando a biota do solo. Assim consegue-se manter um nível populacional que não interfira na produtividade.

Meloidogyne paranaensis é altamente agressivo ao cafeeiro e constitui-se numa espécie limitante à implantação de lavoura cafeeira em áreas infestadas e à manutenção daquelas já instaladas (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

Carneiro (2013), estudando o efeito da utilização de três medidas de controle em cafezal infestado com *M. paranaensis* (sucessão de culturas - aveia preta/amendoim/mucuna cinza; resistência genética - Icatu H4782-7-925 e controle biológico- *Pasteuria penetrans*), constatou

que a sucessão de culturas foi altamente eficiente (> 90% de controle) na redução das populações do nematoide nas áreas experimentais. A sucessão de culturas foi eficiente nos três primeiros anos e a variedade Icatu embora tenha apresentado segregação para a resistência, foi o único tratamento que se manteve eficiente até seis anos após o plantio. A bactéria desapareceu completamente da área tratada, dois anos após o plantio não exercendo nenhum controle.

Outra forma de controle dos fitonematoides é o uso de cultivares resistentes, ou seja, o emprego do melhoramento genético para desenvolver plantas com características agronômicas desejáveis e que tenham potencial de reagir a penetração pelo patógeno, impedindo que ele se multiplique. LUC; REVERSAT, (1985) já citava a resistência genética como a forma mais eficiente de controle de pragas e doenças por tratar-se de uma tecnologia econômica, não poluente e que, geralmente, não demanda mudanças nas práticas culturais.

A resistência da planta impede que o nematoide se desenvolva, conduzindo a baixas taxas de reprodução. Consequentemente, além do parasita não causar dano à cultura, o uso de resistência leva também à redução da densidade populacional do nematoide no solo, sendo eficiente meio de controle (ZINGER, 2015).

Fontes de resistência a *Meloidogyne* estão presentes especialmente nas espécies diploides de *Coffea* (FATOBENE, 2014), sendo encontrada naturalmente em plantas de *Coffea canephora*. Estudos comprovaram a rusticidade do sistema radicular de plantas dessa espécie, sendo muito utilizada como porta enxerto resistente.

Com a descoberta do Híbrido do Timor (cruzamento natural entre as espécies *C. arabica* e *C. canephora*) foi constatado que o mesmo possuía resistência a nematoides do gênero *Meloidogyne*, e essa resistência era oriunda do *C. canephora* (LIMA, 2015). A partir dessa descoberta os programas de melhoramento desenvolveram as primeiras cultivares de café resistentes a nematoides, IAC 125, IAPAR 59, CATIGUÁ MG-3, abriram as portas para novos cruzamentos e constantes pesquisas para aumentar o portfólio de cultivares com características agronômicas desejáveis (rendimento, peneira, bebida, porte, vigor, pouco exigente em nutrição e água, além da resistência a *Hemileia vastatrix*).

A cultivar Apoatã IAC 2258 é muito utilizada como porta enxerto, por apresentar resistência a *M. exigua*, porém segrega na resistência as outras espécies de *Meloidogyne*.

Plantas de *C. arábica* portadores de genes de *C. canephora* como os derivados dos germoplasmas “Icatu”, “Sarchimor” e “Catimor” apresentam resistência a *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). Fontes de resistência a *M. paranaensis* foram também identificadas em cafeeiros silvestres de *C. arabica* originários da Etiópia (SILVAROLLA, 1998; ANZUETO, 2001; BOISSEAU, 2009). Esses cafeeiros

resistentes representam importante fonte de variabilidade para o desenvolvimento de novas cultivares, dada a maior facilidade de hibridação com as cultivares comerciais da espécie e a consequente transferência dos genes de resistência, assim como, à recuperação mais rápida dos caracteres agrônômicos do parental recorrente, contribuindo para abreviação do tempo e dos recursos investidos no melhoramento tradicional da espécie (FATOBENE, 2014).

2.4 RESISTÊNCIA MÚLTIPLA

Devido à ocorrência de populações mistas de espécies de *Meloidogyne* em regiões cafeeiras (CARNEIRO, 2005), a obtenção de cultivares com resistência múltipla às espécies de nematoides de galhas é de grande interesse do ponto de vista econômico por dispensar o uso de uma gama de cultivares com resistência específica, constituindo então uma tecnologia adequada, eficiente, com boa relação custo/benefício e não poluente (BERTRAND; ANTHONY, 2008).

Fontes de resistência aos nematoides de galhas são imprescindíveis ao programa de melhoramento genético de *Coffea* sp. para obtenção de cultivares resistentes. A reação de resistência de progênies de *Coffea arabica* derivados do germoplasma silvestre Anfilo a *M. paranaensis* foi verificada em diversos trabalhos entre os quais Salgado et al (2014); Santos et al. (2017) e Perez et al., 2017. Esses acessos carregam códigos genéticos que os capacitam a resistir ao ataque de uma das espécies mais agressivas de nematoides do cafeeiro, porém, ser resistente a uma determinada espécie não garante resistência à outra espécie menos agressiva, mesmo que ambas pertençam ao mesmo gênero.

