

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

MANEJO DE *Helicotylenchus multicinctus* E *Meloidogyne incognita* EM BANANEIRA COM TECNOLOGIA DE RESÍDUO LÍQUIDO DE SISAL

ANAILDE CAVALCANTE DOS SANTOS

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

JULHO - 2018

**MANEJO DE *Helicotylenchus multicinctus* E *Meloidogyne incognita*
EM BANANEIRA COM TECNOLOGIA DE RESÍDUO LÍQUIDO DE
SISAL**

ANAILDE CAVALCANTE DOS SANTOS

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

Coorientadora: Profa. Dra. Josilda Cavalcante Amorim Damasceno

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

JULHO - 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

S237m	<p>Santos, Anilde Cavalcante dos. Manejo de <i>Helicotylenchus multicinctus</i> e <i>Meloidogyne incognita</i> em bananeira com tecnologia de resíduo líquido de sisal / Anilde Cavalcante dos Santos. Cruz das Almas, BA, 2018. 82f.; il.</p> <p>Orientadora: Ana Cristina Fermino Soares. Coorientadora: Josilda Cavalcante Amorim Damasceno.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Banana – Fitonematoides. 2.Banana – Nematoda. 3.Sisal – Resíduo – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título. CDD: 582.582</p>
-------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).
Os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**MANEJO DE *Helicotylenchus multicinctus* E *Meloidogyne incognita*
EM BANANEIRA COM TECNOLOGIA DE RESÍDUO LÍQUIDO DE
SISAL**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
ANILDE CAVALCANTE DOS SANTOS**

Realizada em 24 de Julho de 2018

Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno (Orientadora)

Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno

Dr. Leandro de Souza Rocha
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

Aos meus pais, Antonio Carlos e Iraildes, ao meu irmão, Anildo e ao meu noivo, Felipe, por serem meu porto seguro e estarem presentes em todos os momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente iluminando meus caminhos, me dando forças e regenerando a minha saúde para continuar a lutar pelos meus objetivos. A Nossa senhora por passar a frente em todos os momentos difíceis, intercedendo a seu filho Jesus por mim.

A UFRB e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias pela oportunidade, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa durante o período de realização deste mestrado.

Aos professores da UFRB por todos os conhecimentos adquiridos em minha trajetória nessa instituição. Ao professor Carlos Ledo pela ajuda.

Aos meus pais, Antonio Carlos e Iraíldes, sem dúvida as pessoas mais importantes para mim, por me ensinarem o verdadeiro valor da vida, serem meu exemplo de caráter e humildade e estarem sempre presentes em todos os momentos. Agradeço a meu irmão Anildo e a toda minha família que estiveram presentes me ajudando a superar as dificuldades que a vida me impôs.

Ao meu noivo Felipe, pessoa muito especial que Deus colocou em meu caminho para alegrar os meus dias, me fazendo ver a vida de uma maneira mais leve, com mais amor e positividade, sempre me apoiando, ajudando e cuidando tão bem de mim.

A minha orientadora, Ana Cristina Fermino Soares, pela oportunidade, orientação, ensinamentos, paciência, amizade e compreensão das minhas limitações. A minha coorientadora, Josilda Damasceno, pela amizade, incentivo, orientação, conselhos e por toda a ajuda no decorrer desses dois anos, sendo fundamental para a realização deste trabalho. A toda equipe do Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB, pessoas que me acolheram durante esse tempo e me proporcionaram bons momentos, em especial Yasmin Késsia e Zozilene pela constante presença, ajuda nos trabalhos e amizade.

Aos amigos, em especial ao sr. João, Liliane, Denise, Maria Caroline, Avete, Luciana, Welica, Maria, Ângela, Eliane, Gilvanda, Audrey e Cristiano por toda a amizade e ajuda. A todos que torceram por mim e estiveram presentes em minha trajetória desde o início, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
REFERENCIAL TEÓRICO	1
ARTIGO 1	
MANEJO DE <i>Helicotylenchus multicinctus</i> EM BANANEIRA COM RESÍDUO DE SISAL	20
ARTIGO 2	
MANEJO DE <i>Meloidogyne incognita</i> EM BANANEIRA COM RESÍDUO DE SISAL	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75

MANEJO DE *Helicotylenchus multincinctus* E *Meloidogyne incognita* EM BANANEIRA COM TECNOLOGIA DE RESÍDUO LÍQUIDO DE SISAL

Autora: Anailde Cavalcante dos Santos
Orientadora: Dra. Ana Cristina Fermino Soares

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo avaliar a ação nematicida do resíduo líquido de sisal, assim como do formulado obtido a partir desse resíduo, no manejo do nematoide das galhas *Meloidogyne incognita* e do nematoide espiralado *Helicotylenchus multincinctus* em mudas de bananeira cultivar 'Prata Anã'. Foram realizados dois ensaios in vitro e um in vivo para cada espécie de nematoide. No primeiro ensaio in vitro foram avaliadas cinco concentrações do resíduo líquido de sisal com dois tratamentos controle. No segundo ensaio in vitro e no ensaio em mudas de bananeira, os tratamentos foram constituídos por dois tipos de formulado do resíduo líquido de sisal (tratado e não tratado com carvão ativado) cinco concentrações desses formulados (6, 12, 18, 24 e 30 g L⁻¹) e quatro tratamentos controle (água, nematicida, resíduo líquido bruto de sisal a 100 ml L⁻¹ e a 200 ml L⁻¹). O resíduo líquido de sisal e os formulados foram eficientes no controle de *H. multincinctus* e *M. incognita* in vitro, causando 100% de mortalidade dos nematoides nas maiores concentrações. Os formulados de sisal proporcionaram a redução da população de *H. multincinctus* no solo e nas raízes e no fator de reprodução de até 83,7%, 77% e 70%, respectivamente. Este produto também foi eficiente no controle de *M. incognita* em bananeira, reduzindo o número de galhas em até 74,6%, de massas de ovos em 59,7%, a população de nematoides no solo em 84,2% e o fator de reprodução desses indivíduos em 84%. Este estudo demonstra o elevado potencial nematicida dos formulados do resíduo líquido de sisal sobre o nematoide espiralado e o nematoide das galhas.

Palavras-chave: *Agave sisalana* Perrine; nematoide espiralado; nematoide das galhas, manejo sustentável, *Musa* sp.

MANAGEMENT OF *Helicotylenchus multincinctus* AND *Meloidogyne incognita* IN BANANA PLANTS WITH TECHNOLOGY OF SISAL LIQUID RESIDUE

Author: Anailde Cavalcante dos Santos
Advisor: Dra. Ana Cristina Fermino Soares

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the nematicidal effect of sisal liquid residue, as well as the formulation obtained from this residue, on the management of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the spiral nematode *Helicotylenchus multincinctus* in banana plants of the cultivar 'Prata Anã'. Two in vitro and one in vivo assays were performed for each nematode species. For the first in vitro assays, five concentrations of the liquid sisal residue and two control treatments were tested. For the second in vitro assay and the assay with banana plants, the treatments consisted of two types of sisal liquid residue formulations (treated and untreated with activated charcoal), five concentrations of these formulations (6, 12, 18, 24 and 30 g L⁻¹) and four control treatments (water, nematicide, crude sisal liquid residue at 100 ml L⁻¹ and at 200 ml L⁻¹). The sisal liquid residue and the formulations were efficient in the control of *H. multincinctus* and *M. incognita* in vitro, reaching 100% mortality of the nematodes in the highest concentrations. The sisal formulations provided a reduction of the *H. multincinctus* population in the soil, in the roots, and in the nematode reproductive factor of up to 83.7%, 77% and 70% respectively. This product was also efficient in the control of *M. incognita* in banana plants, reducing the number of galls in up to 74.6%, egg masses in 59.7%, the nematode population in the soil in 84.2% and the reproduction factor of these individuals in 84%. This study demonstrates the high nematicidal potential of the sisal liquid residue formulations on the spiral nematode and the root-knot nematode.

