

RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE *Coffea arabica* DA ETIÓPIA AO NEMATOIDE *Meloidogyne paranaensis*¹

Dhalton Shiguer Ito², Gustavo Hiroshi Sera², Tumoru Sera³, Luciana Harumi Shigueoka⁴, Santino Aleandro da Silva⁵, Valdir Mariucci Júnior⁶, Camilla Rodrigues Palavro⁷, Roberto Luiz de Souza⁸.

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café.

²Pesquisadores, Dsc, Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, Londrina, PR. ito@iapar.br, gustavosera@iapar.br

³Bolsista Sênior Consórcio Pesquisa Café, PhD. tsera01@gmail.com

⁴Bolsista Consórcio Pesquisa Café, Dsc. lucianashigueoka@gmail.com

⁵Agente de Ciência e Tecnologia, BS, Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR. Londrina – PR. santino@iapar.br

⁶Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina. vmariucci@gmail.com

⁷Discente do Curso de Agronomia. Bolsista PIBIC CNPq. millarpalavro@gmail.com

⁸Discente do Curso de Agronomia. Bolsista da Central de Estágios do Estado do Paraná. betoluizdesouza@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência a *M. paranaensis* em acessos de *C. arabica* da Etiópia pertencentes ao banco de germoplasma do IAPAR. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no IAPAR, Londrina, Paraná, no delineamento inteiramente casualizado, com 37 tratamentos, seis repetições e uma planta por parcela. Foram avaliados 35 acessos de *C. arabica* da Etiópia. Como padrão suscetível, utilizou-se a cultivar Catuaí IAC 99 e resistente a 'IPR 106'. Mudanças com três a quatro pares de folhas foram transplantadas em copos plásticos com capacidade de 900 mL e 1200 ovos e/ou J2 de *M. paranaensis* foram inoculados. As avaliações foram realizadas aos 170 dias após a inoculação, quando foram obtidos o ovos e J2 por grama de raízes, a população final de nematoides e o fator de reprodução (RF). Para classificar os níveis de resistência dos genótipos foi utilizada a redução do fator de reprodução (RRF), variando de altamente resistente a altamente suscetível. Dos 35 acessos da Etiópia, 22 apresentaram resistência, sendo eles E442, E205, E320, E220, E038, E338, E368, E534, E546, E131, E148, E272, E012, E301, E016, E428, E068, E228, E237, E146, E044 e E174. Estes genótipos apresentaram alto nível de resistência a *M. paranaensis* e são importantes fontes de resistência aos programas de melhoramento. A possibilidade de identificação de novas fontes de resistência a *M. paranaensis* permite o desenvolvimento de novas cultivares viabilizando o plantio de cafeeiros em áreas infestadas por esta espécie de nematoide.

PALAVRAS-CHAVE: Café arabica, banco de germoplasmas, nematoide de galhas, melhoramento genético.

RESISTANCE OF *Coffea arabica* ACCESSIONS FROM ETHIOPIA TO NEMATODE *Meloidogyne paranaensis*

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate resistance to *M. paranaensis* in *C. arabica* accessions from Ethiopia belonging to the IAPAR germplasm bank. The experiment was conducted in a greenhouse at IAPAR, Londrina, Paraná, in a completely randomized design with 37 treatments, six replications and one plant per plot. 35 *C. arabica* accessions from Ethiopia were evaluated. The cultivar Catuaí IAC 99 was used as susceptible standard, and 'IPR 106' as resistant. Seedlings with three to four pairs of leaves were transplanted into plastic cups with 900 mL capacity and 1200 eggs and / or J2 of *M. paranaensis* were inoculated. Evaluations were performed at 170 days after inoculation when the eggs and J2 per gram of roots, the final nematode population and the reproduction factor (RF) were obtained. To classify the resistance levels of genotypes, reduction of reproductive factor (RRF) was used, ranging from highly resistant to highly susceptible. The 22 resistant genotypes were E442, E205, E220, E038, E338, E368, E534, E546, E131, E148, E272, E012, E301, E016, E428, E068, E228, E146, E044 and E174. These genotypes showed a high level of resistance to *M. paranaensis* and are important resistance sources to breeding programs. The possibility of identifying new resistance sources to *M. paranaensis* allows the development of new cultivars, making possible to planting coffee in that nematode infested areas.