Estudos envolvendo a interação *Meloidogyne* x Hospedeiro demonstraram que a reação de hipersensibilidade (RH) é um dos principais mecanismos de defesa da planta ao patógeno, e que o nível de hipersensibilidade, tempo de sua ocorrência e o destino final do nematoide dependem da combinação patógeno/hospedeiro (CANTO-SAENZ; BRODIE, 1987; SILVA, 2013). Além disso, em algumas plantas resistentes pode não haver nutrientes suficientes ou outras substâncias essenciais para o estabelecimento do nematoide, o que resultaria na emigração e ou atraso do desenvolvimento do patógeno, sendo considerado um outro fator de resistência das plantas (HUANG, 1985). Assim, para haver resistência múltipla em uma cultivar, é necessário que a mesma expresse reações de hipersensibilidade que seja efetiva ao ataque que ambas espécies de nematoides.

Vários mecanismos de defesas são ativados ou produzidos por uma planta em resposta a uma condição adversa a ela. Essa reação sofre influência de fatores como tipo de solo, nutrição

da planta, fatores climáticos, e densidade populacional de nematoides no momento do ataque. Silva (2013), em seus estudos com *C. canephora* Apoatã IAC 2258 (resistente), constatou que a resistência da cultivar de café para *M. exigua* não é apenas devido à RH, como estudos anteriores sugerem. Um conjunto de respostas de defesa, que são tanto constitutivos e induzidos após a penetração do nematoide, inibe a formação do sítio de alimentação, provocando a emigração dos juvenis de segundo estágio (J2) ou a inibição do desenvolvimento e reprodução do nematoide.

A tabela 1 apresenta as principais Cultivares de *C. arábica* que apresentam resistência múltipla disponíveis no mercado são IPR 100 e o IPR 106 (portadoras de genes das espécies *Coffea liberica* Hiern. e *Coffea canephora*). A cultivar Apoatã IAC 2258 é a espécie *C. canephora* muito utilizada como porta-enxerto, apresenta resistência a *M. paranaensis* e *M. exigua*. Os anfilos da EPAMIG são progênies que ainda estão em testes para posterior lançamento como cultivares, porém, apresentam resistência a *M. paranaensis* e *M. incógnita* (SALGADO, 2014).

3 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação da Epamig-Sul, unidade Lavras MG situado na região sul do Estado de Minas Gerais. O município apresenta latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W Gr, e 918 m de altitude, o clima nessa região é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, e temperatura do mês mais quente maior que 22 °C (22,1 °C em fevereiro), com precipitação pluviométrica estima-se uma média anual de 1.530 mm (KÖPPEN, 2010; SILVA, 2013).

Foram avaliadas as progênies 20, 87, 40, 44 da Epamig, as quais se referem a diferentes plantas do cruzamento entre Catuaí Vermelho com diferentes planta e repetições do Anfilo da Etiópia, e a cultivar resistente IPR 100 (REZENDE et al., 2017), todos resistentes a *M. paranaensis* e a cultivar Mundo Novo IAC 379/19 suscetível ao gênero *Meloidogyne* (Tabela 1). As sementes utilizadas no experimento foram fornecidas pelo programa de melhoramento genético da EPAMIG- Lavras- MG, oriundas da colheita da safra 2018, as sementes foram selecionadas e somente utilizadas no semeio aquelas que apresentavam as características desejáveis por meio de seleção visual, descarte de grãos moca, quebrados, brocados.

Tabela 1. Identificação dos genótipos de *Coffea arabica* derivados do cruzamento da cultivar Catuaí Vermelho (C.V) x Anfilo resistentes a *Meloidogyne paranaensis*.

Genótipo	Geração	Acesso BAG EPAMIG
20	F ₅	C.V. x Anfilo 2161 pl.1 R1
87	F ₅	C.V. x Anfilo 2161 pl.1 R1
40	F ₅	C.V. x Anfilo 2161 pl.3 R1
44	F ₅	C.V. x Anfilo 2474 pl.1 R2
IPR 100	-	IPR 100
MN	-	Mundo Novo 379-19

Para a realização do semeio primeiramente toda a areia foi esterilizada em autoclave a 120° C em 1 atm por uma hora, após 24 horas o procedimento foi repetido. A areia permaneceu por um período de 3 dias em repouso para liberação total dos gases que se formam dentro do conteúdo do saco e areia no processo de autoclavagem, logo após a areia foi colocada em caixas de madeiras (previamente furadas no fundo para drenagem do excesso de água da irrigação), e colocadas sobre uma bancada de tela com sistema de irrigação por gotejamento automatizado com dois turnos de rega de 1 minuto cada (1° as 09h am, 2° as 16h pm), (Figura 1. A). O semeio ocorreu no 7° dia após a esterilização da areia, utilizando as sementes selecionadas e identificados cada genótipo em cada caixa, sendo que todo o trabalho foi realizando dentro de casa de vegetação. Após 90 dias da semeadura, em estágio de orelha de onça, as mudas foram transplantadas para recipientes plástico de 1litro (Figura 1. B) e permaneceram por mais 90 dias.

Aos 6 meses de idade as mudas foram transferidas para vasos de 5 litros (Figura 1. C), contendo mistura de solo/areia. Solo e areia foram esterilizados a 120 ° C em 1 atm por uma hora, após 24 horas, esse procedimento foi repetido. Através de tratamentos preventivos, como a esterilização, objetiva-se eliminar a presença de inóculo de patógenos e sementes de plantas daninhas, e assim proporcionar melhores condições para o desenvolvimento das mudas. Nessa mistura continha uma proporção de 300 litros de solo e 200 litros de areia, foi adicionados no final do processo de esterilização, 1,5 kg de Super Simples e 0,5kg de Cloreto de Potássio. Ao longo do desenvolvimento do experimento foram realizados os monitoramentos e controles da temperatura dentro da casa de vegetação e do fornecimento da água da irrigação, mantendo a temperatura a 25°C e dois turnos de rega de 1 minuto cada (1° as 09h am, 2° as 16h pm).