Keywords: *Agave sisalana* Perrine; spiral nematode; root-knot nematode, sustainable management, *Musa* sp.

REFERENCIAL TEÓRICO

A CULTURA DA BANANEIRA

De origem asiática, a bananeira (*Musa* spp.) é uma fruteira de elevada importância alimentar (DANTAS, et al., 2016). A banana é uma fruta bastante consumida por pessoas de todas as idades, pois além de saborosa, é fonte de carboidratos, vitaminas e minerais, podendo ser utilizada no consumo in natura ou na fabricação de diversos produtos alimentícios (GHAG; GANAPATHIB, 2017). O Brasil é o quarto maior produtor mundial de banana, com produção de aproximadamente 6,7 milhões de toneladas em 2016 (FAOSTAT, 2018). A região Nordeste brasileiro é responsável pela segunda maior produção no país, com 2.381.001 t produzidas em 2017, sendo o estado da Bahia responsável pela maior produção nordestina (IBGE, 2018).

A cultura da bananeira apresenta vários problemas fitossanitários que limitam a produtividade e a qualidade dos frutos. Dentre esses, se encontram os problemas causados por fitonematoides, que geram significativas perdas de produção. Diversos fitonematoides podem causar danos à bananeira, tais como, *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus* e algumas espécies dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* (FREITAS et al., 2014). Esses nematoides causam danos às raízes, que afetam a absorção de água e nutrientes, interferindo no crescimento, prolongando o tempo de frutificação e reduzindo o peso dos frutos, podendo ocorrer tombamento e morte das plantas (WAWERU et al., 2014). Nos estados da Bahia e de Minas Gerais, as espécies de nematoides presentes com maior frequência nos cultivos comerciais de bananeira são *H. multicinctus*, *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *R. similis* e *Rotylenchulus reniformis*, sendo estes considerados os principais fitonematoides que parasitam esta cultura (Neves et al., 2009).

NEMATOIDES FITOPARASITAS

Os nematoides são organismos abundantes no planeta, que pertencem ao Filo Nematoda e são geralmente microscópicos, de corpo transparente,

alongados, não segmentados, que habitam o solo, lagos, rios e mares (FREITAS et al., 2014). Esses podem ser divididos em três grupos, de acordo com os hábitos alimentares: os de vida livre (podendo ser bacteriófagos, fungívoros, predadores e onívoros), os zooparasitas que parasitam animais e os fitoparasitas que parasitam plantas e correspondem a aproximadamente 15% das espécies descritas (FERRAZ; BROWN, 2016).

Os nematoides fitoparasitas são adaptados ao parasitismo, pois apresentam uma estrutura chamada estilete bucal que é utilizada para perfurar as paredes celulares da planta, ingerir o conteúdo celular ou injetar substâncias produzidas pelas glândulas esofágicas, modificando o conteúdo da célula da planta hospedeira, transformando-a em uma fonte permanente de nutrientes, como ocorre no parasitismo pelos nematoides do gênero *Meloidogyne* (HUSSEY, 1989). Estes fitopatógenos geralmente atacam os órgãos subterrâneos das plantas, como raízes e tubérculos, mas podem também ser encontrados em órgãos aéreos como folhas, sementes e caule (FERRAZ; BROWN, 2016). Estes organismos podem ser ectoparasitas, endoparasitas ou semiendoparasitas, os endoparasitas podem ser migradores ou sedentários e os semiendoparasitas são sedentários (FREITAS et al., 2014).

Nematoides parasitas de plantas estão entre os principais patógenos agrícolas que causam danos a diversas culturas em todo o mundo (KOENNING et al., 1999). Ao penetrarem nos tecidos das plantas, esses organismos causam danos mecânicos, retiram nutrientes para a sua sobrevivência e injetam substâncias tóxicas que modificam o conteúdo celular, tendo como consequência, a ineficiência na absorção de água e nutrientes, a redução do crescimento da planta, com perdas na produção, além de deixar as plantas mais suscetíveis a outros patógenos como bactérias e fungos (BROOKS, 2004; FREITAS et al., 2014). A infecção das plantas por esses organismos no campo ocorre em reboleiras e os sintomas causados podem ser facilmente confundidos com deficiências nutricionais ou até doenças causadas por fungos, bactérias e vírus (DIAS-ARIEIRA et al., 2008).

Diversas espécies de fitonematoides parasitam a bananeira, causando severos danos às raízes, entre essas se encontram *M. incognita* e *H. multincinctus*

que estão entre as espécies mais frequentes nos cultivos comerciais, causando significativas perdas na produção do fruto (BROOKS, 2004).

O NEMATOIDE DAS GALHAS - *Meloidogyne* spp.

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são os mais conhecidos pelos agricultores, por serem muito prejudiciais na agricultura, em termos de danos às culturas e perdas econômicas e, se encontram amplamente distribuídos pelo mundo, parasitando grande número de espécies vegetais (MOENS et al., 2009). Esses são geralmente conhecidos como nematoide das galhas, por causarem o engrossamento das raízes nas plantas infectadas. Atualmente, são encontradas mais de 100 espécies deste gênero descritas, tendo como principais espécies: *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. enterolobii*, *M. exigua*, *M. paranaensis* (ELLING, 2013). De fato, essas espécies chegam a ser um fator limitante para a produção agrícola, causando grandes perdas de produtividade em plantas cultivadas (LORDELLO, 1984).

Os nematoides das galhas são endoparasitas sedentários e apresentam dimorfismo sexual, com as fêmeas em formato de pera e sedentárias e os machos com corpo vermiforme e livres no solo (DIAS-ARIEIRA et al., 2008; FERRAZ; BROWN, 2016). O ciclo desses nematoides tem início no ovo depositado por uma fêmea e, no interior do ovo, após as várias mudanças ao longo do desenvolvimento embrionário, forma-se o juvenil de primeiro estágio (J1), o qual, ainda dentro do ovo, sofre uma ecdise se tornando juvenil de segundo estágio (J2). O J2, fase infectante, eclode e ainda passa por mais duas fases (J3 e J4) até se tornar adulto. Os J2 perfuram a parede celular das células das raízes com o estilete bucal, penetrando através da região meristemática da raiz, migram até a zona de maturação, estabelecendo ali um sítio de alimentação e, ao redor desse sítio, ocorre à formação de células gigantes (FERRAZ; BROWN, 2016). O ciclo de vida destes fitonematoides dura cerca de 30 dias e cada fêmea, em média, produz 500 ovos por ciclo (DIAS-ARIEIRA et al., 2008).