KEY WORDS: breeding, arabica coffee, germplasm bank, root-knot nematodes

INTRODUÇÃO

A produção de café no Brasil tem sido limitada pela presença de nematoides fitopatogênicos. Dentre os principais gêneros, *Pratylenchus* e *Meloidogyne* são os mais importantes, onde a espécie *M. paranaensis* se destaca por possuir um grande número de hospedeiros, sendo altamente agressiva para os cafeeiros. Sua infestação causa drástica redução radicular, espessamento e rompimento das raízes, com consequente baixo crescimento e desfolha, podendo levar à morte das plantas (SALGADO; REZENDE, 2010).

Levantamentos de fitonematoides em áreas cafeeiras apontam a presença de *M. paranaensis* nos estados de São Paulo (KUBO et al., 2001), Goiás (SILVA et al., 2009), Espírito Santo (BARROS et al., 2011) e nas regiões do Alto

Paranaíba e do Sul de Minas Gerais (SALGADO et al., 2015) e no Paraná (ITO et al., 2013), onde nesse Estado a frequência de *M. paranaensis* é superior à de outros nematoides fitopatogênicos à cultura.

O controle de *Meloidogyne* ssp é um grande desafio. Uma das melhores alternativas para contornar o problema de forma eficiente e viável economicamente é através do uso de cultivares de café geneticamente resistentes.

Atualmente existe poucas cultivares de café arábica recomendadas para áreas infestadas com *M. paranaensis*, devido à reduzida quantidade de fontes de resistência já identificadas. O porta-enxerto de *Coffea canephora* 'Apoatã IAC-2258', resistente a *M. exigua* (SALGADO et al., 2005), *M. incognita* e *M. paranaensis* (SERA et al., 2006) iniciou o cultivo de café em áreas infestadas por nematoides. Em 2012, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), lançou a cultivar de café arábica IPR 100, que apresenta resistência à *M. paranaensis* e *M. incognita* (SERA et al., 2017). Em 2017, outra cultivar de café arábica resistente à *M. paranaensis*, denominada IPR 106, foi disponibilizada aos produtores (ITO et al., 2008). A resistência a *M. paranaensis* foi identificada em *C. canephora* (SERA et al., 2006) e em cafés arábica com introgressão de genes de *C. canephora*, como os genótipos derivados de "Icatu" (SHIGUEOKA et al., 2016a), "Híbrido de Timor" (SALGADO et al., 2014) e "Sarchimor" (SHIGUEOKA et al., 2016b). Alguns acessos de *C. arabica* da Etiópia também mostraram resistência a esse nematoide (FATOBENE et al., 2017).

C. arabica tem base genética muito estreita e a maioria das cultivares desta espécie foi derivada das variedades Typica e Bourbon (ANTHONY et al., 2001). Uma diversidade genética maior que este genótipo é encontrada em plantas de *C. arabica* das terras altas do sudoeste da Etiópia (SILVESTRINI et al., 2007). Esses genótipos da Etiópia consistem em uma grande fonte alélica para ser usada na reprodução genética (SILVESTRINI et al., 2007). Atualmente, programas mundiais de melhoramento genético têm sido utilizados nos acessos de *C. arabica* da Etiópia, com o objetivo de explorar a variabilidade genética presente nos cafeeiros. O programa de melhoramento de café do IAPAR tem 132 acessos de *C. arabica* da Etiópia, que ainda não foram totalmente avaliados quanto à resistência a *M. paranaensis*.