Figura 1: Visão da germinação em caixa de areia (A); Mudas de café transplantadas para recipientes de 1 litro sob irrigação por aspersão (B); Mudas de 6 meses inoculadas em vasos de 5 litros (C).



Fonte: autora, 2018

3.1 PREPARO E MULTIPLICAÇÃO DO INÓCULO DO NEMATOIDE

O inóculo utilizado no experimento foi fornecido pelo banco de multiplicação de inóculos do gênero *Meloidogyne* da EPAMIG -Lavras-MG, onde foram coletadas 5 raízes do *Coffea arábica* Catuai 62 (suscetível a *Meloidogyne spp* e que favorece a multiplicação dos nematoides em suas raízes) que continham isolados de *M. exigua*. (Figura 3. D). A extração do

inoculo foi realizada pelo método de Hussey & Baker (1973) modificado por Bonetti & Ferraz (1981).

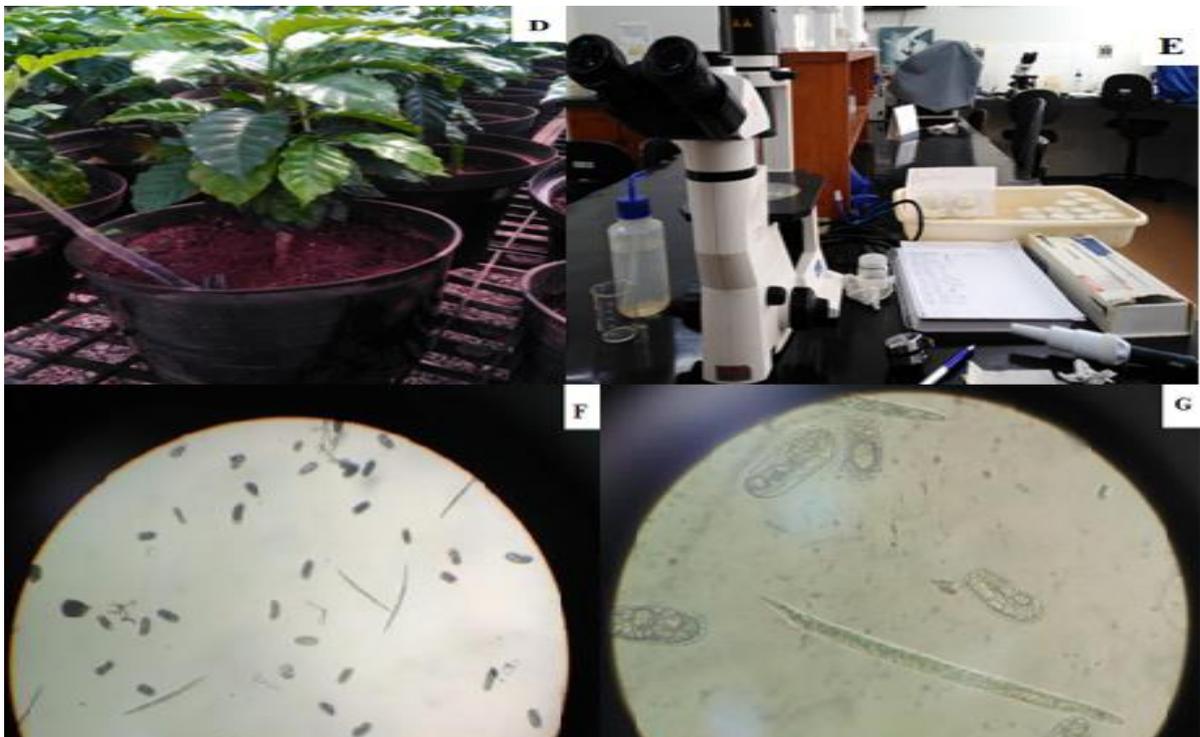
3.2 INOCULAÇÃO

Após a extração, uma alíquota de 1ml da amostra foi coletada e vertida na câmara de Peters, onde sob microscópio de luz invertida foi realizada a contagem do número de ovos e J2 da amostra (Figura 2 (E, F, G)).

A inoculação ocorreu quando as mudas tinham 6 meses, onde foram inoculadas com 6000 ovos e J2 de *M. exigua*, as cultivares Mundo Novo IAC 379-19 e IPR 100 foram utilizadas como controles suscetível, e controle resistente respectivamente.

A suspensão do inoculo de nematoide foi calibrada previamente para que cada 1 ml de amostra contenha 1500 ovos e juvenis de 2° estágio. A inoculação foi realizada no período da manhã em horário com temperaturas amenas, a irrigação foi desligada para evitar que o solo estivesse muito úmido e assim fossem perdidos ovos e juvenis por lixiviação.

Figura 2: Mudas de Catuaí 62 contendo o inoculo de nematoide (D); Observação em microscópio de luz invertida (E); Ovos e juvenis de 2° estágio em amostra do conteúdo da extração (F, G).



Fonte: autora, 2018

O procedimento de inoculação foi feito em vasos que continham as mudas de café (mistura de solo+ areia), foram feitos quatro orifícios uniformemente espaçados entre si e com uma distância de 3 cm do caule da planta. Com uma pipeta, foi depositado 1 ml da suspensão concentrada em cada orifício (sempre homogeneizando a suspensão de ovos antes de cada pipetagem). Após a inoculação os orifícios foram cobertos com solo para evitar o ressecamento dos ovos. A irrigação por microaspersão foi acionada 24 horas após a inoculação.

