



**LETÍCIA MENDES PINHEIRO**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE CAFÉ  
ARÁBICA RESISTENTES AO NEMATOIDE *Meloidogyne  
exigua* NA REGIÃO DO CERRADO MINEIRO**

**LAVRAS-MG  
2021**

**LETÍCIA MENDES PINHEIRO**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE CAFÉ ARÁBICA  
RESISTENTES AO NEMATOIDE *Meloidogyne exigua* NA REGIÃO DO CERRADO  
MINEIRO**

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.

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho  
Orientador

Dr. André Dominghetti Ferreira  
Coorientador

Dra. Sônia Maria de Lima Salgado  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

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

Pinheiro, Letícia Mendes.

Desempenho agrônômico de progênies de café arábica  
resistentes ao nematoide *Meloidogyne exigua* na região do Cerrado  
Mineiro / Letícia Mendes Pinheiro. - 2021.

82 p. : il.

Orientador(a): Gladyston Rodrigues Carvalho.

Coorientador(a): André Dominghetti Ferreira, Sônia Maria de  
Lima Salgado.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica*. 2. Nematoide de galhas. 3. Híbrido de  
Timor. I. Carvalho, Gladyston Rodrigues. II. Ferreira, André  
Dominghetti. III. Salgado, Sônia Maria de Lima. IV. Título.

**LETÍCIA MENDES PINHEIRO**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE CAFÉ ARÁBICA  
RESISTENTES AO NEMATOIDE *Meloidogyne exigua* NA REGIÃO DO CERRADO  
MINEIRO**

**AGRONOMIC PERFORMANCE OF ARABICA COFFEE PROGENIES RESISTANT  
TO THE NEMATODE *Meloidogyne exigua* IN THE CERRADO MINEIRO REGION**

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 12 de julho de 2021.

Dr. Rubens José Guimarães

UFLA

Dr. João Paulo Felicori Carvalho

UNICERP

Dr. André Dominghetti Ferreira

EMBRAPA CAFÉ

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho  
Orientador

Dr. André Dominghetti Ferreira  
Coorientador

Dra. Sônia Maria de Lima Salgado  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

*Aos meus pais Maria Olimpia e Saulo, pelo amor, cuidado e incentivo.*

*Aos meus tios Lica e João, pelo carinho e acolhimento.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre olhar pela minha vida e me ensinar a confiar em Sua soberania.

Aos meus pais Maria Olimpia e Saulo, ao meu irmão Silas e à minha cunhada Nayara, pelo amor e apoio todos os dias.

Aos meus sobrinhos Pedro Filipe e Marina, pelo amor despertado antes mesmo de chegarem.

Aos meus tios Lica e João, pelo acolhimento e cuidado.

Ao meu namorado Elber, pelo amor e compreensão.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

À Universidade Federal de Lavras (Ufla), à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e ao Departamento de Agricultura, que por meio de seus professores e funcionários, me oportunizaram a realização do curso.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) pela oportunidade de condução de um dos experimentos.

Ao Jaime, Diego e funcionários do Campo Experimental da Epamig em Patrocínio-MG, pelo auxílio na condução do experimento.

Ao Sr. Paulo Veloso, proprietário da Fazenda Paraíso II em Carmo do Paranaíba-MG, e equipe de funcionários, pela ajuda na realização de um dos experimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos da discente e da bolsa de produtividade do orientador Gladyston Rodrigues Carvalho.

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 de recursos para a realização deste trabalho.

Ao orientador Gladyston Rodrigues Carvalho pela oportunidade, amizade, paciência e orientação.

Aos coorientadores André Dominghetti Ferreira e Sônia Maria de Lima Salgado pelo convívio, conselhos e ensinamentos.

Ao Dr. Vinícius Teixeira Andrade, pela ajuda nas análises estatísticas, interpretação dos resultados e contribuições.

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

Aos “Epamigos” de Lavras-MG e Patrocínio-MG, pela recepção, amizade, momentos de descontração e ajuda nas avaliações dos experimentos. Em especial os amigos Isaías, Vanessa, Silvana e Maria Gabriela.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

## RESUMO

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são atualmente um grande problema para a cafeicultura brasileira, devido à ampla distribuição da espécie *M. exigua* em áreas cafeeiras e à agressividade das espécies *M. paranaensis* e *M. incognita*. O controle dos nematoides é complexo, e a fim de manter os níveis de produtividade e garantir a longevidade das lavouras, o plantio de cultivares resistentes passou a ser uma importante estratégia de manejo. Objetivou-se com este trabalho encontrar progênies de *C. arabica* resistentes ao nematoide *M. exigua* e com características agronômicas superiores. Foram instalados dois experimentos na região do cerrado mineiro, utilizando 34 progênies e as cultivares MGS Paraíso 2 e Catuaí Vermelho IAC 144 como testemunhas. As progênies têm origem no cruzamento entre cultivares do grupo Catuaí e Híbrido de Timor, e estão em fase final de seleção. Foram avaliados: produtividade (em sacas de café beneficiado ha<sup>-1</sup>), rendimento no beneficiamento, vigor vegetativo, porcentagem de frutos chochos, maturação, porcentagem de grãos chatos retidos na peneira 16 e acima, população dos nematoides no sistema radicular por número de ovos e juvenis grama de raiz<sup>-1</sup>, incidência e severidade de cercosporiose nas folhas e incidência de cercosporiose nos frutos. Os resultados permitiram concluir que as progênies 2, 12, 17, 18 e a cultivar MGS Paraíso 2 apresentaram comportamento superior nos Experimentos 1 e 2; as progênies 2, 12, 17 e 18 apresentaram produtividades semelhantes à do Catuaí Vermelho IAC 144, porém, com menor população de *M. exigua* no sistema radicular e que as progênies estudadas não apresentam potencial de seleção para cercosporiose.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Nematoide das galhas. Melhoramento. Híbrido de Timor.

## ABSTRACT

The nematodes from the genus *Meloidogyne* are a huge problem for Brazilian coffee crops, because of *M. exigua* wide distribution in coffee areas, and *M. paranaensis* and *M. incognita* aggressiveness. Nematode control is complex, and to ensure productivity levels and maintain longevity of crops, planting resistant cultivars has become an important management strategy. The aim of this work was to find *C. arabica* progenies that are resistant to *M. exigua* and present superior agronomic traits. Two experiments were installed in the cerrado mineiro region, using 34 progenies and the cultivars MGS Paraíso 2 and Catuaí Vermelho IAC 144 as controls. The progenies originate from the crossing between cultivars of the Catuaí group and the Timor Hybrid, and are in the final phase of selection. The productivity in bags of processed coffee ha<sup>-1</sup>, income of processed coffee, vegetative vigor, percentage of floating fruits, maturation, percentage of flat beans retained on sieve 16 and above, nematode population in the roots in number of eggs and juveniles gram of root<sup>-1</sup>, incidence and severity of brown eye spot on leaves and incidence of brown eye spot on fruits were evaluated. The results indicate that the progenies 2, 12, 17, 18 and the cultivar MGS Paraíso 2 showed superior behavior in Experiments 1 and 2; the progenies 2, 12, 17 and 18 had yields similar to that of Catuaí Vermelho IAC 144 but with a lower population of *M. exigua* in their roots and the studied progenies do not present selection potential for brown eye spot.

Keywords: *Coffea arabica*. Root knot nematodes. Breeding. Timor Hybrid.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tratamentos e descrição da genealogia das progênes avaliadas .....	30
Tabela 2 -	Análises de variância e coeficientes de variação das variáveis analisadas no Experimento 1 .....	38
Tabela 3 -	Produtividade média, rendimento no beneficiamento, maturação (V: verde; C: cereja; S: seco), frutos chochos, média de vigor vegetativo, grãos chatos retidos na peneira 16 e acima, população de <i>M. exigua</i> nas raízes (NOJGR: número de ovos e juvenis grama de raiz <sup>-1</sup> ) em 2021, incidência e severidade de cercosporiose em folhas e incidência de cercosporiose em frutos do Experimento 1 .....	39
Tabela 4 -	Redução da Reprodução e agrupamento das progênes quanto a resistência ao nematoide <i>M. exigua</i> no ano de 2021 no Experimento 1 .....	49
Tabela 5 -	Ranqueamento dos tratamentos segundo o Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978) do Experimento 1.....	56
Tabela 6 -	Análises de variância e coeficientes de variação das variáveis analisadas no Experimento 2 .....	58
Tabela 7 -	Produtividade média em sacas de café beneficiado ha <sup>-1</sup> , porcentagem de renda, maturação (V: verde; C: cereja; S: seco) e frutos chochos, grãos chatos retidos na peneira 16 e acima, incidência e severidade de cercosporiose em folhas e incidência de cercosporiose em frutos do Experimento 2.....	59
Tabela 8 -	Ranqueamento dos tratamentos segundo o Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978) do Experimento 2.....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Climograma de Carmo do Paranaíba-MG .....	31
Figura 2 - Climograma de Patrocínio-MG .....	32
Figura 3 - Número de ovos e juvenis grama de raiz <sup>-1</sup> de <i>M. exigua</i> nos anos de 2020 e 2021 no Experimento 1.....	51

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>A cafeicultura no Cerrado Mineiro .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Nematoides das galhas .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Distribuição geográfica e controle dos fitonematoides no cafeeiro.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Melhoramento genético visando resistência aos fitonematoides .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5</b>	<b>Cercosporiose .....</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Descrição do experimento .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Características avaliadas .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Características vegetativas.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.1.1</b>	<b>Vigor vegetativo .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Características reprodutivas .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2.1</b>	<b>Produtividade.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2.2</b>	<b>Rendimento no beneficiamento .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2.3</b>	<b>Maturação dos frutos .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.2.4</b>	<b>Porcentagem de frutos chochos .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2.5</b>	<b>Porcentagem de grãos retidos em peneira 16 e acima.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Características fitossanitárias .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.3.1</b>	<b>Cercosporiose .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.3.2</b>	<b>Nematoides das galhas .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Agrupamento da resistência .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Ranqueamento e seleção .....</b>	<b>36</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise estatísticas .....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>Experimento 1.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Produtividade.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Rendimento no beneficiamento .....</b>	<b>42</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Maturação dos frutos .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Porcentagem de frutos chochos .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Vigor vegetativo .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Porcentagem de grãos retidos em peneira 16 e acima.....</b>	<b>47</b>

4.1.7	Nematoides .....	48
4.1.8	Cercosporiose .....	54
4.1.8.1	Folha .....	54
4.1.8.2	Fruto .....	55
4.1.9	Ranqueamento e seleção .....	56
4.2	Experimento 2.....	57
4.2.1	Produtividade.....	61
4.2.2	Rendimento no beneficiamento .....	61
4.2.3	Maturação dos frutos .....	63
4.2.4	Porcentagem de frutos chochos .....	62
4.2.5	Porcentagem de grãos retidos em peneira 16 e acima.....	64
4.2.6	Cercosporiose .....	64
4.2.6.1	Folha .....	64
4.2.6.2	Fruto .....	65
4.2.7	Ranqueamento e seleção .....	66
4.3	Comentário geral .....	68
5	CONCLUSÕES.....	69
	REFERÊNCIAS .....	69

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. No país são cultivadas em nível comercial as espécies *Coffea arabica* L. e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner. A área total cultivada diminuiu nos últimos anos, entretanto, houve aumento de produtividade, devido ao uso de novas tecnologias nas lavouras (CONAB, 2021). Em 2020, o país atingiu recorde de produção, totalizando 63,07 milhões de sacas beneficiadas (CONAB, 2021).

Minas Gerais é o maior produtor nacional, respondendo por mais da metade do café produzido no país. O cultivo está concentrado nas regiões sul de Minas, cerrado mineiro, Zona da mata mineira e norte de Minas. A região do cerrado é marcada pela topografia plana, elevado uso de tecnologia e normalmente estabelecimentos comerciais de médio e grande porte. Em 2020, o cerrado respondeu por aproximadamente 17% da produção estadual (CONAB, 2021).

Mesmo com os avanços de novas tecnologias, fatores como variações climáticas, doenças, pragas e nutrição desequilibrada, podem reduzir o vigor e a produtividade das lavouras. Os nematoides, principalmente os do gênero *Meloidogyne*, são sérias ameaças à cafeicultura brasileira.

Os nematoides das galhas, como são comumente chamados, são parasitas de diversas culturas de importância comercial. O gênero abrange mais de 100 espécies, polífagas, que causam danos econômicos consideráveis no Brasil e no mundo. Dependendo da espécie na área, do nível de ataque e das condições ambientais, pode ocorrer destruição da lavoura (SALGADO *et al.*, 2011).

Na cultura do café as espécies *M. exigua*, *M. paranaensis* e *M. incognita* são as mais importantes (SALGADO *et al.*, 2011), sendo que *M. exigua* está disseminado por todas as regiões produtoras do país, o que agrava a situação. Além disso, apenas onze das 135 cultivares de café, registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) são resistentes ao *M. exigua*; somando-se a isso, ainda há o fato de que seis dessas cultivares não foram desenvolvidas para as condições da cafeicultura mineira.

Além dos nematoides, a cercosporiose atingiu importância considerável nos últimos anos, devido aos danos provocados nas folhas e frutos do cafeeiro. É causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* Berkeley e Cooke, sendo encontrada desde mudas até plantas adultas. Porém, mesmo diante da notabilidade alcançada, cultivares resistentes à doença ainda não existem.

O cenário atual de mudanças climáticas, além da demanda por altas produtividades, exige que as cultivares plantadas sejam vigorosas, além de associar resistência às principais

pragas e doenças (VENTURIN et al *et al.*, 2013). Assim objetiva-se com os programas de melhoramento a obtenção de cultivares que sejam superiores àquelas que foram lançadas anteriormente (RAMALHO *et al.*, 2012).

A busca por fontes de resistência é contínua, e muitos materiais genéticos foram e continuam sendo testados. Dentre eles, as populações derivadas do Híbrido de Timor têm sido muito exploradas, devido às boas características agronômicas apresentadas e por serem portadoras de genes de resistência a doenças importantes na cafeicultura (PEREIRA *et al.*, 2002).

Objetivou-se com este trabalho avaliar características agronômicas e de resistência ao *M. exigua* e à cercosporiose, de progênies oriundas do cruzamento entre o Híbrido de Timor e cultivares do grupo Catuaí, nas condições edafoclimáticas do cerrado mineiro.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cafeicultura no Cerrado Mineiro

A partir de 1970, a cafeicultura mineira passou a se destacar em relação a dos outros estados. Os fatores que permitiram a expansão e estabelecimento da cultura em Minas Gerais foram a adesão ao Plano de Revigoração dos Cafezais, sugerido pelo extinto Instituto Brasileiro do Café (IBC); a incidência de fortes geadas nas regiões tradicionalmente produtoras na época, principalmente Paraná e São Paulo e; a expansão da fronteira agrícola rumo ao Cerrado (CARNEIRO *et al.*, 2005; ORTEGA; JESUS, 2011; PELEGRINI; SIMÕES, 2011). Muitos produtores das regiões norte do Paraná e oeste de São Paulo, migraram para a região do cerrado, em decorrência das geadas (CARNEIRO *et al.*, 2005).

Com o objetivo de promover a exploração agrícola das regiões oeste e centro-oeste de Minas Gerais foram criados o Programa de Assentamento Dirigido ao Alto Paranaíba (PADAP), o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (Prodecer). Estes programas permitiram a consolidação da agricultura nessas áreas do estado (CARNEIRO *et al.*, 2005; ORTEGA *et al.*, 2014).

Destaca-se também que o Sistema Nacional de Crédito Rural financiou esse desenvolvimento agrícola (CARNEIRO *et al.*, 2005). Entretanto, apesar do crescimento gerado, os programas eram voltados para pessoas empreendedoras e com domínio de tecnologias produtivas. Famílias de outros estados se deslocaram para a região a fim de usufruírem dos benefícios oferecidos pelos programas. Muitos produtores locais não se encaixavam nos padrões da Revolução Verde e foram excluídos, se vendo obrigados a venderem suas terras e comprarem outras em locais menos valorizados (CARNEIRO *et al.*, 2005; PELEGRINI; SIMÕES, 2011; RABELO, 2019).

O padrão tecnológico da Revolução Verde se difundiu no cerrado por meio da correção e da adubação dos solos ácidos e naturalmente de baixa fertilidade, o plantio de cultivares adaptadas às condições da região e a mecanização das lavouras, favorecida pela topografia, possibilitaram o grande desenvolvimento agrícola (PELEGRINI; SIMÕES, 2011; ORTEGA *et al.*, 2014). Esse avanço acompanhou e permitiu o desenvolvimento industrial, principalmente de empresas de máquinas agropecuárias, produtoras de insumos e processadoras de produtos agropecuários (ORTEGA *et al.*, 2014).

O clima característico da região também favoreceu a implantação da cafeicultura. O verão quente e chuvoso favorece o crescimento e desenvolvimento dos frutos. O inverno ameno e seco coincide com a época de colheita, e é benéfico, pois a umidade reduzida diminui os riscos de fermentação indesejada e facilita o processo pós-colheita (FERNANDES *et al.*, 2012).

O estresse hídrico nos meses de agosto e setembro e início das chuvas na primavera permitem florada e maturação mais uniforme (CAMARGO; CAMARGO, 2001). O uso da irrigação também se disseminou, possibilitando o aumento da produtividade e da qualidade da bebida (FERNANDES *et al.*, 2012).

Em 1992, foi criado o Conselho das Associações dos Cafeicultores do Cerrado (Caccer), que, posteriormente, em 2010, passou a ser chamado de Federação dos Cafeicultores do Cerrado (ORTEGA; JESUS, 2011). Ainda em 1992 foi criada a marca ‘Café do Cerrado’, confirmada em 1998 pelo governo do estado. Em 2005, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) concedeu aos cafés produzidos na região do cerrado a indicação de procedência, sendo a primeira indicação geográfica de café reconhecida no mundo (AZEVEDO, 2018).

Em 2011 o nome foi alterado para ‘Café da Região do Cerrado Mineiro’ e, em 2013, a região foi a primeira produtora de café a conquistar a Denominação de Origem Região do Cerrado Mineiro (AZEVEDO, 2018; RABELO, 2019). Certificações que tratam de sustentabilidade da produção, qualidade da bebida e questões trabalhistas e sociais também são obtidas por cafeicultores da região, visando agregar valor ao produto, como Orgânico, Rain Forest Alliance (RA), Utz Certified (UC), Fair Trade (FT) e Certifica Minas (RABELO, 2019).

A cafeicultura do cerrado mineiro atualmente é conhecida pelos estabelecimentos de médio e grande porte, com elevado emprego de tecnologia, alta produtividade e qualidade de bebida (CHAGAS *et al.*, 1996; ALMEIDA; ZYLBERSZTAJN, 2017; AZEVEDO, 2018). O café da região normalmente apresenta aroma intenso com notas de chocolate, caramelo e nozes, acidez delicada, corpo moderado, sabor adocicado com finalização longa (BARBOSA *et al.*, 2009).

De acordo com levantamento da Conab (2021) as regiões do Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste de Minas (cerrado mineiro), produziram em 2020, aproximadamente 6 milhões de sacas de café arábica beneficiado, numa área em produção de 193,8 mil ha. A produtividade média da região foi de 30,96 sacas ha<sup>-1</sup> para o mesmo ano (CONAB, 2021). A primeira estimativa para 2021 é que a produção no cerrado fique entre 3,8 e 4,5 milhões de sacas, a produtividade fique entre 20,93 e 24,58 sacas ha<sup>-1</sup>, e a área em produção reduza 4,6% (CONAB, 2021).

## 2.2 Nematoides das galhas

Os nematoides do gênero *Meloidogyne*, comumente chamados de nematoides das galhas devido aos sintomas que provocam nas raízes das plantas, apresentam grande importância econômica mundial (TRUDGILL; BLOK, 2001). Esses organismos estão distribuídos no mundo todo, provocando danos em diversas culturas (JONES *et al.*, 2013). O gênero abrange mais de 100 espécies, sendo *Meloidogyne exigua* (GÖELDI, 1887), *M. incognita* (KOFOID; WHITE, 1919) Chitwood (1949) e *M. paranaensis* (CARNEIRO *et al.*, 1996) as mais importantes na cultura do café (LORDELLO, 1964; CARNEIRO *et al.*, 2005; SALGADO *et al.*, 2011).

As perdas provocadas pelos ataques de espécies deste gênero, em culturas diversas no mundo, estão estimadas em 173 bilhões de dólares anualmente (ELLING, 2013). No café, o ataque do patógeno pode provocar perdas de produtividade de até 45% dependendo das condições (BARBOSA *et al.*, 2004). Além de afetar a produtividade do cafeeiro, o parasitismo do nematoide em fases iniciais de crescimento interfere no desenvolvimento vegetativo, resultando em plantas menores e menos vigorosas (BARBOSA *et al.*, 2010).