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência a *M. paranaensis* em acessos de *C. arabica* da Etiópia pertencentes ao banco de germoplasma do IAPAR.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

As plantas utilizadas no experimento foram obtidas de sementes de polinização aberta, oriundas de cafeeiros pertencentes ao Banco de Germoplasmas de Café do IAPAR.

Este banco foi criado através de uma expedição da FAO ao continente africano em 1968 e resgatou acessos de *C. arabica* originários da Etiópia. Essas plantas foram enviadas ao Centro Agrônomo Tropical de Pesquisa e Ensino da Costa Rica (CATIE), que por sua vez disponibilizou sementes provenientes de plantas de polinização aberta ao Brasil, originando a coleção de cafeeiros originados da Etiópia do IAPAR de Londrina, Paraná.

Os tratamentos foram compostos por 37 acessos de *C. arabica* da Etiópia, utilizando sementes de polinização aberta. Como controle suscetível, utilizou-se a cultivar Mundo Novo IAC 376-4 (Tabela 1).

Instalação e condução de experimentos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no IAPAR, Londrina, Paraná, Brasil (lat. 23 ° 21'20.0 "S; long. 51 ° 09'58.2" W), entre 24 de agosto de 2018 e 02 de abril de 2019. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 38 tratamentos, oito repetições e uma planta por parcela. A variação de temperatura foi entre 16 °C e 46 °C. A irrigação foi feita manualmente em dois turnos, manhã e tarde.

As plântulas foram obtidas por sementeira em germinadores de areia e transplantadas após o estágio cotiledonar. Mudanças com três ou quatro pares de folhas foram transplantadas para vasos de 900 mL, contendo substrato de solo e areia na proporção de 1: 1, previamente esterilizados em estufa a 100 °C por três horas. Para cada 72 litros de substrato foram adicionados 230 g de superfosfato simples, 22 g de KCl, 24 g de ureia e 72 g de calcário dolomítico.

Obtenção, quantificação e inoculação de nematoides

O inóculo de *M. paranaensis* foi obtido no município de Apucarana (Paraná, Brasil) e registrado no Laboratório de Nematologia do IAPAR sob o número 98.1. A população foi identificada como *M. paranaensis* através dos fenótipos de α -esterase (CARNEIRO; ALMEIDA, 2000), características morfológicas (HARTMAN; SASSER, 1985) e exame do padrão perineal das fêmeas.

Para obter populações puras, uma massa de ovos proveniente de uma fêmea foi separada. Após a identificação precisa dessa fêmea a massa de ovos foi depositada nas raízes da cultivar de tomate Santa Clara para multiplicação. Logo após, essa população pura foi mantida na cultivar de café Mundo Novo IAC 376-4. Para a multiplicação eficiente do inóculo utilizado no experimento, cerca de 60 dias antes da inoculação ovos e J2 foram extraídos das raízes do cafeeiro e novamente depositados em tomateiro. Em seguida, para obtenção do inóculo do experimento, ovos e J2 foram extraídos de raízes de tomate pelo método de Boneti e Ferraz (1981). A inoculação foi realizada 30 dias após o transplante de plântulas, aplicando-se aproximadamente 1.200 ovos e J2 / mL próximo ao pedúnculo da planta. Esse número de nematoides consistiu na população inicial (Pi).

Avaliação de resistência

A avaliação foi realizada 170 dias após a inoculação, retirando parte aérea da planta e lavando e pesando o sistema radicular. Em seguida, os nematoides foram extraídos pela metodologia de Boneti e Ferraz (1981). Após a extração, a população final (Pf) de *M. paranaensis* foi quantificada pela contagem do número de ovos e J2 (NOJ) por sistema radicular utilizando lâmina de contagem de Peters com 1 mL em microscópio óptico. Com os dados de peso de raiz fresca e NOJ, foi calculado a quantidade de nematoides por grama de raiz (Nema.g^{-1}). O fator de reprodução de nematoides (FR) foi calculado usando a fórmula $\text{FR} = \text{Pf} / \text{Pi}$ (OOSTENBRINK, 1966).