3.3 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AOS NEMATÓIDES

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com nove repetições e uma planta por parcela. A avaliação foi realizada 6 meses após a inoculação, cada planta foi retirada do vaso, cortada a parte aérea, o sistema radicular também foi removido do recipiente, separando o solo sem danificar ou perder raízes. As raízes foram lavadas em água corrente para remoção do excesso de solo, e colocadas sobre papel toalha para retirada do excesso de água. Em seguida foi realizada a contagem do número de galhas de cada raiz, e feita avaliação por meio do índice de galhas de TAYLOR; SASSER (1978) (Tabela 2).

Tabela 2- Escala para avaliação de índice de Galhas e Massas de ovos (Taylor; Sasser, 1978).

ÍNDICE	Nº DE GALHAS E MASSA DE OVOS
0	0
1	1-2
2	3-10
3	11-30
4	31-100
5	>100

Fonte: Tihohod, 1993.

As raízes foram pesadas individualmente para determinação da Massa Fresca da Raiz (MFR), e logo em seguida realizou-se a extração dos ovos e juvenis utilizando o método de Hussey & Baker (1973), assim foram calculados a População Final (PF), número de ovos+J2 por grama de raiz (NO+J2/g) e Fator de Reprodução (FR) onde $FR = \text{População final} / \text{Nº de ovos e J2 inoculados}$.

O fator de reprodução do nematoide nos diferentes tratamentos foram calculados conforme a equação: $FR = \text{População final} / \text{População inicial}$). Os genótipos foram classificados

como: resistentes (R) com $FR < 1,00$; imunes (I) com $FR = 0,00$; suscetíveis (S) com $FR > 1,00$, segundo Oostenbrink (1966).

Os dados de PF e NO+J2/g foram submetidos a análise de variância. Uma vez que a distribuição dos dados não apresentou normalidade, os dados foram transformados em $\log_{10}(x+1)$ e as médias comparadas pelo teste Scott–Knott ($p < 0.05$).

. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das avaliações evidenciaram que entre os acessos analisados apenas o genótipo 40 apresentou Fator de Reprodução (FR) $< 1,0$ caracterizando ser portador de resistência múltipla a *M. paranaensis* e *M. exigua* (Tabela 3). Comparando os dados de todos os genótipos da EPAMIG, os tratamentos 40 e 44 apresentaram menores valores de população final de nematoides (PF) e número de ovos por grama de raiz (NO/g raiz) não diferindo estatisticamente nestas avaliações, porém quando comparados os valores do fator de reprodução apenas o genótipo 40 apresentou índice para resistência (Tabela 3).

Tabela 3: Resposta dos genótipos de *Coffea arabica* derivados do cruzamento da cultivar Catuaí Vermelho x Anfilo, IPR 100 e Mundo Novo (MN) quando inoculados com *Meloidogyne exigua*.

Tratamentos	PF	NO+J2/g raiz	FR
20	36935,4 a	479,8 a	6,1
87	20153,6 a	289,1 a	3,3
40	4600,0 b	123,4 b	0,8
44	8812,5 b	216,9 b	1,4
IPR 100 ¹	2583,0 b	47,1 b	0,4
MN ²	19831,4 a	346,4 a	3,3

¹ Controle resistente IPR 100; ² Controle suscetível Mundo Novo IAC 379-19; Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. PF: população final de nematoides; NO=J2/g raiz: número de ovos por grama de raiz; FR: fator de reprodução.

Como esperado, a cultivar suscetível Mundo Novo 379-19 exibiu altos índices de galhas, número de ovos por grama de raiz e alto valor de fator reprodução do nematoide (FR). A cultivar IPR 100 manteve FR de planta resistente ($FR < 1,00$). Comparando os resultados do genótipo 40 da Epamig com o IPR 100 observou-se semelhança estatística para os índices de PF e NO+J2/g raiz (Tabela 3).

Analisando a População Final (PF) com o número de ovos e J2 que foram inoculados por planta (6000 Ovos+J2), apenas o IPR 100 e o genótipo 40 apresentaram baixa PF em relação a quantidade de Ovos+J2 que foi inoculado. Neste estudo o genótipo promissor foi o 40 mantendo-se em equilíbrio mesmo com a penetração e instalação do sítio de alimentação em

suas raízes pelos nematoides. Este genótipo induz a ativação de mecanismos de resistência, impedindo que os nematoides consigam se reproduzir (ALVES, 2019). Sem o processo reprodutivo os nematoides saem das raízes da planta hospedeira e migram para o solo até encontrarem outro hospedeiro ou morrem, reduzindo assim a densidade populacional de fitonematoídeos no solo. É o que salienta Williamson (1996), resistência à espécies de *Meloidogyne*, não protege a planta da invasão pelo nematoíde, mas impede seu estabelecimento, provocando falha na produção de um sítio de alimentação funcional, necessário ao desenvolvimento desse patógeno.

Andreazi (2013), avaliando cultivares resistentes também obteve resultados de $FR < 1$, com densidades de inoculação entre 0; 500; 1500; 3000; 5000; e 8000 ovos.cm⁻³, demonstrando que mesmo com a inoculação de uma quantidade menor ou maior de ovos por unidade experimental o gene de resistência será expresso em sua totalidade. Isso demonstra o poder infectivo do gênero *Meloidogyne* sobre plantas suscetíveis, sendo um patógeno de fácil dispersão nas áreas de cultivo, podendo ser carregado de áreas infectadas para outras áreas em solo aderido em máquinas e implementos. Barbosa (2004), relatou o poder dispersivo do *M. exigua* em seu trabalho avaliando a produtividade de café (sacas de 60 kg/há) de progênies da Epamig e de algumas cultivares comercial, relatou que a partir de 3 J2/100 cm³ de solo, em cinco anos uma lavoura de café pode reduzir sua produção a 45%. Resende (2013), avaliando progênies da Epamig e cultivares comercial, constatou a redução de produção de 23, 12% em duas safras em cafeeiro instalado em área infectada com *M. exigua*.

