

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCIANA NUNES GONTIJO

***MELOIDOGYNE EXIGUA*: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, NÍVEL DE INFESTAÇÃO,
MORTALIDADE DE SERINGUEIRAS E CONTROLE COM PLANTAS
ANTAGONISTAS**

UBERLÂNDIA

2017

LUCIANA NUNES GONTIJO

***MELOIDOGYNE EXIGUA*: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, NÍVEL DE
INFESTAÇÃO, MORTALIDADE DE SERINGUEIRAS E CONTROLE COM
PLANTAS ANTAGONISTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador Prof. Dr. Lísias Coelho

Co-orientadora: Prof.^a Dra. Maria Amelia dos Santos

UBERLÂNDIA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- G641
2017 Gontijo, Luciana Nunes, 1988-
 Meloidogyne exigua : distribuição espacial, nível de infestação,
 mortalidade de seringueiras e controle com plantas antagonistas /
 Luciana Nunes Gontijo. - 2017.
 49 f. : il.
- Orientador: Lísias Coelho.
 Coorientadora: Maria Amelia dos Santos.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
 Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
 Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Meloidogyne exigua - Teses. 3. Seringueira
 - Doenças e pragas - Teses. I. Coelho, Lísias. II. Santos, Maria Amelia
 dos, 1964- III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
 Graduação em Agronomia. IV. Título.

LUCIANA NUNES GONTIJO

***MELOIDOGYNE EXIGUA*: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, NÍVEL DE
INFESTAÇÃO, MORTALIDADE DE SERINGUEIRAS E CONTROLE COM
PLANTAS ANTAGONISTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de
“Mestre”.

APROVADA em 16 de fevereiro de 2017.

Prof.^a Dra. Maria Amelia dos Santos
(co-orientadora)

UFU

Prof. Dr. Alison Talis Martins Lima

UFU

Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares

FCAV-UNESP

Prof. Dr. Lísias Coelho
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA

2017

DEDICO

Aos meus pais **Nivaldo e Sirene** (*in memoriam*)

Ao meu esposo **Pedro Ricardo**, pelo amor e compreensão;
À minha irmã **Letícia Nunes Gontijo**, por me incentivar e me apoiar.

Minha gratidão!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela oportunidade de realização do Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo durante o mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Lísias Coelho e à co-orientadora Prof.^a Dra. Maria Amelia dos Santos pela orientação, paciência, confiança e ensinamentos durante este período.

Aos produtores Alejandro Huidobro e Nivaldo Carlucci, que gentilmente cederam uma área da propriedade para a realização do trabalho e aos funcionários da fazenda, “Zé Antônio” e “Doutor”, pela ajuda na condução do experimento.

Ao meu esposo Pedro Ricardo, pela paciência e compreensão.

Ao meu pai Nivaldo Gontijo e minha irmã Letícia Gontijo por me apoiarem e incentivarem a sempre continuar lutando por aquilo que acredito.

Aos meus sogros Odracir Ricardo e Gilvane Gonçalves e aos meus tios Denis Eduardo e Elielza Ricardo pelo carinho e incentivo.

Aos meus amigos Mara Lúcia Magela, Thays Bueno e Rafael Finzi que sempre estiveram presentes.

Ao Aires Ney Gonçalves de Souza, técnico do Laboratório de Nematologia Agrícola, pela boa vontade em me ensinar o processamento das amostras.

À Lara Caroline Borges Moreira Mota, técnica do Laboratório de Bacteriologia e Virologia, pela amizade e companheirismo.

À Alana, Arthur, Ernane, Murilo, Vinícius e Túlio, pela ajuda na condução dos experimentos, coleta e processamentos das amostras.

À Carina Mariani Lopes, por ter me auxiliado nas análises moleculares.

À todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

Lista de tabelas.....	i
Lista de figuras.....	ii
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Introdução	1
1 A cultura da seringueira	3
2 O gênero <i>Meloidogyne</i>	4
2.1 Histórico e classificação taxonômica	4
2.2 Métodos de identificação de <i>Meloidogyne</i> sp.	5
2.3 Sintomatologia.....	6
2.4 Ciclo de vida.....	8
2.5 <i>Meloidogyne exigua</i>	9
2.6 Controle de nematoides	11
2.7 Emprego de plantas antagonistas no controle de nematoides	12
Referências	15
CAPÍTULO 1 - Mortalidade de seringueira em função do nível populacional de <i>Meloidogyne exigua</i>	22
Resumo.....	22
Abstract	24
Introdução	25
1.1 Material e métodos	26
1.2 Resultados e discussão	28
1.3 Conclusões	32
Referências	33
CAPÍTULO 2 - Efeito de plantas antagonistas no manejo de <i>Meloidogyne exigua</i> em consórcio com mudas de <i>Hevea brasiliensis</i>	36
Resumo.....	36
Abstract	38
Introdução	39
2.1 Material e métodos	40
2.2 Resultados e discussão	41
2.3 Conclusões	45
Referências	46
Considerações finais	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Teste <i>Run</i> para mortalidade de <i>Hevea brasiliensis</i> , clone RRIM600, em área infestada com <i>Meloidogyne exigua</i> . Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2015.	30
Tabela 2.1 - Número de ovos e juvenis de <i>M. exigua</i> por grama de raízes de mudas de seringueiras e de plantas antagonistas (P.A). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2016.	42
Tabela 2.2 - Fator de reprodução (FR) de <i>Meloidogyne exigua</i> em mudas de seringueira. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fotografias dos sintomas causados por <i>Meloidogyne exigua</i> em <i>Hevea brasiliensis</i>	8
Figura 2 - Representação esquemática do ciclo de vida de <i>Meloidogyne exigua</i> em seringueira.....	9
Figura 3 - Representação esquemática da hidrólise enzimática dos glucosinolatos via myrosinase.....	13
Figura 4 - Fórmula estrutural do alcaloide monocrotalina.....	13
Figura 1.1 - Imagem aérea da área estudada no Triângulo Mineiro/MG, 2015.....	26
Figura 1.2 - Fotomicrografia do padrão perineal típico de <i>Meloidogyne exigua</i> (corte transversal).....	28
Figura 1.3 - Gel de confirmação da espécie <i>Meloidogyne exigua</i> por marcadores SCAR espécie-específicos.....	28
Figura 1.4 - Mapa da área de estudo no Triângulo Mineiro, 2015.....	29
Figura 1.5 - Área basal em função do percentual de mortalidade das seringueiras em área infestada por <i>Meloidogyne exigua</i>	31
Figura 1.6 - Área basal em função da população de <i>Meloidogyne exigua</i> no solo e nas raízes de seringueiras.....	32
Figura 2.1 - Gel de confirmação da espécie <i>Meloidogyne exigua</i> por marcadores SCAR espécie-específicos.....	41
Figura 2.2 - Temperaturas registradas durante a condução do ensaio. Uberlândia/MG, 2016.....	44

RESUMO

GONTIJO, LUCIANA NUNES. *Meloidogyne exigua*: distribuição espacial, nível de infestação, mortalidade de seringueiras e controle com plantas antagonistas. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Uberlândia, 2017¹.

A infestação de áreas com *Meloidogyne exigua* é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento da heveicultura brasileira. Estudos anteriores demonstraram que o nematoide afeta o crescimento da seringueira, reduzindo o desenvolvimento de árvores que estão em fase produtiva podendo comprometer até mesmo a sua sobrevivência. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a distribuição espacial e nível populacional de *M. exigua* em um seringal e seu controle com plantas antagonistas. Para tanto, foram montados dois experimentos. O primeiro avaliou a distribuição espacial e o nível populacional do nematoide de galha em um plantio comercial de seringueira no Triângulo Mineiro, Minas Gerais. Constatou-se que o nível populacional de *M. exigua*, na área estudada, concentrou-se em focos elípticos – reboleiras – e sua distribuição espacial era do tipo agregada. O segundo experimento avaliou o efeito das plantas antagonistas *Arachis repens*, *Brassica juncea*, *Brassica napus*, *Crotalaria spectabilis*, *Tagetes* sp. consorciadas com mudas de seringueira no controle de *Meloidogyne exigua*. As plantas *Arachis repens*, *Brassica juncea*, *Brassica napus* e *Tagetes* sp. demonstraram efeito antagônico sobre a população do nematoide. Os resultados obtidos evidenciam a importância do manejo para expansão da heveicultura brasileira.

Palavras-chave: *Hevea brasiliensis*. Antagonismo. Nematoide de galha. Controle. Geopopulacional.

¹Comitê Orientador: Lísias Coelho – UFU (Orientador) e Maria Amelia dos Santos – UFU (Co-orientadora).

ABSTRACT

GONTIJO, LUCIANA NUNES. *Meloidogyne exigua*: spatial distribution, infestation level, rubber trees mortality and control with antagonistic plants. 2017. 60 f. Dissertation (Master Program in Agriculture/Phytopathology) - Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2017¹.

The infestation of nematodes of the genus *Meloidogyne* is one of the main limiting factors for the expansion of Brazilian rubber tree plantations. Previous studies have shown that this root-knot nematode affects growth of the rubber tree, thus reducing the development of trees in the production phase and even jeopardizes its survival. In this context, the objective of this study was to evaluate the spatial distribution of *Meloidogyne exigua* in a rubber tree plantation and its control with antagonistic plants. In order to perform this, two experiments were done. The first one evaluated the population density of the root-knot nematode in a commercial rubber tree plantation in Triângulo Mineiro, Minas Gerais. The population density of *M. exigua*, in the studied area, was concentrated in elliptic foci with a clustered spatial distribution. The second experiment evaluated the effect of the antagonistic plants *Arachis repens*, *Brassica juncea*, *Brassica napus*, *Crotalaria spectabilis*, and *Tagetes* sp. on the management of *M. exigua* in rubber tree seedlings. Both *Brassica juncea* and *Arachis repens* showed antagonistic effect on nematode population. The results obtained highlight the importance of proper nematode management for the expansion of Brazilian rubber tree plantations.

Key-words: Rubber tree. Antagonistic plants. Root-knot nematode. Control. Population density.

¹ Supervising Committee: Lísias Coelho – UFU (Major Professor) and Maria Amelia dos Santos – UFU.

INTRODUÇÃO

No gênero *Hevea* estão classificadas onze espécies, das quais *Hevea brasiliensis* (Wild. Ex A. de Juss) Mueller-Argovienis é a mais cultivada comercialmente para a extração de borracha natural (GONÇALVES et al., 1990). Esta é uma importante matéria prima dadas as suas características físico-químicas, que permitem a produção de múltiplos produtos com diferentes usos (MARTIN et al., 1993).

Segundo Vieira e outros (2012), os principais cultivos de seringueira estão localizados no Planalto Ocidental do Estado de São Paulo devido às condições climáticas presentes nessa região. Recentemente, a cultura tem-se expandido também para os Estados de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso e norte do Paraná.

Dentre os principais fatores limitantes ao desenvolvimento da heveicultura brasileira destacam-se os fitonematoides, principalmente os nematoides do gênero *Meloidogyne* Goeldi (SANTOS, 1992). Nas áreas onde são identificados tais patógenos observam-se amarelecimento nas folhas mais novas, ressecamento dos galhos, formação de galhas no sistema radicular e morte progressiva da planta (SANTOS, 1992).

A atuação destes nematoides interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento da cultura, podendo levar à morte das plantas, ocasionando, assim, perdas significativas, tanto econômicas quanto socioambientais nas áreas de produção. A contabilização dos prejuízos aumenta levando-se em consideração que a produtividade dos seringais em si, normalmente, já é inferior à demanda nacional, fazendo com que a indústria busque a matéria prima em outros países exportadores.

Para Campbell (1988), a análise do arranjo espacial de plantas doentes possibilita o entendimento da dinâmica de epidemias, bem como o efeito de fatores ambientais na infecção e na dispersão do patógeno; portanto, o conhecimento do arranjo espacial é fundamental para a obtenção de estimativas precisas da intensidade da doença, na escolha e na implementação de medidas de manejo.

Dentre as principais medidas de controle adotadas está o uso de plantas antagonistas. A utilização dessas plantas pode ser vista como uma das principais alternativas para o manejo de nematoides, já que além de promover a redução dos mesmos, pode ser utilizada como adubo verde e cobertura morta nos seringais (FERRAZ et al., 2012).

Nesse contexto de baixa produtividade e alta demanda nacional do produto este estudo avaliou a distribuição espacial de *Meloidogyne exigua* em seringal no Triângulo Mineiro e seu controle com plantas antagonistas. Os objetivos específicos foram:

- a) Avaliar o nível populacional de *M. exigua* em um plantio comercial de seringueira no Triângulo Mineiro e a sua distribuição espacial;
- b) Avaliar o efeito de plantas antagonistas no manejo de *Meloidogyne exigua* em consórcio com mudas de *Hevea brasiliensis*.

Para tanto, o estudo foi organizado percorrendo sobre a cultura da seringueira e o gênero *Meloidogyne*. No primeiro capítulo foram avaliadas a mortalidade de plantas, a distribuição e o nível populacional do nematoide. No segundo capítulo percorreu-se sobre o efeito das plantas antagonistas no cultivo de seringueira. Ao final desta, a relevância do tema¹.

¹ O estudo, ora apresentado, foi construído seguindo as orientações constantes na Norma para redação final de dissertações e teses (PPGA, 20--). A mesma sugere a utilização de ‘um modelo estrutura de acordo com a finalidade do estudo’ (p. 6) que, no caso deste estudo, foi a de artigo científico.

1 A cultura da seringueira

Nativa da região amazônica e encontrada naturalmente nas florestas dos Estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Pará e em áreas vizinhas do Peru e Bolívia, a seringueira ganhou importante papel na economia brasileira no início do século passado. A partir do extrativismo de seringais nativos, a região amazônica alcançou um período de grande prosperidade econômica (D'AGOSTINI et al., 2013).

Embora essa região apresentasse as melhores características climáticas e de solo para o desenvolvimento da cultura, estas mesmas condições de alta umidade e alta temperatura favoreceram o desenvolvimento do fungo *Microcyclus ulei*, que levou à perda dos plantios comerciais. Posteriormente, novos plantios foram estabelecidos nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, nas chamadas áreas de escape (GASPAROTTO et al., 2016).