Níveis de classificação de resistência

Para classificar os níveis de resistência dos genótipos (NR) foi utilizada a redução do fator de reprodução (RFR), calculada pela fórmula: $\text{RFR} = [(\text{FR de controle suscetível} - \text{FR de tratamento}) / \text{FR de controle suscetível}] \times 100$ (MOURA; REGIS, 1987). Com base na RFR, os genótipos foram classificados de acordo com uma escala: <25,00% = altamente suscetível (AS); 25,00 a 49,99% = suscetível (S); 50,00 a 74,99% = moderadamente suscetível (MS); 75,00 a 89,99% = moderadamente resistente (MR); 90,00 a 94,99% = resistente (R); 95,00 a 100% = altamente resistente (AR) (SHIGUEOKA et al., 2017). Para cada genótipo, foi calculado o FR médio e o RFR com base nos dados das parcelas médias. Como os valores médios de RFR são baseados nos valores de FR do controle suscetível, os valores de RFR desse controle não são calculados (SHIGUEOKA et al., 2017).

Análise estatística

Os dados de FR e Nema.g^{-1} foram transformados com \sqrt{x} . As análises de variância e teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade foram estimadas utilizando o pacote Agricolae (MENDIBURU, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve multiplicação satisfatória de nematoides no controle suscetível, mostrando médias de FR de 39,89 e Nema/g de 2.528,40. O padrão resistente apresentou valores de FR de 0,15 e Nema/g de 23,62. Dos 35 acessos das Etiópia avaliados, 22 apresentaram resistência a *M. paranaensis* (Tabela 1). Dentre eles, 20 apresentaram FR abaixo de 1,0. Dois tratamentos, o E044 e E174, apesar de apresentarem FR de 1,03 e 1,40, foram considerados estatisticamente iguais aos resistentes, sendo classificados no mesmo grupo. Baseando-se nos dados de RFR, todos foram considerados AR, pois apresentaram redução variando de 96,49 % (E174) a 99,89 % (E442).

A maioria dos tratamentos resistentes também apresentaram os menores valores de Nema.g^{-1} . Embora classificados como resistentes, os genótipos E428, E228, E237, E146, E044 e E174 apresentaram valores intermediários de Nema.g^{-1} , porém inferiores ao padrão suscetível. O genótipo de pior desempenho foi o E327 considerado AS e classificado juntamente com Catuaí Vermelho IAC 99 tanto em FR quanto em Nema.g^{-1} .

Alguns autores também identificaram acessos de *C. arabica* da Etiópia com resistência a *M. paranaensis*. Anthony et al. (2003) observaram 100% e 87,1% de plantas resistentes nos acessos da Etiópia T16733 e T16739 respectivamente. Em estudo semelhante, Boisseau et al. (2009) encontraram $\text{FR} < 1$ nos acessos Et 15, Et 25, Et 25B, Et 32B, Et 52, Et 57, Et 59, Ar 57 e Ar 59, indicando a resistência a *M. paranaensis*. Em um estudo com 71 plantas de 20 acessos etíopes originados da mesma expedição da FAO (FAO, 1968) do nosso estudo, Fatobene et al., (2017) identificaram várias plantas resistentes de 16 acessos com resistência a *M. paranaensis*, como os genótipos E428 e E546. Portanto, com base em nossos e em outros estudos, é possível verificar a alta frequência de genótipos de *C. arabica* da Etiópia com resistência a *M. paranaensis*.

Esses acessos da Etiópia têm grande importância para programas de melhoramento genético devido à sua diversidade genética (SILVESTRINI et al., 2007) e além da variabilidade genética para resistência a nematoides *M. incognita* e *M. exigua* (FATOBENE et al., 2017), resistência ao *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* (MOHAN et al., 1978), resistência à Coffe Berry Disease (VAN DER VOSSSEN; WALYARO, 2009), tolerância à seca (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2014), qualidade do café (BERTRAND et al., 2006) e baixa concentração de cafeína (SILVAROLLA et al., 2004).