Entretanto, é difícil estimar com certeza, os níveis de prejuízos causados, pois os danos provocados variam por diversos fatores, como a idade da lavoura, a espécie presente na área, a densidade populacional no solo, a cultivar plantada, o manejo e o estado nutricional do cafezal, uma vez que a nutrição desbalanceada deixa as plantas mais suscetíveis aos ataques; além de fatores ambientais (BARBOSA *et al.*, 2004; GONÇALVES *et al.*, 2004; SALGADO *et al.*, 2011; FATOBENE *et al.*, 2019b).

Outros fatores como tipo de solo, teor de nutrientes, densidade de plantas, topografia e regime hídrico afetam a população dos nematoides na área. Em estudo realizado na Costa Rica observou-se que maiores populações de *M. exigua* em cafeeiros estavam associadas aos solos arenosos, menores conteúdos de cálcio (Ca), potássio (K) e matéria orgânica, além de menores altitudes e maior pluviosidade (AVELINO *et al.*, 2009). Menor população do nematoide foi encontrada em solos com teor de zinco acima de 1,5 mg kg<sup>-1</sup> (AVELINO *et al.*, 2009).

Os nematoides das galhas são parasitas biotróficos obrigatórios. O ciclo de vida começa com a liberação da massa de ovos pelas fêmeas na superfície da raiz, que fica protegida por uma matriz gelatinosa (LORDELLO, 1964). Os juvenis de primeiro estágio (J1) sofrem a primeira ecdise ainda dentro dos ovos e eclodem dos mesmos como juvenis de segundo estágio, J2 (SALGADO *et al.*, 2011), quando as condições ambientais estão adequadas.

Os J2 sofrem outras ecdises, passando pelos estádios J3 e J4. Nesses dois estádios os nematoides não se alimentam, pois não possuem estilete (SALGADO *et al.*, 2011). Em condições ambientais adversas, como restrição hídrica e temperaturas elevadas ou muito baixas, há formação de machos; porém, quando as condições são adequadas são formadas fêmeas (FAVERY *et al.* 2016). Já adultos, os machos saem da raiz e não parasitam mais a planta; as fêmeas continuam se desenvolvendo, adquirem formato piriforme, e produzem a massa de ovos, que é liberada na superfície da raiz, dentro da matriz gelatinosa (LORDELLO, 1964; JONES *et al.*, 2013).

Após a infecção do sistema radicular, a absorção e o transporte de água e nutrientes ficam comprometidos, provocando sintomas de murcha da parte aérea, amarelecimento foliar, crescimento reduzido e desfolha. As espécies *M. paranaensis* e *M. incognita* são mais agressivas e provocam rachaduras e engrossamento das raízes, levando à morte os tecidos ao redor dos sítios de alimentação e, conseqüentemente, destruição do sistema radicular (CARNEIRO *et al.*, 1996; SALGADO *et al.*, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2020). As plantas ficam depauperadas e normalmente morrem (CARNEIRO *et al.*, 1996).

Por outro lado, por ser uma espécie menos agressiva, *M. exigua* normalmente não leva à destruição do sistema radicular e nem à morte do hospedeiro. Há formação de diversas pequenas galhas, com aspecto arredondado nas raízes novas, além de provocar redução na produtividade do cafezal (SALGADO *et al.*, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2020). Além dos danos diretos, o parasitismo dos nematoides também pode interferir na tolerância das plantas ao frio, à seca e na eficiência de uso de adubos (GONÇALVES *et al.*, 2004). O ataque dos nematoides pode ser observado em reboleiras nas lavouras.

O estabelecimento dos sítios de alimentação e formação das células gigantes nas raízes provoca alteração na partição de nutrientes e interfere nas relações entre água e nutrientes demandados pelas plantas (HUSSEY; WILLIAMSON, 1996 citados por HURCHANIK *et al.*, 2004). A severidade desta interferência está associada a quantidade de nematoides no sistema radicular (HURCHANIK *et al.*, 2004).

A disseminação dos nematoides ocorre, principalmente, de forma passiva, por meio do tráfego de máquinas, implementos e ferramentas agrícolas contaminadas; água de chuva e irrigação, e objetos que possam conter partículas de solo contaminadas, transportando o nematoide de uma área para outra (SALGADO *et al.*, 2011). Entretanto, a forma mais eficiente de introdução em novas áreas é por meio de mudas com raízes infectadas (TERRA *et al.*, 2018a).

A aquisição de mudas contaminadas em viveiros, infelizmente não é situação rara, apesar de a legislação brasileira não permitir essa comercialização (BRASIL, 2012). A implantação da lavoura com mudas doentes compromete todo o desenvolvimento da cultura, além de permitir a entrada de outros fitonematoides no local, como *Pratylenchus* spp. e *Rotylenchulus reniformis* (TERRA *et al.*, 2018a).

### 2.3 Distribuição geográfica e controle dos fitonematoides no cafeeiro

*M. exigua* está presente em todas as regiões cafeeiras do Brasil (CARNEIRO *et al.*, 2005; PORTZ *et al.*, 2006; VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2008; BARROS *et al.*, 2014; SALGADO *et al.*, 2015; TERRA *et al.*, 2020), *M. incognita* já foi encontrado em São Paulo (CARNEIRO *et al.*, 2005), Minas Gerais (SANTOS *et al.*, 2018), Espírito Santo (BARROS *et al.*, 2014), Paraná (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2001) e Rondônia (VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2008). *M. paranaensis* em Minas Gerais (SALGADO *et al.*, 2015), Espírito Santo (BARROS *et al.*, 2011), São Paulo (CARNEIRO *et al.*, 2005), Paraná (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2001) e Goiás (SILVA *et al.*, 2009).

Recentemente, a espécie *M. izardcoensis* foi encontrada parasitando cafeeiros no município de Indianópolis-MG, sendo esse o primeiro relato dessa espécie no Brasil. Considerando que em El Salvador esse nematoide provoca danos graves em cafeeiros, a presença desta espécie no Brasil representa uma ameaça séria à cafeicultura, principalmente em Minas Gerais (STEFANELO *et al.*, 2019).

Em um estudo sobre a distribuição dos nematoides em regiões cafeeiras do Brasil, Vietnã e Indonésia, foram coletadas 71 amostras de solo de seis áreas produtoras de café no estado de Minas Gerais. Foram encontradas as espécies *M. exigua* em 35% das amostras, *M. paranaensis* em 27% e *M. incognita* em 17%, além das espécies *Pratylenchus brachyurus* (37%) e *P. coffeae* (7%). Os dois gêneros de nematoides foram encontrados em cinco das seis áreas amostradas (BELL *et al.*, 2018).

Em um levantamento realizado no Triângulo Mineiro, oito áreas foram amostradas, e em três delas detectou-se mistura populacional. Em duas áreas foram encontradas *M. exigua* e *M. paranaensis* e em uma área *M. exigua* e *M. incognita*. Das cinco áreas restantes, três possuem *M. paranaensis* e duas possuem *M. exigua* (SANTOS *et al.*, 2019).

Ainda em outro levantamento, feito por Terra *et al.* (2020), na região do cerrado mineiro, abrangendo mais municípios, foram coletadas amostras de raízes e solo em 105 propriedades de onze municípios. Foram identificadas espécies de nematoides das galhas em 57,5% das

amostras, das quais 49% possuíam *M. exigua*, e 9,8% possuíam *M. paranaensis*. Esses resultados confirmam mais uma vez a ampla distribuição do *M. exigua* em cafezais do Brasil, já que esta espécie foi encontrada em dez dos onze municípios amostrados.

O manejo dos nematoides é complexo, e sendo sua erradicação em área contaminada praticamente impossível, medidas de controle integradas devem ser adotadas a fim de manter a população no solo em níveis baixos, e que não causem danos econômicos ao produtor (GONÇALVES *et al.*, 2004). A principal medida de controle é a prevenção da entrada dos nematoides em novas áreas. Entretanto, uma vez detectada sua presença, o produtor deve avaliar quais as opções de controle mais viáveis para sua propriedade (SALGADO *et al.*, 2011).

A correta identificação da espécie, ou das espécies de nematoides presentes na lavoura, é essencial para a tomada de decisão, e deve ser o primeiro passo a ser dado pelo produtor após a constatação da presença dos parasitas na área.

No que tange ao controle químico, atualmente no mercado brasileiro existem alguns produtos comerciais registrados para uso no café: Apache 100 GR (FMC Química do Brasil Ltda. – Campinas, SP, Brasil), Basamid (MITSUI & CO – São Paulo, SP, Brasil), Biobaci (Vittia fertilizantes e biológicos S.A. – São Joaquim da Barra, SP, Brasil), Certo 100 GR (ISK Biosciences do Brasil Defensivos Agrícolas Ltda. – Indaiatuba, SP, Brasil), Counter 150 G (AMVAC do Brasil Importação e Comércio de Insumos Agrícolas Ltda. – Jaboticabal, SP, Brasil), Namacur (AMVAC do Brasil Importação e Comércio de Insumos Agrícolas Ltda. – Jaboticabal, SP, Brasil), Nimitz EC (ADAMA Brasil S.A. – Londrina, PR, Brasil), Rugby 200 CS (FMC Química do Brasil Ltda. – Campinas, SP, Brasil) e Verango Prime (Bayer S.A. – São Paulo, SP, Brasil).

Entretanto, o uso de produtos químicos tem sido evitado pelos produtores, devido aos efeitos negativos que podem gerar, como poluição do ambiente, resíduos em alimentos, risco aos aplicadores, efeitos em organismos e vegetação não alvos, dentre outros (AKTAR *et al.*, 2009).

Produtos biológicos, apesar de apresentarem alto controle em laboratório e casa de vegetação, nem sempre se comportam da mesma forma no campo (CARNEIRO *et al.*, 2013; D'ADDABBO *et al.*, 2019; TARRAF *et al.*, 2019; ARITA *et al.*, 2020). A medida de controle mais eficaz, portanto, é o uso de cultivares resistentes, por ser uma estratégia econômica, eficiente e que não polui o meio ambiente (GONÇALVES; PEREIRA, 1998).

## 2.4 Melhoramento genético visando resistência aos fitonematoides

Devido aos prejuízos econômicos provocados pelos nematoides, e após a entrada da ferrugem no Brasil, os programas de melhoramento iniciaram buscas por germoplasmas resistentes (CARVALHO *et al.*, 2007). Em 1960, o Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFIC) iniciou trabalhos de melhoramento com populações do Híbrido de Timor, que culminou na obtenção dos grupos Sarchimor (Villa Sarchi x Híbrido de Timor) e Catimor (Caturra x Híbrido de Timor), que foram cedidos a instituições de pesquisa em vários países (TALHINHAS *et al.*, 2017).

A resistência a nematoides está associada com a habilidade de um hospedeiro suprimir o seu desenvolvimento e reprodução, enquanto que um hospedeiro suscetível permite a livre reprodução do patógeno. A tolerância está relacionada com a quantidade de dano suportada por um hospedeiro, medida por meio da produtividade (BOERMA; HUSSEY, 1992).

Plantas tolerantes sofrem baixas ou nenhuma redução de produtividade, ainda que com alta infestação de nematoides, no entanto, permitem a reprodução do parasita, o que pode levar ao aumento da população no local (BOERNA; HUSSEY, 1992; FATOBENE *et al.*, 2020).

Diferentes formas de resistência aos nematoides podem ser observadas. Plantas não hospedeiras apresentam baixo nível de invasão radicular pelos juvenis (J2), que ainda podem se desenvolver de forma mais lenta, aumentando o tempo de geração e reduzindo a fecundidade (TRUDGILL; BLOK, 2001). Plantas altamente resistentes impedem ou reduzem drasticamente a reprodução do patógeno, enquanto plantas moderadamente resistentes permitem a reprodução intermediária.

Plantas tolerantes podem suportar o parasitismo com baixa ou nenhuma interferência em sua fisiologia. Plantas suscetíveis sofrem danos pela infecção, com consequente redução de desenvolvimento e produtividade, e em alguns casos, a morte (COOK, 2004; SALGADO *et al.*, 2011).

A espécie *M. exigua* foi a primeira a ser encontrada e diagnosticada como parasita do cafeeiro no Brasil, em 1887, em lavouras da então província do Rio de Janeiro (GOELDI, 1892). *C. arabica*, mesmo sendo a espécie mais plantada no país, não apresenta níveis de resistência aos ataques desta espécie de nematoide, exceto por alguns acessos silvestres da Etiópia (FAZUOLI *et al.*, 1977; BOISSEAU *et al.*, 2009). Entretanto, estudos mostram que *C. canephora* é resistente a essa espécie, assim como algumas progênies de cruzamentos entre *C. arabica* e *C. canephora* (FAZUOLI *et al.*, 1977; GONÇALVES; PEREIRA, 1998).

O porta-enxerto Apatã IAC 2258, da espécie *C. canephora*, foi lançado pelo IAC em 1987, e possui resistência a *M. exigua*, *M. paranaensis* e *M. incognita* (FAZUOLI *et al.*, 2007). Esse porta-enxerto permitiu, desde então, o cultivo de café arábica em áreas infestadas por nematoides. Entretanto, apresenta alguns inconvenientes, como segregação para suscetibilidade, quebra no local da enxertia, ainda que em taxas reduzidas e maior porcentagem de replantio (15 a 20 %) (GONÇALVES; SIVAROLLA, 2007).

Outros genótipos de *C. canephora* já foram estudados em relação a resistência (SERA *et al.*, 2006). Alguns clones apresentaram resistência a *M. incognita* e *M. paranaensis*, tornando possível o cultivo em áreas com mistura de espécies (SERA *et al.*, 2006; FATOBENE *et al.*, 2019a). Esses clones mantiveram a população de nematoides em níveis reduzidos, além de não apresentarem redução ou perda de vigor da parte aérea (FATOBENE *et al.*, 2019a). Portanto, possuem potencial para o desenvolvimento de porta-enxertos, cultivares de *C. canephora* resistentes, além da introgressão dos genes de resistência em cultivares de café arábica (FATOBENE *et al.*, 2019a).

Outro material usado como fonte de resistência é o Icatu. A resistência vem dos genes de *C. canephora*, porém, algumas populações segregam para essa característica (GONÇALVES; FERRAZ, 1987; CARNEIRO, 1995; MATA *et al.*, 2000).

O Híbrido de Timor é uma planta resultante do cruzamento natural entre *C. arabica* e *C. canephora*. Foi descoberto na ilha de Timor em 1927, e apresenta resistência à ferrugem, nematoides das galhas, antracnose causada por *Colletotrichum kahawae* Waller & Bridge, e bacteriose, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* (CARVALHO *et al.*, 1989; SILVA *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2002). O Híbrido de Timor é bastante valioso em cruzamentos com *C. arabica*, por ser fonte de resistência a vários patógenos e por ser tetraploide, o que facilita seu cruzamento com plantas dessa espécie (BONOMO *et al.*, 2004).

Alguns acessos do Híbrido de Timor possuem resistência a *M. exigua* (GONÇALVES; PEREIRA, 1998; SILVAROLLA *et al.*, 1998; BERTRAND *et al.*, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2005; REZENDE *et al.*, 2017a; REZENDE *et al.*, 2017b), a *M. paranaensis* (SERA *et al.*, 2009; SALGADO *et al.*, 2014; SHIGUEOKA *et al.*, 2016; REZENDE *et al.*, 2019) e a *M. incognita*, sendo em alguns casos resistência moderada (GONÇALVES; FERRAZ, 1987; GONÇALVES *et al.*, 1988; PERES, 2013). Entretanto, alguns materiais segregam para essa característica (GONÇALVES; PEREIRA, 1998; SILVAROLLA *et al.*, 1998; BERTRAND *et al.*, 2001).

Em experimentos realizados em viveiro com 151 genótipos descendentes do Híbrido de Timor, derivados dele e algumas populações de Icatu, Gonçalves e Pereira (1998) encontraram 70 plantas com comportamento resistente. Algumas não permitiram a reprodução do nematoide,

outras não formaram galhas; porém, algumas populações apresentaram comportamento suscetível. Silvarolla *et al.* (1998) encontraram resultados semelhantes em progênies oriundas do cruzamento de *C. arabica* e *C. canephora*, concluindo que ocorre transferência dos genes de resistência de *C. canephora*.

O uso do Híbrido de Timor é muito útil para os programas de melhoramento, pois permite aumentar a base genética e a diversidade do café arábica (SETOTAW *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*, 2017). Estudos genéticos realizados com acessos do Híbrido de Timor, mostraram as similaridades e as dissimilaridades desses genótipos, o que facilita e auxilia, por exemplo, na seleção de progenitores, levando em conta as características de interesse, como resistência a patógenos e/ou qualidade de bebida (SETOTAW *et al.*, 2010; SETOTAW *et al.*, 2013; SOUSA *et al.*, 2017).

Sabe-se atualmente, que a resistência do cafeeiro à espécie *M. exigua* é controlada pela ação de um ou mais genes localizados em uma única região genômica, chamada de *Mex-1* locus. Esse foi o primeiro gene de resistência ao nematoide das galhas encontrado em café. Estudos mostraram que a resistência do germoplasma Híbrido de Timor é originária da espécie *C. canephora*, e ocorreu pela introgressão de um fragmento contendo o *Mex-1* locus nas plantas de café arábica (NOIR *et al.*, 2003).

Alpizar *et al.* (2007) testaram a resistência de plantas de *C. arabica* à *M. exigua* em casa de vegetação e em campo. Os autores constataram a existência de resistência intermediária ao nematoide em duas cultivares híbridas, quando comparadas aos tratamentos suscetível e resistente. A resistência intermediária se manteve estável durante quatro anos de observação, sem aumento na população do nematoide, entretanto não se pode concluir sobre sua durabilidade, que deve ser observada por mais tempo.

Anthony *et al.* (2005) estudando as respostas de defesas na cultivar Caturra, suscetível, e na cultivar IAPAR 59, resistente à *M. exigua* (FATOBENE *et al.*, 2020), observaram que a penetração dos juvenis é semelhante nas duas cultivares. Entretanto, uma quantidade reduzida de J2 foi capaz de invadir o sistema radicular da cultivar resistente. Segundo os autores, esse insucesso, provavelmente se deve a barreiras físicas e/ou químicas estabelecidas pela planta.

O comportamento resistente de IAPAR 59 se deve aos genes de resistência adquiridos por introgressão de *C. canephora*. As células próximas aos nematoides que invadiram as raízes sofreram colapso e os poucos sítios de alimentação estabelecidos continham nematoides de tamanho reduzido. Essas características são resultado de uma reação de hipersensibilidade da planta ao patógeno, conferida pelo gene *Mex-1* (ANTHONY *et al.*, 2005).

Para o plantio em áreas contaminadas, o produtor pode optar por algumas cultivares disponíveis. A IPR 100, lançada em 2012 pelo Iapar, possui resistência a *M. paranaensis* e algumas populações de *M. incognita*. Apresenta porte reduzido e é recomendada para plantio adensado ou semi-adensado, tem amadurecimento tardio e qualidade de bebida similar à de Catuaí (SERA *et al.*, 2017).

É originária de um cruzamento entre Catuaí e um híbrido entre Catuaí e um cafeeiro arábica da série BA-10 (ITO *et al.*, 2014; SERA *et al.*, 2017). A resistência apresentada pelo IPR 100 se deve, possivelmente, ao cafeeiro da série BA-10, que é portador de genes da espécie *C. liberica* (ITO *et al.*, 2014).

A cultivar IPR 106, também lançada pelo Iapar em 2017, possui resistência proveniente da espécie *C. canephora* (ITO *et al.*, 2008) e é resistente à *M. incognita* e *M. paranaensis* (FATOBENE *et al.*, 2020). Estudos conduzidos por Shigueoka *et al.* (2019) com a espécie *M. paranaensis*, mostraram que a defesa ocorreu após a infecção do nematoide, uma vez que a planta permitiu a entrada dos juvenis nas raízes. Entretanto, 30 dias após a inoculação das plantas, análises histopatológicas da raiz permitiram a observação de células gigantes anormais, fêmeas mal formadas e nematoides colapsados.

Catiguá MG3, desenvolvida pela Epamig/UFV, apresenta resistência a *M. exigua* (BOTELHO *et al.*, 2008). Foi obtida pelo cruzamento entre Catuaí Amarelo IAC 86 e Híbrido de Timor UFV 440-10 e também é resistente as principais raças de ferrugem presentes no campo. Possui alta produtividade e excelente qualidade de bebida (BOTELHO *et al.*, 2008).

A cultivar IAC 125 RN é resistente às raças 1 e 2 de *M. exigua* e às raças de ferrugem presentes no Brasil (FAZUOLI *et al.*, 2018). Tem origem no cruzamento entre Villa Sarchi e Híbrido de Timor CIFC 832/2; e é indicada para regiões com clima ameno e maiores altitudes, onde não há ocorrência de períodos secos acentuados (FAZUOLI *et al.*, 2018; FATOBENE *et al.*, 2020). As plantas possuem porte baixo, maturação precoce à média, boa qualidade de bebida e alta produtividade (FAZUOLI *et al.*, 2018; FATOBENE *et al.*, 2020).