Segundo Vieira e outros (2012), os principais cultivos de seringueira estão localizados no Planalto Ocidental do Estado de São Paulo, pois as condições climáticas presentes nesta região são desfavoráveis ao desenvolvimento do patógeno *Microcyclus ulei*. A cultura tem se expandido para os Estados de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso e no norte do Paraná.

A produção mundial de borracha natural em 2012 foi de 11.327 mil toneladas, das quais mais de 7.390 mil toneladas foram provenientes de países do Sudoeste Asiático, a saber: Tailândia (31%), Indonésia (26,6%) e Malásia (7,6%). O Brasil foi o oitavo produtor com 1,5% da produção mundial. Internamente, a produção está distribuída entre os estados de São Paulo (54,6%), da Bahia (17,7%), do Mato Grosso (9,5%), de Minas Gerais (6,2%) e do Espírito Santo (3,7%) (IAC, 2012).

Atualmente, toda a produção nacional de borracha natural é destinada às indústrias de manufatura como a de pneus automotivos, de luvas cirúrgicas, de preservativos dentre outras. No entanto, a produção nacional não é suficiente para atender à demanda da indústria manufatureira, sendo necessária a importação de borracha dos países asiáticos (INSTITUTO AGRONÔMICO - IAC, 2012).

Dentre os principais fatores limitantes ao desenvolvimento da heveicultura brasileira destacam-se os de natureza fitossanitária. Destes, a infestação pelo nematoide de galha e as doenças causadas pelos fungos *Microcyclus ulei* e *Colletotrichum*

gloeosporioides, respectivamente, o mal-das-folhas e o secamento do painel de sangria são os mais importantes (GASPAROTTO et al., 2016).

2 O gênero *Meloidogyne*

O gênero *Meloidogyne*, conhecido como nematoide de galha, é tido como um dos nematoides fitopatogênicos mais importantes, pela ampla distribuição geográfica e polifagia (KARSSSEN et al., 2005).

2.1 Histórico e classificação taxonômica

O primeiro relato de doença causada por nematoide foi realizado na Inglaterra, em 1855, quando Berkeley observou que havia uma relação entre um microrganismo de solo com a formação de galhas em raízes de pepino. Berkeley classificou o nematoide como *Heterodera radiculicola* (CORREIA, 2013).

Em 1887, Émil Goeldi propôs a classificação do nematoide de galha como pertencente ao gênero *Meloidogyne*, o que não foi bem aceito pela comunidade científica da época. Contudo, em 1949, Chitwood fez um estudo por meio da configuração perineal e retomou a classificação proposta por Goeldi, incluindo as principais espécies de nematoides de galha no gênero *Meloidogyne* (GUIMARÃES, 2012).

Posteriormente, outras espécies foram descritas e incluídas e o gênero *Meloidogyne* passou a ser o de maior importância econômica e de grande interesse científico (EISENBACH; TRIANTAPHYLLOU, 1991). No final de 2004, 106 espécies de *Meloidogyne* haviam sido descritas. Destas, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla* são as de maior ocorrência na agricultura mundial (CORREIA, 2013).

Segundo Luc e outros (1990), os nematoides de galha são amplamente distribuídos e disseminados nos países tropicais e subtropicais em virtude da temperatura e umidade favoráveis ao seu desenvolvimento, além da gama de hospedeiros.

Os primeiros relatos de danos causados pelos nematoides de galha no Brasil ocorreram em 1878, nos cafeeiros da província do Rio de Janeiro. Desde então, as infestações vêm acarretando perdas na produção cafeeira (SANTOS, 2000; BARBOSA, 2003).

Na heveicultura, os primeiros relatos de *Meloidogyne* spp. ocorreram em 1971 e 1972, nos seringais da Bahia e de São Paulo, respectivamente (SHARMA, 1971; MARTINEZ et al., 1972; SHARMA; LOOF, 1972). Em 1976, no Estado do Pará, Freire realizou um levantamento taxonômico com objetivo de determinar quais nematoides parasitas e de vida livre estavam associados às raízes de seringueiras e do guaranazeiro. No estudo, o autor identificou em plantios estabelecidos de seringueira que, além de nematoides de vida livre, havia a presença de *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*.

2.2 Métodos de identificação de *Meloidogyne* sp.

A identificação e diferenciação de *Meloidogyne* é difícil em razão do alto grau de similaridade interespecífica, da variabilidade morfológica intraespecífica, do elevado número de espécies descritas dentro do gênero e do fato de colonizarem uma ampla gama de hospedeiros² (FIORENTIN, 2010). Especificamente, a diversidade morfológica se deve ao tipo de reprodução (anfímixia e partenogênese facultativa ou obrigatória), ao alto grau de ploidia (indivíduos haploides e poliploides) e às variações no número de cromossomos somáticos (14 a 74) (CARNEIRO; ALMEIDA, 2000; OLIVEIRA, 2002).

A identificação das espécies de *Meloidogyne* é realizada com base em diferentes técnicas: estudo da configuração perineal de fêmeas (TAYLOR; NETSCHER, 1974), morfologia da região labial e do estilete de machos e fêmeas juvenis de segundo estágio – técnicas que utilizam aspectos morfológicos e morfométricos; diversidade de hospedeiros (HARTMAN; SASSER, 1985); características citogenéticas (TRANTAPHYLLOU, 1985); identificação bioquímica (HUSSEY et al., 1972); e identificação molecular (CURRAN et al., 1986).

A configuração perineal de fêmeas já foi muito utilizada. No entanto, o padrão de estrias perineais apresenta variabilidade na morfologia e, com aumento do número de espécies dentro do gênero, torna-se mais difícil sua diferenciação para utilizar apenas este caráter morfológico (TIHOHOD, 1997). Por isto, tem sido utilizada como complementação a análise molecular (CARNEIRO et al., 2004).

² Embora a dificuldade classificatória permaneça mesmo em espécies que colonizam poucos hospedeiros (FIORENTIN, 2010).

Carneiro e Almeida (2000) e Muniz e outros (2008) sugeriram a separação de raças³ fisiológicas de *M. exigua* com base na capacidade de reprodução em hospedeiros diferenciadores. Assim, considerou-se raça 1 aquela composta por indivíduos que infectam apenas o cafeeiro e o pimentão, raça 2 por indivíduos que infectam o cafeeiro, o pimentão e o tomateiro, e raça 3 por indivíduos que infectam apenas a seringueira.

A identificação bioquímica consiste no uso de eletroforese de isoenzimas, que permite a distinção por meio de fenótipos enzimáticos (OLIVEIRA et al., 2012). A técnica apresenta alta eficiência na diferenciação das espécies que já foram estudadas bioquimicamente e, além disso, detecta populações misturadas e atípicas. Como as demais, a técnica apresenta algumas limitações, entre elas, não separar raças fisiologicamente e utilizar apenas fêmeas maduras na identificação das espécies (CARNEIRO et al., 2000).

As técnicas moleculares vêm sendo empregadas como alternativa do processo de identificação. Elas fazem a diferenciação utilizando a divergência na sequência das bases nucleotídicas e vários marcadores moleculares, como por exemplo, *Restriction fragment length polymorphism-polymerase chain reaction*⁴ (PCR-RFLP), *Sequence-characterized amplified region*⁵ (SCAR), *Random amplified polymorphic DNA*⁶ (RAPD) e, também, o uso de *primers* específicos⁷ (OLIVEIRA et al., 2012).

Mostra-se importante ressaltar que os estudos sobre as técnicas moleculares demonstraram que há variabilidade em *M. exigua*. Em 2008, Muniz e outros, utilizando-se da técnica de RAPD, identificaram alto nível de polimorfismo intraespecífico entre populações de *M. exigua* oriundas do cafeeiro e da seringueira, o que levou à detecção de quatro fenótipos: no café E1, E2, E3 e na seringueira E2a.

2.3 Sintomatologia

As espécies de *Meloidogyne* se alimentam de células do tecido vegetal modificadas no interior das raízes das plantas, local onde induzem a formação de

³ Raça é a combinação cultivar-específica de biótipos de nematoides encontrados em populações de campo (ROBERTS, 2002).

⁴ Polimorfismo do comprimento do fragmento de restrição e reação em cadeia de polimerase (tradução livre).

⁵ Região amplificada de sequência caracterizada (tradução livre).

⁶ DNA polimórfico amplificado ao acaso (tradução livre).

⁷ Primers são segmentos de ácidos nucleicos, necessários à iniciação da replicação do DNA (tradução livre).

galhas, recebendo o nome popular de nematoide de galha (MOENS et al., 2009; SILVA, 2012).

De acordo com Ferraz e Monteiro (1995), os sintomas causados pelos nematoides de galha aparecem diretamente nos próprios órgãos vegetais infectados. Na parte aérea das plantas, aparecem os sintomas reflexos como a murcha das plantas nas horas mais quentes do dia, a queda das folhas e o declínio geral da planta. Nas raízes, os sintomas mais evidentes são a formação de galhas – resultante da hipertrofia e hiperplasia das células do cilindro central, os quais comprimem os vasos do xilema – e a escassez de raízes secundárias. Essa combinação de sintomas proporciona um sistema radicular raso, pobre e deformado (GUIMARÃES, 2012; MOTTA, 2015). Os sintomas reflexos caracterizam-se pela desuniformidade no crescimento das plantas, formando as reboleiras no campo, conseqüentes da distribuição irregular dos nematoides na área (FIORENTIN, 2010).

Nas seringueiras, a infecção prejudica o desenvolvimento como um todo. Causa amarelecimento das folhas novas e ressecamento dos galhos devido à diminuição da capacidade das raízes em absorver água e sais minerais do solo – fatores preponderantes da queda na produção de látex (WILCKEN et al., 2013; PEZZONI FILHO, 2014). Os sintomas mais comuns causados pelos nematoides são as galhas, a seca, a morte das plantas (Figura 1) e a presença de organismos oportunistas.

Exemplificam organismos oportunistas, as coleobrocas que procuram as árvores decadentes ou prestes a morrer para realizar a postura na madeira, inocular e cultivar um fungo (*Lasiodiplodia theobromae* Pat.) nas galerias que servirá como principal alimento para as larvas. Esse fungo causa manchamento da madeira (SANTOS; PEREIRA, 2008; COSTA et al., 2014; GASPAROTTO et al., 2016).

Figura 1 - Fotografias dos sintomas causados por *Meloidogyne exigua* em *Hevea brasiliensis*.



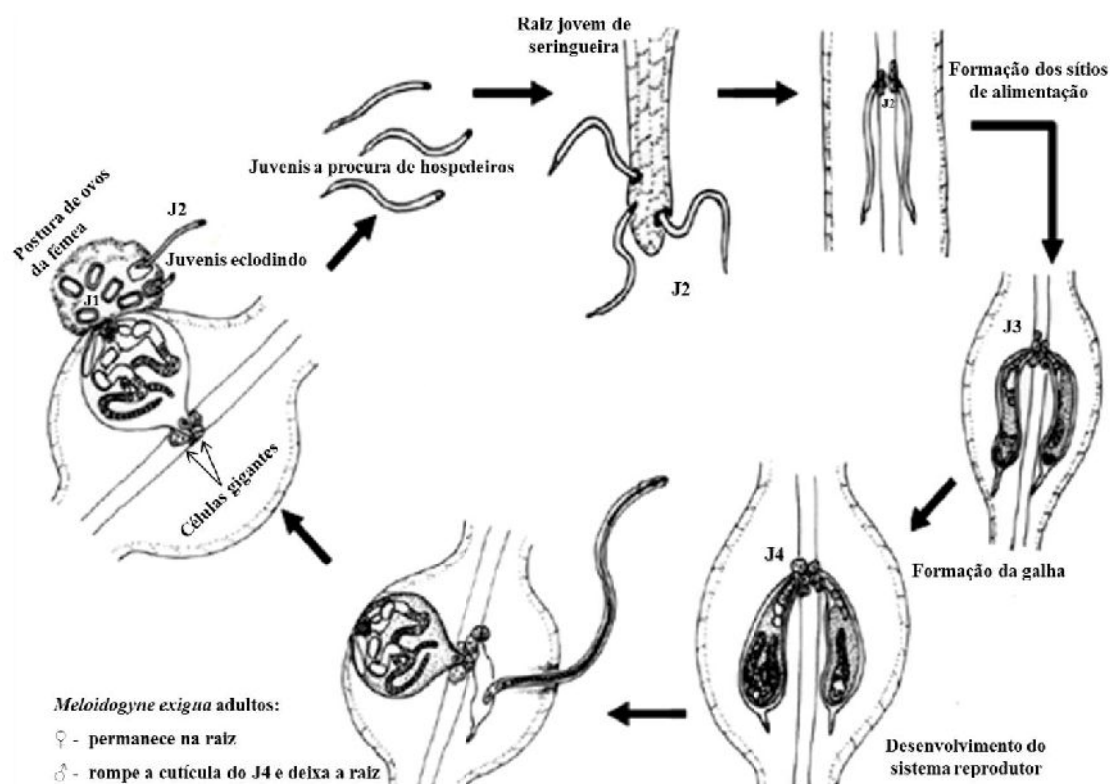
Legenda: A- Galhas no sistema radicular. B- Seca da planta de seringueira. C- Falhas na linha de plantio ocasionadas pela morte da planta. Fonte: COELHO, L.

2.4 Ciclo de vida

O ciclo de vida das espécies de *Meloidogyne* inicia-se com a fêmea depositando seus ovos em um único local da raiz, formando uma massa de ovos envolta em uma matriz gelatinosa. Geralmente, cada massa de ovos contém em média 400 a 500 ovos (SANTOS, 2011). Na Figura 2, observa-se que com o desenvolvimento embrionário forma-se o indivíduo juvenil de primeiro estágio (J1) que passa por uma ecdise ainda no ovo, dando origem ao juvenil de segundo estágio (J2). O J2 perfura o ovo com o seu estilete, rompendo a casca por onde sai para o solo, iniciando a sua fase infectiva. Neste período, o nematoide não se alimenta e passa a utilizar sua reserva lipídica a fim de manter-se até encontrar o hospedeiro (MOTTA, 2015).