Os genótipos E044 e E174 apresentaram plantas com FR variando abaixo e acima de 1,0, indicando uma possível resistência heterozigótica. É possível que plantas segregantes suscetíveis estejam aumentando as médias de FR nos genótipos suscetíveis. As plantas serão avançadas para próxima geração por autofecundação, onde serão selecionadas plantas individuais altamente resistentes, podendo identificar plantas em homozigose.

Tabela 1. Fator de reprodução (FR), quantidade de nematoides por grama de raiz (Nema.g⁻¹), massa fresca da raiz (MFR), porcentagem de redução do fator de reprodução (%RFR) e nível de resistência (NR) em acessos de *C. arabica* da Etiópia em condições de casa de vegetação em Londrina, Paraná.

GENÓTIPO		FR	Nema.g ⁻¹	MFR	RFR%	NR
CAF 279	E442	0,04 a	5,72 a	8,74	99,89	AR
CAF 318	E205	0,06 a	10,19 a	7,95	99,85	AR
CAF 191	E320	0,07 a	6,92 a	11,73	99,82	AR
CAF 128	E220	0,07 a	12,80 a	6,82	99,82	AR
CAF 553	E038	0,07 a	10,77 a	8,89	99,81	AR
CAF 218	E338	0,08 a	13,62 a	8,39	99,81	AR
CAF 600	E368	0,08 a	7,95 a	10,10	99,80	AR
CAF 37	E534	0,10 a	7,29 a	12,93	99,75	AR
CAF 379	E546	0,11 a	18,19 a	6,51	99,73	AR
CAF 378	E131	0,14 a	26,04 a	8,00	99,64	AR
CAF 254	E148	0,15 a	14,09 a	11,10	99,62	AR
IPR106*		0,15 a	23,62 a	4,96	99,61	AR
CAF 175	E272	0,17 a	8,15 a	10,96	99,57	AR
CAF 136	E012	0,18 a	18,12 a	12,43	99,54	AR
CAF 111	E301	0,19 a	18,22 a	12,88	99,53	AR
CAF 298	E016	0,35 a	21,63 a	17,26	99,12	AR
CAF 368	E428	0,45 a	93,62 b	8,24	98,87	AR
CAF 14	E068	0,51 a	36,28 a	13,18	98,72	AR
CAF 617	E228	0,61 a	76,02 b	7,55	98,47	AR
CAF 171	E237	0,67 a	57,10 b	10,72	98,33	AR
CAF 12	E146	0,74 a	50,62 b	16,15	98,14	AR
CAF 177	E044	1,03 a	125,82 b	10,31	97,41	AR
CAF 345	E174	1,40 a	184,26 b	9,38	96,49	AR
CAF 93	E324	2,54 b	566,43 b	8,18	93,63	R
CAF 192	E408	3,28 b	240,58 b	11,44	91,78	R
CAF 521	E007	4,90 b	673,11 c	7,44	87,72	MR
CAF 44	E270	6,33 b	600,50 b	7,04	84,12	MR
CAF 180	E159	6,62 b	747,84 c	9,46	83,41	MR
CAF 185	E261	6,71 b	489,33 b	15,80	83,18	MR
CAF 87	E007	7,98 b	758,38 c	11,15	79,99	MR
CAF 528	E265	9,84 b	1209,95 c	6,92	75,32	MR
CAF 22	E238	12,54 b	1083,02 c	12,76	68,57	MS
CAF 142	E383	13,17 b	2502,54 c	6,35	66,97	MS
CAF 234	E287	15,58 b	2572,59 c	6,30	60,94	MS
CAF 280	E331	21,27 b	2351,12 c	10,40	46,66	S
CAF 33	E327	30,11 c	2794,24 c	11,08	24,52	AS
Catuai Vermelho IAC 99**		39,89 c	2528,40 c	13,17	---	---

Médias de FR e Nema.g⁻¹ seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância. *Padrão resistente. **Padrão suscetível.