O sintoma principal do ataque por este nematoide é a presença de protuberâncias no sistema radicular das plantas hospedeiras, as chamadas galhas (DIAS-ARIEIRA et al., 2008). Uma única galha pode conter diversas

fêmeas se alimentando. Estes fitonematoides, ao penetrarem nas células e estabelecerem seu sítio de alimentação, causam alterações no conteúdo celular e obstrução dos vasos condutores, interferindo na translocação de nutrientes e água, resultando em sintomas de deficiência hídrica e nutricional, redução no desenvolvimento da planta e baixa produção (FERRAZ et al., 2012). Inúmeros prejuízos são causados por estes fitonematoides em diversas plantas cultivadas, a exemplo de fruteiras como aceroleira, mamoeiro, mangueira, videira, figueira, abacaxizeiro, goiabeira, maracujazeiro e bananeira (DIAS-ARIEIRA et al., 2008), entre outras plantas de importância econômica.

Estes fitoparasitas são encontrados associados às raízes de bananeira causando danos e, o sintoma mais evidente nesta planta é a formação de nódulos de diferentes tamanhos, conhecidos como galhas. No Brasil, as espécies que mais ocorrem em cultivos de bananeira são *M. incognita* e *M. javanica* (RITZINGER; COSTA, 2004). Brentu et al. (2004) estudaram o efeito de diferentes espécies de nematoides sobre o crescimento e produção de plantas de bananeira, sendo relatadas perdas de rendimento de 30% em plantas inoculadas com 10 mil juvenis de *M. javanica*.

O NEMATOIDE ESPIRALADO – *H. multicinctus*

Os fitonematoides do gênero *Helicotylenchus* pertencem à família Hoplolaimidae e são conhecidos como nematoides espiralados, pois quando mortos assumem a forma de uma espiral. *H. multicinctus* é uma das espécies de nematoides que parasitam a bananeira, causando perdas na produção, devido aos elevados níveis populacionais que geralmente são encontrados causando danos ao sistema radicular destas plantas. Quando mortos, assumem uma forma de C e não de espiral como as demais espécies deste gênero (FERRAZ; BROWN, 2016).

R. similis e *H. multicinctus* são fitonematoides bastante disseminados e abundantes nos cultivos de bananeira dos países tropicais (GUZMÁN-PIEDRAHITA, 2011) e geralmente essas duas espécies ocorrem juntas infectando o sistema radicular das plantas, com *H. multicinctus* comumente atacando apenas

os tecidos superficiais, e *R. similis* atinge as camadas mais profundas das raízes (GOWEN et al., 2005).

Ao estudar o ciclo de vida e o comportamento de acasalamento de *H. multincinctus* em raízes de bananeira, Karakas (2007) demonstrou que o ciclo de vida do nematoide espiralado dura em média 39 dias, em condições ideais de temperatura e após a eclosão, os juvenis passam por quatro ecdises e quatro estádios até chegar à fase adulta, se diferenciando em fêmea ou macho. Esse autor concluiu ainda em seus estudos que esta espécie é de reprodução anfimítica e os machos completam seu desenvolvimento mais rápido que as fêmeas. Este autor também descreveu que estes nematoides parasitam a planta hospedeira se alimentando de células do córtex das raízes, produzindo pequenas lesões necróticas.

Os nematoides espiralados são um problema mundial para a cultura da bananeira (BROOKS, 2004). Quando ocorre a presença desse nematoide junto com *R. similis* em cultivos de bananeira, as lesões radiculares são geralmente sempre associadas à esse último, sem considerar a natureza prejudicial do parasitismo pelo nematoide espiralado, que também é responsável pelos danos causados (HARTMAN et al., 2010).

H. multincinctus ao penetrarem nos tecidos das raízes de bananeira, se alimentam do conteúdo das células parenquimáticas, rompendo as paredes, resultando em redução do citoplasma, ampliação do núcleo e lesões necróticas (BLAKE, 1966). Essas lesões podem causar o apodrecimento do sistema radicular e, conseqüentemente, o baixo rendimento da produção (MCSORLEY; PARRADO, 1986). Comparando plantas de bananeira inoculadas e não inoculadas, em diferentes tempos de avaliação, Moens et al. (2006) observaram que a presença de *H. multincinctus* reduziu o crescimento de raízes em 13%.

DISSEMINAÇÃO E MANEJO

A disseminação de nematoides a curta e longa distância nas áreas de cultivo pode ocorrer de diversas formas, tais como: pelo vento, veículos de transporte, animais, movimentação de máquinas e implementos agrícolas, água de irrigação, entre outras, mas ocorre principalmente pela utilização de material

propagativo contaminado (FERRAZ; BROWN, 2016). É importante atentar para a qualidade fitossanitária do material propagativo a ser utilizado, pois um dos principais meios de disseminação de nematoides é a muda de bananeira contaminada (RITZINGER; COSTA, 2004). A utilização de solo esterilizado e a limpeza sanitária do material vegetativo, na produção de mudas de bananeira para o plantio em áreas isentas de nematoides, constitui-se em uma excelente forma de prevenção da contaminação do solo por esses fitopatógenos (GUZMÁN et al., 2012).

Uma das principais dificuldades encontradas pelos produtores é o controle de nematoides em áreas infestadas. O manejo deve ser feito com a utilização de diferentes formas de controle, tendo em vista a diminuição da população do nematoide para reduzir os danos econômicos causados por esses fitoparasitas (FREITAS et al., 2014). O método mais utilizado para o controle de fitonematoides em bananeira tem sido o químico, com a utilização de nematicidas sintéticos, porém, além de onerar os custos de produção, este método pode por em risco a saúde humana e causar danos ao ambiente, diminuindo a biodiversidade (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

Estratégias de manejo que visem diminuir os custos, preservar o meio ambiente e aumentar a produção são as mais recomendadas para a redução da população de nematoides em solos cultivados com bananeira (RITZINGER; FANCELLI, 2006; ELBADRI et al., 2009). O desenvolvimento de pesticidas naturais utilizando substâncias bioativas, isoladas a partir de material vegetal, é considerado uma boa opção de novas tecnologias no controle desses patógenos, promovendo ainda a redução da exposição dos organismos não alvos a pesticidas com alto grau de toxidez (AISSANI et al., 2015).

Existem vários métodos de manejo que diminuem a população de nematoides sem causar danos maiores ao meio ambiente. Dentre esses podemos citar: o controle biológico, a incorporação de resíduos orgânicos, o controle cultural com rotação de culturas, o controle genético, a retirada de restos culturais da lavoura, o pousio, a exposição ao calor e a utilização de extratos vegetais (FERRAZ et al., 2012). Estes métodos, quando usados de forma conjunta, constituem o manejo integrado de doenças, que consiste na combinação de diferentes estratégias de manejo disponíveis, visando o controle da população

e/ou da ação de fitopatógenos a níveis que não causam danos econômicos à cultura e reduzem os impactos causados ao meio ambiente (GASPAROTTO et al., 2003).