No solo, o J2 migra em direção às raízes das plantas hospedeiras, orientado pelo gradiente químico formado pelos exsudados radiculares. Uma vez na superfície da zona de alongamento da raiz, o J2 libera enzimas que começam a degradar a parede do tecido vegetal (FREITAS et al., 2001). Após sua penetração, o J2 movimenta-se em direção ao tecido vascular onde estabelece o seu sítio de alimentação, introduzindo substâncias que alteram morfológica e fisiologicamente as células vegetais. Estas células aumentam de tamanho (hipertrofia), formando as células gigantes. Entretanto, esta alteração não se limita apenas às células gigantes, ocorre também nas células do córtex que se multiplicam desordenadamente (hiperplasia), ocasionando o engrossamento da raiz, denominado galha (EISENBACK; TRIANTAPHYLOU, 1991; FREITAS et al., 2001; SANTOS, 2011).

Figura 2 - Representação esquemática do ciclo de vida de *Meloidogyne exigua* em seringueira.



Fonte: Adaptado de Agrios (2005).

No sítio de alimentação, o J2 passa por três ecdises até atingir a fase adulta (J2→J3; J3→J4 e J4→adulto). A fêmea, já formada, inicia a fase sedentária até o final de seu ciclo, quando da formação e liberação de ovos. O macho, por sua vez, é formado durante o quarto estágio juvenil, momento no qual readquire formato alongado. O macho adulto já formado não se alimenta e abandona a raiz. Não tem papel na reprodução, pois a mesma se dá por partenogênese meiótica e finaliza seu ciclo permanecendo no solo até a morte com o esgotamento de sua reserva energética (EISENBACK; TRIANTAPHYLOU, 1991; EVANS, 1998; FREITAS et al., 2001; SANTOS, 2011).

2.5 *Meloidogyne exigua*

A espécie *M. exigua* foi relatada, em 1887, pelo naturalista Émil August Goeldi nos cafezais da província do Rio de Janeiro (TAKAHASHI, 2015). O nematoide é um

patógeno biotrófico que se alimenta exclusivamente do citoplasma das células vegetais vivas; portanto, para sobreviver e multiplicar, o nematoide necessita de plantas hospedeiras vivas.

Além do cafeeiro, o nematoide parasita culturas de importância econômica como a melancia (*Citrullus vulgaris* Schrad), cebola (*Allium cepa* L.) (MORAES et al., 1972), pimentão (*Capsicum annuum* L.) (LORDELLO, 1964; OLIVEIRA et al., 2005), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cacau (*Theobromae cacao* L.) (OLIVEIRA et al., 2005), seringueira (TAKAHASHI, 2015) e algumas plantas daninhas (LIMA et al., 1985).

Endêmico na Amazônia, o nematoide é considerado um sério problema na heveicultura (SANTOS, 1997). Estudos sobre sua ocorrência em seringais foram realizados em diversos Estados do Brasil. Em levantamento realizado por Sharma et al. (1992), o nematoide *M. incognita* foi encontrado nos seringais do município de Rondonópolis/MT, causando secamento de painel e morte progressiva da planta. Associado ao quadro, identificou-se elevada incidência de organismos oportunistas como coleobrocas e *Botryodiplodia theobromae* Pat⁸. nas plantas.

Santos (1992) retificou a identificação do nematoide como *Meloidogyne exigua* e, segundo o autor, ele é o agente predisponente para a ação do fungo *Botryodiplodia theobromae* que, em conjunto, pode causar a morte descendente da planta. Em 1997, o mesmo autor relatou o nematoide em seringais nativos do Estado do Amazonas e do Pará formando pequenas galhas nas raízes.

Em 2003, Bernardo e outros realizaram estudo no município de São José do Rio Claro, em Mato Grosso, e constataram que o nematoide *Meloidogyne exigua* estava amplamente distribuído nas propriedades produtoras de látex. Em levantamentos nematológicos conduzidos em municípios do Estado de São Paulo por Wilcken e outros (2015), verificou-se a ocorrência de *Meloidogyne* sp. em 49,3% dos seringais amostrados. Ainda neste trabalho, os autores citam que encontraram *M. exigua* nos Estados de Minas Gerais, Goiás e Espírito Santo causando danos em plantações de seringueira.

A ampla distribuição e disseminação de *M. exigua* nos seringais, juntamente com a sua alta capacidade reprodutiva e agressividade, tornam o nematoide um fator limitante para o desenvolvimento dessa cultura.

⁸ Classificação atual: *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. e Maubl.

2.6 Controle de nematoides

Segundo Correia (2013), o controle de doenças causadas por fitonematoides é muito difícil por apresentarem uma ampla gama de hospedeiros (o que facilita sua sobrevivência) e devido à variabilidade genética, mesmo para espécies partenogênicas. O principal objetivo do manejo dos fitonematoides, então, restringe-se a melhorar a qualidade da produção em áreas comerciais e, consequentemente, reduzir o nível populacional abaixo do dano econômico, visto que sua eliminação é impossível.

Dentre as principais medidas de manejo adotadas para controlar espécies de *Meloidogyne* estão as preventivas como a limpeza de máquinas e implementos agrícolas e o uso de mudas saudáveis. Outras medidas são o plantio de cultivares resistentes, o controle químico e biológico e o uso de plantas antagonistas (FIORENTIN, 2010).

A propagação de material sadio é a principal forma de controle dos nematoides de galha, dado que a produção de mudas em viveiro deve ser realizada, primordialmente, em ambientes isentos do patógeno (EMBRAPA, 2005). Para Takahashi (2015), a principal forma de disseminação do nematoide se dá por meio de mudas contaminadas. A Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA), via Escritório de Defesa Agropecuária (EDA) de Barretos, elaborou uma proposta para o Estado de São Paulo com o objetivo de produzir mudas de seringueiras isentas de nematoides, já que as áreas de produção de mudas de seringueira amostradas no Estado continham em torno de 63% de *M. exigua* no solo e 23% nas raízes (TAKAHASHI, 2015).

Para Mendes (1998), a melhor estratégia de controle para nematoides baseia-se no uso de cultivares resistentes, uma vez que não acarreta nenhum custo adicional ao valor da semente e não oferece riscos ao meio ambiente e ao homem. Entretanto, esta estratégia nem sempre é possível. Em estudo realizado por Takahashi (2015), avaliando a resistência dos principais porta enxertos utilizados na heveicultura, verificou-se que todos os oito porta-enxertos comportaram-se como suscetíveis ao nematoide.

O manejo do nematoide utilizando controle químico não é uma opção viável, pois não existe nematicida registrado no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) específico para a cultura da seringueira no Brasil. Além disso, o uso de produtos químicos para controle de nematoides tem sido restrito, pois são altamente tóxicos ao homem e ao meio ambiente e de elevado custo (CASTRO, 2010).

O uso de plantas antagonistas pode ser visto como uma das principais alternativas para o manejo de nematoides, já que além de promover a redução dos mesmos, pode ser aproveitada como adubo verde e cobertura morta (FERRAZ et al., 2012).

2.7 Emprego de plantas antagonistas no controle de nematoides

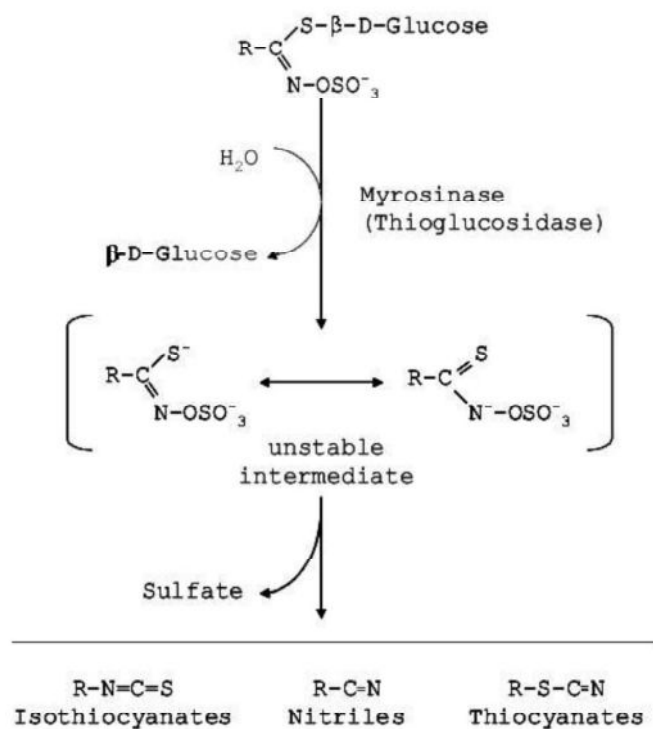
Plantas antagonistas são aquelas que afetam negativamente a população do nematoide. Dentre as principais famílias de plantas utilizadas como antagonistas pode-se citar *Brassicaceae*, *Leguminosae* e *Asteraceae* (FERRAZ et al., 2012).

As plantas da família *Brassicaceae* têm sido exploradas no manejo de nematoides devido ao potencial biofumigante⁹. As plantas desse grupo apresentam glucosinolatos nas células. Esses compostos não são biologicamente ativos, mas são precursores para a formação de compostos biologicamente ativos, que são tóxicos aos nematoides. Dentre esses compostos encontram-se os isotiocianatos, as nitrilas e os tiocianatos (CASTRO, 2010) como ilustrados na Figura 3. Esses compostos voláteis são resultantes da reação de hidrólise dos glucosinolatos pela enzima mirosinase. A enzima só entra em contato com seu substrato (glucosinolato) se o tecido da planta for afetado por um ferimento causado por ataque de patógenos ou por insetos (REDOVNIKOVIC, et al., 2008).

A ação nematicida foi descrita em outros estudos, a saber: o óleo de mostarda (*Brassica juncea* (L.) Czernj. e Coss) inibiu a eclosão dos ovos de *Globodera rostochiensis* (Wolleneeber) Behrens a uma concentração de 1 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (ELLENBY, 1945); o efeito da farinha de mostarda, por meio da biofumigação em solo infestado por *M. incognita*, promoveu a redução de 99% no número de galhas, massas de ovos e ovos em raízes de tomateiro (LIMA, 2006); a utilização do extrato aquoso de *Brassica napus* L. levou à mortalidade de 92,8% de juvenis de segundo estágio de *M. incognita* (KUHN et al., 2015).

⁹ A biofumigação consiste na incorporação de matéria orgânica ao solo, principalmente com resíduos de brássicas, rica em enxofre e compostos ricos em nitrogênio, que durante a decomposição liberam substâncias tóxicas aos patógenos, reduzindo sua viabilidade no solo (SCHOENMAKER; GHINI, 2001).

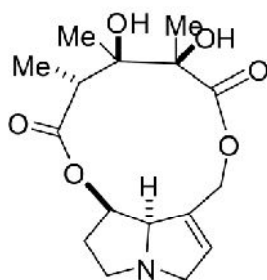
Figura 3 - Representação esquemática da hidrólise enzimática dos glucosinolatos via myrosinase.



Fonte: Zasada; Ferris (2003).

Dentre as leguminosas, a *Crotalaria spectabilis* Roth é a espécie mais estudada no controle de nematoides. Além de promover a redução dos nematoides, pode ser utilizada como adubo verde, cobertura morta e na fixação de nitrogênio, além da ciclagem de nutrientes (SILVEIRA; RAVA, 2004). Segundo Calegari e outros (1993) e Borges e outros (2013), a *C. spectabilis* é eficiente no controle de nematoides devido à produção do alcaloide monocrotalina, que impede o desenvolvimento e a multiplicação do patógeno no interior das raízes (Figura 4).

Figura 4 - Fórmula estrutural do alcaloide monocrotalina.



Fonte: Barreto et al., 2004

Um estudo realizado por Fassuliotis e Skucas (1969) demonstrou que, em juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne incognita* expostos a uma solução de monocrotalina, o número de galhas no hospedeiro é menor após a inoculação. Sano e outros (1983) e Sano e Nakasono (1986) comprovaram que os juvenis de segundo estágio de *M. incognita* nas raízes de crotalaria não conseguiram atingir o terceiro estágio (J3). Andrade e Ponte (1999), avaliando a viabilidade do consórcio de *C. spectabilis* na supressão de *M. incognita*, em quiabeiro, observaram que o consórcio exerceu um eficiente controle dos nematoides.

Na família *Asteraceae*, o gênero *Tagetes* L., conhecido popularmente como cravo-de-defunto, tem sido utilizado em rotação de culturas no controle de fitonematoides, especialmente, na supressão de espécies dos gêneros *Pratylenchus* Filipjev e *Meloidogyne* (FERRAZ et al, 2012), embora seja, também, eficiente no controle de espécies de outros gêneros (FERRAZ; VALLE, 2001). As principais espécies de *Tagetes* estudadas para controle de fitonematoides são *T. patula* L., *T. erecta* L. e *T. minuta* L, sendo que *T. patula* tem se mostrado mais eficiente (FERRAZ; VALLE, 2001).

A ação nematicida de *Tagetes* sp. é atribuída à presença de α -tertienil e derivados que estão presentes em diferentes partes da planta (JACOBS et al., 1995). Dhangar et al. (1995), estudando consórcio de *T. erecta* e berinjela em solo infestado com *M. javanica*, observaram que a população de nematoides reduziu em 40%.

Cannayane e Rajendran (2003), estudando extrato de *Tagetes erecta*, verificaram que houve uma redução na penetração de *M. incognita* raça 3 nas raízes de tomateiro e de berinjela. Uhlenbroek e Bijloo (1959), avaliando o efeito de α -tertienil no controle de *Globodera rostochiensis* (Wolleneeber) Behrens, *Anguina tritici* Steinbuch e *Ditylenchus dipsaci* Kuehn, verificaram que houve controle dos nematoides nas concentrações de 0,1-0,2 $\mu\text{g mL}^{-1}$, 0,5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, respectivamente.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005.

ANDRADE, N. C.; PONTE, J. J. Efeito do sistema de plantio em camalhão e do consórcio com *Crotalaria spectabilis* no controle de *Meloidogyne incognita* em quiabeiro. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 23, n. 1, p. 11-16, 1999.

BARBOSA, D. H. S. G. **Levantamento dos nematoides de galha (*Meloidogyne* spp.) em áreas cafeeiras fluminenses e estimativa dos seus danos à produtividade regional**. 2003. 89 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goitacazes, 2003.