A cultivar Acauã Novo foi desenvolvida pela Fundação Procafé e veio da seleção de plantas da cultivar Acauã, que tem origem no cruzamento de Mundo Novo IAC 388-17 e Sarchimor (IAC 1668) (CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ, 2021). Possui porte baixo a médio, ciclo de maturação médio a tardio, altamente resistente à ferrugem e *M. exigua*, boa qualidade de bebida e alta produtividade (CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ, 2021).

Paraíso MG H 419-1, desenvolvida pela Epamig/UFV, apresenta segregação quanto à resistência a *M. exigua*; com cafeeiros resistentes e suscetíveis (CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ, 2021). Essa cultivar veio do cruzamento de Catuaí Amarelo IAC 30 e seleção do Híbrido

de Timor UFV 445-46 e possui porte baixo, o que facilita plantios mais adensados, ciclo de maturação médio, altamente resistente à ferrugem, boa qualidade de bebida e alta produtividade (CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ, 2021). É recomendada para plantio em áreas aptas para cultivo de *C. arabica* em Minas Gerais e outros estados, podendo ser uma opção para produção de café orgânico (CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ, 2021).

Outra cultivar que apresenta resistência à *M. exigua* é a Tupi RN IAC 1669-13, desenvolvida pelo IAC (FAZUOLI *et al.*, 2011). Esse material veio de sementes do híbrido CIFIC H361/4, que tem origem no cruzamento de Villa Sarchi e Híbrido de Timor. A cultivar tem porte baixo, ciclo de maturação precoce, resistência à ferrugem, boa qualidade de bebida e alta produtividade. É recomendada para plantio em altitudes mais elevadas, com clima ameno e é exigente em água e nutrientes.

Fatobene *et al.* (2017) estudaram respostas de resistência de progênies de 71 plantas oriundas de 20 acessos de café arábica silvestre da Etiópia. Das 71 plantas avaliadas, 47 apresentaram resistência a *M. paranaensis*. Alguns acessos mostraram todas as plantas resistentes, com baixo ou nenhum índice de segregação dentro das progênies. Outros, apesar de também se mostrarem resistentes, possuíam pelo menos uma planta suscetível. Alguns materiais apresentaram também resistência a *M. incognita* e/ou *M. exigua* e boas produtividades. Segundo os autores, mesmo os materiais que revelaram suscetibilidade são interessantes para ampliar a base genética do café mundial, devido sua alta variabilidade.

A resistência a *M. exigua* continua sendo estudada, principalmente em cruzamentos com populações do Híbrido de Timor. Rezende *et al.* (2013a; 2014) avaliando 23 progênies com origem em cruzamentos de cultivares do grupo Catuaí e Híbrido de Timor, em área infestada com o nematoide, verificaram que sete progênies foram classificadas como resistentes, seis como moderadamente resistentes e três como tolerantes, além de apresentarem características agronômicas favoráveis.

Considerando a alta distribuição do nematoide *M. exigua* em áreas cafeeiras no Brasil e seu potencial em reduzir a produtividade das plantas, é importante que as pesquisas continuem, com objetivo de aumentar a produtividade das lavouras, e conseqüentemente, a rentabilidade e a estabilidade econômica do cafeicultor, por meio da eficiência produtiva na lavoura (BOTELHO *et al.*, 2008).

## 2.5 Cercosporiose

Cercosporiose, ou mancha-de-olho-pardo, é uma doença de importância econômica para a cultura do café. É causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* Berkeley e Cooke e pode ser encontrada em viveiros e no campo, infectando folhas e frutos. No campo, os sintomas podem ser observados na superfície superior das folhas, onde se formam lesões amarronzadas com o centro branco e circundadas por um halo amarelo (SOUZA *et al.*, 2011).

O ataque provoca desfolha devido ao aumento da produção de etileno e consequente abscisão das folhas (VALENCIA, 1970 citado por BOTELHO *et al.*, 2017). Nos frutos são formadas lesões deprimidas amarronzadas, que coalescem e escurecem, dando aspecto seco. Quando a infecção ocorre nos estádios verde e verde-cana os frutos amadurecem mais rápido e caem precocemente. Em frutos mais desenvolvidos a infecção dificulta o despulpamento e consequentemente reduz a qualidade da bebida (SOUZA *et al.*, 2011; VASCO *et al.*, 2015).

A ocorrência da cercosporiose está associada a condições de déficit hídrico e má nutrição das plantas. Boa disponibilidade de água e nutrientes pode influenciar na produtividade e reduzir o desenvolvimento da doença no cafeeiro (BARBOSA JUNIOR *et al.*, 2019). Os nutrientes absorvidos têm funções estruturais, fisiológicas e bioquímicas no metabolismo vegetal, contribuindo para maior resistência da planta. Lavouras que sofrem com deficiência hídrica têm dificuldade na absorção dos nutrientes, e consequente redução do estabelecimento de barreiras de resistência (VASCO *et al.*, 2015; BARBOSA JUNIOR *et al.*, 2019).

Surtos de cercosporiose foram registrados no Brasil a partir dos anos 2000, entretanto, não se sabe, com certeza, as causas dessa maior incidência (SOUZA *et al.*, 2015). As possíveis razões seriam a expansão da cafeicultura para as regiões do cerrado, nas quais o déficit hídrico é mais acentuado e os solos apresentam menor fertilidade natural; o cultivo de novas variedades de café, mudanças de práticas culturais, mudanças climáticas, variações nas populações do patógeno (JULIATTI *et al.*, 2000; FAZUOLI *et al.*, 2002), além do recente aumento da capacidade produtiva dos cafezais (SOUZA *et al.*, 2015). Dependendo das condições ambientais e do nível de ataque, a doença pode causar perdas de até 30% na produtividade da lavoura (SOUZA *et al.*, 2015).

As características da doença são bem conhecidas no campo, entretanto, cafeeiros apresentando sintomas atípicos têm sido encontrados (BOTELHO *et al.*, 2019). Lesões maiores e mais escuras sem o halo amarelo são chamadas de cercospora negra (BOTELHO *et al.*, 2019; VALE *et al.*, 2021). Acredita-se que as condições ambientais e a resposta do hospedeiro diante da infecção influenciam nos diferentes sintomas que são observados (BOTELHO *et al.*, 2019).

Além disso Vale *et al.* (2021) detectaram que o agente causador da mancha-de-olho-pardo e da cercospora negra é o mesmo, *C. coffeicola*.

Respostas oxidativas em plantas de café Mundo Novo 376/4, inoculadas com isolados de lesões de cercosporiose de mancha-de-olho-pardo e cercospora negra, foram avaliadas por Andrade *et al.* (2016). Os dois isolados provocaram respostas de defesa pela ativação de enzimas do metabolismo oxidativo; entretanto, variações em relação ao tempo de ativação de algumas enzimas, foram observadas. Os autores acreditam que isso ocorre principalmente por diferenças nos estádios iniciais de penetração de cada isolado.

O controle da doença é feito com o uso de substratos corretamente adubados nos viveiros, bom preparo do solo na hora do plantio, adubação equilibrada com base nas análises de solo e foliares, e controle químico com aplicação de fungicidas cúpricos, ou preventivos e sistêmicos em conjunto (MALAVOLTA *et al.*, 1993; PATRICIO *et al.*, 2010). Apesar do uso de cultivares resistentes ser a melhor opção de controle, plantas imunes a *C. coffeicola* ainda não foram encontradas (BOTELHO *et al.*, 2017). Estudos envolvendo a resistência do cafeeiro a cercosporiose estão em desenvolvimento, diante da importância atual da doença.

Patricio *et al.* (2010) avaliaram em casa de vegetação mudas de 11 cultivares de *C. arabica*, 2 seleções de *C. canephora* e 2 híbridos interespecíficos, quanto a resistência a cercosporiose. As cultivares Tupi IAC 166-33, Ouro Verde H5010-5 e o café Piatã IAC 387 apresentaram os menores valores de incidência e severidade, sendo promissores na busca por resistência. Os materiais derivados do Híbrido de Timor avaliados apresentaram níveis diferentes de suscetibilidade, indicando a alta variabilidade natural que este germoplasma apresenta. Entretanto, os autores reforçam que estudos em campo devem ser realizados, a fim de avaliar o comportamento da doença nessa condição.

Em outro estudo, Botelho *et al.* (2017) avaliaram 124 acessos do banco germoplasma da Epamig e oito cultivares comerciais de café arábica. Foi possível verificar que 35 genótipos apresentam alta resistência a cercosporiose, 66 possuem resistência intermediária, 27 são suscetíveis e quatro muito suscetíveis.

Genótipos provenientes de cruzamentos com o Híbrido de Timor foram classificados nas quatro classes de resistência, mostrando, mais uma vez, que as populações deste germoplasma apresentam níveis variados de resistência. Porém, permanecem como importantes fontes de resistência para o melhoramento, contendo materiais que apresentam também resistência à ferrugem (BOTELHO *et al.*, 2017).

As cultivares Oeiras, Catiguá MG1, Sacramento, Catiguá MG2, Araponga MG1, Paraíso H 419-1, Pau Brasil MG1, Catiguá MG3, Topázio 1190 e Bourbon Amarelo LCJ10

foram avaliadas quanto a incidência de cercosporiose em três municípios (Lavras, Patrocínio e Turmalina) de Minas Gerais (CARVALHO *et al.*, 2015). Os autores relataram que as cultivares Catiguá MG1, Catiguá MG2, Catiguá MG3 e Paraíso H 419-1 obtiveram as menores médias de área abaixo da curva de progresso da incidência da cercosporiose.

Cabe ressaltar, que as cultivares Catiguá MG1, Catiguá MG2 e Catiguá MG3 têm origem no cruzamento de ‘Catuaí Amarelo IAC 86’ e ‘Híbrido de Timor UFV 440-10’; e a cultivar Paraíso H 419-1 tem origem no cruzamento de ‘Catuaí Amarelo IAC 30’ e ‘Híbrido de Timor UFV 445-46’ (BOTELHO *et al.*, 2016). Plantas descendentes de cruzamentos com o Híbrido de Timor tem se mostrado promissoras quanto às características agronômicas e de resistência, com alta variabilidade, o que é interessante para o melhoramento, pois permite a seleção de progênes superiores.

Esses resultados corroboram com os de Rezende *et al.* (2013b), que também observaram menores médias de área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose em progênes com origem no cruzamento de ‘Catuaí’ e ‘Híbrido de Timor’.

Silva *et al.* (2019) avaliaram a incidência de ferrugem e cercosporiose em populações F<sub>2</sub> descendentes dos cruzamentos de ‘Catiguá MG2’ x ‘Acauã Novo’ e ‘Oeiras MG 6851’ x ‘Arara’. Os autores comentam que houve segregação, mas foram encontradas plantas resistentes à ferrugem e com baixa incidência de cercosporiose.

‘Catiguá MG2’ tem origem no cruzamento de ‘Catuaí Amarelo IAC 86’ e ‘Híbrido de Timor UFV 440-10’; ‘Acauã Novo’ é oriundo da seleção de plantas da cultivar Acauã, que tem origem no cruzamento de ‘Mundo Novo IAC 388-17’ e ‘Sarchimor (IAC 1668)’; ‘Oeiras MG 6851’ veio do cruzamento de ‘Caturra Vermelho (CIFC 19/1)’ e ‘Híbrido de Timor (CIFC 832/1)’; e ‘Arara’ foi obtida pelo cruzamento de ‘Obatã’ e ‘Catuaí Amarelo’. Isso indica que as populações dos cruzamentos têm parentesco com o ‘Híbrido de Timor’ e tem potencial na busca por resistência.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição do experimento

A investigação teve início na avaliação de progênies  $F_{3:4}$  oriundas de cruzamentos entre cultivares do grupo Catuaí (CV-Catuaí Vermelho, CA-Catuaí Amarelo) e seleções do Híbrido de Timor provenientes do CIFIC 2570 (TABELA 1).

Essas progênies foram avaliadas por 12 anos no município de Campos Altos-MG, em uma área naturalmente infestada por *M. exigua*. Foram selecionadas em condições de campo, 10 progênies de acordo com características agrônômicas e resistência a *M. exigua* (Rezende *et al.* 2013a, 2014). Plantas das progênies superiores foram autofecundadas para obtenção da geração  $F_{4:5}$  e testadas em casa de vegetação para resistência a *M. exigua* e *M. paranaensis*. A fim de avaliar as características agrônômicas e de resistência destes materiais, 34 progênies foram selecionadas e instaladas em campo, em dois locais na região do cerrado mineiro, constituindo os experimentos do projeto.

Tabela 1 - Tratamentos e descrição da genealogia das progênes avaliadas

Tratamentos	Descrição	Progênie	Cruzamento de origem
1	2-II-6	436-1-4-C26	CV IAC 99 x HT UFV 442-42
2	3-III-1	518-7-6-C71	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
3	4-I-1	514-7-14-C73	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
4	7-I-4	504-5-6-C117	CV IAC 81 x HT UFV 438-01
5	7-I-7	504-5-6-C117	CV IAC 81 x HT UFV 438-01
6	7-II-4	504-5-6-C117	CV IAC 81 x HT UFV 438-01
7	9-I-1	514-7-4-C130	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
8	9-I-6	514-7-4-C130	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
9	9-III-5	514-7-4-C130	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
10	9-II-3	514-7-4-C130	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
11	10-I-5	493-1-2-C134	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
12	10-II-7	493-1-2-C134	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
13	10-II-2	493-1-2-C134	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
14	10-I-7	493-1-2-C134	CV IAC 44 x HT UFV 446-08
15	11-III-5	505-9-2-C171	CV IAC 81 x HT UFV 438-52
16	11-II-5	505-9-2-C171	CV IAC 81 x HT UFV 438-52
17	13-II-2	514-7-16-C208	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
18	13-II-5	514-7-16-C208	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
19	13-III-7	514-7-16-C208	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
20	14-III-7	514-7-16-C211	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
21	14-II	514-7-16-C211	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
22	14-I-2	514-7-16-C211	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
23	17-I-3	514-7-16-C359	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
24	18-III-4	514-7-8-C364	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
25	18-II-4	514-7-8-C364	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
26	19-I-4	518-2-10-C408	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
27	19-II-5	518-2-10-C408	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
28	19-I-7	518-2-10-C408	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
29	20-III-3	514-5-2-C494	CA IAC 86 x HT UFV 440-10
30	21-I-4	518-2-4-C593	CV IAC 141 x HT UFV 442-34
31	22-I-8	516-8-2-C568	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
32	22-II-8	516-8-2-C568	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
33	22-II-5	516-8-2-C568	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
34	22-III-6	516-8-2-C568	CA IAC 86 x HT UFV 446-08
35	-	MGS Paraíso 2*	-
36	-	Catuaí Vermelho IAC 144*	-

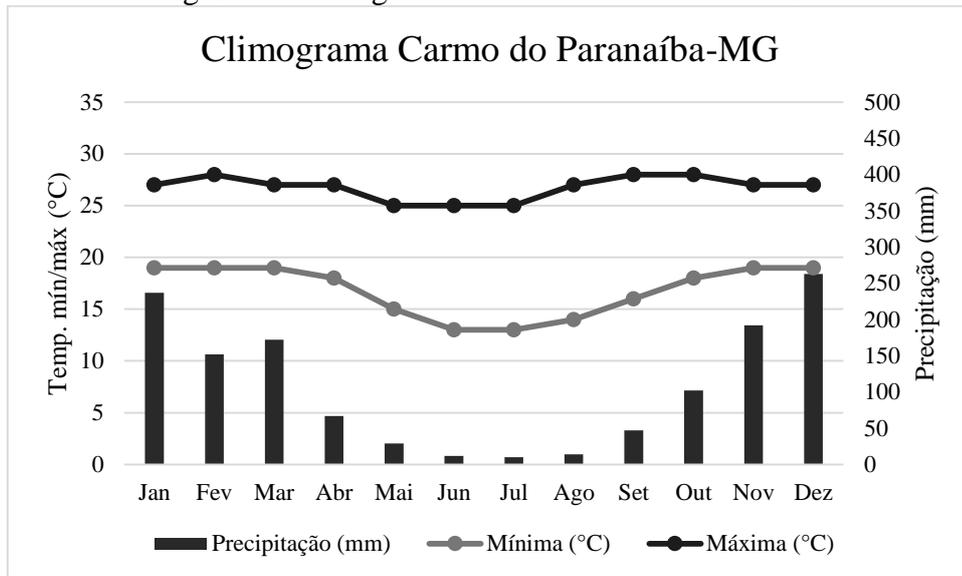
CA: Catuaí Amarelo; CV: Catuaí Vermelho; HT: Híbrido de Timor.

\*Cultivares utilizadas como testemunhas

Fonte: Da autora (2021).

O primeiro experimento foi instalado no município de Carmo do Paranaíba-MG (Experimento 1), em uma propriedade particular, Fazenda Paraíso II. A altitude na área é de 1.150 m, coordenadas 19°01'11,6"S e 46°15'40"W. A classificação do clima segundo Köppen-Geiger é Aw, e na Figura 1 pode ser visto um climograma do município de Carmo do Paranaíba.

Figura 1 - Climograma de Carmo do Paranaíba-MG



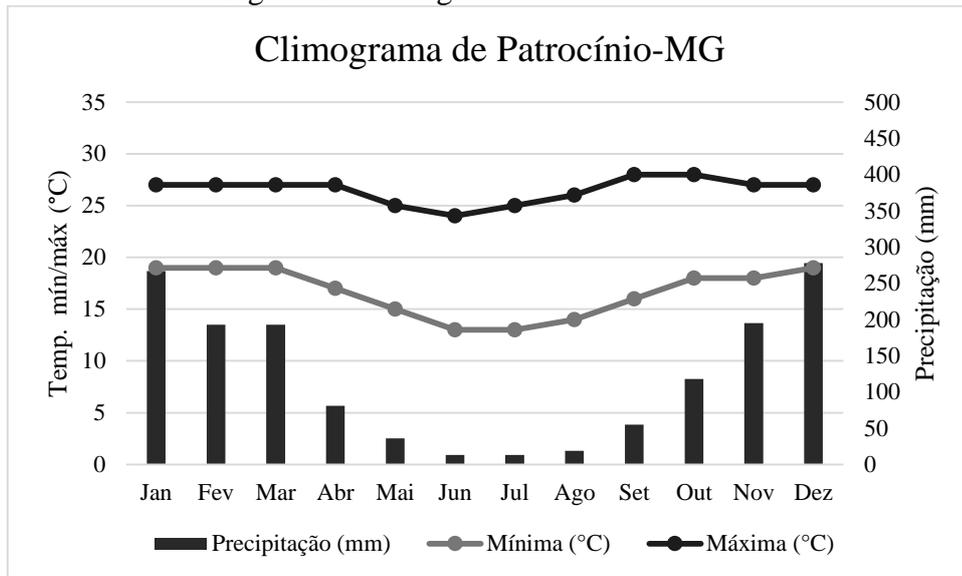
Fonte: Climatempo (2021).

Esta propriedade foi selecionada por apresentar áreas com infestação de *M. exigua*. O ensaio foi implantado em delineamento em blocos casualizados, três repetições e oito plantas por parcela. O espaçamento adotado foi 3,7 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, que é o espaçamento adotado nas lavouras da propriedade. O plantio foi feito em 09/02/2018 e está localizado em área irrigada por sistema de gotejamento.

A identificação da espécie presente na área foi feita utilizando a técnica de eletroforese vertical para caracterização de espécies de *Meloidogyne* spp., por fenótipos isoenzimáticos da proteína esterase. A espécie detectada foi *M. exigua*, fenótipo E<sub>2</sub>.

O segundo experimento foi instalado em Patrocínio-MG, no Campo Experimental da Epamig (Experimento 2). A altitude na área é de 918 m, coordenadas 18°98'51,27''S e 46°98'11,62''W. A classificação do clima segundo Köppen-Geiger é Aw, na Figura 2 pode ser visto o climograma do município de Patrocínio-MG.

Figura 2 - Climograma de Patrocínio-MG



Fonte: Climatempo (2021).

O experimento foi implantado em delineamento em blocos casualizados, com três repetições e oito plantas por parcela. O espaçamento adotado foi de 3,5 m entre linhas e 0,7 m entre plantas. O plantio foi feito no dia 07/02/2018 e o ensaio está localizado em área de sequeiro e livre de nematoides das galhas.

## 3.2 Características avaliadas

### 3.2.1 Características vegetativas

Notas de vigor vegetativo foram atribuídas às plantas do experimento de Carmo do Paranaíba, antes da colheita, em julho de 2020 e maio de 2021.