Tabela 4: Resumo da análise de variância da Massa Fresca da Raiz (MFR), e Índice de Galhas (IG) após 9 meses de inoculação com nematoides *Meloidogyne exigua*.

FV	GL	QM
MFR	4	1586.436469 *
Erro	49	215.221091
Total	53	
CV (%)		29
IG	4	3.408688*
Erro	44	0.627967
Total	48	
CV (%)		25.38

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; * : significativo a 5 % pelo teste F.

Em relação a MFR foi observado que todos os genótipos da EPAMIG apresentaram excelente desenvolvimento do sistema radicular mesmo sob ataque dos nematoides (Tabelas 4 e 5). Quando observados os valores de MFR e Índice de galhas (IG) percebe-se que apenas o genótipo 40 obteve o menor índice de MFR e IG, aproximando seu índice de galha ao do IPR 100 (Tabela 5).

Tabela 5: Valores médios massa de matéria fresca da raiz (MFR), e médias das avaliações das raízes considerando o IG= Índice de galhas/ovos (Taylor & Sasser, 1978) após 6 meses de inoculação.

Tratamentos	MFR	IG
40	33,8877 a	2,44 a
44	41,8600 b	3,87 b
IPR100	47,7477 b	2,33 a
MN	52,8066 b	4,00 b
20	61,2600 c	3,55 b
87	65,9477 c	3,66 b

² Controle suscetível Mundo Novo IAC 376-4; ¹ Controle resistente IPR 100; Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Scott- knott a 5 % de probabilidade.

A avaliação da Massa Fresca da Raiz (MFR) é uma medida importante para efeito de comparação entre diversos itens, principalmente comparações entre o índice de galhas (IG). Relacionando IG e MFR, constatamos que o genótipo 40 e o IPR 100 apresentaram um menor peso fresco de raiz, menor Índice de galhas e menor população final, evidenciando um menor desenvolvimento do sistema radicular em condições de casa de vegetação, essa avaliação descreve a reação da planta sob condição de favoráveis (temperatura e umidade) ao desenvolvimento de ambos planta/patógeno. Assim, a importância de experimentos em campo para avaliar desenvolvimento do sistema radicular e a expressão de características agrônomicas desejáveis. Moura (1997), ressalta que somente a avaliação da presença e do número de galhas não deve ser considerada isoladamente na avaliação da resistência, pois plantas resistentes podem formar galhas na presença de poucos nematoides e plantas suscetíveis podem não produzir galhas.

O genótipo 44 mesmo não alcançando fator para resistência percebe-se que é um promissor acesso a ser usado em novos cruzamentos, apresentando valores de PF, MFR e NO/g raiz menores que o da cultivar suscetível Mundo Novo. Este genótipo foi selecionado em campo pelo programa de melhoramento da EPAMIG (Geração F5) para resistência a espécie *Meloidogyne paranaenses*, e continua sendo utilizado em novos trabalhos de melhoramento da empresa. O FR irá informar sobre a capacidade da planta em não deixar o nematoide se reproduzir em seu interior, assim tem-se dados de resistência e isso não pode ser confundido