BARRETO, R. A.; HUGHES, J. B.; SOUSA, C. S.; SILVA, V. D. A.; SILVA, A. R.; VELOSO, E. S.; BATATINHA, M. J. M.; COSTA, M. F. D.; EL-BACHÁ, R. S.; COSTA, S. L. O alcaloide monocrotalina, extraído de *Crotalaria retusa*, altera a expressão de GFAP, a morfologia e o crescimento de culturas primárias de astrócitos. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 7, n. 2, p. 112-127, 2004.

BERNARDO, E. R. A.; SANTOS, J. M.; SILVA, R. A.; CASSERATI NETO, D.; SANTOS, S. S.; DELMADI, L.; ROCHA, V. F. Levantamento de *Meloidogyne exigua* na cultura da seringueira em São José do Rio Claro, MT, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 157-159, 2003.

BORGES, E. G.; BATTISTUS, A. G.; MÜLLER, M. A.; MIORANZA, T. M.; KUHN, O. J. Manejo alternativo de nematoides de galha (*Meloidogyne incognita*) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, supl. p. 425-433, 2013.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CAMPBELL, D.T. **Methodology and epistemology for social science**: Selected Papers. Chicago: University of Chicago Press, 1988. 618 p.

CANNAYANE, I.; RAJENDRAN, G. S. O. Application of biocontrol agents and oil cakes for the brinjal roots treated botanical extracts. **Indian Journal of Plant Protection**, New Dehli, v. 31, p. 84-86, 2003.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Caracterização isoenzimática e variabilidade intraespecífica dos nematoides de galhas do cafeeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. 2000. Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2000. p. 280-282.

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

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

CASTRO, D. B. **Uso de óleo essencial de mostrada no controle de *Meloidogyne enterolobii* (= *M. mayaguensis*) em pomar de goiabeira**. 2010. 53 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

COELHO, L. [Sem título], 3 fotografias coloridas. 2016.

CORREIA, E. C. S. S. **Reação de cultivares de alface do grupo Americano A**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

COSTA, E. C.; D’AVILA, M.; CANTARELLI, E. B. **Entomologia florestal**. 3. ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2014. 256 p.

CURRAN, J.; McCLURE, M. A.; WEBSTER, J. M. Genotypic differentiation of *Meloidogyne* populations by detection of restriction fragment length difference in total DNA. **Journal Nematology**, Orlando, v. 18, p. 83-86, 1986.

D’AGOSTINI, S.; BACILIERI, S.; VITIELLO, N.; HOJO, H. BILYNSKYJ, M. C. V.; BATISTA FILHO, A.; REBOUÇAS, M. M. Ciclo econômico da borracha: seringueira *Hevea brasiliensis* (HBK) M. Arg. **Páginas do Instituto de Biologia**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 6-14, 2013.

DHANGAR, D. S.; GUPTA, D. C.; JAIN, R. K. Effect of marigol (*Tagetes erecta*) intercropped with brinjal in different soil types on disease of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*). **Indian Journal of Nematology**, New Delhi, v. 25, p. 181-186, 1995.

EISENBACK, J.D.; TRIANTAPHYLLOU, H.H.; Root-knot nematode: *Meloidogyne* spp. and races. In: NICKLE, W.R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**, New York: CRC Press, 1991. p. 191-274.

ELLENBY, C. Control of the potato-root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber, by allyl isothiocyanate, the mustard oil of *Brassica nigra* L. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 32, p. 237-239, 1945.

EMBRAPA. **Doenças causadas por nematoides na cultura do pessegueiro**. [2016]. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/PessegodeMesaRegiaoSerraGaucha/nemato.htm>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

- EVANS, A. A. F. Reproductive mechanisms. In: PERRY, R.N.; WRIGHT, D.J. (Ed.) **The physiology and biochemistry of free living and plant parasitic nematodes**. Wallingford: CAB International, 1998. p. 133-154.
- FASSULIOTIS, G.; SKUCAS, G. P. The effect of pyrrolizidine alkaloid ester and plants containing pyrrolizidine on *Meloidogyne incognita acrita*. **Journal of Nematology**, Orlando, v. 1, p. 287-288, 1969.
- FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**, 3 ed., São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, cap. 8, p.168-201.
- FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de nematoides**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 306 p.
- FERRAZ, S.; VALLE, L. A. C. **Controle de fitonematoides por plantas antagônicas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2001. 73 p.
- FIORENTIN, F. **Identificação de *Meloidogyne* spp. em reservas legais e avaliação do parasitismo de *Meloidogyne incognita* raça 03 e *M. javanica* em plantas nativas do Oeste do paranaense**. 2010. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Rondon, 2010.
- FREIRE, F. O. C. Nematoides da Região Amazônica: I: nematoides parasitas e de vida livre associados à seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) e ao guaraná (*Paullinia cupana* H. B. K. var. *sorbilis* Mart. Ducke). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 6, n. 4, p. 401-404, 1976.
- FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D'ARC. L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 84 p. (Cadernos Didáticos).
- GASPAROTTO, L; PEREIRA, J. C. R.; MOREIRA, A.; FURTADO, E. L.; SANTOS, A. F. **Manual de identificação de doenças da cultura da seringueira**. Brasília: Embrapa, 64 p. 2016.
- GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; ORTOLANI, A. A. origem, variabilidade e domesticação da *Hevea*; uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 35-556, 1990.
- GUIMARÃES, T. M. **Multiplicação do nematoide *Meloidogyne javanica* em plantas invasoras e seu efeito sobre o desenvolvimento do manjeriço**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2012.
- HARTMAN, K. M., SASSER, J. N. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal pattern morphology. In: BARKER, K. R., CARTER, C. C., SASSER, J. N. (Ed.). **An Advanced Treatise on *Meloidogyne***. Raleigh: North Carolina State University, v. 2, p. 69-77, 1985.

HUSSEY, R. S.; SASSER, J. N.; HUISING, D. Disc-electrophoretic studies of soluble proteins and enzymes of *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*. **Journal Nematology**, Hertfordshire, v. 4, p. 183-189, 1972.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC. A importância da borracha natural. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/importancia.php>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

JACOBS, J. M. R.; STALMAN, M.; CROES, A. F.; WULLEMS, G. J. Thiophene bioconversions in *Tagetes* protoplasts. **Plant Science**, v. 104, p. 139-145, 1995.

KARSSSEN, G.; WESEMAEL, W.; MOENS M. Root-knot nematodes. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Ed.). **Plant Nematology**, London: CAB International, 2005. p. 73-105.

KUHN, P. R.; BELLÉ, C.; REINEHR, M.; KULCZYNSKI, S. M. Extratos aquosos de plantas daninhas, aromáticas e oleaginosas no controle de *Meloidogyne incognita*. **Nematropica**, Bradenton, v. 45, p. 150-157, 2015.

LIMA, A.O. **Uso de mostarda (*Brassica rapa*) como biofumigante de solo no controle de *Meloidogyne incognita***. 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

LIMA, R. D.; CAMPOS, V. P.; HUANG, S. P.; MELLES, C. C. A. Reprodutividade e parasitismo de *Meloidogyne exigua* em ervas daninhas que ocorrem em cafezais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 9, p. 63-72, 1985.

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. 21, p. 181-218, 1964.

LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. London: CAB International, 1990. 629 p.

MARTINEZ, A. A.; LORDELLO, L. G. E.; RUBENS, R. A. L. Nota sobre nematoides que atacam a seringueira no Estado de São Paulo. **Revista Agricultura**, Piracicaba, v. 47, n. 3-4, p. 159-60, 1972.

MARTIN, N. B.; ARRUDA, S. T. A produção brasileira de borracha natural: situação atual e perspectivas. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 23, n. 9, p. 1-47, 1993.

MENDES, W. P. **Hospedabilidade e resistência de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) aos nematoides das galhas *Meloidogyne incognita* (raças 1, 3 e 4) e *Meloidogyne javanica***. 1998. 43 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

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

MORAES, M. V.; LORDELLO, L. G. E.; PICCININ, O. A.; LORDELLO, R. R. A. Pesquisas sobre plantas hospedeiras do nematoide do cafeeiro, *Meloidogyne exigua*, Goeldi, 1887. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 24, p. 658-660, 1972.

MOTTA, L. C. B. M. **Micro-organismos, quitina e quitosana no manejo de nematoides das galhas no tomateiro**. 2015. 128 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

MUNIZ, M. F. S.; CAMPOS, V. P.; CASTAGNOSE-SERENO, P.; CASTRO, J. M. C.; ALMEIDA, M. R. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. Diversity of *Meloidogyne exigua* (Tylenchida: Meloidogynidae) populations from coffee and rubber tree. **Nematology**, Hertfordshire, v. 10, p. 897-910, 2008.

OLIVEIRA, C. M. G.; TOMAZINI, M. DALL'OGGIO; BESSI, R.; INOMOTO, M. M. Nematoides. In: EIRAS, M.; GALLETI, S. R. (Ed.). **Técnicas de diagnóstico de fitopatógenos**, São Paulo: Devir, 2012. p. 103-135.

OLIVEIRA, D. S. **Caracterização de populações de *Meloidogyne exigua* associadas a cafeeiros na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2002. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

OLIVEIRA, D. S.; OLIVEIRA, R. D. L.; FREITAS, L. G.; SILVA, R. V. Variability of *Meloidogyne exigua* on coffee in the Zona da Mata of Minas Gerais State, Brazil. **Journal of Nematology**, Lakeland, v. 37, p. 323-327, 2005.

PEZZONI FILHO, J. C. **Dinâmica espaço-temporal da ocorrência de nematoides em seringueira**. 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2014.

PPGA, Programa Pós-graduação em Agronomia. **Normas para redação final de dissertações e teses**. Uberlândia-MG, [20--].

REDOVNIKOVIC, I. R.; GLIVETIC, T.; DELONGA, K.; VORKAPIC-FURAC, J. Glucosinolates and their potential role in plant. **Periodicum Biologorum**, Zagerb, v. 110, n. 4. 2008. p. 297-309.

ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CAB Internacional, 2002, p. 23-41.

SANO, Z. I.; NAKASONO, K. Histological responses of three leguminous enemy plants to the penetration and development of *Meloidogyne incognita*. **Japanese Journal of Nematology**, Tsukuba, v. 16, n. 12, p. 48-55, 1986.

SANO, Z. I.; NAKASONO, K.; ARAKI, M. Penetration and development of *Meloidogyne incognita* in some enemy and host plants. **Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu**, [s.l.], v. 29, p. 132-136, 1983.

- SANTOS, G. P.; PEREIRA, J. M. M. Insetos e ácaros associados à cultura da seringueira. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, A. F. S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa: Editora UFV, 2008. p. 537-597.
- SANTOS, J. M. **Estudos das principais espécies de *Meloidogyne* Goeldi que infectam o cafeeiro no Brasil com descrição de *Meloidogyne goeldii* sp.** 1997. 153 f. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- SANTOS, J. M. Fatos e feitos relevantes na história da nematologia no Brasil e principais desafios para o início do novo século. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 22., 2000. Uberlândia, **Anais...** Uberlândia, 2000. p. 9-13.
- SANTOS, J. M. Histopatologia em raízes de seringueira infectadas por *Meloidogyne exigua*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 2, p. 226, 1992.
- SANTOS, M. F. A. **Diversidade de *Meloidogyne incognita* e espécies correlatas como sugerem abordagens biológicas, citológicas, morfológicas e moleculares.** 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- SCHOENMAKER, I. A. S.; GHINI, R. Biofumigação do solo para o controle de *Pythium* spp. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 27, p. 308-312, 2001.
- SILVA, J. G. P. **Ocorrência de *Meloidogyne* spp. em diferentes fitofisionomias do cerrado e hospedabilidade de plantas nativas a *Meloidogyne javanica*.** 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- SILVEIRA, P. M.; RAVA, C. A. **Utilização de crotalaria no controle de nematoides da raiz do feijoeiro.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004, 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico 74).
- SHARMA, R. D. Nematodes associated with cacao and rubber in Bahia. **Revista Theobroma**, Itabuna, v. 1, n. 3, p. 43-45, 1971.
- SHARMA, R. D.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BARRE, L.; ROCHA, V. E. Efeitos de práticas culturais na incidência de *Meloidogyne* sp., em seringais de cultivo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 226, 1992.
- SHARMA, R. D.; LOOF, P. A. A. Nematodes of the cacao region of Bahia, Brazil. I – Plant parasitic and free-living nematodes associated with rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Revista Theobroma**, Itabuna, v. 3, n. 1, p. 36-41, 1972.
- TAKAHASHI, V.S. P. **Inter-relações entre nematoides, fungo e a cultura da seringueira.** 2015. 96 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2015.
- TAYLOR, D. P., NETSCHER, C. An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. **Nematologica**, Leiden, v.20, p.268-269, 1974.

TIHOHOD, D. **Guia prático para a identificação de fitonematoides**. Jaboticabal: FCAV, 1997, 246 p.

TRANTAPHYLLOU, A. C. Cytological methods for the study of oogenesis and reproduction of root-knot nematodes. In: BARKER, K. R., CARTER, C. C., SASSER, J. N. (Ed.) **An Advanced Treatise on *Meloidogyne***. Raleigh: North Carolina State University Graphics, p. 107-114, 1985.

UHLÉNBRÖCK, J. K.; BIJLOO, J. D. Investigations on nematocides. II. Structure of a second nematocidal principle isolated from *Tagetes* roots. **Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas et de la Belgique**, [s. l.], v. 78, p. 382-390, 1959.

VIEIRA, S. R.; PIERRE, L. H.; GREGO, C. R.; SIQUEIRA, G. M. Relação espacial entre características dendrométricas de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e de atributos físicos do solo. **Revista de Ciência da Vida**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p. 63-73, 2012.

ZASADA, I. A.; FERRIS, H. Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchus semipenetrans* to isothiocyanates in laboratory assays. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 93, p. 747-750, 2003.

WILCKEN, S. R. S.; FIRMINO, A. C.; FURTADO, E. L. Detecção de *Meloidogyne exigua* em plantas de seringueira em Prata-MG. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 39, supl., 2013. 1 CD-ROM.