#### 3.2.1.1 Vigor vegetativo

Foram atribuídas notas de vigor vegetativo conforme escala arbitrária de 1 a 10 pontos, por dois avaliadores, em que a nota 1 se refere às piores plantas, com baixo vigor vegetativo e depauperamento acentuado, bem como a nota 10 para plantas muito vigorosas, enfolhadas e grande crescimento de ramos produtivos, como sugerido por Carvalho *et al.* (1979).

### **3.2.2 Características reprodutivas**

A colheita foi realizada em julho de 2020 e maio de 2021, em ambos os experimentos. A colheita de 2021 foi antecipada, para que os dados de produtividade pudessem ser usados no presente trabalho. A porcentagem de frutos chochos foi feita em 2020 e 2021.

O cálculo da produtividade, rendimento, maturação e a porcentagem de grãos chatos retidos na peneira 16 acima, foram feitos em 2020. O valor do rendimento de 2020 foi usado para calcular a produtividade de 2021. Todas as características reprodutivas foram avaliadas nos dois experimentos.

#### **3.2.2.1 Produtividade**

A produtividade, em litros de café no momento da colheita, foi medida após a derriza total dos frutos no pano. Posteriormente, foi feita a conversão para sacas de 60 kg ha<sup>-1</sup> de café beneficiado de acordo com o rendimento de cada tratamento. Para o cálculo do rendimento foram adotadas amostras de três litros de ‘café por derriza total’, acondicionadas em redes de polietileno trançado e secas até os grãos atingirem 11% de teor de água.

#### **3.2.2.2 Rendimento no beneficiamento**

O rendimento no momento do beneficiamento foi calculado pela divisão do peso da amostra de café beneficiada pelo peso da amostra de café em coco, e depois multiplicado por 100 para encontrar o valor em porcentagem.

#### **3.2.2.3 Maturação dos frutos**

A maturação de cada parcela foi determinada pela porcentagem de frutos nos estádios ‘verde’, ‘verde cana’, ‘cereja’, ‘passa’ e ‘seco’. Foi retirada uma amostra aleatória de 300 ml e contados os frutos em cada estágio. Os estádios ‘verde’ e ‘verde cana’ foram somados, assim como os estádios ‘passa’ e ‘seco’, formando três grupos de maturação: ‘verde’, ‘cereja’ e ‘seco’. A quantidade de frutos em cada estágio foi posteriormente convertida em porcentagem.

#### **3.2.2.4 Porcentagem de frutos chochos**

A porcentagem de frutos chochos foi calculada utilizando-se a metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1954), em que se coloca 100 frutos cereja em água, sendo considerados chochos aqueles que permanecerem na superfície.

#### **3.2.2.5 Porcentagem de grãos retidos em peneira 16 e acima**

Para as análises granulométricas as amostras foram totalmente passadas por um conjunto de peneiras de crivos circulares (17/64 e 16/64 para grãos chatos) e crivos oblongos (11/64 e 10/64 para grãos moca), de acordo com a Instituição Normativa nº 8 do MAPA (BRASIL, 2003). Os pesos dos grãos retidos em cada peneira foram convertidos em porcentagem e somados os valores dos grãos chatos com peneira 16 e 17.

### **3.2.3 Características fitossanitárias**

As avaliações de resistência ao nematoide *M. exigua* foram realizadas nas plantas do experimento de Carmo do Paranaíba, em janeiro de 2020 e janeiro de 2021.

As avaliações de comportamento das plantas dos tratamentos quanto à cercosporiose foram realizadas nos dois experimentos, em julho de 2020 e maio de 2021, antes da colheita.

#### **3.2.3.1 Cercosporiose**

A resposta das plantas à cercosporiose foi avaliada por meio da incidência e severidade. Foram coletadas 30 folhas por parcela, nas cinco plantas centrais. A coleta foi feita em ambos os lados das plantas, no terço médio do cafeeiro.

A incidência foi calculada pela razão entre o número de folhas infectadas pelo total de folhas. A severidade foi estimada por meio de escala de notas de acordo com Custódio *et al.* (2011). Nos frutos, a doença foi avaliada pela contagem de frutos cereja com a doença em uma amostra de 100 frutos.

### 3.2.3.2 Nematoides das galhas

A resistência das progênes foi avaliada por meio da quantificação da população de nematoides nas raízes dos cafeeiros. A coleta foi realizada no fim do período chuvoso e antes do início da redução da temperatura, pois é a época na qual a população está em maior densidade no solo e melhor expressa à resposta da planta diante da infecção do nematoide.

Para isto, foram coletadas amostras de raízes na área experimental nos dois lados da projeção da copa das plantas, em três pontos da parcela, na camada superficial do solo, onde se tem maior concentração de raízes finas. Foram coletadas aproximadamente 50 gramas de raízes por parcela. As raízes foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e preenchidos com solo para evitar ressecamento.

No laboratório, as raízes foram lavadas e pesadas. Após a limpeza, foram submetidas à extração empregando-se a técnica de Hussey e Barker (1973). As populações de *M. exigua* foram avaliadas por meio da quantificação dos ovos e juvenis de segundo estágio (J2) grama de raiz<sup>-1</sup> (NOJGR) em microscópio óptico de objetiva invertida utilizando-se lâmina de contagem.

### 3.2.4 Agrupamento da resistência

As progênes foram agrupadas em relação à resistência ao nematoide *M. exigua* com base na redução da reprodução (RR) em relação ao material controle suscetível (Catuaí Vermelho IAC 144), segundo a fórmula:

$$RR = \frac{NOJGRp - NOJGRt}{NOJGRp} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde,

RR: redução da reprodução

NOJGRp: número de ovos e J2 grama de raiz<sup>-1</sup> do padrão suscetível

NOJGRt: número de ovos e J2 grama de raiz<sup>-1</sup> do tratamento

A partir dos valores de RR as plantas foram agrupadas em imune (RR= 100%), altamente resistente (RR= 99,9 a 95,1%), resistente (RR= 95 a 90,1%), moderadamente resistente (RR= 90,0 a 75,1%) e suscetível (RR= 75,0 a 0%).

### **3.2.5 Ranqueamento e seleção**

Para fins de seleção no melhoramento, as plantas foram ranqueadas segundo o Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978), baseado na soma de ‘postos’. Os tratamentos são classificados de acordo com seu desempenho para todas as variáveis analisadas. Os ‘postos’ são posteriormente somados e os melhores tratamentos são aqueles com menores valores de somatória.

### **3.3 Análise estatísticas**

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância com significância de 5% de probabilidade para o teste F. Naquelas em que se detectou diferença significativa, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises estatísticas para as variáveis vigor vegetativo, produtividade, porcentagem de grãos chochos, porcentagem da incidência e severidade de cercosporiose nas folhas, e porcentagem da incidência de cercosporiose nos frutos, foram feitas com a média dos dados coletados nos dois anos.

As análises estatísticas para as variáveis rendimento no beneficiamento, maturação dos frutos e porcentagem de grãos retidos nas peneiras 16 e acima foram feitas com os dados coletados em 2020.

A análise de variância dos dados relacionados aos nematoides foi feita separadamente para os anos de 2020 e 2021 e transformados por  $\text{Log}(x)$ . O teste de médias foi aplicado apenas ao ano de 2021, para que as plantas tivessem mais tempo para manifestar a resistência. A classificação quanto a resistência, baseada na Redução da Reprodução, também foi feita com base nos dados de 2021.

As análises foram feitas utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2014).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Experimento 1**

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das análises de variância e os coeficientes de variação observados para todas as variáveis analisadas no Experimento 1, onde percebe-se que, exceto para os dados referentes aos nematoides e severidade de cercosporiose, houve diferença significativa para todas as variáveis analisadas ao nível de 5% de significância ( $p$ -valor $<0,05$ ), indicando que os tratamentos diferem entre si. As informações dos agrupamentos das médias pelo teste de Scott-Knott são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2 - Análises de variância e coeficientes de variação das variáveis analisadas no Experimento 1

		Variáveis											
		Maturação			Chocho	Vigor vegetativo	Peneira 16 e acima	Nematoides		Cercosporiose			
Produtividade	Rendimento	Verde	Cereja	Seco				NOJGR		Folha	Fruto	Sev.	
							2020	2021					
p-valor	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0080	0,0000	0,3824	0,0668	0,0000	0,0000	0,5831	
CV (%)	24,17	3,64	25,33	21,49	52,68	59,03	8,87	12,28	28,13	39,19	21,62	25,78	9,09

Tabela 3 - Produtividade média, rendimento no beneficiamento, maturação (V: verde; C: cereja; S: seco), frutos chochos, média de vigor vegetativo, grãos chatos retidos na peneira 16 e acima, população de *M. exigua* nas raízes (NOJGR: número de ovos e juvenis grama de raiz<sup>-1</sup>) em 2021, incidência e severidade de cercosporiose em folhas e incidência de cercosporiose em frutos do Experimento 1

Tratamento	Produtividade (sc ha <sup>-1</sup> )	Rendimento no beneficiamento (%)	Maturação (%)			Chucho (%)	Vigor vegetativo	16 AC (%)	Nematoides (NOJGR) 2021	Cercosporiose (%)		
			V	C	S					Folha	Fruto	Sev. Folha
1	19,48b	45,64c	36,36a	56,76a	6,88a	18,67c	7,21b	60,94c	22,35a	27,78b	17,53a	1,08
2	43,47a	51,81a	46,69a	43,24a	10,08a	3,33a	8,50a	85,95a	17,80a	45,56c	21,95b	1,07
3	23,27b	47,54b	25,20a	62,03a	12,77a	6,67a	7,38b	63,34c	44,69b	27,78b	11,83a	1,11
4	22,51b	47,44b	34,80a	55,58a	9,62a	4,00a	6,83b	48,88d	668,09b	35,56c	16,61a	1,05
5	14,25b	40,40d	35,37a	51,19a	13,44a	10,33b	6,67b	50,63d	1387,84b	15,56a	9,88a	1,03
6	20,70b	45,36c	26,46a	64,79a	8,76a	7,00a	7,58b	63,83c	145,15b	20,56a	20,78b	1,02
7	35,17a	47,16b	66,69c	29,94b	3,36a	5,67a	8,13a	54,08d	19,34a	26,67b	26,29b	1,03
8	27,75a	46,82b	64,30c	30,57b	5,13a	8,33b	7,83a	57,89d	27,38a	37,78c	30,10c	1,07
9	33,99a	46,66b	60,18b	31,67b	8,15a	2,67a	8,33a	55,00d	11,22a	41,11c	31,47c	1,01
10	28,01a	47,51b	80,61c	16,48c	2,91a	5,00a	7,67b	40,35e	14,00a	23,89b	38,02c	1,11
11	31,37a	49,37a	51,54b	40,06a	8,39a	2,67a	8,21a	46,78d	11,77a	28,33b	15,36a	1,01
12	36,91a	47,15b	34,05a	58,82a	7,13a	2,00a	8,75a	83,40a	12,01a	25,56b	21,90b	1,06
13	31,99a	44,30c	41,64a	50,79a	7,56a	13,33b	8,25a	71,32b	18,22a	31,11b	15,15a	1,04
14	26,75a	46,36b	42,35a	49,60a	8,05a	6,33a	8,38a	72,15b	15,66a	38,33c	19,88b	1,09
15	18,29b	39,85d	33,10a	42,30a	24,59b	12,67b	6,63b	45,11d	323,24b	28,33b	28,56c	1,13
16	13,46b	40,08d	35,48a	46,90a	17,62b	11,67b	7,67b	60,64c	1116,65b	27,78b	25,00b	1,06
17	25,32b	45,31c	52,84b	43,09a	4,07a	5,00a	8,33a	46,68d	15,18a	11,11a	7,44a	0,87
18	29,70a	44,46c	33,33a	52,14a	14,53a	2,33a	8,25a	51,52d	14,26a	25,00b	11,41a	1,02
19	29,14a	47,86b	58,66b	35,30b	6,03a	2,00a	8,21a	38,98e	88,31b	13,89a	12,83a	1,00
20	22,83b	44,89c	78,64c	17,84c	3,52a	2,00a	8,00a	29,70e	21,07a	20,56a	14,70a	1,17
21	21,36b	44,81c	47,09a	42,81a	10,10a	1,33a	8,33a	48,30d	184,79b	19,44a	10,74a	1,04
22	28,02a	44,74c	46,34a	40,17a	13,49a	0,67a	7,75b	38,89e	107,30b	17,78a	13,19a	1,07

Tabela 3 - Produtividade média, rendimento no beneficiamento, maturação (V: verde; C: cereja; S: seco), frutos chochos, média de vigor vegetativo, grãos chatos retidos na peneira 16 e acima, população de *M. exigua* nas raízes (NOJGR: número de ovos e juvenis grama de raiz<sup>-1</sup>) em 2021, incidência e severidade de cercosporiose em folhas e incidência de cercosporiose em frutos do Experimento 1 (conclusão)

Tratamento	Produtividade (sc ha <sup>-1</sup> )	Rendimento no beneficiamento (%)	Maturação (%)			Chucho (%)	Vigor vegetativo	16 AC (%)	Nematoides (NOJGR) 2021	Cercosporiose (%)		
			V	C	S					Folha	Fruto	Sev. Folha
23	20,44b	41,77d	51,67b	42,38a	5,95a	4,33a	8,25a	49,63d	14,55a	19,44a	14,63a	1,00
24	29,21a	46,46b	26,02a	52,82a	21,16b	12,00b	7,21b	70,76b	14,34a	46,11c	23,91b	1,01
25	26,39a	47,03b	33,97a	46,35a	19,68b	4,67a	6,75b	48,12d	14,20a	27,78b	15,38a	1,06
26	20,77b	47,37b	34,78a	53,56a	11,65a	2,67a	7,25b	55,20d	23,40a	25,00b	14,22a	1,05
27	26,89a	47,56b	35,54a	50,56a	13,91a	1,33a	7,33b	57,02d	296,66b	28,33b	15,42a	1,01
28	29,70a	49,63a	37,00a	48,59a	14,40a	1,33a	7,54b	61,54c	32,01a	26,67b	16,41a	1,05
29	28,92a	48,02b	40,35a	42,64a	17,00b	5,00a	7,92a	76,60b	14,85a	39,44c	21,79b	1,10
30	11,38b	42,05d	52,66b	42,67a	4,67a	6,33a	8,17a	49,44d	22,03a	21,11a	11,70a	1,05
31	22,66b	44,17c	49,28b	40,95a	9,77a	11,00b	7,63b	68,06c	10,16a	23,89b	21,99b	1,03
32	33,22a	50,40a	44,58a	41,69a	13,72a	4,33a	8,17a	71,93b	9,62a	30,56b	23,53b	1,15
33	24,91b	48,63b	33,38a	58,14a	8,49a	5,33a	8,08a	64,38c	13,41a	32,78c	24,64b	1,03
34	25,36b	49,32a	39,17a	48,19a	12,64a	1,33a	7,58b	60,09c	18,21a	28,33b	25,45b	1,13
35	37,52a	50,19a	23,90a	51,57a	24,54b	2,33a	8,42a	75,56b	16,58a	28,89b	14,51a	1,04
36	31,48a	48,32b	12,45a	51,30a	36,25c	1,00a	7,29b	73,42b	670,39b	45,00c	27,04b	1,02

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Fonte: Da autora (2021).

#### 4.1.1 Produtividade

O cafeeiro geralmente tem tendência em aumentar a produtividade até a quinta colheita, com pouca oscilação, a partir de quando começa a manifestar de forma mais acentuada seu comportamento bienal (FAZUOLI, 1977 citado por BONOMO *et al.*, 2004). Este trabalho abrangeu as duas primeiras safras após o plantio, portanto, espera-se que seja pouco evidente o efeito da bienalidade nos resultados.

Com relação a produtividade, os tratamentos foram separados em dois grupos. O primeiro, apresentou médias entre 43,47 e 26,39 sc ha<sup>-1</sup> e, no segundo grupo, as médias variaram de 25,36 a 11,38 sc ha<sup>-1</sup>. A progênie 2 obteve a maior produtividade, seguida pela cultivar MGS Paraíso 2. Logo após vieram as progênies 12, 7, 9, 32 e 13. Com a oitava maior produtividade ficou a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144.

As progênies que deram origem aos materiais estudados no presente trabalho já haviam sido investigadas por Rezende *et al.* (2014) quanto as características agronômicas. As produtividades dessas progênies foram avaliadas durante oito colheitas, de 2003 a 2011, e três materiais se comportaram de forma superior durante os quatro biênios (514-7-4-C130, 493-1-2-C134 e 518-2-10-C408).

A progênie 2 deste trabalho tem origem no cruzamento de Catuaí Vermelho IAC 141 e Híbrido de Timor UFV 442-34, que é o mesmo cruzamento que deu origem à progênie 518-2-10-C408 do trabalho de Rezende *et al.* (2014). Da forma semelhante, as progênies 12 e 13 deste trabalho possuem origem no cruzamento de Catuaí Vermelho IAC 44 e Híbrido de Timor UFV 446-08, que é o mesmo cruzamento origem da progênie 493-1-2-C134 do trabalho de Rezende *et al.* (2014).

Por fim, as progênies 7 e 9 deste trabalho e a progênie 514-7-4-C130 do trabalho de Rezende *et al.* (2014) são descendentes do cruzamento de Catuaí Amarelo IAC 86 e Híbrido de Timor UFV440-10. Além disso, as progênies 11, 18, 28, 24, 19, 29, 22, 10, 8, 27, 14 e 25 do presente trabalho, ficaram no grupo com maiores médias de produtividade e vieram do mesmo cruzamento de algumas das três progênies com melhores produtividades do trabalho de Rezende *et al.* (2014), confirmando o potencial destes materiais.

A produtividade é a principal característica usada na seleção de cafeeiros (CILAS *et al.*, 2011). As cultivares do grupo Catuaí são conhecidas pelas boas características agronômicas, altas produtividades e porte reduzido, estando entre as cultivares mais plantadas no país (FAZUOLI *et al.*, 2002).

Nota-se que muitas progênies apresentaram produtividades semelhantes a do Catuaí Vermelho IAC 144, mostrando o potencial destes cruzamentos. A cultivar MGS Paraíso 2 foi a segunda mais produtiva, sendo importante salientar que este material tem origem no cruzamento do Híbrido de Timor UFV 445-46 com Catuaí Amarelo IAC 30 (BOTELHO *et al.*, 2016), o que confirma o bom comportamento de plantas descendentes destes cruzamentos.

As produtividades de progênies derivadas do Híbrido de Timor avaliadas por Carvalho *et al.* (1989) tiveram grande variação, sendo este material relatado como pouco produtivo e de baixa rusticidade, nas condições em que foram analisados, em Campinas.

Entretanto, resultados diferentes foram relatados para progênies descendentes do cruzamentos entre ‘Catuaí Amarelo IAC 30’ e ‘Híbrido de Timor UFV 2143’ e do cruzamento entre ‘Catuaí Amarelo IAC 86’ e ‘Híbrido de Timor UFV 2154’, que foram superiores em produção de café cereja planta<sup>-1</sup> e na produção de café cereja metro cúbico<sup>-1</sup> de copa, sendo maiores que as do ‘Catuaí Vermelho IAC 44’ (MIRANDA *et al.*, 2005).

Os resultados citados anteriormente corroboram com o de Carvalho *et al.* (2008), que ao avaliarem progênies resultantes do cruzamento de Catuaí com Híbrido de Timor, observaram que alguns materiais, além da resistência à ferrugem, apresentaram médias de produtividade semelhantes, sendo algumas até maiores, à da cultivar Catuaí Vermelho IAC 15.

Outros trabalhos realizados com materiais que têm origem no cruzamento de cultivares do grupo Catuaí e populações do Híbrido de Timor, também mostram o potencial produtivo dessas progênies, semelhantes, e muitas vezes até superiores ao das cultivares do grupo Catuaí, sendo associado ainda a resistência a doenças (SERA *et al.*, 2000; GONÇALVES *et al.*, 2001; PEREIRA *et al.*, 2001; BONOMO *et al.*, 2004; PEREIRA *et al.*, 2005; BOTELHO *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2013).

#### **4.1.2 Rendimento no beneficiamento**

O rendimento no beneficiamento corresponde à relação entre o peso do café beneficiado e o peso do café em coco, podendo ser reduzida pela presença de grãos moca, chochos e malformados (CARVALHO; ANTUNES FILHO, 1955; MÔNACO, 1960). Na espécie *C. arabica* essa relação varia normalmente entre 45% e 55% (KRUG *et al.*, 1965 citados por GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2004). Entretanto, essa característica pode sofrer influência genética, além de fatores ambientais (GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2004; GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2005).