O manejo integrado de fitonematoides (MIN) consiste na utilização de diferentes métodos de controle em conjunto, com o objetivo de diminuir a população do fitonematoide a níveis que não causam dano econômico à cultura (FERRAZ; BROWN, 2016). A utilização do MIN se mostra mais eficiente do que cada método utilizado individualmente, pois além de diminuir a população dos nematoides pode promover incrementos no desenvolvimento das plantas (LUAMBANO et al., 2015).

Em bananeira, alguns métodos de controle só podem ser utilizados antes do plantio, como a solarização, o pousio, a utilização de plantas antagonistas ou armadilhas, o tratamento de mudas, entre outros; enquanto outros métodos podem ser utilizados no plantio, ou em lavouras já estabelecidas, como a utilização de cultivares resistentes, a aplicação de nematicidas, a utilização de extratos vegetais, etc. (RITZINGER; COSTA, 2004).

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NO MANEJO DE NEMATOIDES

Diversos estudos têm demonstrado o potencial de resíduos orgânicos, gerados durante os processamentos agroindustriais, para utilização no manejo de fitonematoides, sendo desejável, do ponto de vista ambiental, o aproveitamento destes resíduos para uma produção agrícola mais sustentável (FERRAZ et al., 2012).

Entre os principais resíduos relatados na literatura com potencial de controle de nematoides, encontra-se a manipueira (NASU et al., 2015), a torta de mamona (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2010), a vinhaça (MATOS et al., 2011), cascas de frutas, resíduos celulósicos e extratos vegetais (FERRAZ et al., 2012), resíduo líquido de sisal (DAMASCENO et al., 2015; JESUS et al., 2015), dentre outros.

A manipueira é o resíduo líquido do processamento da mandioca (*Manihot esculenta*). Estudos realizados para avaliar o efeito nematicida da manipueira sobre *M. incognita* em tomateiro demonstraram que, além de ser muito eficiente

no controle deste fitonematoide, este resíduo serve como fonte de nutrientes para a planta, melhorando o seu desenvolvimento (NASU et al., 2015). A manipueira inibiu a eclosão de J2 e a mobilidade de *Scutellonema bradys*, nematoide causador da casca preta do inhame (*Dioscorea* sp.), diminuindo a população deste fitoparasita (BARBOSA et al., 2010).

Outro resíduo agroindustrial descrito na literatura é a vinhaça que é utilizada na fertirrigação em solos agrícolas, pois além de proporcionar um aumento considerável na disponibilidade de nutrientes para as culturas, suprime os nematoides fitoparasitas (PEDROSA et al., 2005). Estudos demonstram uma diminuição na quantidade de fitonematoides em áreas fertirrigadas com vinhaça (MATOS et al., 2011). Pedrosa et al. (2005) demonstraram que a aplicação de vinhaça diminuiu significativamente a quantidade de ovos e juvenis de *M. incognita* e *M. javanica* em cana-de-açúcar, apresentando maior efeito com o aumento do volume de resíduo aplicado no solo.

A torta de mamona também foi estudada quanto ao efeito nematicida, sendo observado um incremento na produtividade em cana-de-açúcar, com aplicações superiores a 600 kg ha⁻¹ e reduções das populações de nematoides fitoparasitas, com a dose de 1800 kg ha⁻¹, sendo indicada como substrato promissor para a utilização no manejo integrado de nematoides (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2010).

A utilização de extratos de origem vegetal no controle de nematoides merece destaque e vem sendo muito estudada. Martins e Santos (2016) relataram a mortalidade total de *M. incognita* com a utilização de extratos de lombrigueira (*Spigelia anthelmia*), agrião-do-brejo (*Eclipta alba* L.) e mastruz (*Chenopodium ambrosioides*), demonstrando assim o elevado potencial destes extratos no manejo de fitonematoides. As plantas do gênero *Agave* se destacam por possuírem ação contra patógenos de animais e de plantas, apresentando ação anti-helmíntica contra nematoides gastrointestinais em animais (BOTURA et al., 2011; SILVERA et al., 2012; BOTURA et al., 2013), ação biocida contra ácaros (BARRÊTO et al., 2010) e nematoides fitoparasitas (DAMASCENO et al., 2015; JESUS et al., 2015).

O SISAL E A UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO LÍQUIDO NO CONTROLE DE NEMATOIDES

O sisal (*Agave sisalana* Perrine) pertence à família Asparagaceae (WCSP, 2018). É uma planta originária do México, que se encontra amplamente distribuída no Brasil, especialmente na região Nordeste, por ter se adaptado bem às condições semiáridas desta região (MARTIN et al., 2009, SILVEIRA et al., 2012). A fibra de sisal é considerada o principal produto agroindustrial do semiárido brasileiro e o Brasil é considerado o maior produtor e exportador mundial da fibra, com 80% da produção brasileira de sisal sendo destinada ao mercado externo (CONAB, 2015).

A Bahia é responsável por 95% de toda a produção nacional de fibra de sisal (SECTI, 2014). Esta cultura apresenta elevada importância socioeconômica para o território do sisal, que abrange aproximadamente 140 municípios, principalmente nas áreas mais pobres do semiárido brasileiro, regiões com Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) médio de 0,59, que têm o sisal como a única fonte de renda (CONAB, 2015). No processo de desfibramento da folha do sisal são aproveitados aproximadamente 4% da folha que representa a fibra extraída, sendo os 96% restantes compostos por polissacarídeos, compostos inorgânicos, metabólitos secundários e água, que são descartados, na maioria das vezes, de forma inadequada nas propriedades rurais (SHARMA; VARSHNEY, 2012).

Vários trabalhos já foram publicados demonstrando o efeito do resíduo de sisal no controle de diversos patógenos. Barrêto et al. (2010) utilizaram o extrato de sisal no controle do ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) na cultura do algodoeiro. Domingues et al. (2010) demonstraram o efeito nematicida do resíduo de sisal sobre nematoides em caprinos. Santos et al. (2017) avaliaram o efeito anti-helmíntico do ácido succínico oriundo do resíduo de sisal sobre nematoides gastrointestinais de caprinos em condições *in vitro*, indicando que o ácido succínico tem potencial como anti-helmíntico.

Estudos vêm sendo realizados na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, para a utilização deste resíduo no controle de fitonematoides. Foram encontrados resultados que demonstram efeito nematicida do resíduo de sisal

sobre *M. javanica* em tomateiro (DAMASCENO et al., 2015) e *R. similis* em bananeira (JESUS et al., 2015).

Os principais componentes do resíduo líquido de sisal são alcaloides, glicosídeos, saponinas, compostos fenólicos, taninos e flavonoides, oriundos do metabolismo secundário (BOTURA et al., 2013; COSTA et al., 2014). De acordo com Chitwood (2002), essas substâncias estão relacionadas ao mecanismo de defesa das plantas e podem apresentar ação nematicida, em especial as saponinas, os flavonoides e taninos.

De acordo com Osbourn et al. (2011), diversas plantas utilizam as saponinas, resultantes do seu metabolismo secundário, como forma de defesa contra patógenos. Saponinas são glicosídeos triterpênicos e esteroides, e podem apresentar ação nematicida, inseticida, antimicrobiana e antioxidante. Além disso, são bastante utilizados nas indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética (RIBEIRO et al., 2013). Segundo Schenkel et al. (2010), as saponinas atuam de forma direta sobre a cutícula dos nematoides, formando complexos com as proteínas, ocorrendo assim, a sua desorganização e aumento da permeabilidade celular. Como exemplo do efeito nematicida das saponinas, Yang et al., (2015) relataram que a ação nematicida da torta de sementes de *Camellia* e seu efeito no controle de *M. javanica* em bananeira deve-se à presença de saponinas na torta.