WILCKEN, S. R. S.; GABIA, A. A.; BRITO, P. F.; FURTADO, E. L. Phytoparasitic nematodes in rubber plantations of São Paulo State. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 1, p. 54-57, 2015.

CAPÍTULO 1

MORTALIDADE DE SERINGUEIRA EM FUNÇÃO DO NÍVEL POPULACIONAL DE *Meloidogyne exigua*

Luciana Nunes Gontijo*¹, Lísias Coelho², Ernane Miranda Lemes³, Maria Amelia dos Santos⁴

* autor para correspondência: lucianangontijo@gmail.com

¹ Mestre em Fitopatologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

² Professor Associado, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Uberlândia, ICIAG, Uberlândia, MG, Brasil

³ Doutor em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

⁴ Professora Titular, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Uberlândia, ICIAG, Uberlândia, MG, Brasil

RESUMO

A ampla distribuição e disseminação de *Meloidogyne exigua* nos seringais, juntamente com a sua alta capacidade reprodutiva e agressividade, tornam este nematoide um fator limitante para o desenvolvimento desta cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar o nível populacional e a distribuição espacial de *M. exigua* em um seringal no Triângulo Mineiro – Minas Gerais. O estudo foi realizado em uma área plantada em Jan/2008, com clone RRIM600, sendo amostrados 7,2 hectares. Foram avaliados o nível populacional do nematoide, a distribuição de mortalidade de plantas pelo teste de *run*, cálculo da área basal e a construção de mapas que representam as variações da população de *M. exigua* e da mortalidade de seringueiras. Pela distribuição espacial da população de nematoides no solo e raízes verificou-se a presença de três reboleiras, com concentração de nematoides acima de 5.800 indivíduos por 150 cm³ de solo e 50 g de raízes. A incidência de árvores mortas variou de 0 a 70% com formação de dois focos de alta mortalidade. O maior nível populacional de *M. exigua*, na área estudada, ficou concentrado em reboleiras, coincidindo com o maior número de plantas mortas na direção das linhas de plantio. Por meio do teste de *run* pode-se verificar que a

distribuição dos nematoides foi do tipo agregada e sua concentração afetou o crescimento e a sobrevivência das seringueiras.

Palavras-chave: *Hevea brasiliensis*. Nematóide de galha. Distribuição geopopulacional.

ABSTRACT

RUBBER TREE MORTALITY AS A FUNCTION OF *Meloidogyne exigua* POPULATION LEVEL

The wide distribution and dissemination of *Meloidogyne exigua* in rubber tree plantations, together with its high reproductive capacity and aggressiveness, make this nematode a limiting factor for the development of this crop. This study evaluated the population density and the spatial distribution of *M. exigua* in a property in Triângulo Mineiro - Minas Gerais. The study was done in an area planted in January 2008, with RRIM600 clone, where 7.2 hectares were sampled. Population density was evaluated, nematode and plant mortality distribution were determined by the *Run* test, basal area calculated and maps drawn to represent the variations of soil infestation by *M. exigua* and mortality of rubber trees. The spatial distribution of the nematode population in the soil and roots showed the presence of three foci in elliptical form, with a concentration of nematodes above 5800 individuals per 150 cm³ of soil and 50 g of roots. The incidence of dead trees varied from 0 to 70% with the formation of two foci of high mortality. The highest population density of *M. exigua* in the studied area was concentrated in elliptic foci, coinciding with the largest number of dead plants in the direction of planting lines. The spatial analysis confirmed that the distribution of the nematodes was clustered and its concentration affected growth and survival of the rubber trees.

Key-words: *Hevea brasiliensis*. Root-knot nematode. Geo-populational distribution.

INTRODUÇÃO

A borracha natural, extraída da seringueira, é um produto estratégico para a economia nacional. Quase dois terços desta commodity¹⁰ são importados (APABOR, 2015) devido à baixa produção nacional.

Dentre os Estados produtores de borracha, São Paulo se destaca por possuir mais da metade da produção nacional e seus seringais se concentram no planalto oeste, área considerada como zona de escape para o mal-das-folhas (*Microcylus ulei* (P. Henn) A. Arx). Recentemente, a heveicultura tem se expandido para a região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais. Tal expansão pode ser atribuída à grande semelhança edafoclimática entre essa região e aquela do planalto paulista (APABOR, 2015).

Entrementes, há um fator limitante ao crescimento da heveicultura nestas regiões: a recente infestação de nematoides. Assim sendo, o desenvolvimento deste cultivo depende diretamente da capacidade do produtor em lidar com esse problema fitossanitário. Espécies dos gêneros *Meloidogyne* Goeldi, *Pratylenchus* Filipj'ev, *Rotylenchus* Filipj'ev, *Paratrichodorus* Siddiqi e *Criconemoides* Taylor têm sido encontradas nos seringais paulistas em populações relativamente baixas, as quais ainda não conferem danos às plantas (WILCKEN et al., 2015).

Meloidogyne exigua Goeldi é um dos patógenos mais agressivos e destrutivos nos seringais. Foi relatado pela primeira vez nos municípios de Rondonópolis/MT (SHARMA et al., 1992) e de São José do Rio Claro/MT (BERNARDO et al., 2003), causando secamento de painel e morte progressiva nas plantas. Embora existam relatos nos Estados de Minas Gerais (MACHADO et al., 2014), Goiás (GONTIJO et al., 2015), e São Paulo (WILCKEN et al., 2015), informações detalhadas sobre a severidade e os danos causados por este patógeno ainda são escassas.

Estudos realizados evidenciaram que nas áreas onde há a presença de *M. exigua*, há heterogeneidade no crescimento das plantas e formação de galhas no sistema radicular. E, quando sob infestação intensa, as folhas secam podendo levar as plantas à morte (SANTOS et al., 1992; BERNARDO et al., 2003; PEZZONI FILHO, 2014).

O conhecimento da dispersão espacial do *M. exigua* em áreas de cultivo de seringueira contribui para o entendimento da dinâmica da doença e possibilita

¹⁰ Commodity: qualquer bem em estado bruto, de origem agropecuária ou de extração mineral ou vegetal, produzido em larga escala mundial e com características físicas homogêneas, seja qual for a sua origem, destinado ao comércio externo.

identificar as áreas de maior infestação do patógeno e, dessa forma, implementar medidas de controle. O mapeamento da distribuição espacial é uma técnica amplamente utilizada para a análise de dados e fornece uma rápida avaliação das plantas doentes e sadias (CAMPBELL, 1988).

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar, em uma propriedade no Triângulo Mineiro, o nível populacional de *M. exigua*, sua distribuição espacial e o seu efeito no crescimento e sobrevivência de seringueiras.

1.1 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em parte de uma propriedade no Triângulo Mineiro, cujo plantio foi realizado em Jan/2008, com clone RRIM600, em espaçamento de 8 x 2,5 m (Figura 1.1). Foram amostradas 12 linhas, tendo cada linha cinco parcelas com 20 plantas ou posições de plantio, com bordadura dupla, totalizando 7,2 hectares. As amostragens foram realizadas em novembro de 2015.

Figura 1.1 - Imagem aérea da área estudada no Triângulo Mineiro/MG, 2015.



Legenda: P01 a P12: Pontos de delimitação da área. **P:** parcela experimental

Fonte: GOOGLE Earth - CNES/Astrium 2015.

Com objetivo de quantificar o nível populacional de *M. exigua*, foram coletadas amostras de solo e de raízes a uma profundidade de 0-20 cm, nos dois lados da sétima, décima e décima terceira árvores de cada parcela. As amostras foram levadas ao Laboratório de Nematologia (LANEM/ICIAG) para análise. Além da amostragem, foi

mensurado o diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores com o intuito de determinar a área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) e a mortalidade de plantas em cada parcela.

A área basal é uma medida de ocupação do solo e indica a densidade da floresta (FINGER, 1992), o ponto de máximo crescimento da espécie em função das condições de solo, do espaçamento de plantio e dos tratos culturais, além de demonstrar o seu ponto de estagnação (SOARES et al. 2009).

A extração dos nematoides foi realizada de acordo com a metodologia de flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964), tanto para solo como para raízes. As raízes foram processadas, primeiramente, pela técnica de Hussey e Barker (1973), modificada por Boneti e Ferraz (1981), e então submetidas à metodologia de flotação citada. A contagem dos nematoides foi realizada com auxílio da câmara de Peters e microscópio fotônico. Para a identificação da espécie de *Meloidogyne*, foi efetuado o corte perineal (TAYLOR; SASSER, 1978) e análise molecular (SCAR-PCR) (RANDING et al., 2002; MUNIZ et al., 2008).

Os mapas que representam a variação da infestação do solo por *M. exigua* e da mortalidade de *H. brasiliensis* foram feitos no programa MatLab R2010a (MATHWORKS, 2016) e os gráficos de mortalidade e área basal em função da densidade populacional de nematoides no programa SigmaPlot 12.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2011).

Para a análise da aleatoriedade da distribuição de mortalidade das plantas foi feito o teste de *Run* (BERGAMIN FILHO et al., 2005). Para tanto, foram calculados os números esperados de runs (E), a variância (σ^2) e o valor padronizado (Z_R), utilizando as equações:

$$E(R) = \frac{1 + 2m(N - m)}{N}, \quad (1)$$

$$\sigma^2(R) = \frac{2m(N - m)[2m(N - m) - N]}{N^2(N - 1)}, \quad (2)$$

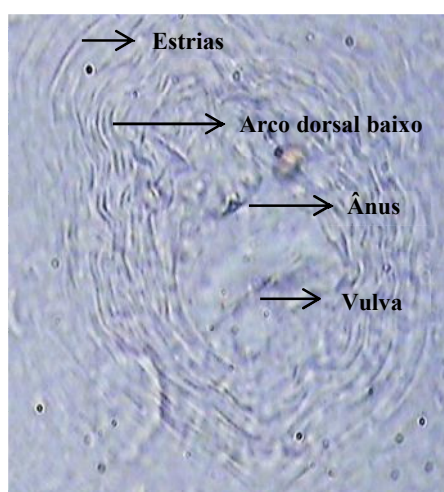
$$Z_R = \frac{R + 0,5 - E(R)}{\sigma(R)}, \quad (3)$$

onde, R é número de *Runs*, m é o número de plantas mortas, N o número de plantas na linha e $\sigma(R)$ desvio-padrão. Com base na distribuição normal, considera-se $Z_R > -1,64$ ($P = 0,05$) como padrão aleatório e $Z_R < -1,64$ ($P = 0,05$) como padrão agregado.

1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

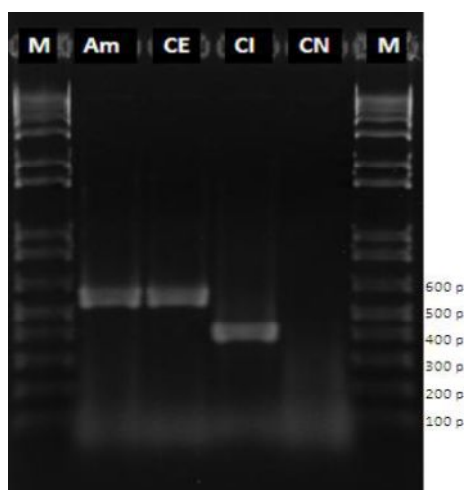
A espécie *M. exigua* foi identificada nas amostras analisadas, sendo que nas plantas infectadas observou-se tanto a presença de galhas nas raízes finas como a necrose das mesmas. A espécie foi identificada por meio da configuração perineal, caracterizada pela apresentação de estrias grossas e bem espaçadas, arco dorsal baixo e levemente plano (Figura 1.2).

Figura 1.2 - Fotomicrografia do padrão perineal típico de *Meloidogyne exigua* (corte transversal).



Pela análise molecular, a população em estudo apresentou fragmento específico de 562 pb, confirmando ser *M. exigua* (Figura 1.3) (MUNIZ et al., 2008).

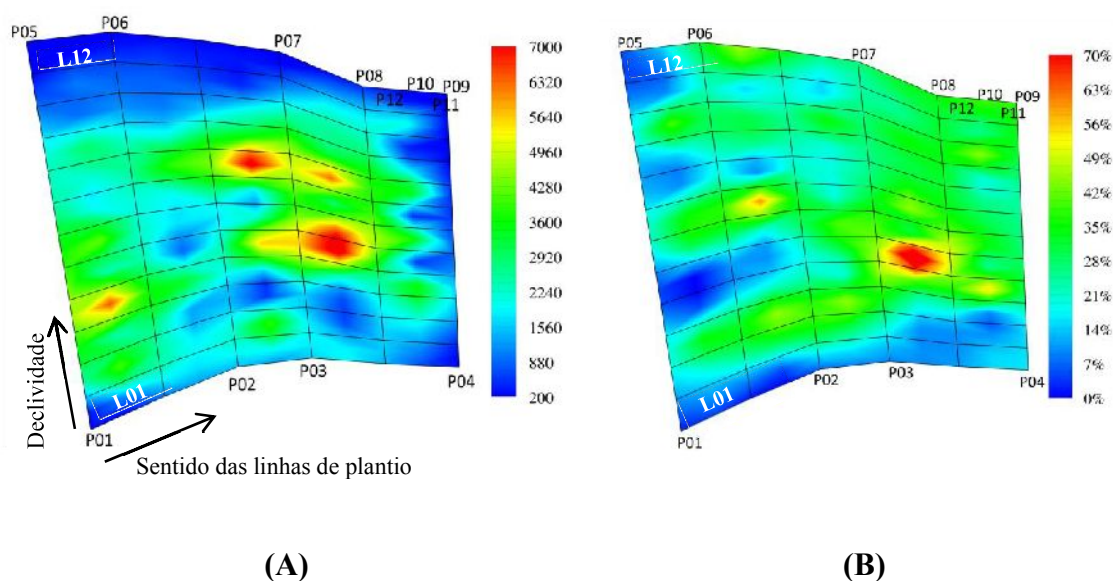
Figura 1.3 - Gel de confirmação da espécie *Meloidogyne exigua* por marcadores SCAR espécie-específicos.