Os tratamentos foram separados em quatro grupos para o rendimento no beneficiamento. O primeiro abrange os tratamentos 2, 32, 35, 28, 11 e 34. As médias variaram de 51,81% para o tratamento 2 até 49,32% para o tratamento 34. No segundo grupo, as médias ficaram entre 48,63% e 46,36%; no terceiro grupo de 45,64% a 44,17% e; no último grupo, de 42,05% a 39,85%.

Os tratamentos 2, 32, 35, 28 e 11 estão no grupo com as maiores médias de rendimento no beneficiamento, assim como estão no grupo com as maiores produtividades, mostrando porcentagens de renda dentro da média esperada para *C. arabica*. Por outro lado, todas as progênies do grupo que apresentou as menores médias de rendimento no beneficiamento e seis progênies do segundo grupo com as menores médias mostraram rendimento inferior a 45%, que é normalmente o limite inferior observado em café arábica.

Pinto *et al.* (2009) trabalhando com derivados de cruzamentos entre Híbrido de Timor e Icatu com cultivares do grupo Catuaí, em três municípios de Minas Gerais, relataram que as rendas médias para os três locais foram 38,42%; 40,57% e 49,64%. Isso indica que populações oriundas do Híbrido de Timor variaram para as características avaliadas, entretanto, apresentaram plantas com potencial para a seleção, sendo importante ressaltar que o ambiente também influencia nesse desempenho.

Um rendimento no beneficiamento menor significa que serão necessárias maiores quantidades de café em coco para formar uma saca beneficiada de 60 kg. Esse tipo de comportamento não é interessante para o cafeicultor, já que reduz a produtividade e aumenta os custos.

#### **4.1.3 Maturação dos frutos**

Com relação à porcentagem de maturação, grãos no estágio verde, as médias se dividiram em três grupos. Aquele com os menores valores variou de 12,45 a 47,09%; no grupo com médias intermediárias, a oscilação foi de 49,28 a 60,18%. Por fim, no último grupo estão quatro progênies, que variaram suas médias de 64,3 a 80,61%. As testemunhas Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2 mostraram as menores médias de grãos verdes. Todas as progênies apresentaram médias acima de 25% de grãos neste estágio.

Para grãos no estágio cereja, foram formados três grupos. Naquele com os maiores valores, 30 tratamentos foram reunidos, com médias entre 40,06 e 64,79%. No segundo grupo, que tem médias entre 29,94 e 35,3% estão quatro progênies. E no último estão as progênies 20 e 10, com médias 17,84% e 16,48% respectivamente.

Três grupos também foram formados para grãos secos. A cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 apresentou a maior média, 36,25%, sendo o único tratamento classificado neste grupo. O segundo grupo formado, incluiu cinco progênes e a cultivar MGS Paraíso 2, tendo médias entre 17 e 24,59%. Por fim, 29 progênes ficaram no grupo com as menores médias de grãos secos, que variaram entre 2,91 e 14,53%.

Segundo Bartholo e Guimarães (1997) 5% de frutos verdes é o ideal na hora da colheita, sendo tolerável até 20%; o que, entretanto, compromete a qualidade. É ideal também que se tenha pelo menos 80% de frutos cereja, estágio correspondente à maturação fisiológica (NOGUEIRA *et al.*, 2005). Nenhum dos tratamentos teve média acima de 65% de frutos cereja e todas as progênes mostraram mais de 25% de frutos verdes. Isso pode ser resultado de várias floradas, que resultaram em maturação desuniforme dos frutos ou fator genético de maturação.

A florada do cafeeiro se inicia normalmente em setembro (CAMARGO; CAMARGO, 2001). Uma florada principal pode acontecer após um período de restrição hídrica, seguido de chuva ou irrigação, o que gera uma maturação mais uniforme, e maior concentração de frutos cereja no momento da colheita (CAMARGO; CAMARGO, 2001). Todavia, isso nem sempre acontece, pois várias floradas podem se estender até novembro (BARTHOLO; GUIMARÃES, 1997).

Em um estudo realizado por Aguiar *et al.* (2004), a fim de diferenciar cultivares de *C. arabica* por meio de descritores mínimos, concluiu-se que a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, usada como testemunha no presente trabalho, tem ciclo de maturação tardio; assim como todas as outras cultivares do grupo Catuaí avaliadas por estes autores. Botelho *et al.* (2008) também classificaram a maturação do Catuaí Vermelho como tardia e desuniforme.

Entretanto, em outro trabalho, as cultivares de Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo foram relatadas como de ciclo de maturação médio por Fazuoli *et al.* (2007). Já a cultivar MGS Paraíso 2, também usada como testemunha neste trabalho, apresenta ciclo de maturação intermediário (BOTELHO *et al.*, 2016).

Sabe-se que as condições ambientais influenciam na duração dos estádios reprodutivos e na extensão do ciclo da planta. Em locais de maiores altitudes e temperaturas mais amenas, observa-se aumento na duração do ciclo reprodutivo; já em condições de menores altitudes e temperaturas mais elevadas, ocorre redução no tempo necessário para formação e maturação dos frutos (LAVIOLA *et al.*, 2007a; LAVIOLA *et al.*, 2007b). Cultivares de ciclo precoce, de forma geral, tendem a apresentar maturação mais uniforme (CARVALHO *et al.*, 2008 citados por SÁGIO *et al.*, 2013).

É interessante observar que as duas testemunhas apresentaram maior porcentagem de grãos cereja; e onze progênies mostraram médias acima de 49% de grãos no estágio verde, chegando até a 80,61%. Esse resultado comprova que os materiais possuem ciclo de maturação tardio, e que para essas progênies, a colheita, que foi realizada na primeira quinzena de julho em 2020, deveria ter sido realizada mais tardiamente.

Apesar das temperaturas mais elevadas nas condições do cerrado mineiro, este experimento está instalado em uma área de altitude 1.150 m, o que pode ter favorecido a extensão do período de maturação dessas progênies, e apesar do ciclo de maturação ser controlado por fatores genéticos, as condições climáticas e o sistema de manejo interferem nesta característica (PETEK *et al.*, 2009).

Durante a seleção, é importante que se escolha plantas com épocas distintas de maturação dos frutos, para que cultivares com ciclo de maturação diferentes sejam plantadas na lavoura e permitam o escalonamento da colheita, sem afetar a qualidade do café (PEREIRA *et al.*, 2002).

#### **4.1.4 Porcentagem de frutos chochos**

Para porcentagem de frutos chochos, três grupos foram formados. Do total, 28 tratamentos ficaram no grupo com as menores médias, que variaram de 0,67% a 7%. No segundo grupo as médias foram de 8,33% a 13,33%; e a progênie 1 foi a que apresentou a pior média, 18,67%, sendo significativamente diferente das demais.

Para fins de melhoramento, valores próximos de 90% de frutos normais são considerados satisfatórios para seleção (CARVALHO *et al.*, 2006), sendo este o valor aproximado de frutos normais da maioria das cultivares comerciais. Esse dado indica que a maioria dos tratamentos aqui avaliados está dentro da faixa ideal, com menos de 10% de frutos chochos.

As progênies 5, 13, 15, 16 e 31 apresentaram médias acima de 10% de frutos chochos, e rendimento no beneficiamento menor que 45%. A maior incidência de frutos chochos nestas progênies pode ter sido um dos fatores que contribuiu na redução deste rendimento, uma vez que, a presença de frutos nesta condição, interfere de forma negativa no rendimento (MÔNACO, 1960; VACARELLI *et al.*, 2003).

Entretanto, não se pode afirmar que essa foi a única causa do menor rendimento no beneficiamento, já que outros fatores também podem afetar o desempenho das plantas, como a genética e as condições ambientais (GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2005).

Em um estudo de avaliação de cultivares e progênies dos grupos Sarchimor, Catimor e Catuaí, Costa *et al.* (2013) relataram que as progênies dos grupos Catimor e Sarchimor apresentaram médias inferiores a 4,5% de grãos chochos, o que é considerado satisfatório para o melhoramento.

Comportamento semelhante foi relatado na avaliação do desempenho agrônomico de progênies descendentes de cruzamentos de Catuaí com Icatu e Híbrido de Timor, no qual foram observados valores baixos de frutos chochos na maioria das progênies, incluindo as que têm origem em cruzamentos com o Híbrido de Timor (PINTO *et al.*, 2012).

#### 4.1.5 Vigor vegetativo

As médias se dividiram em dois grupos. Do total, 19 tratamentos ficaram no grupo com as maiores notas, variando de 7,83 a 8,75. Para o restante dos tratamentos as médias ficaram entre 6,63 e 7,75.

As progênies 2 e 12 foram as que tiveram maiores notas, 8,75 e 8,5 respectivamente; sendo maiores que a da cultivar MGS Paraíso 2, que obteve a terceira maior nota. A cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi incluída no grupo com as menores médias, sendo o oitavo tratamento com menor nota de vigor.

Ao observar a Tabela 3, é possível perceber que treze tratamentos (2, 35, 12, 7, 9, 32, 13, 11, 18, 19, 29, 8 e 14) classificados no grupo com as maiores produtividades, também estão no grupo dos tratamentos com as maiores notas de vigor, indicando consonância das notas com a produtividade. As progênies 2, 12 e a cultivar MGS Paraíso 2 são os três tratamentos com maiores médias de produtividade e que receberam as maiores notas de vigor vegetativo.

Bonomo *et al.* (2004), avaliando progênies descendentes do cruzamento de seleções do Híbrido de Timor e cultivares de Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo, observaram bom vigor vegetativo dessas progênies, além de relatarem que há correlação positiva entre vigor vegetativo e produção de grãos. Resultados semelhantes de correlação positiva entre vigor vegetativo e produtividade também foram relatados por Carvalho *et al.* (1979) e Silvarolla *et al.* (1997).

Carvalho *et al.* (2008) também observaram que as progênies que têm origem em cruzamentos entre cultivares do grupo Catuaí e populações do Híbrido de Timor têm mostrado bom vigor vegetativo, semelhante ao das cultivares do grupo Catuaí, que vem associado a boas produtividades (CARVALHO *et al.*, 2008).

#### 4.1.6 Porcentagem de grãos retidos em peneira 16 e acima

Cinco grupos foram formados para essa característica. As progênies 2 e 12, com médias 85,95% e 83,40%, respectivamente, ficaram no primeiro grupo. No segundo grupo, onde foram classificadas cinco progênies e as duas testemunhas, as médias oscilaram entre 76,6% e 70,76%. No terceiro grupo os valores foram de 68,06% a 60,09% e incluíram oito progênies. No quarto grupo estão quinze progênies com valores entre 57,89% e 45,11%. Por fim, o último grupo, com as menores médias, abrange quatro progênies, com valores de 40,35% a 29,7%.

A maior ocorrência de grãos com peneira alta é uma característica desejável no cafeeiro. Isso influencia o aspecto físico do café e gera lotes mais uniformes para processamento (FERREIRA *et al.*, 2013). Uma maior concentração de grãos do mesmo tamanho também permite a torra mais uniforme da amostra de café (FERREIRA *et al.*, 2021).

Segundo a Instrução Normativa nº 8 (BRASIL, 2003), o café cru beneficiado retido nas peneiras 16 e 15 é classificado como chato médio, e o retido nas peneiras 19/18 e 17 é classificado como chato graúdo. Os valores apresentados na Tabela 3 correspondem ao somatório das peneiras 16 e 17.

Entretanto, ao analisar separadamente a peneira 17, sete tratamentos apresentam mais de 50% dos grãos retidos nesta, permitindo sua classificação como chato graúdo. São os tratamentos 2 (77,37%), 12 (75%), 13 (59,81%), 14 (58,61%), 29 (53,03%), 33 (50,85%) e a cultivar MGS Paraíso 2 (50,55%). É importante ressaltar que as progênies 2, 12, 13, 14 e 29 também se destacaram quanto a produtividade e vigor vegetativo, ficando nos grupos com maiores médias dessas variáveis.

As progênies derivadas dos cruzamentos de acessos do Híbrido de Timor com cultivares do grupo Catuaí apresentam grande variabilidade quanto as características, sendo o tamanho do grão, uma delas. No estudo de progênies derivadas destes cruzamentos, Carvalho *et al.* (2008) observaram materiais com quase 50% de grãos retidos na peneira 17 e acima, sendo estes valores maiores que o da cultivar Catuaí Vermelho IAC 15.

Em outro estudo com progênies dos grupos Catimor, Sarchimor e Catucaí, as progênies dos grupos Catimor e Sarchimor oscilaram entre 32,4% e 58,2% em grãos chatos retidos na peneira 16 e acima, sendo que três progênies ficaram no mesmo grupo que a cultivar Catuaí Amarelo IAC 66/69, usada como testemunha (COSTA *et al.*, 2013).

Comportamento semelhante foi relatado por Pinto *et al.* (2009), que avaliando 18 progênies com origem em cruzamentos de Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo com Icatu e

Híbrido de Timor, mencionaram a alta variabilidade dos materiais, sendo encontradas progênes com mais de 50% de grãos classificados em peneira 17 e acima.

#### **4.1.7 Nematoides**

Apesar da análise de variância dos dados transformados ter sido não significativa ( $p$ -valor $>0,05$ ) pelo teste F no ano de 2021, o teste de médias de Scott-Knott dividiu os tratamentos em dois grupos. Naquele com menores médias estão 25 tratamentos, e no grupo com maiores médias ficaram onze tratamentos.

Os tratamentos também foram agrupados de acordo com a Redução da Reprodução em altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR) e suscetíveis (S), conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Redução da Reprodução e agrupamento das progênes quanto a resistência ao nematoide *M. exigua* no ano de 2021 no Experimento 1

Tratamento	RR (%)	Agrupamento
1	96,67	AR
2	97,35	AR
3	93,33	R
4	0,34	S
5	-107,02	S
6	78,35	MR
7	97,12	AR
8	95,92	AR
9	98,33	AR
10	97,91	AR
11	98,24	AR
12	98,21	AR
13	97,28	AR
14	97,66	AR
15	51,78	S
16	-66,57	S
17	97,74	AR
18	97,87	AR
19	86,83	MR
20	96,86	AR
21	72,44	S
22	83,99	MR
23	97,83	AR
24	97,86	AR
25	97,88	AR
26	96,51	AR
27	55,75	S
28	95,23	AR
29	97,78	AR
30	96,71	AR
31	98,48	AR
32	98,56	AR
33	98,00	AR
34	97,28	AR
35	97,53	AR
36	0,00	S

Fonte: Da autora (2021).

Pela Tabela 4 observa-se que 25 tratamentos se comportaram como altamente resistentes, um como resistente, três como moderadamente resistentes e sete como suscetíveis. Os 25 tratamentos agrupados como altamente resistentes pela RR (TABELA 4), são os mesmos 25 tratamentos encontrados no grupo com menores populações do nematoide nas raízes, pelo teste de médias de Scott-Knott (TABELA 3).

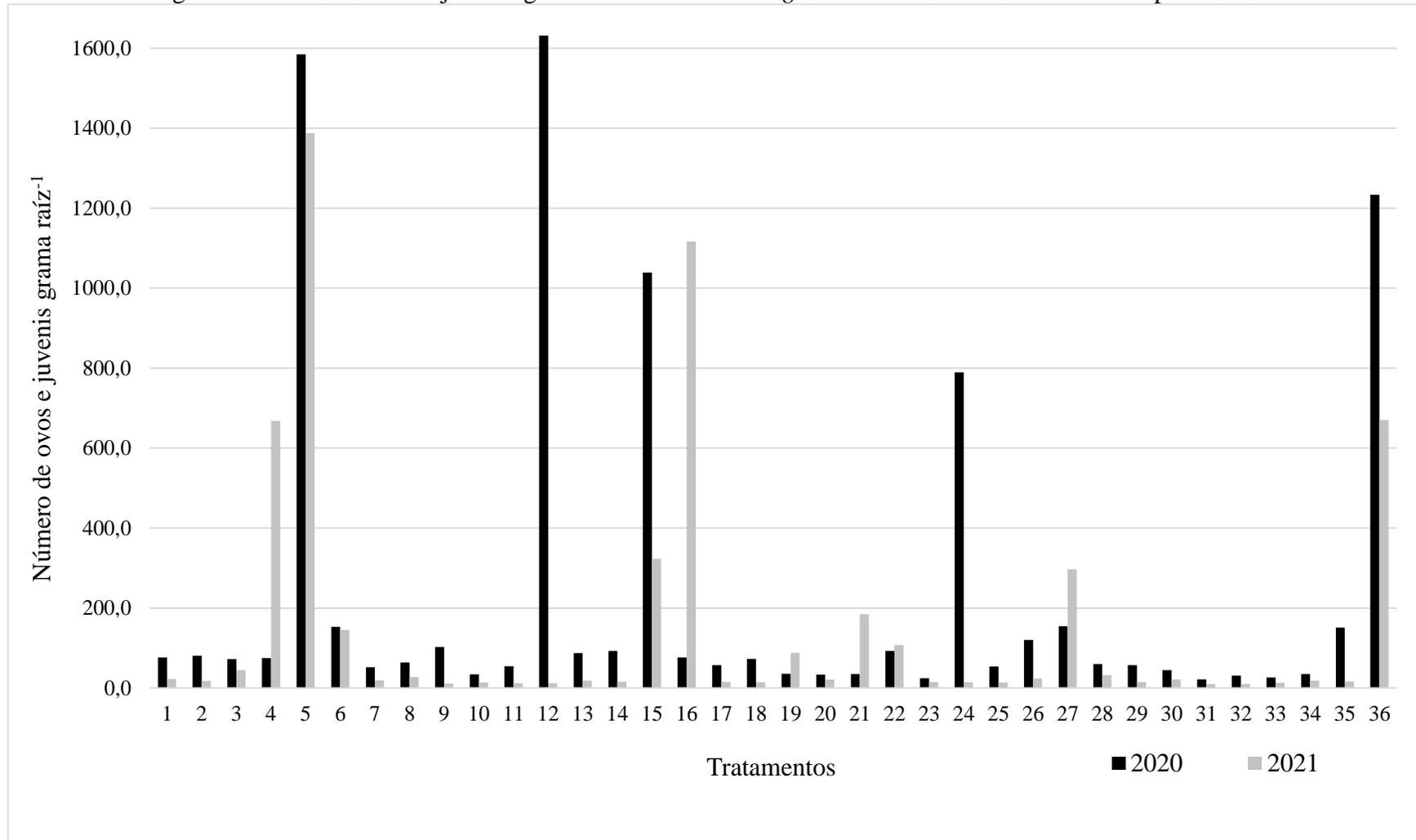
Dentre os tratamentos que se comportaram como altamente resistentes, as progênies 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 24, 25, 28, 29, 32 e a cultivar MGS Paraíso 2 estão no grupo daquelas que mais produziram. Da mesma forma, os tratamentos 19 e 22 se comportaram como moderadamente resistentes e mostraram boas produtividades.

A progênie 27 se comportou como suscetível, entretanto, está no grupo dos tratamentos com maiores médias de produtividade. O fato de ser suscetível e manter boas produtividades, pode ser um indicativo de que essa progênie é tolerante ao nematoide. Entende-se por tolerância a capacidade que o hospedeiro tem de suportar o parasitismo do patógeno, sem, entretanto, comprometer sua produtividade (BOERNA; HUSSEY, 1992; FATOBENE *et al.*, 2020).

Entretanto, em 2021, essa progênie apresentou uma população do nematoide em suas raízes maior do que a de 2020 (FIGURA 3). Esse comportamento pode sugerir que esse material, apesar de manter boa produtividade até a segunda colheita, permite a multiplicação do nematoide, o que pode levar ao aumento populacional nas plantas e na área. Esse desempenho não é interessante, pois o crescimento da população de nematoide na lavoura pode provocar redução da produtividade pela maior pressão de parasitismo nas plantas, além de facilitar o transporte do patógeno em áreas com intenso tráfego de máquinas.

Uma comparação entre os resultados populacionais encontrados em 2020 e 2021 mostra que em muitos tratamentos, houve redução populacional do nematoide no sistema radicular (FIGURA 3).

Figura 3 Número de ovos e juvenis grama de raíz<sup>-1</sup> de *M. exigua* nos anos de 2020 e 2021 no Experimento 1



Fonte: Da autora (2021).

Ao observar a Figura 3, é interessante comentar que houve redução do número de ovos e juvenis grama de raiz<sup>-1</sup> em 30 tratamentos, do ano de 2020 para o ano de 2021. A redução populacional entre um ano e outro é muito interessante, indicando que esses tratamentos podem diminuir a multiplicação dos nematoides no cafezal, ao prejudicarem sua reprodução.

Pelos resultados mostrados na Tabela 3, percebe-se que a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, apesar de ser suscetível ao *M. exigua*, ficou no grupo com maiores médias de produtividade. Entretanto, a população de nematoides em seu sistema radicular foi a terceira maior nos dois anos avaliados. Apesar de ter tido bom desempenho produtivo nos dois primeiros anos, a alta densidade populacional de nematoides no sistema radicular dessa cultivar pode, a longo prazo, reduzir o vigor das plantas e, conseqüentemente, prejudicar sua produtividade.