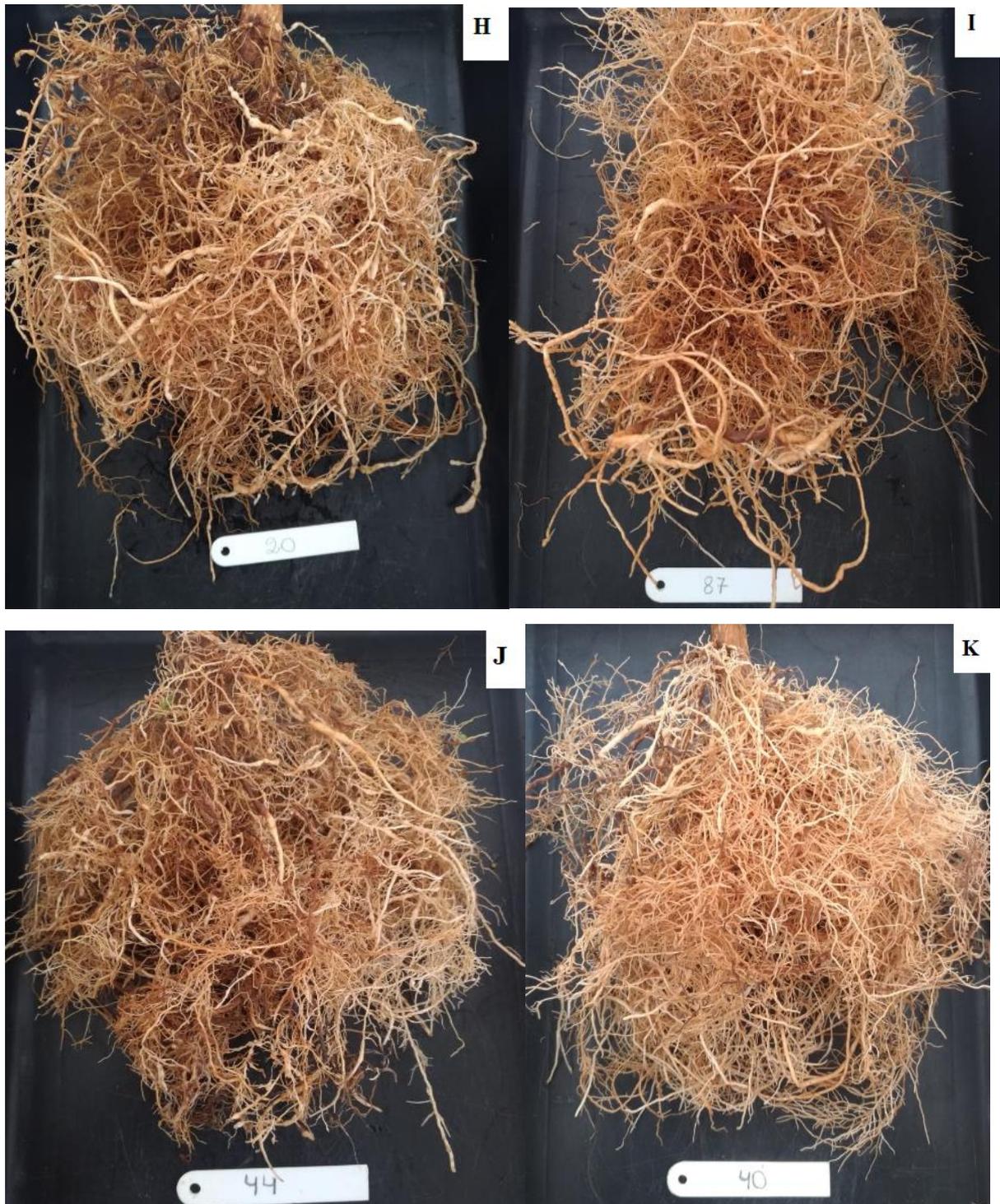
com tolerância (FERRAZ, 2016). Resende (2013), propõe uma classificação do comportamento do cafeeiro envolvendo a reação da planta ao patógeno e o contraste dessa interferência nas características agronômicas. Nessa classificação vemos o uso do termo tolerante, que são plantas que suportam as ações parasitárias do nematoide, sem danos significativos na produção.

A tolerância ao dano é independente da resistência e diz respeito à habilidade de uma dada planta hospedeira em compensar ou recuperar-se dos efeitos adversos de ataque por determinado nematoide (TRUDGILL, 1991). Isso comprova a importância de se avaliar todo o comportamento da planta sob a condição de estresse, observando desenvolvimento e sua tolerância durante todo o período de avaliação. A partir do trabalho de Resende (2013) vemos a possibilidade de testes com o genótipo 44 em campo, pois, o mesmo apresentou características pós infectivas que o permitiu não alcançar os mesmos índices da cultivar suscetível Mundo Novo. Confirmando, Silva (2001) em que, plantas tolerantes a certas espécies de nematoides sofrem pouca ou nenhuma injúria, mesmo sob alta infecção, enquanto, plantas intolerantes por sua vez sofrem danos severos.

A cultivar IPR 100 que é resistente a *M. paranaenses* (dados não publicados), neste trabalho também apresentou resistência a *M. exigua*. Todos os genótipos da Epamig avaliados são comprovados resistentes a *M. paranaensis* em campo e em casa de vegetação (dados não publicados). Os genótipos 20, 44 e 87 não apresentaram resistência a *M. exigua* e seu uso em áreas com misturas de nematoides não são indicados de acordo com o fator de reprodução (FR).

Os resultados desse trabalho evidenciam a importância do correto diagnóstico da espécie de nematoide que ocorre isolada ou em mistura na lavoura, assim como do portfólio de cultivares ou genótipos resistentes a esta espécie. A constatação dessa resposta diferenciada de cafeeiros aos nematoides de galhas adverte sobre a importância do conhecimento da resposta dos cafeeiros às espécies de *Meloidogyne* spp para futura recomendação como cultivar e plantio na renovação de lavouras.

Figura 3: Raízes dos genótipos da EPAMIG: genótipos 44 (J) e 40 (K); genótipos 87 (I) e 20 (H).