Os taninos são os compostos polifenólicos mais abundantes nas plantas (SINGH et al., 2003) e agem no controle de nematoides devido à sua capacidade de complexar com as proteínas do patógeno, podendo se ligar à cutícula, cavidade oral, esôfago, cloaca e vulva dos nematoides e assim, causar diversas alterações nas suas propriedades físico-químicas (ATHANASIADOU et al., 2000; HOSTE et al., 2006, HOSTE; TORRES-COSTA, 2011). Kerboeuf et al. (2008) também relataram a eficiência dos flavonoides no controle de nematoides, atribuindo tal efeito a atividade enzimática ou aos processos metabólicos.

Damasceno et al. (2015) demonstraram o efeito nematicida do resíduo líquido de sisal no controle de *M. javanica* em tomateiro. Em ensaios in vitro, estes autores observaram até 100% de mortalidade de juvenis desta espécie de nematoide das galhas e, no tomateiro, observaram redução do número de massas de ovos e galhas e na população de nematoides no solo. Esse estudo

demonstrou ainda que o resíduo fresco de sisal não causa efeitos deletérios sobre *Penicillium citrinum*, *Trichoderma atroviride*, *T. harzianum*, *T. virens* e sobre 10 isolados de actinobactérias pertencentes ao gênero *Streptomyces*, que fazem parte da microbiota benéfica do solo. Jesus et al. (2015) avaliaram o efeito do resíduo líquido de sisal no controle do nematoide cavernícola *R. similis* em bananeira, obtendo até 99% de mortalidade dos nematoides in vitro. Na bananeira, estes autores observaram redução dos danos no sistema radicular, na população de nematoide no solo e nas raízes e no fator de reprodução, mostrando assim a eficiência deste resíduo no controle de nematoides.

O controle dos nematoides que atacam culturas agrícolas de elevada importância econômica com a utilização do resíduo de sisal é bastante promissor. Além do efeito inibitório contra estes fitoparasitas, a utilização deste resíduo pode contribuir para o melhor aproveitamento da folha de sisal, gerando uma nova fonte de renda para os produtores desta cultura no semiárido da Bahia e assim, contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos agricultores. O aproveitamento deste resíduo poderá reduzir o impacto ambiental gerado pelo seu descarte inadequado após o desfibramento das folhas de sisal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AISSANI, N.; URGEGHE, P. P.; OPLOS, C.; SABA, M.; TOCCO, G.; PETRETTO, G. L.; ELOH, K.; MENKISSOGLU-SPIROUDI, U.; NTALLI, N.; CARBONI, P. Nematicidal Activity of the Volatilome of *Eruca sativa* on *Meloidogyne incognita*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 6120–6125, 2015.

ATHANASIADOU, S.; KYRIAZAKIS, I.; JACKSON, F.; COOP, R. L. Consequences of long-term feeding with condensed tannins on sheep parasited with *Trichostrongylus colubriformis*. **International Journal Parasitology**, v. 30, p.1025-1033, 2000.

BARBOSA, L. da F.; AMORIM, E.; COSTA, V.; TRINDADE, R.; PEIXINHO, G.; CRUZ, S. Efeito de resíduos vegetais sobre *Scutellonema bradys*, agente causal

da casca preta do inhame (*Dioscorea* sp). **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, p. 271-279, 2010.

BARRÊTO, A. F.; ARAÚJO, E.; BONIFÁCIO, B. F. Eficiência de extratos de *Agave sisalana* (Perrine) sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch) e ocorrência de fitotoxidez em plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r *latifolium* Hutch). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, p. 207-215, 2010.

BLAKE, C. D. The histological changes in banana roots caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*. **Nematologica**, v. 12, p. 129-137, 1966.

BOTURA, M. B.; SANTOS, J. D. G.; SILVA, G. D.; LIMA, H. G.; OLIVEIRA, J. V. A.; ALMEIDA, M. A. O.; BATATINHA, M. J. M.; BRANCO, A. In vitro ovicidal and larvicidal activity of *Agave sisalana* Perr. (sisal) on gastrointestinal nematodes of goats. **Veterinary Parasitology**, v. 192, p. 211-217, 2013.

BOTURA, M. B. SILVA, G. D.; LIMA, H. G.; OLIVEIRA, J. V. A.; SOUZA, T. S.; SANTOS, J. D. G.; BRANCO, A.; MOREIRA, E. L. T.; ALMEIDA, M. A. O.; BATATINHA, M. J. M. In vivo anthelmintic activity of an aqueous extract from sisal waste (*Agave sisalana* Perr.) against gastrointestinal nematodes in goats. **Veterinary Parasitology**, v. 177, p. 104-110, 2011.

BRENTU, C. F.; SPEIJER, P. R.; GREEN, K. R.; HEMENG, B. M. S.; WAELE, D. de; COYNE, D. L. Micro-plot evaluation of the yield reduction potential of *Pratylenchus coffeae*, *Helicotylenchus multicinctus* and *Meloidogyne javanica* on plantain cv. Apantu-pa (*Musa* spp., AAB-group) in Ghana. **Nematology**, v. 6, p. 455-462, 2004.

BROOKS, F. E. Plant-parasitic nematodes of banana in American Samoa. **Nematropica**, v. 34, p. 65-72, 2004.

CONAB. **Sisal 2015: Retrospectiva.** 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_04_11_15_32_sisal__conjuntura_especial_retrospectiva_2015-1.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

COSTA, M. F.; OSUNA, J. T. A.; BRANDÃO, H. N.; HARAGUCHI, M.; LEDO, C. A. da S. Composição química e toxicidade foliar de extratos do resíduo líquido de sisal. **Magistra**, v. 26, p. 372-384, 2014.

CHITWOOD, D. J. Phytochemical based strategies for nematode control. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p.221–249, 2002.

DAMASCENO, J. C. A.; SOARES, A. C. F.; JESUS, F. N.; SANT'ANA, R. S. Sisal leaf decortication liquid residue for controlling *Meloidogyne javanica* in tomato plants. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 155-162, 2015.

DANTAS, J. L. L.; SILVA, S. de O. e; SOARES FILHO, W. dos S.; CARVALHO, P. C. L. de. Filogenia, história, evolução, distribuição geográfica e habitat. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos. (Ed.). **O Agronegócio da Banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 15-28.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; MOLINA, R. de O.; COSTA, A. T. Nematóides causadores de doenças em frutíferas. **Revista Agro@ambiente on-line**, v. 2, p. 46-56, 2008.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Efeito da torta de mamona sobre populações de nematoides fitoparasitos e a produtividade da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v. 34, p. 68-71, 2010.

DOMINGUES, L. F.; BOTURA, M. B.; CRUZ, A. C. F. G.; YUKI, C. C.; SILVA, G. D.; COSTA, M. S.; MURPHY, G.; MOREIRA, E. L. T.; MENESES, I. D. S.; ALMEIDA, M. G. A. R.; BRANCO, A.; ALMEIDA, M. A. O.; BATATINHA, M. J. M. Evaluation of anthelmintic activity of liquid waste of *Agave sisalana* (sisal) in goats. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 19, p. 270-272, 2010.