Por outro lado, as progênies 2, 7, 8, 9, 10 11, 12, 13, 14, 18, 24, 25, 28, 29 e 32 apresentaram produtividades estatisticamente iguais a do Catuaí Vermelho IAC 144, além de menores populações do nematoide nas raízes e redução populacional entre 2020 e 2021 (FIGURA 3). Todas essas progênies se comportaram como altamente resistentes de acordo com a redução da reprodução dos nematoides (TABELA 4).

O baixo nível de nematoides, a redução populacional nas raízes entre os dois anos e as boas produtividades destes materiais indicam que, se este comportamento se mantiver estável nos próximos anos, a longo prazo essas progênies constituem como melhor opção para uso em áreas contaminadas, uma vez que a menor densidade populacional na área reduz a pressão nas plantas e diminui a interferência negativa na produtividade.

A oscilação populacional dos nematoides no sistema radicular das plantas, assim como suas produtividades, devem ser avaliadas por mais tempo, a fim de confirmar estabilidade nesse comportamento. Todavia, esses resultados são importantes, pois permitem conjecturar sobre o fato de que essas progênies reduzem a reprodução do nematoide.

As populações do Híbrido de Timor, assim como as plantas derivadas de seus cruzamentos, mostram alta variabilidade para as características vegetativas, de produtividade e de resistência (FAZUOLI *et al.*, 1974; PEREIRA *et al.*, 2002). Esse comportamento pode ser constatado neste experimento, no qual foram encontradas plantas produtivas, vigorosas e resistentes, assim como plantas suscetíveis e menos produtivas.

Essas progênies já haviam sido selecionadas quanto à resistência à *M. exigua* (REZENDE *et al.*, 2013a) e características agronômicas superiores (REZENDE *et al.*, 2014), em uma área naturalmente infestada por essa espécie de nematoide, no município de Campos Altos-MG. Posteriormente, em outro trabalho, foi constatado que alguns desses materiais

selecionados ainda apresentaram comportamentos promissores para resistência a *M. paranaensis* (REZENDE *et al.*, 2019).

Ao observar o comportamento de resistência das progênes no trabalho de Rezende (2013a) e neste trabalho, nota-se que alguns materiais diferiram quanto ao desempenho. As progênes 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 27, 29 deste trabalho apresentaram comportamento semelhante ao de seus progenitores avaliados no estudo de Rezende (2013a).

Por outro lado, as outras progênes deste trabalho diferiram de seus parentais. As progênes 2 e 20, altamente resistentes, vieram de plantas que se comportaram como suscetíveis no trabalho de Rezende *et al.* (2013a). As progênes 4 e 5, que aqui se comportaram como suscetíveis, possuem parentais moderadamente resistentes. A progênie 19, aqui se comportou como moderadamente resistente, porém, com progenitor resistente; a 22, moderadamente resistente, é originada de progênie suscetível; as progênes 23, 26 e 28; 24, 25, 30, 31, 32, 33 e 34 com desempenho altamente resistente tem parentais agrupados como tolerantes e moderadamente resistentes, respectivamente.

A expectativa de seleção do trabalho de Rezende *et al.* (2013a) era que todas as progênes apresentassem desempenho resistente, entretanto, variações nesse comportamento foram aqui observadas. Algumas das possíveis explicações para isso seriam a segregação que esses materiais ainda apresentam quanto à resistência, ou o fato de serem suscetíveis à população de nematoides presente na área do experimento; uma vez que diferenças em relação à agressividade e virulência dentro de uma mesma espécie de nematoide já foram relatadas (BARBOSA *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2021).

O comportamento segregante para resistência a *M. exigua* foi relatado por Gonçalves e Pereira (1998), que avaliando 69 descendentes de cruzamentos com o Híbrido de Timor, relataram 42 progênes resistentes, sendo que algumas não permitiram a multiplicação do nematoide, se comportando como hospedeiras não eficientes na reprodução do patógeno. Esses resultados também estão de acordo com os de Silvarolla *et al.* (1997).

Algumas plantas podem permitir a infecção e a formação de galhas, sem, entretanto, permitir altos níveis de reprodução do nematoide; e em outras plantas pode ocorrer alta multiplicação do nematoide, sem formação de galhas (MOURA; RÉGIS, 1987). Segundo Muniz *et al.* (2009), a forma mais apropriada de avaliar a reprodução do nematoide é pela quantificação do número de ovos grama de raiz<sup>-1</sup>, ou pelo fator de reprodução.

Entretanto, Pereira *et al.* (2021), em outro trabalho, avaliando a resposta de resistência de plantas derivadas de cruzamentos entre Catuaí Amarelo e acessos do Híbrido de Timor, ao parasitismo de *M. exigua* raças 1 e 2, concluíram que o índice de galhas (IG) é uma metodologia

apropriada de avaliação, sendo também mais rápido, menos trabalhoso e de menor custo que o fator de reprodução (FR). É importante ressaltar que 57,4% das progênies foram classificadas como resistentes às duas raças do nematoide (PEREIRA *et al.*, 2021).

Avaliando a reação de resistência de 18 materiais a *M. exigua*, Pereira et al. (2012) relataram que genótipos descendentes de cruzamentos de Icatu e Catuaí com o Híbrido de Timor se comportaram de forma variável, sendo algumas plantas altamente suscetíveis e outras resistentes. Isso confirma mais uma vez a alta variabilidade do Híbrido de Timor e plantas com origem nos seus cruzamentos.

Os materiais derivados de cruzamentos com o Híbrido de Timor também têm se mostrado promissores quanto a resistência às espécies *M. incognita* e *M. paranaensis*, apresentando níveis distintos de resistência (GONÇALVES; FERRAZ, 1987; GONÇALVES *et al.*, 1988; SERA *et al.*, 2009; SALGADO *et al.*, 2014; SHIGUEOKA *et al.*, 2016; REZENDE *et al.*, 2019).

Atualmente, sabe-se que *C. arabica* não apresenta resistência aos nematoides, exceto por acessos silvestres da Etiópia (BOISSEAU *et al.*, 2009; FATOBENE *et al.*, 2017). Já na espécie *C. canephora*, a resistência foi comprovada, sendo esta a responsável pela resistência encontrada nas populações do Híbrido de Timor (BERTRAND *et al.*, 2001). Isso se deve a introgressão dos genes de resistência nos descendentes (BERTRAND *et al.*, 2001; NOIR *et al.*, 2003).

#### **4.1.8 Cercosporiose**

##### **4.1.8.1 Folha**

Para a incidência da doença, três grupos foram formados. Nove progênies ficaram no grupo com os menores valores de incidência, que variaram de 11,11 a 21,11%. No segundo grupo as médias foram de 23,87 a 31,11%. E no último grupo, com as maiores médias, os valores foram de 35,56 a 46,11%. Já para severidade, as médias oscilaram pouco, ficando entre 0,87 e 1,17%, e a análise de variância foi não significativa para esta característica ( $p$ -valor > 0,05).

De acordo com a escala diagramática proposta por Custódio *et al.* (2011), as notas médias de severidade dos tratamentos variaram de 0,87 a 1,17%. Isso corresponde ao nível 1 da escala, que vai de 0,1 a 3%. Apesar da incidência da doença ter chegado a 46,11%; a severidade foi baixa, se enquadrando no menor nível. Os baixos valores de severidade são

interessantes, já que levam a formação de lesões menores nas folhas e a uma menor redução da área foliar das plantas.

Em estudo sobre a incidência de cercosporiose em dez cultivares, avaliadas em três municípios de Minas Gerais (Lavras, Patrocínio e Turmalina), Carvalho *et al.* (2015) apontaram que as cultivares Catiguá MG1, Catiguá MG2, Catiguá MG3 e Paraíso H 419-1 apresentaram as menores médias de área abaixo da curva de progresso da incidência da doença. Semelhante às progênies do presente estudo, estas quatro cultivares são originadas de cruzamentos de Catuaí Amarelo com Híbrido de Timor.

Avaliando o comportamento de sete cultivares e 23 progênies de cruzamentos entre o Híbrido de Timor com Catuaí, quanto a incidência de cercosporiose, incidência e severidade de ferrugem e produtividade, Rezende *et al.* (2013b) observaram que as seis progênies com as menores áreas abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose também se mostraram produtivas. Os autores relatam que esses resultados podem ter sido influenciados pela maior eficiência nutricional e/ou hídrica desses materiais, ou até por uma resistência/tolerância das progênies (REZENDE *et al.*, 2013b).

#### **4.1.8.2 Fruto**

Três grupos foram formados para incidência de cercosporiose nos frutos. Nos tratamentos com as menores médias os valores estão entre 7,44% e 17,53%. No segundo grupo de 19,88% a 27,04% e no grupo com as maiores incidências, os valores vão de 28,57% a 38,02%.

As progênies 17, 19, 5, 22, 23, 21, 20 e 30 foram incluídas nos grupos de menor incidência de cercosporiose tanto nas folhas, como nos frutos; sendo que a progênie 17 foi a que teve menor média em ambos e menor severidade da doença nas folhas. Já as progênies 8 e 9, se encontram nos grupos com as maiores incidências da doença, nas folhas e nos frutos.

A ocorrência da doença nos frutos maduros prejudica o despulpamento e reduz a qualidade, em frutos nos estádios verde e verde cana há amadurecimento precoce, que provoca perda de peso e queda dos frutos (VASCO *et al.*, 2015). No período de frutificação, principalmente em anos de altas cargas pendentes, os cafeeiros tendem a sofrer com o desequilíbrio nutricional, pois a fim de encher os grãos, ocorre maior extração dos nutrientes das folhas, deixando as plantas mais suscetíveis ao patógeno (FERNANDÉZ-BORRERO *et al.*, 1996 citados por SANTOS *et al.*, 2008).

#### 4.1.9 Ranqueamento e Seleção

De acordo com o Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978) os tratamentos foram ranqueados, conforme consta na Tabela 5.

Tabela 5 - Ranqueamento dos tratamentos segundo o Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978) do Experimento 1

Tratamento	Somatório	Rank
12	97	1
35	122	2
18	156	3
2	159	4
32	184	5
11	188	6
17	188	7
33	189	8
19	191	9
13	197	10
3	203	11
28	203	12
14	204	13
9	217	14
21	219	15
7	220	16
29	222	17
23	223	18
26	223	19
6	224	20
36	225	21
22	227	22
27	234	23
34	235	24
20	240	25
10	248	26
24	251	27
25	251	28
31	252	29
4	261	30
30	261	31
1	262	32
8	274	33
5	281	34
16	320	35
15	341	36

Fonte: Da autora (2021).

Os tratamentos 12, 35, 18, 2 e 32 apresentaram os melhores desempenhos, sendo as progênies promissoras para seleção no melhoramento. A cultivar MGS Paraíso 2, que é o tratamento 35, apresentou o segundo melhor desempenho. Sua origem também vem do cruzamento entre ‘Catuaí Amarelo IAC 30’ e ‘Híbrido de Timor UFV 445-46’.

## **4.2 Experimento 2**

O resumo da análise de variância e os coeficientes de variação das variáveis avaliadas no Experimento 2 são apresentados na Tabela 6. Nota-se que para todas as variáveis houve diferença significativa ( $p\text{-valor} < 0,05$ ). Os resultados dos testes de médias e seus agrupamentos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 6 - Análises de variância e coeficientes de variação das variáveis analisadas no Experimento 2

	Variáveis									
	Produtividade	Rendimento no beneficiamento	Maturação			Chocho	Peneira	Cercosporiose		
			Verde	Cereja	Seco		16 e acima	Folha	Fruto	Severidade
p-valor	0,0031	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0257
CV (%)	41,11	5,29	40,11	23,29	48,68	59,09	12,08	29,04	33,17	19,13

Fonte: Da autora (2021).

Tabela 7 – Produtividade média, rendimento no beneficiamento, maturação (V: verde; C: cereja; S: seco), frutos chochos, grãos chatos retidos na peneira 16 e acima, incidência e severidade de cercosporiose em folhas e incidência de cercosporiose em frutos do Experimento 2

Tratamento	Produtividade (sc ha <sup>-1</sup> )	Rendimento no beneficiamento (%)	Maturação (%)			Chocho (%)	16 AC (%)	Cercosporiose (%)		
			V	C	S			Folha	Fruto	Severidade
1	3,64b	32,81c	25,50a	52,82a	21,68a	29,12b	38,61c	25,37b	19,21a	1,07
2	17,28a	40,85a	31,92a	56,19a	11,88a	7,18a	59,41a	35,56b	41,09c	1,15
3	15,71a	37,00b	15,67a	59,62a	24,71a	10,77a	45,72b	21,67a	20,81a	1,08
4	9,61b	37,44b	57,24c	36,55b	6,21a	5,00a	40,18c	37,78b	21,90a	1,42
5	5,26b	27,70d	39,70b	47,65b	12,64a	14,83b	32,50d	19,44a	8,52a	1,07
6	6,60b	33,32c	55,37c	28,38b	16,25a	8,02a	41,76c	23,43a	15,99a	1,06
7	13,59a	38,94a	51,70c	37,42b	10,88a	6,25a	39,90c	27,78b	41,33c	1,11
8	9,13b	33,09c	39,88b	38,49b	21,62a	15,50b	33,44d	27,22b	45,17c	1,10
9	8,66b	36,44b	25,90a	60,36a	13,74a	12,44a	43,73c	20,56a	46,67c	1,31
10	8,74b	36,37b	38,96b	48,89b	12,15a	20,70b	36,33c	17,78a	41,90c	0,85
11	12,68a	39,46a	20,06a	44,56	35,38b	9,54a	41,26c	28,89b	20,16a	1,21
12	11,78a	40,13a	20,33a	63,01a	16,66a	8,73a	66,18a	38,33b	27,79b	1,20
13	6,83b	33,08c	34,73b	44,78b	20,49a	21,79b	49,52b	30,83b	30,71b	1,15
14	9,43b	38,30b	27,10a	59,04a	13,86a	10,53a	60,19a	31,11b	27,77b	1,21
15	6,24b	25,13d	32,32a	31,50b	36,19b	12,48a	28,54d	13,33a	31,58b	0,74
16	10,14b	35,06c	40,51b	48,26b	11,23a	23,57b	49,55b	25,28b	36,36b	1,29
17	12,24a	38,61b	18,91a	66,08a	15,01a	3,49a	40,24c	21,67a	15,76a	0,90
18	9,42b	38,01b	26,06a	61,39a	12,55a	1,17a	37,06c	18,33a	8,73a	1,51
19	13,69a	36,92b	34,87b	48,12b	17,01a	5,68a	27,73d	18,89a	11,50a	0,89
20	11,15a	36,59b	56,96c	34,30b	8,74a	14,89b	33,46d	25,83b	15,25a	1,11
21	13,46a	39,49a	26,71a	50,31a	22,98a	2,75a	50,00b	31,34b	28,50b	1,25
22	7,86b	37,69b	27,68a	46,07b	26,25a	6,36a	34,59d	14,44a	10,83a	1,00
23	6,16b	34,67c	28,93a	51,33a	19,74a	10,94a	47,37b	14,44a	20,69a	0,79
24	11,74a	37,83b	14,17a	37,32b	48,51c	15,78b	49,40b	28,89b	36,04b	1,03
25	6,32b	35,62b	22,13a	31,37b	46,49c	12,77a	27,37d	23,52a	28,80b	1,14
26	14,95a	41,84a	20,20a	69,34a	10,45a	4,00a	45,75b	20,00a	16,67a	1,04

Tabela 7 – Produtividade média, rendimento no beneficiamento, maturação (V: verde; C: cereja; S: seco), frutos chochos, grãos chatos retidos na peneira 16 e acima, incidência e severidade de cercosporiose em folhas e incidência de cercosporiose em frutos do Experimento 2 (conclusão)

Tratamento	Produtividade (sc ha <sup>-1</sup> )	Rendimento no beneficiamento (%)	Maturação (%)			Chocho (%)	16 AC (%)	Cercosporiose (%)		
			V	C	S			Folha	Fruto	Severidade
27	9,72b	37,01b	16,23a	54,70a	29,06b	4,33a	35,61c	18,33a	27,00b	1,06
28	10,69a	41,29a	30,00a	60,12a	9,88a	3,58a	42,57c	31,67b	19,36a	1,06
29	8,57b	39,39a	13,65a	63,84a	22,51a	12,51a	53,06b	27,41b	21,44a	1,17
30	3,55b	35,29c	36,38b	51,84a	11,78a	13,29a	40,19c	9,44a	14,85a	1,08
31	11,36a	39,70a	21,71a	56,40a	21,90a	9,30a	48,25b	22,78a	34,60b	1,17
32	6,72b	39,28a	21,39a	56,71a	21,90a	21,19b	53,97b	26,67b	31,93b	1,08
33	8,81b	41,75a	36,04b	53,05a	10,92a	12,50a	50,27b	31,11b	34,83b	1,15
34	4,97b	37,76b	22,81a	46,78b	30,41b	21,50b	27,90d	27,78b	28,67b	1,04
35	14,30a	39,93a	13,44a	63,73a	22,83a	7,61a	55,57a	19,44a	23,43a	0,89
36	12,27a	41,54a	19,96a	60,54a	19,50a	4,56a	51,39b	29,72b	16,88a	1,01

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

### 4.2.1 Produtividade

Dois grupos se formaram para essa característica. No primeiro, ficaram quinze tratamentos e as médias variaram de 17,28 a 10,69 sc ha<sup>-1</sup>. No segundo, 21 progênes foram agrupadas, com médias entre 10,14 e 3,55 sc ha<sup>-1</sup>.

Os tratamentos 2, 3, 26, 35 (MSG Paraíso 2), 19, 7, 21, 11, 36 (Catuaí Vermelho IAC 144), 17, 12, 24, 31, 20 e 28 permaneceram no grupo com maiores médias de produtividade. A cultivar MGS Paraíso 2 foi a que apresentou a quarta maior produtividade e a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 obteve a nona maior produtividade.

Nota-se pelos resultados apresentados, a variabilidade nas produtividades dos diferentes materiais genéticos. Em trabalho com 24 progênes descendentes do cruzamento de Catuaí Amarelo, Catuaí Vermelho e Mundo Novo com o Híbrido de Timor e Catimor, em Patrocínio-MG, Moura *et al.* (2001b) também relataram diferenças significativas em relação à produtividade dos tratamentos, porém, com médias maiores do que as observadas aqui.

Diferenças no desempenho agrônômico de materiais com origem no Híbrido de Timor já foram mencionadas por outros autores (PEREIRA *et al.*, 2001; BONOMO *et al.*, 2004; PEREIRA *et al.*, 2005; CARVALHO *et al.*, 2008; REZENDE *et al.*, 2014).

O Experimento 2 está instalado em área de sequeiro, e o déficit hídrico em alguns momentos pode ter afetado o desenvolvimento inicial e reprodutivo das plantas. A absorção de nutrientes pelas raízes é influenciada pela disponibilidade de água no solo (MEURER, 2007). Em condições de restrição hídrica, a absorção fica comprometida e as plantas podem não obter os nutrientes necessários para o desenvolvimento. Essa situação nas fases iniciais de crescimento pode ter comprometido o desenvolvimento dos cafeeiros e, conseqüentemente, a produtividade (SANTANA *et al.*, 2004; RIBEIRO *et al.*, 2015).

### 4.2.2 Rendimento no beneficiamento

Quatro grupos foram formados para rendimento no beneficiamento. No primeiro deles, com maiores médias, ficaram treze tratamentos e os valores foram de 41,84 a 38,94%; no segundo, com quatorze tratamentos, as médias foram de 38,61 a 35,62%; no terceiro grupo, com sete tratamentos, a variação foi de 35,29 a 32,81% e no último grupo, que incluiu duas progênes, as médias foram 27,70 e 25,13%.

A renda do cafeeiro, que é a proporção entre o peso do café beneficiado e do café em coco, na espécie *C. arabica*, geralmente vai de 45% e 55% (KRUG *et al.*, 1965 citados por

GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2004). Nenhum tratamento obteve renda maior que 42%, mostrando que todos estão abaixo do valor considerado como mínimo para o café arábica.

Fatores genéticos estão relacionados a esse desempenho (GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2004), porém as condições edafoclimáticas da região podem exercer grande influência nessa característica (GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2005).

O rendimento intrínseco do café é a relação percentual da massa de dois grãos normais tipo chato e de seu respectivo fruto (MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2003 citados por GASPARI-PEZZOPANI *et al.*, 2005). Segundo os autores, o estágio de maturação, a posição do fruto na planta, altitude, dentre outros fatores, influenciam na redução ou aumento do rendimento intrínseco dos frutos.