Fonte: autora, 2018

4 CONCLUSÃO

Apenas o genótipo 40 pode ser considerado resistente a *M. exigua* de acordo com o FR. Os genótipos 20, 87 e 44 apresentaram suscetibilidade a *M. exigua*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, Erika. V. S. *et al.* **Resistance to *Meloidogyne incognita* expresses a hypersensitive-like response in *Coffea arabica*.** European Journal Plant Pathology, London, v. 127, p. 365-373, 2010.
- ANDREAZI, Eder. *et al.* **Resistência ao Nematóide *Meloidogyne Paranaensis* das Cultivares De Café Ipr 100 e Apotã Iac 2258 em Diferentes Níveis de Inóculo.** VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Salvador – BA. 2013.
- ANZUETO, Francisco. *et al* **Resistance to *Meloidogyne incognita* in Ethiopian *Coffea arabica* accessions.** Euphytica 118:1-8, 2001.
- ALVES, Paula S. *et al.* **Respostas precoces e tardias caracterizam a resistência derivada do germoplasma selvagem etíope ‘Amphillo’ de *Coffea arabica* a *Meloidogyne paranaensis*.** Nematology, [S.I.], v. 21, n. 8, pág. 793-804, julho de 2019.
- BARBOSA, Dimmy.H.S.G . *et al.* Estimativas de campo das perdas e limiares de danos do café por *Meloidogyne exigua*. Nematologia Brasileira, v.28, p.49-54, 2004.
- BERTRAND, Benoit, *et al.* **Genetics of resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and breeding.** In: Souza RM (Ed.) Plant-Parasitic Nematodes of Coffee. Dordrecht, NL. Springer Science+Business. pp.165-190, 2008.
- BOISSEAU, Marc. *et al.* **Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*.** Tropical Plant Pathology 34:38-41, 2009.
- BONETI, J.I.S. e FERRAZ, S. **Modificação do método Hussey &Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro.** Fitopatologia Brasileira, 6: 553, 1981.
- BRASS, Fábio. E. B. *et al.* **Aspectos biológicos do *Meloidogyne* spp. relevantes à cultura de café.** Revista Científica Eletônica de Agronomia. n. 14, 2008.
- CAMPOS, Vicente. P. **Manejo de doenças causadas por fitonematóides.** Curso de pós-graduação à distância: Manejo de doenças de plantas. Editora UFLA/FAEPE, UFLA, 120 p. 1999.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo.** Piracicaba: ESALQ, 2016.
- CAMPOS, Vicente. P. *et al.* **Management of *Meloidogyne* spp. in Coffee Plantations.** In: SOUZA, R.M. (Ed). Plant-Parasitic Nematodes of Coffee. 1 ed. USA: APS Press & Springer, v.1, p.149-164, 2008.
- CAMPOS, Vicente. P. *et al.* **Nematodes parasites of coffee and cocoa.** In: LUC, M., R.A. SIKORA & J. BRIDGE (ed). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. 2nd ed. CAB International, London (UK), p. 529-579.
- CANTO, Saenz, M.; BRODIE, B. D. **Comparison of compatible and incompatible potato to *Meloidogyne incognita*.** Journal of Nematology, n. 19, p.218-221, 1987.

CARNEIRO, Regina. G. *et al.* **Manejo integrado de *Meloidogyne paranaensis* utilizando sucessão de culturas, resistência genética e controle biológico.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 296. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 20013.

CARNEIRO, Regina, M. D.G. **Reação de progênes de café Icatu a *Meloidogyne incognita* raça 2, em condições de campo.** Nematologia Brasileira 19:53-59, 1995.

CARNEIRO, Regina, M. D.G. *et al.* **Identificação e Caracterização de *Meloidogyne spp.* em cafeeiro nos Estados de São Paulo e Minas Gerais através dos fenótipos das esterases e Scar-PCR-Multiplex.** Nematologia Brasileira 29:33-241, 2005.

CARNEIRO, Regina, M. D.G. *et al.* ***Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae), a root-knot nematode paraziting coffee in Brazil.** Journal of Nematology 28:177-189, 1996.

CARNEIRO, Regina, M. D.G; COFCEWICZ, Elis. T. **Taxonomy of coffee-parasitic root-knot nematodes, *Meloidogyne spp.*** In: Souza RM (Ed.) Plant-Parasitic Nematodes of Coffee. Dordrecht, NL. Springer Science+Business. pp.87-121, 2008.

CARVALHO, Alex. M. *et al.* **Caracterização de genótipos de *Coffea arabica* L. em área infestada pelo nematoide *Meloidogyne paranaensis*.** Coffee Science, Lavras, v. 12, n. 1, p. 1 - 8, jan./mar. 2017

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

CONTARATO, Cristiano. *et al.* **Resistência da variedade ‘Vitória INCAPER 8142’ de café conilon a *Meloidogyne exigua*.** In: 6º Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Anais... Vitória, BR. Consórcio Pesquisa Café, 2009.

FATOBENE, Barbhara. J. R. **Seleção de cafeeiros com resistência múltipla a nematoides do gênero *Meloidogyne*.** Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônômico de Campinas. 82 p. 2014.

FAZUOLI, Luiz. C. *et al.* **IAC 125 RN, CULTIVAR of *Coffea arabica* resistant to rust and to nematode *Meloidogyne exigua*.** In: ASIC 2012 International Conference on Coffee Science; ASIC San José Costa Rica, 2012 p. 857-861 CD ROM.

FERRAZ, Luiz.C.C.B.; Brown, D.J.F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância.** Manaus: norma editora, 2016.

GÖLDI, Emílio A. **Relatório sobre a moléstia do cafeeiro na província do Rio de Janeiro.** Arquivos do Museu Nacional. Vol. VIII. Imprensa Nacional. Rio de Janeiro-RJ. 1887.

GONÇALVES, Wallace.; SILVAROLLA, Maria.B. **A luta contra a doença causada pelos nematoides parasitos do cafeeiro.** O Agrônômico, v.59, p.54-56, 2007.

GONÇALVES Wallace, Ramiro, D. A; Gallo, Paulo. B; Giomo, G.S. **Manejo de nematóides na cultura do cafeeiro.** In: 10ª Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico – Café, Anais... Mococa, BR. Instituto Biológico. pp. 48-66, 2004.

GUIMARAES, Rubens. J; MENDES, Antônio.N.G.; Baliza, Danielle. P. **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas.** Lavras: Editora UFLA, 2010. 215 p.

HUANG, Jeng-sheng. **Formation, anatomy and physiology of giant cells induced by root-knot nematodes.** In: SASSER; C.C CARTER An Advanced Treatise on Meloidogyne, Vol.I Biology and Control. North Caroline State University. Raleigh, North Caroline, p.155-164, 1985.