CONCLUSÕES

1 - Os cafeeiros arábica da Etiópia E442, E205, E320, E220, E038, E338, E368, E534, E546, E131, E148, E272, E012, E301, E016, E428, E068, E228, E237, E146, E044 e E174 apresentaram alto nível de resistência a *M. paranaensis* e são importantes fontes de resistência aos programas de melhoramento.

2 - A possibilidade de identificação de novas fontes de resistência à *M. paranaensis* permite o desenvolvimento de novas cultivares para viabilizar o plantio de cafeeiros em áreas infestadas por esta espécie de nematoide.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café pelo financiamento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; QUIROS, O.; WILCHES, A.; LASHERMES, P.; BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica**. 118:53-65. 2001.
- ANTHONY, F.; TOPART, P.; ASTORGA, C.; ANZUETO, F.; BERTRAND, B. La resistencia genética de *Coffea* spp. a *Meloidogyne paranaensis*: identificación y utilización para la caficultura latinoamericana. **Manejo Integrado de Plagas Agroecología**. v.67, p.5-12. 2003.
- BARROS, A. F.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIN, L.; FERREIRA, A. O.; COUTINHO, R. R. *Meloidogyne paranaensis* attacking coffee trees in Espírito Santo State, Brazil. **Australasian Plant Disease**, [S.I] v.6, p.43-45, Maio 2011.
- BERTRAND, B.; VAAST, P.; ALPIZAR, E.; ETIENNE, H.; DAVRIEUX, F.; CHARMETANT, P. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. **Tree Physiology**. v.26, p.1239–1248. 2006.
- BOISSEAU, M.; ARIBI, J.; SOUSA, F. R.; CARNEIRO, R. M. D. G.; ANTHONY, F. Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**. v.34, p.38-41. 2009.
- BONETTI, J. I.; FERRAZ, S. Modificações no método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**. v.6, p.533. 1981.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Distribution of *Meloidogyne* spp. on coffee in Brazil: identification, characterization and intraspecific variability. In: **Mejoramiento sostenible del café arábica por los recursos genéticos, asistido por los marcadores moleculares, com énfasis en la resistencia a los nematodos**. CATIE/IRD, Turrialba. p.43-48. 2000.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (1968) Coffee Mission to Ethiopia 1964-65. FAO, Rome.
- FATOBENE, B. J. R.; ANDRADE, V. T.; ALOISE, G. S.; SILVAROLLA, M. B.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO-FILHO, O. Wild *Coffea arabica* resistant to *Meloidogyne paranaensis* and genetic parameters for resistance. **Euphytica**. 213:196. 2017.
- HARTMAN, R. M.; SASSER, J. N. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host and perineal pattern morphology. In: Barker KR, Carter CC, Sasser JN (Eds.), **An advanced treatise on Meloidogyne**. Graphics NCSU, Raleigh v.2, methodology. p.69-77. 1985.
- ITO, D. S.; SERA, G. H.; SERA, T.; SANTIAGO, D. C.; KANAYAMA, F. S.; DEL GROSSI, L. Progenies de café com resistência aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**. Lavras, MG. v.3. p. 156-163. 2008.
- KUBO, R. K.; INOMOTO, M. M.; SILVA, R. A.; ANTEDOMÊNICO, S. R. Symptoms caused by *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus* and *P. coffeae* on tubers of potato cvs. Monalisa e Bintje. **Summa Phytopathologica**, Joboticabal, v. 27, n.3, p. 331-333, Jun. 2001.
- MENDIBURU, F. (2015) *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-3.
- MOHAN, S. K.; CARDOSO, R. L.; PAVAN, M. A. Resistência em germoplasma de *Coffea* ao cretamento bacteriano incitado por *Pseudomonas garcae* Amaral et al. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.13, p.53-64. 1978.
- MOURA, R.; REGIS, E. M. Reações de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. **Nematologia Brasileira**. 11:215-225.1987.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristic of the relation between nematodes and plants. **Mededlingen voor Landlb Hoogeschool Wageningen**, v. 66, p. 3-46. 1966.
- QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; NARDIN, C. F.; FAZUOLI, L. C.; TOMA BRAGHINI M. Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais. **Biotemas**. v.27, 4 ed, p.1-10. 2014
- R CORE TEAM (2016) R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna.
- SALGADO, S. M. L.; GUIMARÃES, N. M. R. B.; BOTELHO, C. E.; TASSONE, G. A. T.; MARCELO, A. L.; SOUZA, S. R.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERREIRA, D. F. *Meloidogyne paranaensis* and *Meloidogyne exigua* in coffee plantation from the South of Minas Gerais State. **Coffee Science**, Lavras, MG, v.10, n.4, p.475-481, out./dez. 2015.
- SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. (2010) Manejo de fitonematoides em cafeeiro. In: Reis, PR, Cunha, RL. **Café arábica do plantio à colheita**. Lavras: UFLA, p.757-804..
- SALGADO, S. M. L.; REZENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cultivares de cafeeiros resistentes e suscetíveis. **Fitopatologia Brasileira**. v.30 p.413-415. 2005.
- SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C.; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v.14, p.94-101. 2014.
- SERA, G. H.; SERA, T.; AZEVEDO, J. A.; MATA, J. S.; RIBEIRO-FILHO, C. DOI, D. S.; ITO, D. S.; FONSECA, I. C. B. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**. v.27, p.171-184. 2006.