Outros fatores como a presença de grãos moca, grãos chochos, maior quantidade de pericarpo podem influenciar de forma negativa o rendimento do cafeeiro (CARVALHO; ANTUNES FILHO, 1955). De todos os tratamentos, 19 apresentaram mais de 10% de frutos chochos, chegando até a 29,12% de frutos nessa condição. Desses 19 tratamentos, sete estão nos dois grupos com as menores porcentagens de rendimento no beneficiamento, podendo ser este um dos fatores que contribuiu negativamente na redução do rendimento.

#### **4.2.3 Maturação dos frutos**

Para frutos verdes foram formados três grupos. Quatro progênies ficaram no grupo com maiores médias, que foram de 57,24 a 51,70%. No segundo grupo, foram incluídas oito progênies, com valores entre 40,51 a 34,73%. Já no último grupo, com médias entre 32,32 e 13,44%; permaneceram 24 tratamentos.

Com relação aos frutos no estágio cereja, dois grupos se formaram; naquele com maiores médias, e que agrupou 20 tratamentos, a variação foi de 69,34 a 50,31%; e no segundo grupo os valores ficaram entre 48,89 e 28,38%, sendo composto por 16 progênies.

Por fim, três grupos foram formados para frutos no estágio seco. Duas progênies ficaram no grupo com as maiores médias, 48,51 e 46,49%. No segundo grupo ficaram quatro progênies, com valores entre 36,19 e 29,06%. No último grupo, com as menores médias, ficaram 30 tratamentos, que oscilaram de 26,25 a 6,21%.

A desuniformidade na maturação dos frutos é consequência das diversas floradas que acontecem com o cafeeiro; levando a uma heterogeneidade nos estágios de maturação no momento da colheita, o que reduz a qualidade do produto final (NOGUEIRA *et al.*, 2005).

Em áreas irrigadas, o restabelecimento da água no cafezal, após um período de restrição hídrica, pode levar a ocorrência de uma florada principal, devido ao aumento do potencial hídrico nas gemas florais maduras; o que ocasionaria a maturação mais uniforme dos frutos (CAMARGO; CAMARGO, 2001). Essa técnica de manejo tem sido adotada em diversas regiões cafeeiras. Neste experimento, por não ser irrigado, as floradas aconteceram em função da retomada do período chuvoso. Conforme a Figura 2 as chuvas aconteceram durante todo o período de colheita comprometendo a uniformização da florada e, conseqüentemente, a maturação dos frutos.

Segundo Bartholo e Guimarães (1997) a quantidade ideal de frutos verdes no momento da colheita é 5%, tolerando-se até 20%, porém, com efeitos negativos na qualidade do café. Sete tratamentos apresentaram menos de 20% de frutos nesse estágio, incluindo as duas cultivares usadas como testemunhas; porém, nenhum deles teve menos que 10% de frutos verdes.

A alta porcentagem de frutos verdes e baixa porcentagem de frutos cereja, em algumas progênies, indicam ciclo de maturação tardio, uma vez que a colheita foi realizada na primeira quinzena de julho de 2020 e algumas progênies apresentaram mais de 50% de frutos verdes.

#### **4.2.4 Porcentagem de frutos chochos**

Dois grupos se formaram para essa característica. No grupo com as menores médias ficaram 26 tratamentos com valores de 1,17 a 13,29%. No segundo grupo ficaram dez progênies, que variaram as médias entre 14,83 e 29,12%.

Para o melhoramento de plantas, 90% de frutos normais é considerado satisfatório, sendo este, o valor encontrado na maioria das cultivares comerciais disponíveis (CARVALHO *et al.*, 2006). Levando isso em consideração, apenas quinze progênies e as duas cultivares apresentaram valores menores que 10% de frutos chochos.

A ocorrência de frutos chochos pode ser influenciada pelas condições ambientais, mas também está ligada a fatores genéticos (MÔNACO, 1960). Avaliando progênies derivadas do cruzamento de Catuaí com Icatu e Híbrido de Timor, Pinto *et al.* (2012) relataram que as plantas mostraram muita variação das médias quanto a essa característica. O mesmo desempenho também foi relatado por Rezende *et al.* (2014), que avaliando progênies de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, observaram variação quanto à porcentagem de frutos chochos entre os materiais.

#### 4.2.5 Porcentagem de grãos retidos em peneira 16 e acima

As médias se dividiram em quatro grupos. Três progênies e a cultivar MGS Paraíso 2 obtiveram as maiores médias, que foram de 66,18 a 55,57%. Onze tratamentos e a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 ficaram no segundo grupo, com médias entre 53,97 e 45,72%. No terceiro grupo ficaram doze progênies, e os valores foram de 43,73 a 35,61%. Por fim, oito progênies ficaram no último grupo e as médias variaram de 34,59 a 27,37%.

Essa variabilidade de materiais com origem no Híbrido de Timor quanto ao tamanho de grãos já foi relatada por outros autores, o que é interessante já que permite a seleção de progênies superiores, sendo esta uma característica relacionada aos padrões de qualidade do café (COSTA *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2008; PINTO *et al.*, 2012).

Em outro trabalho, que avaliou o desempenho agrônomico de 24 cultivares de café arábica em quatro municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais, destacaram-se as cultivares Catuaí Amarelo 24/137, Obatã IAC 1669-20 e Pau Brasil MG1, quanto à classificação dos grãos em peneira alta, em todos os locais (CARVALHO *et al.*, 2012). As duas últimas cultivares citadas tem origem nos cruzamentos entre Villa Sarchi e Híbrido de Timor e Catuaí Vermelho IAC 141 e Híbrido de Timor UFV 442-32, respectivamente.

Os tratamentos que mais se destacaram foram 12, 14, 2, 35, 32, 29, 36, 33 e 21; todos com mais de 50% de grãos chatos retidos na peneira 16 e acima. Ao avaliar apenas os grãos retidos na peneira 17 e acima, os tratamentos 12, 14 e 2 se mantêm com as maiores médias, 50,04; 49,19 e 44,90% respectivamente, sendo os únicos tratamentos com mais de 40% de grãos retidos nessa peneira.

A seleção de progênies com grãos considerados de peneiras alta, é desejável nos programas de melhoramento genético do cafeeiro (FERREIRA *et al.*, 2005).

#### 4.2.6 Cercosporiose

##### 4.2.6.1 Folha

Dois grupos foram formados. Naquele com os maiores valores, as médias ficaram entre 38,33 e 25,28% e incluiu 19 tratamentos. No grupo com as menores médias, a variação foi de 23,52 a 9,44%. Em relação a severidade, apesar de ter sido encontrada significância entre os resultados pelo teste F ( $p$ -valor $<0,05$ ), após a aplicação do teste de médias de Scott-Knott, essa diferença não foi detectada.

As médias das notas de severidade variaram de 0,74 a 1,51%; portanto, se classificam no nível 1 da escala diagramática proposta por Custódio *et al.* (2011). No nível 1 da escala, o intervalo de severidade vai de 0,1 a 3%. Os resultados encontrados e a classificação dentro do nível 1 são importantes, pois, apesar da alta incidência da doença, a severidade de ataque foi baixa, o que leva a formação de lesões menores nas folhas e reduz pouco a área foliar.

Deficiências nutricionais nos cafezais deixam as plantas predispostas ao ataque do fungo, assim como estresse hídrico, já que a escassez de água dificulta a absorção de nutrientes pelas raízes, e reduz as possibilidades das plantas criarem barreiras de defesa contra a infecção do patógeno (TALAMINI *et al.*, 2003; BARBOSA JÚNIOR *et al.*, 2019), fatores observados nesse experimento. A alta intensidade da doença também induz a queda das folhas, reduzindo a área foliar e a capacidade fotossintética do cafeeiro (BARBOSA JÚNIOR *et al.*, 2019).

O desbalanço nutricional também interfere na incidência da doença, sendo que o manejo e a condução da lavoura, como por exemplo, o parcelamento da adubação e o intervalo de aplicação, podem exercer influência na interação entre o patógeno e o hospedeiro e reduzir a ocorrência da doença (TALAMINI *et al.*, 2003). Nesse experimento foram realizados apenas dois parcelamentos.

Ao avaliar a incidência da cercosporiose em dez cultivares de café em três municípios do estado de Minas Gerais, Carvalho *et al.* (2015) relataram que as cultivares Catiguá MG1, Catiguá MG2, Catiguá MG3 e Paraíso H 419-1 obtiveram as menores áreas abaixo da curva de progresso da incidência da doença. As quatro cultivares tem origem em cruzamentos de Catuaí com o Híbrido de Timor.

Botelho *et al.* (2017) também relataram que o Híbrido de Timor tem potencial para ser usado como fonte de resistência à doença. Os autores avaliaram oito cultivares e 124 acessos do banco de germoplasma da Epamig quanto a resistência a cercosporiose, e alguns acessos se mostraram promissores, com alta resistência (BOTELHO *et al.*, 2017).

#### **4.2.6.2 Fruto**

Para a incidência de cercosporiose nos frutos, se formaram três grupos. No grupo com maior porcentagem de incidência, ficaram cinco progênies, com médias entre 41,09 e 46,67%. No grupo intermediário ficaram treze progênies, com valores de 27,00 a 36,36%. Finalmente, no último grupo, com as menores incidências, ficaram 18 tratamentos; e as médias variaram de 8,52 a 23,43%. Os tratamentos 9, 8, 10, 7 e 2 foram os que mostraram maiores médias, com mais de 40% de incidência.

A ocorrência da cercosporiose em frutos nos estádios verde e verde cana leva ao amadurecimento precoce, perda de peso e queda prematura e em frutos mais desenvolvidos a casca é aderida ao pergaminho e prejudica o despulpamento e, conseqüentemente, a qualidade da bebida (ZAMBOLIM *et al.*, 2005; VASCO *et al.*, 2015).

Plantas imunes à doença ainda não foram encontradas, entretanto, os programas de melhoramento têm buscado por fontes de resistência, sendo as populações do Híbrido de Timor de grande importância nesse processo (PATRICIO *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2015; BOTELHO *et al.*, 2017; SLVA *et al.*, 2019).

#### **4.2.7 Ranqueamento e seleção**

O somatório dos postos e o ranqueamento dos tratamentos segundo o Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978) pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8 - Ranqueamento dos tratamentos segundo o Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978) do Experimento 2

Tratamento	Somatório	Rank
26	58	1
35	88	2
17	92	3
36	97	4
18	105	5
28	120	6
12	122	7
3	130	8
2	133	9
29	136	10
31	143	11
21	147	12
14	149	13
27	149	14
19	151	15
11	163	16
33	163	17
22	167	18
9	172	19
30	172	20
32	172	21
23	174	22
7	178	23
4	190	24
20	192	25
24	198	26
16	200	27
5	203	28
6	203	29
10	206	30
1	215	31
13	232	32
34	238	33
15	242	34
25	242	35
8	252	36

Fonte: Da autora (2021).

De acordo com a Tabela 8, os tratamentos 26, 35 (MGS Paraíso 2), 17, 36 (Catuaí Vermelho IAC 144) e 18 foram os mais promissores no Experimento 2, sendo que as progênies 26, 17 e 18 tem potencial para serem selecionadas. Cabe ressaltar também o desempenho das cultivares MGS Paraíso 2 e Catuaí Vermelho IAC 144, que foram o segundo e quarto

tratamentos mais bem classificados pelo Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978), nas condições do Experimento 2.

É importante também comentar que a cultivar MGS Paraíso 2 tem descendência no cruzamento de Catuaí Amarelo IAC 30 e Híbrido de Timor UFV 445-46.

### **4.3 Comentário geral**

Os resultados encontrados nos dois experimentos instalados em ambientes diferentes permitiram inferir sobre a interação genótipo por ambientes, uma vez que são locais com manejos bem distintos.

Ficou evidente com base nos dados, que o manejo adotado no Experimento 2, associado às condições climáticas prejudicaram o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo dos cafeeiros. Contudo, optou-se por manter os dados para explorar as características altamente influenciadas pelo ambiente, como a porcentagem de frutos chochos, renda, dentre outras.

As progênies 2, 12, 17, 18 e a cultivar MGS Paraíso 2 são os cinco tratamentos que estão entre os dez primeiros classificados, pelo Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978), tanto no Experimento 1 quanto no Experimento 2.

Esses resultados indicam potencial de adaptação dessas progênies para os diferentes ambientes do cerrado e, conseqüentemente, a possibilidade de registro de uma nova cultivar. Sugere-se elaborar seleção de plantas superiores dentro de cada uma dessas quatro progênies, com plantio em linhas, de pelos menos 200 mudas de cada. Desta forma, caso não haja segregação fenotípica em uma ou mais progênies, as mesmas poderão ser registradas e recomendadas para o plantio comercial. Os campos de produção de sementes deverão ser formados a partir de sementes retiradas dessas linhas, ampliando ainda mais a uniformidade e capacidade produtiva e de resistência, evidenciadas nos ensaios de campo.

## 5 CONCLUSÕES

- i. As progênies 2, 12, 17, 18 e a cultivar MGS Paraíso 2 apresentaram comportamento superior nos Experimentos 1 e 2, com características agronômicas desejáveis para fins de melhoramento genético do cafeeiro.
- ii. As progênies 2, 12, 17 e 18 apresentaram produtividades estatisticamente iguais as do Catuaí Vermelho IAC 144, porém, com menor população de nematoides em suas raízes.
- iii. As progênies estudadas não apresentaram potencial de seleção para resistência à cercosporiose.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. da E. *et al.* Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 179-192, 2004.
- AKTAR, M. W.; SENGUPTA, D.; CHOWDHURY, A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. **Interdisciplinary Toxicology**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 1-12, 2009.
- ALMEIDA, L. F.; ZYLBERSZTAJN, D. Key success factors in the brazilian coffee agrichain: present and future challenges. **International Journal on Food System Dynamics**, [s.l.], n. 8, v. 1, p. 45-53, 2017.
- ALPIZAR, E.; ETIENNE, H.; BERTRAND, B. Intermediate resistance to *Meloidogyne exigua* root-knot nematode in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, [s.l.], v. 26, p. 903-910, 2007.
- ANDRADE, C. C. L. *et al.* Alterations in antioxidant metabolism in coffee leaves infected by *Cercospora coffeicola*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 10, p. 1764-1770, 2016.
- ANTHONY, F. *et al.* Hipersensitive-like reaction conferred by the *Mex-1* resistance gene against *Meloidogyne exigua* in coffee. **Plant Pathology**, [s.l.], v. 54, p. 476-482, 2005.
- ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro VII – Ocorrência de lojas vazias em frutos de café "Mundo Novo". **Bragantia**, Campinas, v. 13, n. 14, p. 165-179, 1954.
- ARITA, L. Y.; SILVA, S. A.; MACHADO, A. C. Z. Efficacy of chemical and biological nematicides in the management of *Meloidogyne paranaensis* in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, [s.l.], v. 131, 2020.
- AVELINO, J. *et al.* Relationship between agro-ecological factors and population densities of *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus coffeae sensu lato* in coffee roots, in Costa Rica. **Applied Soil Ecology**, Elsevier, [s.l.], v. 43, n. 1, p. 95-105, 2009.
- AZEVEDO, A. S. **As cafeiculturas do Cerrado Mineiro e do Sul de Minas no escopo das singularidades institucionais**. 2018. 140 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- BARBOSA, D. H. S. G.; SOUZA, R. M.; VIEIRA, H. D. Field assessment of coffee (*Coffea arabica* L.) cultivars in *Meloidogyne exigua*-infested or -free fields in Rio de Janeiro State, Brazil. **Crop Protection**, [s.l.], v. 29, p. 175-177, 2010.
- BARBOSA, D. H. S. G. *et al.* Desenvolvimento vegetativo e reação de genótipos de *Coffea* spp. a uma população de *Meloidogyne exigua* virulenta a cultivares resistentes. **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2007.
- BARBOSA, D. H. S. G. *et al.* Field estimates of coffee yield losses and damage threshold by *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 28, n. 1, p. 49-54, 2004.

BARBOSA, J. N. *et al.* Fatores climáticos e a espacialização dos cafés do estado de Minas Gerais e sua relação com a qualidade da bebida. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS*, 35., 2009, Araxá. **Anais [...]**, Araxá, 2009.

BARBOSA JÚNIOR, M. P. *et al.* Brown eye spot in coffee subjected to different drip irrigation and fertilization management. **Australasian Plant Pathology**, [s.l.], v. 48, p. 245-252, 2019.

BARROS, A. F. *et al.* Root-knot nematodes, a growing problem for Conilon coffee in Espírito Santo state, Brazil. **Crop Protection**, Elsevier, [s.l.], v. 55, p. 74-79, 2014.

BARROS, A. F. *et al.* *Meloidogyne paranaensis* attacking coffee trees in Espírito Santo State, Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, [s.l.], v. 6, p. 43-45, 2011.

BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.

BELL, C. A. *et al.* A high-throughput molecular pipeline reveals the diversity in prevalence and abundance of *Pratylenchus* and *Meloidogyne* species in coffee plantations. **Phytopathology**, The American Phytopathological Society, [s.l.], v. 108, n. 5, p. 641-650, 2018.

BERTRAND, B.; ANTHONY, F.; LASHERMES, P. Breeding for resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica* by introgression of resistance genes from *Coffea canephora*. **Plant Pathology**, [s.l.], v. 50, p. 637-643, 2001.

BOERMA, H. R.; HUSSEY, R. S. Breeding plants for resistance to nematodes. **Journal of Nematology**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 242-252, 1992.

BOISSEAU, M. *et al.* Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, [s.l.], v. 34, n. 1, p. 38-41, 2009.

BONOMO, P. *et al.* Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 207-219, 2004.

BOTELHO, C. E. *et al.* Seleção de progênies F<sub>4</sub> de cafeeiros obtidos pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Ceres**, UVF, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 274-281, 2010.

BOTELHO, C. E. *et al.* **Cultivares de café Epamig**. maio/2016. Disponível em: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/folder/cultivares\\_cafe\\_epamig.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/folder/cultivares_cafe_epamig.pdf). Acesso em: 03 jun. 2021.

BOTELHO, C. E. *et al.* Cultivares de café e suas principais características agronômicas e tecnológicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 247, p. 31-41, 2008.

BOTELHO, D. M. S. *et al.* Cercosporiosis resistance in coffee germplasm collection. **Euphytica**, Wageningen, v. 213, n. 117, 2017.

BOTELHO, D. M. S. *et al.* Difference between isolates from brown eye spot and black spot lesions in coffee plants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, e01423, 2019.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 08, de 11 de junho de 2003**. República Federativa do Brasil, Brasília, 22-29.

\_\_\_\_\_. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 35, de 29 de novembro de 2012**. República Federativa do Brasil, Brasília.

CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica das condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CARNEIRO, P. A. S. *et al.* Transformações sócio-regionais decorrentes da consolidação e modernização da cultura do café no cerrado mineiro. **Geografia**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 3, p. 491-505, 2005.

CARNEIRO, R. G. Reação de progênes de café ‘Icatu’ a *Meloidogyne incognita* raça 2, em condições de campo. **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 19, n. 1-2, p. 53-59, 1995.

CARNEIRO, R. G. *et al.* Manejo integrado de *Meloidogyne paranaensis* utilizando sucessão de culturas, resistência genética e controle biológico. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Brasília, n. 296, 2013. 24 p.

CARNEIRO, R. M. D. G. *et al.* *Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing coffee in Brazil. **Journal of Nematology**, [s.l.], v. 28, n. 2, p. 177-189, 1996.

CARNEIRO, R. M. D. G. *et al.* Identificação e caracterização de espécies de *Meloidogyne* em cafeeiro nos estados de São Paulo e Minas Gerais através dos fenótipos de esterase e SCAR-Multiplex-PCR. **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 29, n. 2, p. 233-241, 2005.

CARVALHO, A. **Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2007. 8 p. (Documentos IAC, n. 34).

CARVALHO, A.; ANTUNES FILHO, H. Melhoramento do Cafeeiro X – Seleção visando eliminar o defeito “lojas vazias do fruto” no café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 14, n. 6, p. 51-62, 1955.

CARVALHO, A. FAZUOLI, L. C.; COSTA, W. M. da. Melhoramento do cafeeiro: XLI – Produtividade do Híbrido de Timor, de seus derivados e de outras fontes de resistência a *Hemileia vastatrix*. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 1, p. 73-86, 1989.

CARVALHO, A.; MÔNACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do cafeeiro XL – Estudos de progênes e híbridos de café Catuaí. **Bragantina**, Campinas, v. 38, n. 22, p. 203-216, 1979.

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, A. M. de. *et al.* Avaliação de progênies de cafeeiros obtidas do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 249-253, 2008.

CARVALHO, G. R. *et al.* Seleção de progênies oriundas do cruzamento entre “Catuaí” e “Mundo Novo” em diferentes regiões do estado de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 583-590, 2006.

CARVALHO, V. D. de; CHAGAS, S. J. de R.; SOUZA, S. M. C. de. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 5-20, 1997.