HUSSEY RS, Barker, K. R. **A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique.** Plant Disease Reporter 57:1025-1028, 1973.

IAPAR (2012). **Café IPR 100** – cultivar de café arábica resistente ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/Sementes_e_Mudas/folder_ipr100_13_09_12.pdf. Acessado em 26 de outubro de 2019.

ITO, Dhalton.S.; Sera, G.H.; Sera, T.; Santiago, D.C.; Kanayama, F.S.; Grossi, L.D. **Progênies de café com resistência aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*.** Coffee Science. v.3, p.156-163, 2008.

JENKINS, W. R. **A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil.** Plant Disease Reporter 48:692, 1964.

KRZYZANOWSKI, Alaíde. A. *et al.* **Levantamento de espécies e raças de *Meloidogyne* em cafeeiros no Estado do Paraná.** Resumos, 2º. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Vitória ES. pp.1175-1181, 2001.

LIMA, Edriana. A. **Resistência múltipla de *coffea canephora* conilon a *meloidogyne* spp.: mecanismos e genes candidatos.** Tese (Doutorado em Fitopatologia). Universidade de Brasilia. 170p. 2015.

LOPEZ-Lima D. *et al.* **Corky-root symptoms for coffee in central Veracruz are linked to the root-knot nematode *Meloidogyne paranaensis*, a new report for Mexico.** European Journal of Plant Pathology 141:623-629, 2014.

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

LUC, Michel. *et al.* **Possibilités et limites des solutions génétiques aux affections provoquées par les nématodes sur les cultures tropicales.** Comptes redúz de l'Academie d'Agriculture de France (Paris), v.71, p.781-791, 1985.

MOURA, Romero. M. **O gênero *Meloidogyne* e a meloidoginose parte II.** Revisão Anual de Patologia de Plantas 5:281-315. 1997.

OOSTENBRINK, Michiel. **Major characteristics of the relation between nematodes and plants.** Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 66:1-46, 1966.

REZENDE, Ramiro. Machado. **Identificação e seleção em campo de progênes de cafeeiro resistentes ao *Meloidogyne exigua***. 2012. Dissertação (mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras- UFLA. 2012.

RITZINGER, Cecília. H. S. P.; COSTA D. C. **Nematóides e alternativas de manejo**. In.: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. O cultivo da bananeira. Embrapa. Cruz das Almas-BA. 2004.

SALGADO, Sônia. M. L.; REZENDE. Juliana. C. **Manejo de fitonematoides em cafeeiro**. In: Reis PR, Cunha RL (Eds.) Café Arábica: do Plantio à Colheita, Volume 1. Lavras, BR. EPAMIG. pp. 757-804, 2010.

SALGADO, Sônia. M. L. *et al.* **Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cafeeiros Iapar 59 e Catuaí**. Nematologia Brasileira, 26 (2): 205-207, 2002

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

SANTOS, Anderson. V. S. **Reação de cafeeiros (*Coffea canephora*) ao nematoide-das-galhas *Meloidogyne incognita* (est i2) sob condições controladas de inoculação**. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Universidade Federal do Amazonas. 119 p. 2017.

SERA, Tumoru. *et al.* **IAPAR 59: cultivar de café para plantio adensado**. Simpósio Internacional sobre Café Adensado, 1994, Anais... Londrina, BR. IAPAR. pp. 293-294, 1996.

SERA, Gustavo. *et al.* **Progênes de *Coffea arabica* IPR 100 resistentes ao nematoide *Meloidogyne paranaensis***. Bragantia, v.66, p.43-49, 2007.

SILVA, Rodrigo. V. *et al.* **Defense responses to *Meloidogyne exigua* in resistant coffee cultivar and non-host plant**. Tropical Plant Pathology, n.38 (2), p. 114-121, 2013.

SILVA, J. F. V. Resistência genética da soja a nematóides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V.; Mazaffera, P.; Carneiro, R. G.; Asmus, G. L.; Ferraz, L. C. C. B. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja, Sociedade de Nematologia, 2001. 127p.

SILVA, Rodrigo. V.; OLIVEIRA. Rosângela. D. L.; PEREIRA. Antônio. A.; SÊNI. Dalila. J. **Resposta de genótipos de *Coffea* spp. a diferentes populações de *Meloidogyne exigua***. Fitopatologia Brasileira 32:205-212, 2007.

SILVAROLLA, Maria. B.; GONÇALVES. Wallace. **Resistência do cafeeiro a nematoides. V – Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cafeeiros derivados da hibridação de *Coffea arabica* com *C. canephora***. Nematologia Brasileira 22:51-59, 1998.

TAYLOR, A.L., SASSER, J.N. **Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.)**. Coop. Publ. Dep. Plant. Pathol., North Carolina State University Graphics Raleigh. 111 p., 1978.

TIHOHOD, Dimitry. **Nematologia agrícola aplicada**. FUNEP, 372 p. 1993.

TRUDGILL, David. L. **Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants.** Annual Review of Phytopatology, v. 29, n. 1, p. 167-192, 1991.

VILLAIN, L. **A high-throughput method for early screening of coffee (*Coffea* spp.) genotypes for resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.).** European Journal of Plant Pathology, London, v. 128, p. 451-458, 2010.

WILLIAMSON, Valerie. M.; Hussey, R. S. **Nematode pathogenesis and resistance in plants.** Plant Cell, n.8, pag.1735-1745, 1996.

ZINGER, Lilian.K.C.R. **Infectividade e danos causados por *Meloidogyne incognita* raça 1 em clones de *Coffea canephora*.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. 70p. 2015.