- SERA, T.; SERA, G. H.; FAZUOLI, L. C.; MACHADO, A. C. Z.; ITO, D. S.; SHIGUEOKA, L. H.; SILVA, S. A. IPR 100 – Rustic dwarf Arabica coffee cultivar with resistance to nematodes *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita*. **Crop Breeding Applied Biotechnology**. v.17, 175-179. 2017.
- SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIN, L. Primeiro relato de ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro no estado de Goiás. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 2, p. 187-190. Dez. 2009.
- SILVAROLLA, M. B.; MAZZAFERA, P.; FAZUOLI, L. C. A naturally decaffeinated arabica coffee. **Nature**. 429:826. 2004
- SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; SILVA, S. A.; FONSECA, I. C. B.; MACHADO, A. C. Z. Diversidade fenotípica de populações de *Meloidogyne paranaensis* em genótipos de *Coffea arabica* e *C. canephora*. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Nematologia, **Resumos...** Petrolina, PE, 2016a.
- SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; SILVA, S. A.; FONSECA, I. C. B.; MACHADO, A. C. Z. Host reaction of arabica coffee genotypes derived from Sarchimor to *Meloidogyne paranaensis*. **Nematoda**. v.3, p.10-16. 2016b.
- SHIGUEOKA, L. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; ANDREAZI, E.; CARDUCCI F. C.; SERA, G. H. *Coffea arabica* lines with resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* derived from crossings with IPR 100. **Australian Journal of Crop Science**. v.11, ed.09, p.1203-1209. 2017.
- SILVESTRINI, S.; JUNQUEIRA, M. G.; FAVARIN, A. C.; GUERREIRO-FILHO, O.; MALUF, M. P.; SILVAROLLA, M. B.; COLOMBO, C. A. Genetic diversity and structure of Ethiopian, Yemen and Brazilian *Coffea arabica* L. accessions using microsatellites markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**. v.54, p.1367-1379. 2007.
- VAN DER VOSSEN, H. A. M.; WALYARO, D. J. Additional evidence for oligogenic inheritance of durable host resistance to coffee berry disease (*Colletotrichum kahawae*) in arabica coffee (*Coffea arabica* L.). **Euphytica**. v.165, p.105-111. 2009.