ELBADRI, G. A. A.; LEE, D. W.; PARK, J. C.; CHOO, H. Y. Nematicidal efficacy of herbal powders on *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) on potted watermelon. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 12, p. 37-39, 2009.

ELLING, A. A. Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. **Phytopathology**, v. 103, p. 1092-1102, 2013.

FAOSTAT – Food And Agriculture Organization of the United Nations Statistics
Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F (Org.). **Nematologia de Plantas: fundamentos e importância**. Manaus: NORMA EDITORA, 2016. 251 p.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo Sustentável de Fitonematoides**. Viçosa: UFV, 2012. 306 p.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. de L.; FERRAZ, S. **Introdução à Nematologia**. 8. reimpressão. Viçosa: UFV, 2014. 92 p.

GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R.; PEREIRA, M. C. N. Manejo integrado de doenças da bananeira. **Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica**, 2003.

GHAG, S. B.; GANAPATHI, T. R. Genetically modified bananas: To mitigate food security concerns. **Scientia Horticulturae**, v. 214, p. 91-98, 2017.

GOWEN, S. R.; QUÉNÉHERVÉ, P.; FOGAIN, R. Nematode parasites of bananas and plantains. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. UK: CAB International, 2005. p. 611-643.

GUZMÁN, Ó. A.; CASTAÑO, J.; VILLEGAS, B. Efecto de la limpieza sanitaria de cormos de plátano (*Musa* AAB Simmonds) sobre nematodos fitoparásitos. **Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica**, v. 15, p. 87-95, 2012.

GUZMÁN-PIEDRAHITA, O. Importancia de los nematodos espiral, *Helicotylenchus multincinctus* (Cobb) Golden y *H. dihystrera* (Cobb) Sher, en banano y plátano. **Agronomía**, v. 19, p. 19-32, 2011.

HARTMAN, J. B.; VUYLSTEKE, D.; SPEIJER, P. R.; SSANGO, F.; COYNE, D. L.; WAELE, D. de. Measurement of the field response of *Musa* genotypes to *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multincinctus* and the implications for nematode resistance breeding. **Euphytica**, v. 172, p. 139-148, 2010.

HOSTE, H.; TORRES-COSTA, J. F. J. Non-chemical control of helminthes in ruminants: adapting solutions for changing worms in a changing world. **Veterinary Parasitology**, v.180, p.144-154, 2011.

HOSTE, H.; ATHANASIADOU, S.; THAMSBORG, S. M.; HOSKIN, S. O. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. **Trends in Parasitology**, v. 22, p. 253-261, 2006.

HUSSEY, R. S. Disease-inducing secretions of plant-parasitic nematodes. **Annual review of phytopathology**, v. 27, p. 123-141, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2018. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado%20ibge>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

JESUS, F. N.; DAMASCENO, J. C. A.; BARBOSA, D. H. S. G.; MALHEIRO, R.; PEREIRA, J. A.; SOARES, A. C. F. Control of the banana burrowing nematode using sisal extract. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 783-791, 2015.

KARAKAS, M. Life cycle and mating behavior of *Helicotylenchus multincinctus* (Nematoda: Hoplolaimidae) on excised *Musa cavendishii* roots. **Biologia**, v. 62, p. 320-322, 2007.

KERBOEUF, D.; RIOU, M.; GUÉGNARD, F. Flavonoids and related compounds in parasitic disease control. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 8, p. 116-128, 2008.

KOENNING, S. R.; OVERSTREET, C.; NOLING, W.; DONALD, P. A.; BECKER, O.; FORTNUM, B. A. Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994. **Journal of Nematology**, v. 31, p. 587-618, 1999.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. 8. ed. São Paulo: Noel, 1984. 314 p.

LUAMBANO, N. D.; NARLA, R. D.; WANJOHI, W. J.; KIMENJU, J. W.; KERRY, B. R. Integrated management of root-knot nematodes in a tomato-maize crop system using the biocontrol fungus *Pochonia clamydosporia*. **Crop Protection**, v. 71, p. 45-50, 2015.

MARTIN, A. R.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; SILVA, O. R. R. F. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade *Agave sisalana*. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, p. 40-46, 2009.

MARTINS, M. da C. B.; SANTOS, C. D. G. Ação de extratos de plantas medicinais sobre juvenis de *Meloidogyne incognita* raça 2. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 135-142, 2016.

MATOS, D. S. S.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M. P.; RODRIGUES, C. V. M. A.; BARBOSA, N. M. R. Relações entre a nematofauna e atributos químicos de solo com vinhaça. **Nematropica**, v. 41, p. 23-38, 2011.

MCSORLEY, R.; PARRADO, J. L. Nematological reviews: *Helicotylenchus multicinctus* on bananas: an international problem. **Nematropica**, v. 16, p. 73-91, 1986.

MOENS, T.; ARAYA, M.; SWENNWN, R.; WAELE, D. de. Reproduction and pathogenicity of *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus coffeae*, and their interaction with *Radopholus similis* on *Musa*. **Nematology**, v. 8, p. 45-58, 2006.

MOENS, M.; PERRY, R. N.; STARR, J. L. *Meloidogyne* Species - a diverse group of novel and importante plant parasites. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. **Root-knot Nematodes**. Cambridge: CABI North America Office, p. 1-17, 2009.

NASU, E. G. C.; FORMENTINI, H. M.; FURLANETTO, C. Effect of manipueira on tomato plants infected by the nematode *Meloidogyne incognita*. **Crop Protection**, v. 78, p. 193-197, 2015.

NEVES, W. S.; DIAS, M. S. C.; BARBOSA, J. G. Flutuação populacional de nematoides em bananais de Minas Gerais e Bahia (anos 2003 a 2008). **Nematologia Brasileira**, v. 33, p. 281-285, 2009.

OSBOURN, A.; GOSS, R. J. M.; FIELD, R. A. The saponins-polar isoprenoids with important and diverse biological activities. **Natural Product Reports**, v. 28, p. 1261-1268, 2011.

PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; ALBUQUERQUE, P. H. S.; CUNHA, A.C. Supressividade de nematóides em cana-de-açúcar por adição de vinhaça ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 197-201, 2005.

RIBEIRO, B. D.; COELHO, M. A. Z.; MARRUCHO, I. M. Extraction of saponins from sisal (*Agave sisalana*) and juá (*Ziziphus joazeiro*) with cholinium-based ionic

liquids and deep eutectic solvents. **European Food Research and Technology**, v. 237, p. 965-975, 2013.

RITZINGER, C. H. S. P.; COSTA, D. da C. Nematoides e alternativas de manejo. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. (Ed.). **O Cultivo da Bananeira**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. P. 183-194.

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

SANTOS, N. S. de S.; SANTOS, J. D. G.; SANTOS, F. O.; SERRA, T. M.; LIMA, H. G. de; BOTURA, M. B.; BRANCO, A.; BATATINHA, M. J. M. Ovicidal activity of succinic acid isolated from sisal waste (*Agave sisalana*) against gastrointestinal nematodes of goats. **Ciência Rural**, v. 47, 2017.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G., ATHAYDE, M. L. Saponinas. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da Planta ao Medicamento**, 5° ed., Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 1102, 2010.