CARVALHO, V. L. de. *et al.* Avaliação da incidência de cercosporiose em cultivares de cafeeiros em três regiões do estado de Minas. *In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL*, 9, 2015, Curitiba. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, 2015.

CHAGAS, S. J. R.; CARVALHO, V. D. de; COSTA, L. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Belo Horizonte, v. 31, n. 8, p. 555-561, 1996.

CHITWOOD, B. G. ‘Root-knot nematodes’. Part 1. A revision of the genus *Meloidogyne* Göeldi. **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, v. 16, n. 2, 90-114, 1887.

CILAS, C.; MONTAGNON, C.; BAR-HEN, A. Yields stability in clones of *Coffea canephora* in the short and medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. **Tree Genetics & Genomes**, [s.l.], v. 7, p. 421-429, 2011.

CLIMATEMPO. **Clima e previsão do tempo**. Disponível em: [www.climatempo.com.br](http://www.climatempo.com.br). Acesso em: 03 abr. 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café, v. 8, n. 1, primeiro levantamento, janeiro 2021**. Disponível em: [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acesso em: 06 abr. 2021.

CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ. **Cultivares de Café**. Disponível em: [www.consorcioquesquisacafe.com.br/index.php/tecnologias/cultivares](http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/index.php/tecnologias/cultivares). Acesso em: 14 jun. 2021.

COOK, R. Genetic resistance to nematodes: where is it useful? **Australasian Plant Pathology**, [s.l.], v. 33, p. 139-150, 2004.

COSTA, J. C. *et al.* Comportamento agrônomico de progênies e cultivares de cafeeiro com resistência específica à ferrugem. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 183-191, 2013.

CUSTÓDIO, A. A. de P. *et al.* Comparison and validation of diagrammatic scales for brown eye spots in coffee tree leaves. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1067-1076, 2011.

D’ADDABBO, T. *et al.* Biostimulants for Plant Growth Promotion and Sustainable Management of Phytoparasitic Nematodes in Vegetable Crops. **Agronomy**, [s.l.], v. 9, 2019.

- ELLING, A. A. Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. **Phytopathology**, The American Phytopathological Society, [s.l.], v. 103, n. 11, p. 1092-1102, 2013.
- FATOBENE, B. J. dos R. *et al.* Wild *Coffea arabica* resistant to *Meloidogyne paranaensis* and genetic parameters for resistance. **Euphytica**, Wageningen, v. 213, n.196, 2017.
- FATOBENE, B. J. dos R. *et al.* *Coffea canephora* clones with multiple resistance to *Meloidogyne incognita* and *M. paranaensis*. **Experimental Agriculture**, Cambridge University Press, v. 55, n. 3, p. 443-451, 2019a.
- FATOBENE, B. J. dos R. *et al.* Clonal arabica coffee resistance to *Meloidogyne paranaensis* and damage threshold on plants development. **Scientia Agricola**, [s.l.], v. 76, n. 3, p. 227-231, 2019b.
- FATOBENE, B. J. dos R. *et al.* **Cultivares de café resistentes aos nematoides-das-galhas no Brasil**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2020. 3 p. (Circular Técnica, 312).
- FAVERY, B. *et al.* Gall-forming root-knot nematodes hijack key plant cellular functions to induce multinucleate and hypertrophied feeding cells. **Journal of Insect Physiology**, [s.l.], v. 84, p. 60-69, 2016.
- FAZUOLI, L. C. *et al.* IAC 125 RN – a dwarf coffee cultivar resistant to leaf rust and root-knot nematode. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [s.l.], v. 18, p. 237-240, 2018.
- FAZUOLI, L. C. *et al.* IAC Tupi RN, uma cultivar de café com resistência múltipla à ferrugem e ao nematoide *Meloidogyne exigua*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 37., 2011, Poços de Caldas. **Anais [...]**, Poços de Caldas, 2011
- FAZUOLI, L. C. *et al.* Melhoramento do cafeeiro: variedades tipo arábica obtidas no Instituto Agrônômico de Campinas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Viçosa: UFV, 2002. p. 163-215.
- FAZUOLI, L. C. *et al.* Resistência do cafeeiro a nematoides I – Testes em progênies e híbridos, para *Meloidogyne exigua*. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 29, p. 297-307, 1977.
- FAZUOLI, L. C. *et al.* Estudo da resistência de cafeeiros a nematoides. **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 1, p. 25-26, 1974.
- FAZUOLI, L. C. *et al.* Cultivares de café arábica, um patrimônio da cafeicultura. **O Agrônômico**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 12-15, 2007.
- FERNANDES, A. L. T. *et al.* A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.
- FERREIRA, A. *et al.* Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de análise de fatores e índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1189-1195, 2005.

FERREIRA, A. D.; CARVALHO, G. R.; NADALETI, D. H. S. Caracterização agronômica e sensorial de diferentes genótipos de Bourbon visando à produção de cafés especiais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Brasília-DF: Embrapa Café, 2, 2021.

FERREIRA, A. D. *et al.* Desempenho agronômico de seleções de café Bourbon Vermelho e Bourbon Amarelo de diferentes origens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 388-394, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GASPARI-PEZZOPANE, C. de; MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Variabilidade genética do rendimento intrínseco de grãos em germoplasma de *Coffea*. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 39-54, 2004.

GASPARI-PEZZOPANE, C. de. *et al.* Influências ambientais no rendimento intrínseco do café. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 39-50, 2005.

GOELDI, E. A. **Relatório sobre a moléstia do cafeeiro na província do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro Editor: Imprensa Nacional, 1982.

GONÇALVES, S. M. *et al.* Desempenho de duas progênies resistentes à ferrugem (*Hemilia vastatrix* Berk. et Br.) quanto à uniformidade de porte, ao vigor e à produção. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, 2001, Vitória. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, p. 1332-1336, 2001.

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

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

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

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

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. A luta contra a doença causada pelos nematoides parasitos do cafeeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 54-56, 2007.

GUIMARÃES, N. M. R. B. *et al.* **Danos provocados por nematoides-das-galhas às raízes do cafeeiro**. Belo Horizonte: Epamig, 2020. 4 p (Circular Técnica, 317.)

HURCHANIK, D. *et al.* Plant nutrient partitioning in coffee infected with *Meloidogyne konaensis*. **Journal of Nematology**, [s.l.], v. 36, n. 1, p. 76-84, 2004.

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

ITO, D. S. *et al.* IPR 100 e IPR 106 – Cultivares de café arábica com resistência simultânea aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 40, 2014. Serra Negra. **Anais [...]**, Serra Negra, 2014.

ITO, D. *et al.* Progenies de café com resistência aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffe Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 156-163, 2008.

JONES, J. T. *et al.* Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, [s.l.], v. 14, n. 9, p. 946-961, 2013.

JULIATTI, F. C. *et al.* Incidência e severidade da cercosporiose em lavoura cafeeira conduzida sob diferentes sistemas de irrigação e lâminas d'água. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, p. 219-222, 2000.

KOFOID, C. A.; WHITE, A. M. A new nematode infection of man. **Journal of American Medical Association**, v. 72, n. 8, 567-569, 1919.

KRZYZANOWSKI, A. A. *et al.* Levantamento de espécies e raças de *Meloidogyne* em cafeeiros no estado do Paraná. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, p. 1175-1181, 2001.

LAVIOLA, B. G. *et al.* Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 31, n. 6, p. 1451-1462, 2007a.

LAVIOLA, B. G. *et al.* Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 31, n. 6, p. 1439-1449, 2007b.

LORDELLO, L. G. E. Contribuição ao conhecimento dos nematoides que causam galhas em raízes de plantas em São Paulo e estados vizinhos. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. XXI, p. 181-218, 1964.

MALAVOLTA, E. *et al.* Seja o doutor do seu cafezal. **Informações Agronômicas**, Jaboticabal, n. 64, 36 p. 1993. (Encarte Técnico).

MATA, J. S. da. *et al.* Seleção para resistência ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* EMN95001: IAPARLN 94066 de “Catuaí x Icatu” em área altamente infestada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, p. 515-518, 2000.

- MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. de L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: UFV, 2007. p. 65-90.
- 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, 2005.
- MÔNACO, L. C. Efeito das lojas vazias sobre o rendimento do café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 1-12, 1960.
- MOURA, R. M. de; RÉGIS, E. M. de O. Reações de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda:Heteroderidae). **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 11, p. 215-225, 1987.
- MOURA, W. M. *et al.* Avaliação de diferentes populações de café em Patrocínio, Alto Paranaíba, Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, 2001a, Vitória. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, p. 1248-1252, 2001a.
- MOURA, W. M. *et al.* Avaliação de progênies F<sub>3</sub> resultantes de cruzamentos de Catuaí e Mundo Novo com Híbrido de Timor e Catimor na região de Patrocínio, Alto Paranaíba, Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, 2001b, Vitória. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, p. 1279-1284, 2001b.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zeamaus* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.
- MUNIZ, M. de F. S. *et al.* Reaction of coffee genotypes to different populations of *Meloidogyne* spp.: detection of a naturally virulent *M. exigua* population. **Tropical Plant Pathology**, [s.l.], v. 34, n. 6, p. 370-378, 2009.
- NOGUEIRA, A. M. *et al.* Avaliação da maturação dos frutos de linhagens das cultivares Catuaí Amarelo e Catuaí Vermelho (*Coffea arabica* L.) plantadas individualmente e em combinações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 18-26, 2005.
- NOIR, S. *et al.* Identification of a major gene (*Mex-1*) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. **Plant Pathology**, [s.l.], v. 52, p. 97-103, 2003.
- ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território Café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 3, p. 771-800, 2011.
- ORTEGA, A. C.; SILVA, G. J. C.; MARTINS, H. E. P. Transformações recentes da produção agropecuária no Cerrado: uma análise da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Ensaios FEE**, Porto Alegre, v. 35, n. 2, p. 555-584, 2014.

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

PELEGRINI, D. F.; SIMÕES, J. C. Desempenho e problemas da cafeicultura no estado de Minas Gerais: 1934 a 2009. **Campo Território**: revista de geografia agrária, [s.l.], v. 6, n. 12, p. 183-199, 2011.

PEREIRA, A. A. *et al.* Comportamento de progênies resultantes de cruzamentos de Catuaí Amarelo com Híbrido de Timor, na região de São Sebastião do Paraíso, sul de Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, 2001, Vitória. **Anais** [...]. Brasília-DF: Embrapa Café, p. 1312-1318, 2001.

PEREIRA, A. A. *et al.* Parasitismo of *Meloidogyne exigua* races 1 and 2 in coffee plants derived from Timor Hybrid. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51, n. 7, p. 1-8, 2021.

PEREIRA, A. A. *et al.* Retrospectiva e potencial do germoplasma de Catimor nas principais regiões cafeeiras do estado de Minas Gerais. *Em*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 14, 1987, Campinas. **Anais** [...]. Campinas, p. 116-118, 2014.

PEREIRA, A. A. *et al.* Melhoramento Genético do Cafeeiro no Estado de Minas Gerais – Cultivares Lançados e em Fase de Obtenção. *In*: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Viçosa: UFV, 2002. p. 253-296;

PEREIRA, A. A. *et al.* Produtividade de progênies de cafeeiros portadores de resistência à ferrugem, nas regiões Sul e Zona da Mata de Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4, 2005. Londrina. **Anais** [...]. Brasília-DF: Embrapa Café, 2005.

PEREIRA, T. B. *et al.* Reação de genótipos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a *Meloidogyne exigua* população Sul de Minas. **Coffe Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 84-90, 2012.

PERES, A. C. J. **Seleção de genótipos de *Coffea arabica* L. com resistência a *Meloidogyne* spp. em condições de casa de vegetação e a campo**. 2013. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 169-181, 2009.

PINTO, M. F. *et al.* Seleção de progênies de cafeeiro derivadas de Catuaí com Icatu e Híbrido de Timor. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 215-222, 2012.

PINTO, M. F. *et al.* *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6, 2009. Vitória. **Anais** [...]. Brasília-DF: Embrapa Café, 2009.

PORTZ, R. L. *et al.* *Meloidogyne* spp. associadas à cafeicultura em municípios do oeste do Paraná. **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 30, n. 1, p. 23-27, 2006.

- RABELO, W. de O. **A construção da “marca” Café do Cerrado Mineiro: inovações tecnológicas e estrutura de governança**. 2019. 95 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- RAMALHO, M. A. P. *et al.* **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.
- REZENDE, R. M. *et al.* Genetic gain in the resistance of arabica coffee progenies to root-knot nematode. **Crop Science**, Brasília, v. 57, p. 1355-1362, 2017b.
- REZENDE, R. M. *et al.* Arabica coffee progenies with multiple resistance to root-knot nematodes. **Euphytica**, Wageningen, v. 215, n. 3, 2019.
- REZENDE, R. M. *et al.* Agronomic characterization and responses to coffee leaf rust in coffee progenies resistant to the gall nematode *Meloidogyne exigua*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 671-682, 2017a.
- 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.* Reação de doenças e produtividade de progênies de cafeeiro oriundas do cruzamento entre Híbrido de Timor e Catuaí. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9, 2013b, Curitiba. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, 2013b.
- REZENDE, R. M. *et al.* Resistência de progênies de *Coffea arabica* em área infestada por *Meloidogyne exigua*. **Nematropica**, [s.l.], v. 43, n. 2, p. 233-240, 2013a.
- RIBEIRO, R. C. F. *et al.* Resistência de progênies e híbridos interespecíficos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 29, n. 1, p. 1-16, 2005.
- RIBEIRO, W. R. *et al.* Atuação do déficit hídrico no solo como fator limitante da transpiração relativa e desenvolvimento inicial do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9, 2015, Curitiba. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, 2015.
- SÁGIO, S. A. *et al.* Physiological and molecular analyses of early and late *Coffea arabica* cultivars at different stages of fruit ripening. **Acta Physiologiae Plantarum**, Springer, [s.l.], v. 35, n. 11, p. 3091-3098, 2013.
- SALGADO, S. M. L.; CARNEIRO, R. M. D. G.; PINHO, R. S. C de. **Aspectos técnicos dos nematoides parasitas do cafeeiro**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 60 p. (Boletim Técnico, 98).
- SALGADO, S. M. L. *et al.* *Meloidogyne paranaensis* e *Meloidogyne exigua* em lavouras cafeeiras na região sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 475-481, 2015.
- SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. de; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [s.l.], v. 14, n. 2, p. 94-101, 2014.

- SANTANA, M. S.; OLIVEIRA, C. A. da S.; QUADROS, M. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 644-653, 2004.
- SANTOS, F. da S. *et al.* Progresso da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) em cafeeiros sob cultivo orgânico e convencional. **Summa Phytopathologica**, [s.l.], v. 34, n. 1, p. 48-54, 2008.
- SANTOS, M. F. A. *et al.* *Meloidogyne incognita* parasitizing coffee plants in southern Minas Gerais, Brazil. **Tropical Plant Pathology**, [s.l.], v. 43, p. 95-98, 2018.
- SANTOS, M. F. A. *et al.* Primeiro relato de *Meloidogyne izarcoensis* em cafezal no estado de Minas Gerais e levantamento de *Meloidogyne* spp. em cafeeiros no Triângulo Mineiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉ DO BRASIL, 10, 2019, Vitória. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, 2019.
- SERA, G. H. *et al.* Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 171-184, 2006.
- SERA, G. H. *et al.* Reaction of coffee cultivars Tupi IAC 1669-33 and IPR 100 to nematode *Meloidogyne paranaensis*. **Crop Breeding Applied Biotechnology**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. 293-298, 2009.
- SERA, T. *et al.* Obtenção de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) resistentes a ferrugem (EMF9601): seleção antecipada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, 2000.
- SERA, T. *et al.* IPR 100 – Rustic dwarf arabica coffee cultivar with resistance to nematodes *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 17, p. 175-179, 2017.
- SETOTAW, T. A. *et al.* Breeding potential and genetic diversity of “Híbrido do Timor” coffee evaluated by molecular markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, p. 298-304, 2010.
- SETOTAW, T. A. *et al.* Coeficiente of parentage in *Coffea arabica* L. cultivars grown in Brazil. **Crop Science**, Brasília, v. 53, p. 1237-1247, 2013.
- SHIGUEOKA, L. H. *et al.* Histopathological characterization of *Coffea arabica* cultivar IPR 106 resistance to *Meloidogyne paranaensis*. **Scientia Agrícola**, [s.l.], v. 76, n. 5, p. 434-438, 2019.
- SHIGUEOKA, L. H. *et al.* Host reaction of arabica coffee genotypes derived from “Sarchimor” to *Meloidogyne paranaensis*. **Nematoda**, [s.l.], v. 3, 2016.
- SILVA, A. C. A. *et al.* Incidência de ferrugem e cercosporiose em populações de café arábica nos anos de 2018 e 2019. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10, 2019, Vitória. **Anais [...]**. Brasília-DF: Embrapa Café, 2019.

- SILVA, R. A. *et al.* The Híbrido de Timor germplasm: identification of molecular diversity and resistance sources of coffee berry disease and leaf rust. **Euphytica**, Wageningen, v. 214, n. 153, 2018.
- SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIM, L. Primeiro relato da ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro no estado de Goiás. **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 33, n. 2, p. 187-190, 2009.
- SILVAROLLA, M. B.; GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A. Resistência do cafeeiro a nematoides V – Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cafeeiros derivados da hibridação de *Coffea arabica* com *Coffea canephora*. **Nematologia Brasileira**, SBN, Brasília, v. 22, n. 1, p. 51-59, 1998.
- SILVAROLLA, M. B. *et al.* Avaliação de progênies derivadas do Híbrido de Timor com resistência ao agente da ferrugem. **Bragantina**, Campinas, v. 56, n. 1, 1997.
- SOUSA, T. V. *et al.* Population structure and genetic diversity of coffee progenies derived from Catuaí and Híbrido de Timor revealed by genome-wide SNP marker. **Tree Genetics & Genome**, v. 13, n. 124, 2017.
- SOUZA, A. G. C. *et al.* A time series analysis of brown eye spot progress in conventional and organic coffee production systems. **Plant Pathology**, Springer, [s.l.], v. 64, p. 157-166, 2015.
- SOUZA, A. G. C. *et al.* Infection process of *Cercospora coffeicola* on coffee leaf. **Journal of Phytopathology**, The American Phytopathological Society, [s.l.], v. 159, p. 6-11, 2011.
- STEFANELO, D. R. *et al.* *Meloidogyne izalcoensis* parasitizing coffee in Minas Gerais state: the first record in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, [s.l.], v. 44, p. 209-212, 2019.
- TALAMINI, V. *et al.* Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de início e parcelamentos da fertirrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 141-149, 2003.
- TALHINHAS, P. *et al.* The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. **Molecular Plant Pathology**, [s.l.], v. 18, n. 8, p. 1039-1051, 2017.
- TARRAF, W. *et al.* The potential of *Citrullus colocynthis* oil as a biocide against phytoparasitic nematodes. **Crop Protection**, [s.l.], v. 124, 2019.
- TERRA, W. C.; SALGADO, S. M. L.; FATOBENE, B. J. dos R. 2018b. Nematoides de galhas em lavouras cafeeiras da região do cerrado mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 44, 2018b, **Anais [...]**, Franca, 2018b.
- TERRA, W. C. *et al.* **Principais nematoides-das-galhas parasitas do cafeeiro nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 202. 3 p. (Circular Técnica 313).
- TERRA, W. C. *et al.* Root-knot and lesion nematodes in coffee seedlings produced in the state of Minas Gerais, Brazil. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 178-186, 2018a.

TRUDGILL, D. L.; BLOK, V. Apomictic, polyphagous, root-knot nematodes: exceptionally, successful and damaging biotrophic root pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, The American Phytopathological Society, [s.l.], v. 39, p. 53-78, 2001.

VACARELLI, V. N.; MEDINA FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C. Avaliação de frutos chochos e de sementes do tipo moca no rendimento de híbridos arabustas tetraploides (*Coffea arabica* x *Coffea canephora*). **Bioscience Journal**, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 155-165, 2003.

VALE, P. A. S. *et al.* Epitypification of *Cercospora coffeicola* and its involvement with two diferente symptoms on coffee leaves in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, [s.l.], v. 159, p. 399-408, 2021.

VASCO, G. B. *et al.* Incidência da cercosporiose em frutos de cafeeiro: diferentes densidades de plantio e manejo de irrigação. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 38-45, 2015.

VENTURIN, R. P. *et al.* A pesquisa e as mudanças climáticas na cafeicultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, p. 34-43, 2013.

VIEIRA JÚNIOR, J. R. *et al.* **Levantamento da ocorrência de populações do nematoide das galhas do cafeeiro (*Meloidogyne* sp.) em Rondônia**. Rondônia: Embrapa, 2008. 4 p. (Comunicado Técnico, 332).

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro. *In*: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. (Ed.). **Manual de Fitopatologia II: Doenças das plantas cultivadas**. 4 ed. São Paulo, 2005.