Legenda: M- Marcador de DNA 1Kb; Am- Amostra de DNA de juvenis presentes em rizosfera de seringueira; CE- Controle positivo *M. exigua* (562 pb); CI- Controle positivo *M. incognita* (399 pb); CN- Controle negativo sem DNA. Fonte: LOPES, 2016.

A distribuição espacial da população dos nematoides no solo e raízes (Figura 1.4 A) mostrou a presença de três focos elípticos seguindo a direção das linhas de plantio, com concentração de nematoides acima de 5.800 indivíduos por 150 cm³ de solo e 50 g de raízes. O formato elíptico das reboleiras ao longo das linhas de plantio indicou que fatores, tais como a movimentação de sangradores e de máquinas e implementos podem ter contribuído para a disseminação dos nematoides na área. A disseminação dos nematoides em decorrência da declividade natural da área não se mostrou pronunciada, uma vez que a diferença de altitude é de 25 m entre os pontos P1 e P5 e há curvas de nível no plantio para prevenir a erosão devido à textura do solo.

Figura 1.4 - Mapa da área de estudo no Triângulo Mineiro, 2015.



Legenda: A- Distribuição espacial de *Meloidogyne exigua* em solo e raízes de seringueira em 150 cm³ de solo e 50 g de raízes em uma propriedade do Triângulo Mineiro. B- Mortalidade de *Hevea brasiliensis*, clone RRIM600.

A distribuição horizontal dos nematoides no campo mostrou-se irregular e apresentou-se no formato de reboleiras ou focos aleatórios. Vale ressaltar que, os nematoides podem ser transportados para outras áreas, principalmente, pela movimentação de solo tanto pelas máquinas e implementos agrícolas, quanto pelas pessoas que transitam na área contaminada (SANTOS, 2002).

Verificou-se também que a incidência de árvores mortas variou de 0 a 70% com formação de dois focos de alta mortalidade, conforme Figura 1.4B. A área com maior

índice de plantas mortas apresentou também forma elíptica e coincidiu com um dos focos de nematoides observados.

A aplicação do teste de *Run* aos dados amostrados indicou um padrão agregado para mortalidade das seringueiras na quinta, sétima e oitava linha (Tabela 1.1). Este achado confirmou que esta distribuição é típica dos nematoides, uma vez que os mesmos têm pouca mobilidade no solo.

Tabela 1.1 - Teste *Run* para mortalidade de *Hevea brasiliensis*, clone RRIM600, em área infestada com *Meloidogyne exigua*. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2015.

Linha	R^1	N	m	E	σ^2	Z_R
L01	23	100	11	19.59	3.67	2.04
L02	31	100	20	32.01	10.02	-0.16
L03	45	100	31	42.79	18.05	0.64
L04	35	100	28	40.33	16.01	-1.21
L05	27	100	30	42.01	17.39	-3.48
L06	36	100	31	42.79	18.05	-1.48
L07	29	100	38	47.13	21.95	-3.76
L08	24	100	20	32.01	10.02	-2.37
L09	39	100	22	34.33	11.55	1.52
L10	48	100	37	46.63	21.48	0.40
L11	29	100	18	29.53	8.50	-0.01
L12	36	100	27	39.43	15.30	-0.75

¹ R = número de *runs*; N = número total de plantas na linha; m = número de plantas mortas na linha; E = número de *runs* esperado; σ^2 = variância; Z_R = Cálculo padronizado para distribuição normal (Se $Z_R < -1,64$, rejeita-se a aleatoriedade da distribuição).

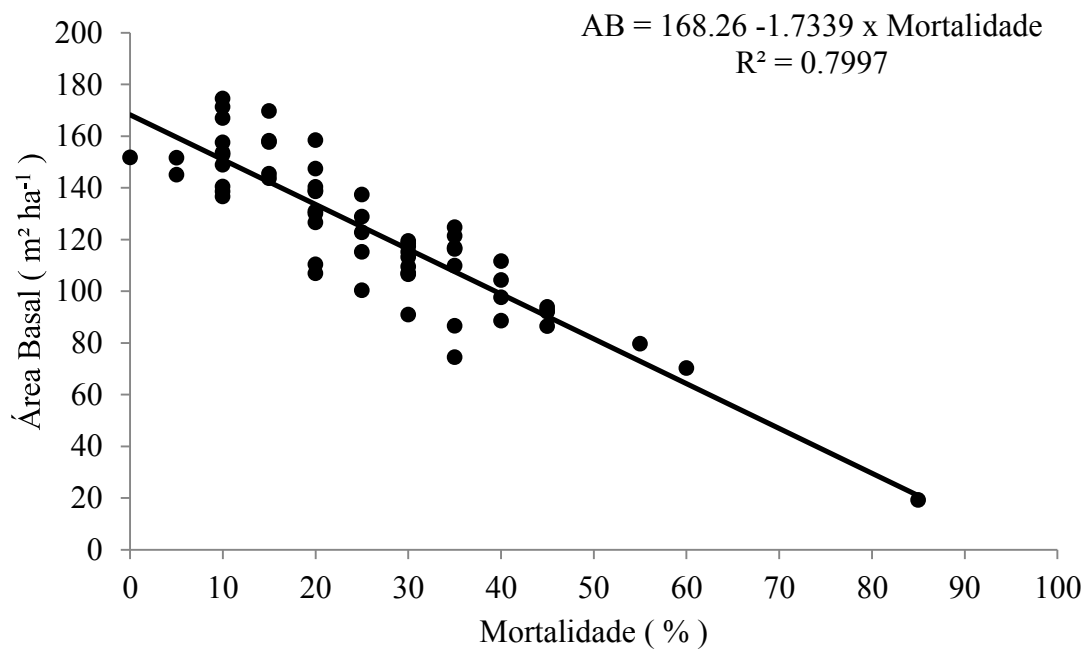
Segundo Bergamin Filho e outros (2002), o padrão agregado pode ser notado quando o patógeno se dissemina a curtas distâncias, demonstrando que a probabilidade de uma planta situada próxima à fonte de inóculo se torne infectada é maior do que de plantas distantes desta fonte de infecção, causando assim, uma sobredispersão. Tal fato indica que, embora os nematoides sejam capazes de se movimentar pelo solo, a autodisseminação é relativamente pequena, contribuindo para a distribuição espacial do tipo agregada.

Farias e outros (2002) e Torres e outros (2006) encontraram resultados semelhantes ao obtido neste estudo e também demonstraram que a oviposição na rizosfera das plantas são os pontos iniciais das infestações na área e que evoluíram gradativamente formando agregados maiores.

Observou-se, também, que a área basal diminuiu em função da mortalidade das árvores (Figura 1.4) aos oito anos de idade. Em plantios florestais, espera-se que haja

alguma mortalidade durante a implantação da floresta; contudo, estas pequenas perdas são compensadas pelo crescimento mais vigoroso de plantas vizinhas, não tendo alteração significativa da área basal.

Figura 1.5 - Área basal em função do percentual de mortalidade das seringueiras em área infestada por *Meloidogyne exigua*.

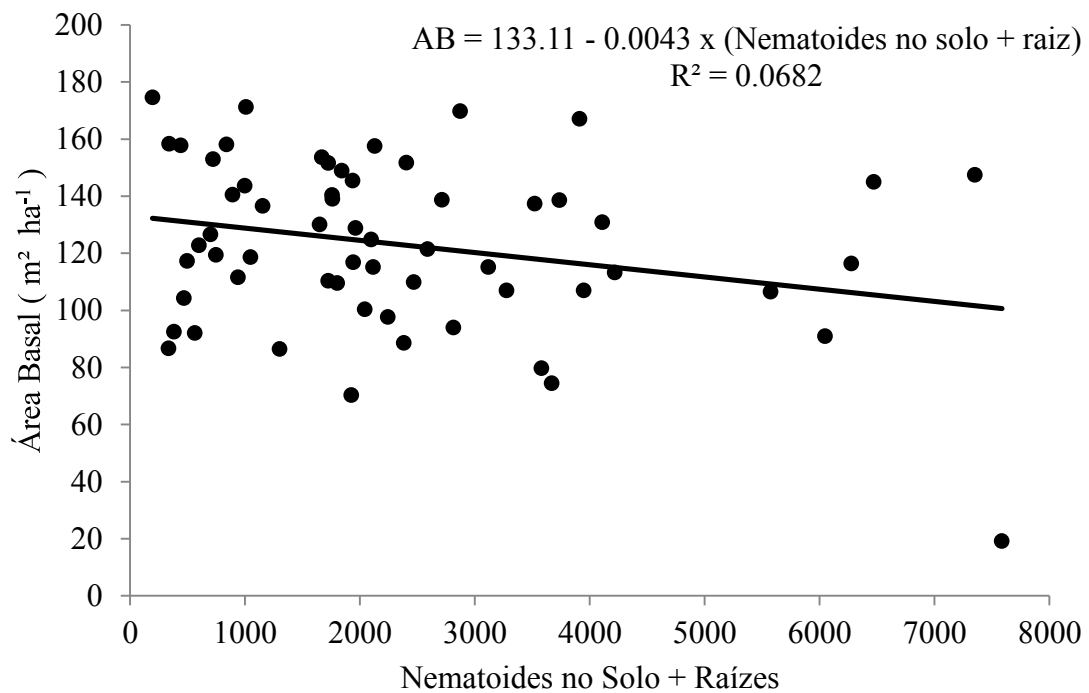


Todavia, ao observar a relação linear negativa entre mortalidade e área basal (Figura 1.5), esta evidencia que o crescimento equilibrado do seringal foi afetado, principalmente, quando foram encontradas árvores em estágios distintos de senescência, fato não esperado num seringal entrando em sangria.

Gasparotto e outros (2016) mencionam que nematoides podem causar mortalidade de seringueiras, independentemente da idade da planta, como pôde ser observado na área de estudo, tanto pela mortalidade das árvores, como pela presença de galhas nas raízes das árvores.

A análise da área basal em função da população de *M. exigua* no solo e nas raízes indicou uma tendência decrescente (Figura 1.6), ou seja, quanto maior a população do patógeno, menor a área basal da seringueira.

Figura 1.6 - Área basal em função da população de *Meloidogyne exigua* no solo e nas raízes de seringueiras.



1.3 CONCLUSÕES

As análises demonstraram que o maior nível populacional de *M. exigua*, na área estudada, estava concentrado em reboleiras, coincidindo com o maior número de plantas mortas, na direção das linhas de plantio. Quanto ao aspecto territorial, pôde-se verificar que a distribuição espacial dos nematoides foi do tipo agregada.

Assim sendo, o *Meloidogyne exigua* afetou o crescimento e a sobrevivência das seringueiras, reduzindo o desenvolvimento de árvores em fase produtiva.

Mais estudos são necessários para determinar o limiar de convivência planta-parasita e se a mesma impacta a produção de látex.

REFERÊNCIAS

- APABOR, **Curso internacional apresenta tecnologias que aumentam produtividade de seringueira**. 2015. Disponível em: < <http://www.heveabrasil.com/> >. Acesso em 20 nov. 2016.
- BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; AMORIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C. Análise espacial de epidemias. In VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Ed. Perfil. 2005. p. 193-239.
- BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; AMORIM, L.; LARANJEIRA, F. F. Análise espacial de epidemias. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Piracicaba, v. 10, p. 155-218, 2002.
- BERNARDO, E. R. A.; SANTOS, J. M.; SILVA, R. A.; NETO, D. C.; SANTOS, S. S.; DELMADI, L.; ROCHA, V. F. Levantamento de *Meloidogyne exigua* na cultura da seringueira em São José do Rio Claro, MT, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 157-159, 2003.
- BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, p. 553. 1981.
- CAMPBELL, D. T. **Methodology and Epistemology for Social Science: Selected Papers**. Chicago: University of Chicago Press, 1988.
- GOOGLE EARTH-MAPS/ CNES/Astrium. Vista aérea da área em estudo. Consulta realizada em 19 mai. de 2015.
- FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; VIEIRA, S. R.; SÁNCHEZ-VILA, X.; FERRAZ, L. C. C. B. Geostatistical analysis of the spatial distribution of *Rotylenchus reniformis* on cotton cultivated under crop rotation. **Russian Journal of Nematology**, Moscou, v.10, p.1-9, 2002. Disponível em: < <http://www.russjnmatology.com/rjnv101.htm#Farias> >. Acesso em: 19 dez. 2016.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J.C.R.; MOREIRA, A.; FURTADO, E.L.; SANTOS, A.F. **Manual de identificação de doenças da cultura da seringueira**. Brasília: Embrapa, 2016. 64 p.
- GONTIJO, L. N.; COELHO, L.; SANTOS, M. A.; LEMES, E. M. Detecção de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus brachyurus* em seringueira nos municípios de Urutaí e Cumari – GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 48. São Pedro, 2015. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia. CD-ROM.

- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Reporter**, Saint Paul, v. 57, p. 1025-1028, 1973.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal flotation technique for extracting nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Saint Paul, v. 48, p. 692. 1964.
- LOPES, C. M. [Sem título], Gel de confirmação da espécie *Meloidogyne exigua* por marcadores SCAR espécie-específicos. 2016.
- MACHADO, T. V.; COELHO, L.; SANTOS, M. A.; Densidade populacional de *Meloidogyne exigua* em raízes de clones de *Hevea brasiliensis*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. supl., 2014. CD-ROM.
- MATHWORKS. **MatLab**. Disponível em: <http://www.mathworks.com/products/matlab/index.html?s_tid=gn_loc_drop>. Acesso em 20 mai. 2016.
- MUNIZ, M. D. S.; CAMPOS, V. P.; CASTAGNONE-SERENO, P.; CASTRO, J. M. C.; ALMEIDA, M. R. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. Diversity of *Meloidogyne exigua* (Tylenchida; Meloidogynidae) populations from coffee and rubber tree. **Nematology**, Hertfordshire, v. 10, p. 897-910, 2008.
- PEZZONI FILHO, J. C. **Dinâmica espaço-temporal da ocorrência de nematoides em seringueira**. 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual de São Paulo. Botucatu, 2014.
- RANDING, O.; BONGIOVANNI, M.; CARNEIRO, R. M. D. G.; CASTAGNONE-SERENO, P. Genetic diversity of root-knot nematodes from Brazil and development of SCAR markers specific for the coffee-damaging species. **Genome**, Ottawa, v. 45, p. 862-870, 2002.
- SANTOS, J. M.; MATTOS, C.; BARRÉ, L.; FERRAZ, S. *Meloidogyne exigua*, sério patógeno da seringueira nas Plantações E. Michellin, em Rondonópolis, MT. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 16, n. 1-2, p. 98-99. 1992.
- SANTOS, M. A. **História da nematologia**. 2002. Disponível em: <<http://www.amelia.prof.ufu.br/dpv49/textos1dpv49.prn.pdf>>. Acesso 30 jun. 2016.
- SHARMA, R. D.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BARRE, L.; ROCHA, V. E. Efeitos de práticas culturais na incidência de *Meloidogyne* sp., em seringais de cultivo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 226, 1992.
- SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 276 p.
- SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot 12 User's Guide**. USA: Systat Software, Inc. 2011.
- TAYLOR, A.L.; J. N. SASSER. **Biology identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species)**. Raleigh: Department of Plant Pathology, North Carolina State University Graphics. 1978. 111 p.