SECTI. **Projeto Sisal de Base Tecnológica. Salvador, BA. 2012**. Disponível em: <<http://www.secti.ba.gov.br/wp-content/uploads/2013/01/PROJETO-SISAL-DE-BASE-TECNOLOGICA.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

SHARMA, S.; VARSHNEY, V. K. Chemical analysis of *Agave sisalana* juice for its possible utilization. **Acta Chimica & Pharmaceutica Indica**, v. 2, p.60-66, 2012.

SILVEIRA, R. X.; CHAGAS, A. C. S.; BOTURA, M. B.; BATATINHA, M. J. M.; KATIKI, L. M.; CARVALHO, C. O.; BEVILAQUA, C. M. L.; BRANCO, A.; MACHADO, E. A. A.; BORGES, S. L.; ALMEIDA, M. A. O. Action of sisal (*Agave sisalana* Perrine) extract in the in vitro development of sheep and goat gastrointestinal nematodes. **Experimental Parasitology**, v.131, p. 162–168, 2012.

SINGH, B; BHAT, T. K.; SINGH, B. Potential therapeutic applications of some antinutritional plant secondary metabolites. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 5579-5597, 2003.

WAWERU, B.; TUROOP, L.; KAHANGI, E.; COYNE, D.; DUBOIS, T. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* endophytes provide field control of nematodes, improving yield of banana (*Musa* sp.). **Biological Control**, v. 74, p. 82-88, 2014.

WCSP. **World Checklist of Selected Plant Families in the Catalogue of Life**. Disponível em:<apps.kew.org/wcsp/>. Acesso em: 20 jun. 2018.

YANG, X.; WANG, X.; WANG, K.; SU, L.; LI, H.; LI, R.; SHEN, Q. The nematicidal effect of *Camellia* seed cake on root-knot nematode *Meloidogyne javanica* of banana. **PloS One**, v. 10, p. 1-18, 2015.

ARTIGO 1

**MANEJO DE *Helicotylenchus multicinctus* EM BANANEIRA COM RESÍDUO DE
SISAL**

Manejo de *Helicotylenchus multincinctus* em bananeira com resíduo de sisal

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito nematicida do resíduo líquido de sisal e do formulado obtido a partir deste resíduo no manejo de *Helicotylenchus multincinctus* in vitro e em bananeira cultivar 'Prata Anã'. O bioensaio in vitro com o resíduo líquido fresco de sisal foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado com cinco concentrações do resíduo (5; 10; 15; 20 e 25 %), tendo como tratamentos testemunhas o nematicida (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹) e água, totalizando sete tratamentos, com quatro repetições. As concentrações de 6, 12, 18, 24 e 30 g L⁻¹ dos dois tipos de formulados de sisal (tratado e não tratado com carvão ativado) foram avaliadas em laboratório e na planta. Foram utilizadas quatro testemunhas: água, nematicida (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹) e o resíduo líquido de sisal bruto a 100 ml L⁻¹ e a 200 ml L⁻¹, em um esquema fatorial 2x5+4, totalizando 14 tratamentos, com quatro repetições in vitro e oito repetições in vivo. Foram avaliados os percentuais de imobilidade e mortalidade nos testes in vitro. As plantas foram coletadas após 90 dias da inoculação e avaliadas quanto às variáveis de crescimento e de controle do nematoide. O resíduo líquido de sisal e os formulados mostraram-se eficientes no controle de *H. multincinctus* in vitro. Houve 100% de mortalidade em todas as concentrações do resíduo líquido e acima de 89% nos tratamentos com os formulados. Não houve incremento no crescimento das plantas com o uso dos formulados de sisal. A população de nematoides nas raízes e no solo reduziu em até 77% e 83,7% respectivamente, com ambos os formulados. Houve redução entre 36% e 70% no fator de reprodução, dependendo das concentrações dos formulados, em relação ao tratamento contendo apenas água. Estes formulados de sisal apresentam efeito nematicida sobre *H. multincinctus* e outros estudos devem ser realizados para a avaliação do seu efeito no campo.

Palavras-chave: *Agave sisalana* Perrine, nematoide espiralado, controle orgânico, manejo sustentável.

Management of *Helicotylenchus multincinctus* in banana plants with sisal residue

Abstract: The aim of this work was to evaluate the nematicidal effect of the sisal liquid residue and the formulation obtained from this residue for the management of *Helicotylenchus multincinctus* in vitro and in banana plants of the cultivar 'Prata Anã'. The in vitro bioassay with the fresh liquid sisal residue was conducted in a completely randomized design with five residue concentrations (5; 10; 15; 20 and 25 %), with the controls being: the nematicide (Carbofuran - Furan 350 SC, 50 mg i.a.L⁻¹) and water, with a total of seven treatments and four replicates. The concentrations of 6, 12, 18, 24 and 30 g L⁻¹ of the two types of sisal formulations (treated and untreated with activated charcoal) were evaluated in vitro and with banana plants under greenhouse conditions, with four controls: water, the nematicide (Carbofuran - Furan 350 SC at 50 mg i.a.L⁻¹), the crude sisal liquid residue at 100 ml L⁻¹ and at 200 ml L⁻¹. The experiment was in a 2x5+4 factorial scheme, with 14 treatments and four replicates in the in vitro assays and eight replicates in the assays with banana plants. The percentages of immobility and mortality in the in vitro assays were evaluated. The plants were collected after 90 days of inoculation and evaluated for growth and nematode control variables. The liquid sisal residue and the formulations were efficient in controlling *H. multincinctus* in vitro. There was up to 100% mortality with all concentrations of the liquid residue and above 89% mortality in the treatments with the formulations. There was no increase in plant growth with the use of sisal formulations. The nematode population in roots and soil reduced by up to 77% and 83.7%, respectively, with both formulations. There was a reduction between 36% and 70% in the reproduction factor, depending on the formulations' concentration, compared to the control with water. These formulations of sisal have a nematicidal effect against *H. multincinctus* and other studies should be performed to evaluate their effect in the field.

Keywords: *Agave sisalana* Perrine, spiral nematode, organic control, sustainable management.

INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa* spp.) é amplamente cultivada em países tropicais e subtropicais e o seu fruto é um dos mais consumidos em todo o mundo (DANTAS et al., 2016). No entanto, diversos problemas fitossanitários acometem a cultura, dentre eles estão os fitonematoides que causa grandes perdas na produção. Esta planta é hospedeira de diversas espécies destes parasitas, destacando-se *Radopholus similis*, *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus multincinctus* e *Rotylenchulus reniformis* por causarem os maiores danos, sendo provavelmente, *H. multincinctus* a espécie mais frequente nos cultivos (COSTA et al., 2016).

A espécie *H. multincinctus* ocorre em áreas de produção de bananeira, geralmente em conjunto com o *R. similis*, causando danos severos às plantas e enormes prejuízos aos produtores (FERRAZ, 2016). Brentu et al. (2004) observaram redução de 26% no rendimento de plantas de bananeira inoculadas com 10 mil indivíduos de *H. multincinctus*.