TORRES, G. R. C.; PEDORSA, E. M. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; MICHENEFF, S. J.; MOURA, R. M. Aspectos ecológicos da comunidade de nematoides associada ao cultivo de *Cucumis melo* no Rio Grande do Norte. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 1, p. 1-9, 2006.

WILCKEN, S. R. S.; GABIA, A. A.; BRITO, P. F.; FURTADO, E. L. Phytoparasite nematodes in rubber plantations of São Paulo State. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 1, p. 54-57, 2015.

CAPÍTULO 2

EFEITO DE PLANTAS ANTAGONISTAS NO MANEJO DE *Meloidogyne exigua* EM CONSÓRCIO COM MUDAS DE *Hevea brasiliensis*

Luciana Nunes Gontijo^{*1}, Lísias Coelho², Maria Amelia dos Santos³

* autor para correspondência: lucianangontijo@gmail.com

¹ Mestre em Fitopatologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

² Professor Associado, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Uberlândia, ICIAG, Uberlândia, MG, Brasil

³ Professora Titular, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Uberlândia, ICIAG, Uberlândia, MG, Brasil

RESUMO

Nativa da região amazônica, a *Hevea brasiliensis* é a espécie do gênero mais cultivada em plantios comerciais para a extração de látex. Esta ação vem sendo afetada por problemas de infestação por nematoides do gênero *Meloidogyne*, principalmente pela espécie *M. exigua*. Com o intuito de manter a produtividade, o uso de plantas antagonistas tem sido uma medida alternativa para o manejo de fitonematoides, mantendo estas populações abaixo do limiar de dano econômico. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de algumas plantas antagonistas no controle de *M. exigua* em consórcio com mudas de seringueira. O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia/MG. As espécies de plantas antagonistas utilizadas foram: *Arachis repens* (grama amendoim), *Brassica juncea* (mostarda), *Brassica napus* (canola), *Crotalaria spectabilis* (crotalaria), *Tagetes* sp. (cravo-de-defunto); e a testemunha foi *Hevea brasiliensis* (seringueira – clone RRIM600). O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições. Decorridos 60 dias da inoculação, realizaram-se avaliações do fator de reprodução e do número de ovos e juvenis de *M. exigua* por grama de raízes. O fator de reprodução dos nematoides nas plantas *Arachis repens*, *Brassica juncea*, *B. napus* e *Tagetes* sp. foi inferior a 1, demonstrando que as plantas não são multiplicadoras do nematoide de

galha. As espécies *Brassica juncea* e *Arachis repens* reduziram tanto o número de ovos quanto o número de juvenis de *M. exigua* em mudas de seringueira. *Arachis repens*, *Brassica juncea*, *Brassica napus* e *Tagetes* sp. demonstraram efeito antagônico sobre a população de *Meloidogyne exigua*.

Palavras-chave: Seringueira. Controle. Nematóide de galha. Ação nematicida.

ABSTRACT

EFFECT OF ANTAGONISTIC PLANT ON THE MANAGEMENT OF *Meloidogyne exigua* IN CONSORTIUM WITH *Hevea brasiliensis* SEEDLINGS

Native from Amazon region, *Hevea brasiliensis* is the most cultivated species of the genus for commercial plantations for latex extraction. This action has been affected by nematode infestation problems, mainly by *Meloidogyne exigua*. In order to maintain productivity, the use of antagonistic plants has been an effective method for the management of phytonematodes in other crops, keeping nematode populations below the threshold of economic damage. This study evaluated the effect of some antagonistic plants on the control of *M. exigua* in consortium with rubber tree seedlings. The experiment was conducted in the Laboratory of Nematology and in the Greenhouse of the Institute of Agricultural Sciences of the Federal University of Uberlândia-MG. The following antagonistic plants were used: *Brassica juncea* (Brown mustard), *Crotalaria spectabilis* (Showy rattlebox), *Arachis repens* (creeping peanut), *Brassica napus* (Rapeseed), *Tagetes* sp. (Marigold) and the control *Hevea brasiliensis* (rubber tree, clone RRIM600) alone. The experimental design was randomized blocks with six treatments and five replications. The number of eggs and juveniles of *M. exigua* per gram of root and the reproduction factor were evaluated 60 days after inoculation. The plants *Brassica juncea* and *Arachis repens* reduced both the number of eggs and juveniles at all stages of development of *M. exigua* per gram of rubber tree root in relation to the control group. The reproduction factor of the nematodes in *Arachis repens*, *Brassica juncea*, *B. napus* and *Tagetes* sp. were less than one, showing that the plants are not multipliers of the root-knot nematode. *Brassica juncea* and *Arachis repens* reduced both the number of eggs and juveniles at all stages development of *M. exigua* per gram of rubber tree root, therefore showing an antagonistic effect on the population of *Meloidogyne exigua*.

Key-words: *Hevea brasiliensis*. Control. *Meloidogyne exigua*. Nematicidal action.

INTRODUÇÃO

Nativa da região amazônica, a *Hevea brasiliensis* é a espécie mais cultivada em plantios comerciais para a extração de látex no Brasil (GONÇALVES et al., 1990). A borracha natural, base de vários produtos, é utilizada em larga escala em diversos setores industriais por suas características físico-químicas, tais como elasticidade, resistência ao desgaste e impermeabilidade a líquidos e gases (INSTITUTO AGRONÔMICO - IAC, 2012). Toda a produção nacional é destinada à indústria manufatureira, podendo ser citados pneus automotivos, luvas cirúrgicas, preservativos, entre outros.

Os principais cultivos de seringueira estão localizados no Planalto Oeste do Estado de São Paulo em razão de condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento do fungo *Microcyclus ulei*. A cultura tem-se expandido para os Estados de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso e norte do Paraná (VIEIRA et al., 2012). Mesmo assim, a produtividade dos seringais não alcança a demanda nacional, sendo necessária a importação de borracha natural dos países asiáticos (IAC, 2012).

A heveicultura vem sofrendo quedas na produção de látex em virtude de infestações por nematoides do gênero *Meloidogyne*, principalmente, pelo nematoide *M. exigua* (SANTOS et al., 1992). Em áreas onde o patógeno é identificado, observa-se amarelecimento nas folhas mais novas, ressecamento dos galhos, formação de galhas no sistema radicular e morte progressiva das árvores (SANTOS et al., 1992).

O uso de plantas antagonistas tem sido uma medida efetiva no manejo de fitonematoides, mantendo as populações abaixo do limiar de dano econômico, sem causar prejuízos ao meio ambiente (DIAS-ARIEIRA, 2003). A utilização de plantas antagonistas apresenta, ainda, vantagens como fixação de nitrogênio, controle de outros patógenos de solo e não afeta os inimigos naturais dos nematoides (KLOPPER et al., 1992; NASCIMENTO, 2012).

A erradicação dos nematoides é impossível. Uma alternativa para seu manejo é o uso de plantas antagonistas durante a fase de formação do seringal. Embora existam vários estudos com plantas antagonistas para o controle de nematoides, o emprego destas tem se limitado basicamente a estudos *in vitro* e com culturas anuais. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de algumas espécies antagonistas consorciadas com mudas de seringueiras no controle de *M. exigua*.

2.1 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nematologia (LANEM) e na casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia-MG, no período de agosto a outubro de 2016. Durante a condução do ensaio, as temperaturas médias, mínimas e máximas foram de 30,5, 24,7 e 36,3°C, respectivamente.

No manejo populacional de *M. exigua* foram utilizadas as seguintes espécies: *Arachis repens* (grama amendoim), *Brassica juncea* (mostarda), *Brassica napus* (canola), *Crotalaria spectabilis* (crotalária), *Tagetes* sp. (cravo-de-defunto), consorciadas com mudas de seringueira RRIM 600, além da testemunha (*Hevea brasiliensis* clone RRIM600).

As sementes das diferentes espécies foram semeadas separadamente em bandejas com substrato e, após 20 dias de emergência as plântulas foram transplantadas para vasos de plástico (capacidade de 3,0 L), contendo uma mistura de solo e areia 1:2 (v/v), em consórcio com a testemunha. As plantas foram regadas conforme necessário, e adubadas quinzenalmente com 100 mL vaso⁻¹ de solução nutritiva de Hoagland (HOAGLAND; ARNON, 1950).

O inóculo foi obtido de raízes de seringueira coletadas em uma propriedade situada no Triângulo Mineiro, com elevada ocorrência do nematoide. O preparo do inóculo foi feito de acordo com a técnica de Hussey e Barker (1973), modificado por Boneti e Ferraz (1981) e pela metodologia de flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964). Para a identificação da espécie foi realizada a análise molecular (SCAR-PCR) (RANDING et al., 2002; MUNIZ et al., 2008).

A contagem do número de ovos foi realizada com o auxílio da câmara de Peters, do microscópio fotônico e a suspensão calibrada para 5.000 ovos. A inoculação dos ovos foi realizada quando as plântulas estavam com 3 a 4 pares de folhas completamente desenvolvidas, utilizando-se 6,0 mL de volume de suspensão de forma a distribuir, igualmente, 5.000 ovos por planta. A suspensão foi vertida em três orifícios de profundidade de 3,0 cm e equidistantes a 1,0 cm do colo de cada muda de seringueira.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições. Decorridos 60 dias da inoculação, realizaram-se as

avaliações do número de ovos e juvenis por grama de raiz e por 150 cm³ de solo e determinou-se o fator de reprodução (FR).

$$FR = Pf/Pi$$

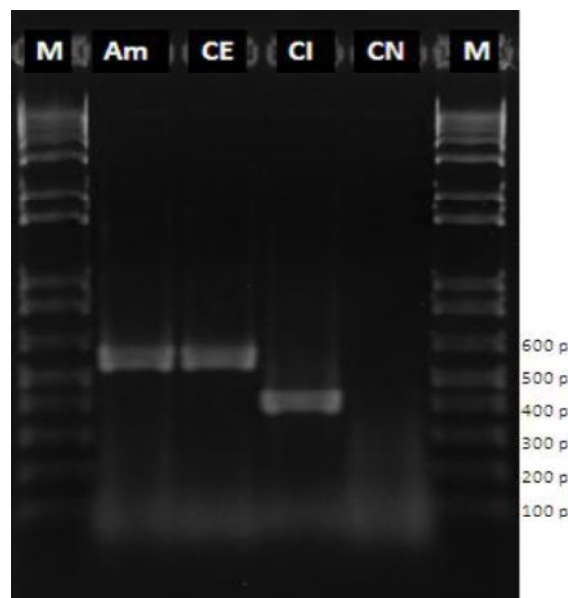
Onde, Pf = população final de nematoide no solo e na raiz e Pi = população inicial do nematoide. Plantas com $FR < 1$ foram consideradas resistentes e $FR > 1$, suscetíveis (OOSTENBRINK, 1966).

Os dados coletados foram submetidos a testes de pressuposições, verificando a aditividade do modelo, a normalidade dos resíduos e a heterogeneidade das variâncias, utilizando o programa SPSS vs. 20 (IBM CORP, 2011). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey e Scott-Knott a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise molecular, a população em estudo apresentou fragmento específico 562 pb, confirmando ser *M. exigua* (MUNIZ et al., 2008) (Figura 2.1).

Figura 2.1 - Gel de confirmação da espécie *Meloidogyne exigua* por marcadores SCAR espécie-específicos.



Legenda: M- Marcador de DNA 1Kb; Am- Amostra de DNA de indivíduos juvenis presentes na rizosfera de seringueira; CE- Controle positivo de *M. exigua* (562 pb); CI- Controle positivo de *M. incognita* (399 pb); CN- Controle negativo sem DNA. Fonte: LOPES, 2016.

O número de ovos e juvenis de *M. exigua* por grama de raízes está apresentado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Número de ovos e juvenis de *M. exigua* por grama de raízes de mudas de seringueiras e de plantas antagonistas (P.A). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2016.

Tratamentos ¹	<i>M. exigua</i> em raiz de P.A	<i>M. exigua</i> em raiz de <i>Hevea</i>	Redução de <i>M. exigua</i> em <i>Hevea</i> (%)
<i>Hevea brasiliensis</i>	-	19.86 b	-
<i>Arachis repens</i> + <i>H. brasiliensis</i>	0.27 a	0.94 a	95.3
<i>Brassica juncea</i> + <i>H. brasiliensis</i>	0.00 a	0.00 a	100.0
<i>Brassica napus</i> + <i>H. brasiliensis</i>	0.00 a	2.67 ab	86.6
<i>C. spectabilis</i> + <i>H. brasiliensis</i>	1.87 a	5.92 ab	70.2
<i>Tagetes</i> sp. + <i>H. brasiliensis</i>	0.00 a	5.85 ab	70.5
CV: 136.06% DMS: 18.37 W: 0.911* F: 1.328* Ftukey: 3.07* Fc: 3.31			

¹ Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de significância. CV: coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa para efeito das plantas antagonistas; W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; F: estatística do teste de Levene; Ftukey: estatística do teste de aditividade*; Fc: valor de F calculado da análise de variância.

As plantas *Brassica juncea* e *Arachis repens* reduziram em 100% e 95,26%, respectivamente, o número de ovos e juvenis de *M. exigua* por grama de raiz das seringueiras em estudo. Apesar de *Brassica napus*, *Crotalaria spectabilis* e *Tagetes* sp. reduzirem em menor grau a população de nematoide, elas são eficazes na supressão dos mesmos (86,6, 70,2 e 70,5%, respectivamente).

Os resultados obtidos evidenciam que *B. juncea* apresenta substâncias com efeito tóxico ao nematoide, impedindo que o mesmo penetre nas suas raízes. Para Brown e Morra (1997), citados por Dias-Arieira e outros (2010), a decomposição de brássicas no solo libera alguns compostos com ação nematicida. Lima (2006), avaliando o efeito de folhas desidratadas e farinha de sementes de *B. juncea* desengorduradas *in vitro*, obteve como resultado que 95% dos juvenis de *M. exigua*, *M. enterolobii*, *M. javanica* e *M. incognita* morreram devido à ação nematicida.

Existem indícios de que *A. repens* possui compostos nematotóxicos nos tecidos vegetais que inibem a formação de sítios de alimentação nas raízes, uma vez que não ocorreu multiplicação do nematoide nas raízes de seringueira. Vallejos e outros (1992), estudando o uso de adubo verde e sua relação com plantas daninhas e *M. exigua* no cultivo de café arábica, observaram baixa porcentagem de galhas no sistema radicular de *Arachis pintoi*. Estudos realizados por Nelson e outros (1989), demonstraram que no

germoplasma de espécies silvestres de *Arachis* spp. foram encontradas fontes de resistência para *M. arenaria* raça 1 e, possivelmente, para *M. hapla*.

Os demais resultados deste experimento condizem com os achados de Dhangar e outros (1995) que estudaram o consórcio de *T. erecta* com berinjela em solo infestado com *M. javanica* e observaram que a população de nematoides havia sido reduzida em 40%; e com os estudos de Mojtahedi e outros (1993b), avaliando o uso de adubação verde com *Brassica napus* em plantio de batata no manejo de *Meloidogyne chitwoodi*, em que a população também reduziu.

Entre as plantas antagonistas utilizadas, o menor fator de reprodução (FR) dos nematoides foi promovido pelas espécies *Arachis repens*, *Brassica juncea*, *Brassica napus* e *Tagetes* spp., podendo então ser utilizadas como fonte de controle, enquanto que a *Crotalaria spectabilis* não o alterou, apresentando resultado semelhante ao da testemunha (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Fator de reprodução (FR) de *Meloidogyne exigua* em mudas de seringueira. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

Tratamentos	Nematoides no solo	Nematoides nas raízes de seringueira	FR ¹
<i>Hevea brasiliensis</i>	0.00	300.75	0.0039 b
<i>Arachis repens</i> + <i>H. brasiliensis</i>	0.00	20.25	0.0002 a
<i>Brassica juncea</i> + <i>H. brasiliensis</i>	0.00	0.00	0.0000 a
<i>Brassica napus</i> + <i>H. brasiliensis</i>	0.00	32.50	0.0005 a
<i>Crotalaria spectabilis</i> + <i>H. brasiliensis</i>	9.00	11.50	0.0033 b
<i>Tagetes</i> sp. + <i>H. brasiliensis</i>	0.00	48.00	0.0011 a
CV: 107.84% W: 0.909* F: 1.461* Ftukey: 8.08* Fc: 4.13			

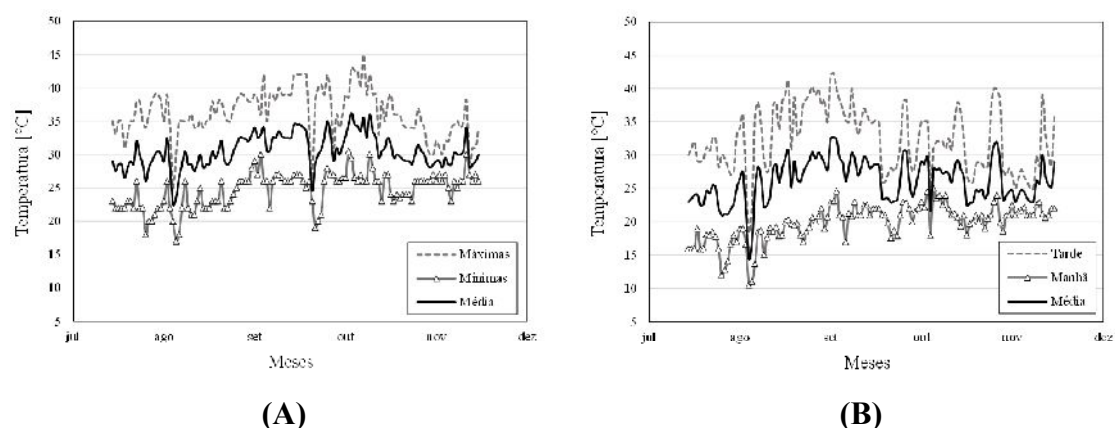
¹ Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0.05 de significância. CV: coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa para efeito das plantas antagonistas; W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; F: estatística do teste de Levene; Ftukey: estatística do teste de aditividade*; Fc: valor de F calculado da análise de variância.

A redução no fator de reprodução pode ser atribuída ao mecanismo de ação dessas plantas, uma vez que elas podem liberar compostos secundários tóxicos ao nematoide via exsudatos radiculares. Todavia, o consórcio de plantas antagonistas com culturas comerciais no manejo de nematoides carece de informações mais detalhadas.

Almeida e outros (1991a), avaliando a hospedabilidade de *M. exigua* em plantas antagonistas, verificaram que foram encontrados ovos no sistema radicular de *Crotalaria spectabilis* aos 60 dias de inoculação, o que corrobora com o presente estudo.

É importante salientar que os resultados obtidos neste experimento não foram totalmente satisfatórios. O fator de reprodução da testemunha foi estatisticamente inferior a 1, demonstrando que, para o período de avaliação, a seringueira não foi uma boa multiplicadora; porém, danos significativos foram observados em um seringal a partir dos quatro anos de idade (COELHO, 2017). Além disto, trabalhos executados por Fonseca e outros (1999), demonstraram que o clone RRIM600 é suscetível a *M. exigua*.

Figura 2.2 - Temperaturas registradas durante a condução do ensaio. Uberlândia/MG, 2016.



Legenda: A- Temperatura do ar da casa de vegetação; B- Temperatura do solo. Fonte: LANEM, 2016

Outro fato relevante para explicar essa variação no fator de reprodução do nematoide é a temperatura durante a condução do experimento, já que esta constitui um dos fatores abióticos que mais influenciam na sobrevivência e no parasitismo de *Meloidogyne* sp. (DICKSON; DE WAELE, 2005). Sabe-se que, em mudas de café, a temperatura considerada ótima para a produção de inóculo de *M. exigua* é em torno de 26 °C (SILVA et al., 2006a) e, durante o período experimental, as temperaturas médias na casa de vegetação e no solo foram superiores a 26 °C (Figura 2.2), podendo ter afetado o desenvolvimento do nematoide.

2.3 CONCLUSÕES

As plantas *Arachis repens*, *Brassica juncea*, *Brassica napus* e *Tagetes* sp. demonstraram efeito antagônico sobre a população de *Meloidogyne exigua*. Mais estudos são necessários para averiguar os efeitos residuais das plantas antagonistas e verificar qual é o melhor tempo para avaliar o desenvolvimento dos nematoides em mudas de seringueira.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V. F.; CAMPOS, V. P. Reprodutividade de *Meloidogyne exigua* em plantas antagonistas e em culturas de interesse econômico. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 15, n. 1, p. 24-29, 1991b.
- BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, p. 553, 1981.
- BROWN, P. D.; MORRA, M. J. Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing plants. In: DONALD L. S. (Ed.). **Advances in agronomy**, v. 61, p. 167-231, 1997.
- COELHO, L. [Atualização de informação]. Uberlândia, 18 de jan. 2017. Depoimento concedido a Luciana Nunes Gontijo.
- DHANGAR, D. S.; GUPTA, D. C.; JAIN, R. K. Effect of marigold (*Tagetes erecta*) intercropped with brinjal in different soil types on disease of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*). **Indian Journal of Nematology**, New Delhi, v.25, p.181-186, 1995.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; DEMUNER, A. J.; FREITAS, L. G. Eclosão de juvenis de *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* frente a extratos químicos dos sistemas radiculares de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* cv. Guiné. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 27, n. 1, p. 87-92, 2003.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; SANTANA, S. M.; ARIEIRA, J. O.; RIBEIRO, R. C. F.; VOLK, L. B. S. Efeito do carbofurano na população de nematoides e no rendimento da cana-de-açúcar em solos arenosos do Paraná. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34, p. 118-122, 2010.
- DICKSON, D. W.; DE WAELE, D. Nematode parasites of peanut. P. 393-436 In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CAB International, 2005. p. 393-436.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FONSECA, H. S.; JAEHN, A.; SILVA, M. F. A. Reações de porta-enxertos de seringueira a *Meloidogyne javanica* e *M. exigua*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 23, n. 2, p. 9-14, 1999.
- GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; ORTOLANI, A. A. Origem, variabilidade e domesticação da *Hevea*: uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2 p. 135-556, 1990.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture method for growing plants without soil**. California: University of California, 1950, 32 p. (Circular 347).

- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Reporter**, Alexandria, v. 57, p. 1025-1028, 1973.
- IBM CORP. **SPSS, Statistics for Windows, Version 20.0**. New York, Armonk, 2011.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **A importância da borracha natural**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/importancia.php>>. Acesso em: 21 mar. 2016.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for extracting nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Alexandria, v. 48, p. 692. 1964.
- KLOEPPER, J. W.; RODRIGUES-KÁBANA, R.; Mc. INDOY, J. A.; YOUNG, R.W. Rhizosphere bacteria antagonistic to soybean cyst (*Heterodera glycines*) and root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*): identification by fatty acid analysis and frequency of biological control activity. **Plant and soil**, Crawley, v.139, p.74-84, 1992.
- LIMA, A. O. **Uso de mostarda (*Brassica rapa*) como biofumigante de solo no controle de *Meloidogyne incognita***. 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- LOPES, C. M. [Sem título], Gel de confirmação da espécie *Meloidogyne exigua* por marcadores SCAR espécie-específicos. 2016.
- MOJTAHEDI, H.; SANTO, G. S.; WILSON, J. H. Managing *Meloidogyne chitwoodi* on potato with rapeseed as green manure. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 77, p. 42-46, 1993b.
- MUNIZ, M. D. S.; CAMPOS, V. P.; CASTAGNONE-SERENO, P.; CASTRO, J. M. C.; ALMEIDA, M. R. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. Diversity of *Meloidogyne exigua* (Tylenchida; Meloidogynidae) populations from coffee and rubber tree. **Nematology**, Hertfordshire, v.10, p. 897-910, 2008.
- NASCIMENTO, F. S. **Reação de leguminosa utilizadas em aléia a *Meloidogyne incognita* e efeito de seus resíduos foliares sobre o patógeno**. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2012.
- NELSON, S. C.; SIMPSON, C. E.; STARR, J. L. Resistance to *Meloidogyne arenaria* in *Arachis* spp. germoplasm. **Journal of Nematology**, Lakeland, v. 21, supl. 4S, p. 654-660, 1989.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mendedelingen Landbouwhogeschool Wageningen**, Wageningen, v. 66, p. 1-46, 1966.
- RANDING, O.; BONGIOVANNI, M.; CARNEIRO, R. M. D. G.; CASTAGNONE-SERENO, P. Genetic diversity of root-knot nematodes from Brazil and development of SCAR markers specific for the coffee-damaging species. **Genome**, Ottawa, v. 45, p. 862-870, 2002.

SANTOS, J. M.; MATTOS, C.; BARRÉ, L.; FERRAZ, S. *Meloidogyne exigua*, sério patógeno da seringueira nas Plantações E. Michellin, em Rondonópolis, MT. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 16, n. 1-2, p. 98-99. 1992.

SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; PEREIRA, A. A.; SÊNI, D. J. Otimização da produção de inóculo de *Meloidogyne exigua* em mudas de café. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 3, p. 229-238, 2006a.

VALLEJOS, C.; DE LA CRUZ, R. M. Coberturas vivas en el cultivo de café (*Coffea arabica*), su establecimiento y relación con malezas y *Meloidogyne exigua*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SANIDAD VEGETAL CON ÉNFASIS EN LA REDUCCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS. 1992. **Resumos expandidos...** Managua, Nicaragua, 1992. p. 28-31.

VIEIRA, S. R.; PIERRE, L. H.; GREGO, C. R.; SIQUEIRA, G. M. Relação espacial entre características dendrométricas de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e de atributos físicos do solo. **Revista de Ciência da Vida**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p. 63-73, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além da importância econômica, a heveicultura assume papel relevante na geração de empregos diretos e indiretos no país. Diante disso, o manejo dos nematoides na cultura é imprescindível, uma vez que o nematoide de galha é agressivo e causa danos significativos na cultura, podendo causar prejuízos econômicos ao setor.

Um dos principais problemas da heveicultura está relacionado com o controle deste patógeno, diante da dificuldade de sua erradicação. Assim sendo, o uso de medidas sustentáveis apresenta-se como uma forma de minimizar os danos causados pelo patógeno sem agredir o meio ambiente.

A maior densidade populacional de *M. exigua*, na área estudada, ficou concentrada em focos elípticos, coincidindo com o maior número de plantas mortas na direção das linhas de plantio. A distribuição do nematoide foi agregada e sua concentração afetou o crescimento e a sobrevivência das seringueiras.

O uso de plantas antagonistas mostrou-se uma opção viável de manejo de *M. exigua*. As espécies *Arachis repens* e *Brassica juncea* apresentaram resultados satisfatórios na contenção populacional do nematoide em casa de vegetação.

Apesar de o estudo dos nematoides ser mais avançado em outras culturas, ele caminha a passos lentos na heveicultura. Políticas públicas que estimulem a pesquisa nessa área certamente subsidiarão o desenvolvimento de práticas fitossanitárias alternativas que não agredam o meio ambiente e reduzam os danos ocasionados pelos nematoides, contribuindo, assim, para a expansão da heveicultura em regiões importantes para o país sem abrir novas fronteiras.