O controle de nematoides em bananeira é realizado geralmente com a utilização de nematicidas sintéticos (SEENIVASAN, 2016). Entretanto, essa prática não é efetiva a longo prazo, sendo necessário o aumento das doses aplicadas, de acordo com a elevação da população dos nematoides que ocorre com o passar do tempo, causando assim danos ao ambiente e á saúde humana (SEENISVASAN; SENTHILNATHAN, 2018). Dessa forma, se faz necessário a busca por métodos de controle de fitonematoides mais eficientes e com menor risco a saúde humana e animal e ao meio ambiente. Diversos trabalhos comprovam a eficiência da utilização de materiais orgânicos e extratos vegetais no controle de nematoides parasitas de plantas (SEENISVASAN et al., 2013; MIORANZA et al., 2016). A utilização de nematicidas eficientes de origem vegetal pode reduzir não só os custos, como também os danos ao meio ambiente e os riscos ao produtor.

Estudos demonstram o potencial nematicida de compostos presentes na planta de sisal e extratos desta planta, com ação anti-helmíntica sobre nematoides parasitas de animais (SILVEIRA et al., 2012). A eficiência do resíduo líquido obtido a partir do processo de desfibramento da folha do sisal no controle

de *M. javanica* em tomateiro e em alface e *R. similis* em bananeira foi comprovada em estudos realizados por Damasceno et al. (2015), Damasceno et al. (2017) e Jesus et al. (2015), respectivamente.

O sisal é uma planta rica em substâncias bioativas resultantes do metabolismo secundário (BOTURA et al., 2013). Desse modo, o aproveitamento deste resíduo como matéria prima para a produção de um nematicida, pode reduzir os impactos ambientais e se transformar numa nova fonte de renda para os produtores rurais da região semiárida produtora de sisal no Brasil.

Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do resíduo líquido de sisal e dos formulados a partir deste resíduo no manejo de *H. multincinctus* in vitro e em plantas de bananeira.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação localizada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas (CCAAB) e no laboratório de Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Obtenção, identificação, manutenção e multiplicação das populações de *H. multincinctus*

A população de *H. multincinctus* foi obtida a partir de raízes de bananeiras inoculadas e mantidas em casa de vegetação. As amostras de raízes foram processadas no Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB, por meio da metodologia de Hussey e Barker (1973). Na multiplicação dos nematoides foram utilizadas plantas da cultivar 'Prata Anã' obtidas do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical e multiplicadas por técnicas de micropropagação in vitro, na Empresa Campo Biotecnologia Vegetal, localizada na sede da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia.

Após o período de aclimação, as mudas foram transplantadas para vasos de 3,0 kg de capacidade, contendo solo e areia, na proporção 2:1 (v/v). A mistura de solo e areia foi esterilizada em autoclave a 120 °C por 1,5 horas, por duas

vezes em dias consecutivos, antes de ser colocada nos vasos. Após o plantio, as mudas de bananeira foram inoculadas com 1000 indivíduos de *H. multincinctus*, colocando-se o inóculo próximo às raízes. As mesmas foram mantidas em casa de vegetação, no Campus da UFRB em Cruz das Almas, durante quatro meses, sendo irrigadas diariamente, para a multiplicação dos nematoides.

Obtenção dos nematoides para o ensaio in vitro

Os indivíduos de *H. multincinctus* foram extraídos de raízes de bananeira (plantas inoculadas e mantidas em casa de vegetação, conforme já descrito), pelo método de Hussey e Barker (1973). Foi realizada a contagem dos indivíduos em câmara de contagem de Peters, sob microscópio óptico, ajustando a quantidade de nematoides para 100 indivíduos por 100 μL , por meio da diluição com água destilada esterilizada.

Obtenção do resíduo líquido fresco de sisal

O resíduo líquido fresco de sisal foi obtido no município de Valente, BA, no campo, no momento do desfibramento das folhas. Para obtenção do líquido, o resíduo sólido foi retirado da máquina de desfibramento, com uma pá de aço inoxidável e prensado para remoção da parte sólida. A parte líquida foi imediatamente transferida para garrafas plásticas e colocada em isopor com gelo para o transporte ao Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB, para o congelamento em freezer, a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, até serem utilizados nos experimentos in vitro e in vivo. Para a obtenção dos formulados, utilizou-se esse mesmo resíduo como fonte de matéria prima.

Obtenção dos diferentes formulados de sisal

Para o processo de formulação, foi realizada a mistura do resíduo líquido fresco com o carvão ativado na proporção de 25 g para 1000 ml do resíduo, sendo esta mistura aquecida em banho Maria à temperatura de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ por duas horas, com agitação magnética. Em seguida, o extrato foi mantido em repouso

durante alguns minutos, para a decantação do carvão presente na amostra e, posteriormente, filtrado a vácuo em filtro de placa porosa com celite compactada, sendo repetido até a remoção de todo o carvão contido na amostra. O processo de filtração também foi realizado nas amostras sem o carvão ativado. Logo após este processo, os resíduos foram congelados a -20 °C.

No preparo dos formulados, foram colocados em um béquer o correspondente a 550 ml do resíduo filtrado e adicionados 55 g de maltodextrina, pouco a pouco, agitando-se com o turrax. Em seguida foi realizado o processo de secagem por aspersão, em spraydryer com as seguintes condições: temperatura local: 24,5 °C; temperatura de entrada: 180 °C; umidade: 41,9%; temperatura de saída: 110 °C; aspirador em 90% (35m³/h); vazão de nitrogênio: 410 l/h; vazão por bombeamento: 4 ml/min.

Após este processo foram obtidos dois tipos de formulado em pó: O formulado não tratado com carvão ativado (resíduo fresco filtrado + maltodextrina) e o formulado tratado com carvão ativado a 2,5% (resíduo tratado com carvão e filtrado + maltodextrina).

Ensaio in vitro com o resíduo líquido fresco

O ensaio in vitro foi conduzido com delineamento inteiramente casualizado, com cinco concentrações do resíduo (5, 10, 15, 20 e 25 %) + dois tratamentos testemunhas nematicida (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹) e água, totalizando sete tratamentos com quatro repetições.

Foram adicionadas 100 µL de suspensão aquosa com 100 indivíduos de *H. multincinctus* e 900 µL do resíduo líquido diluído em água destilada esterilizada em microtubos de centrifuga. Os ensaios foram mantidos por 24 horas a 28 °C em câmara de crescimento tipo BOD. Em seguida, os nematoides foram retirados da suspensão e lavados com água destilada e esterilizada, realizou-se a contagem dos indivíduos imóveis, em vidro de relógio, em microscópio óptico com aumento de 100 vezes. Logo após a contagem, os nematoides foram colocados em água e mantidos por mais 24 horas a temperatura de 28 °C, sendo posteriormente contados. Os indivíduos em forma de C e imóveis foram considerados mortos, enquanto os retorcidos ou móveis foram considerados vivos. Para a confirmação

da mortalidade do nematoide utilizou-se uma agulha para toca-los levemente e observar o seu movimento.

Ensaio in vitro com os formulados de sisal

O ensaio in vitro foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 5 + 4$, constituindo por 14 tratamentos compostos por cinco concentrações dos formulados (6, 12, 18, 24, 30 g L⁻¹) x dois tipos de formulados (1- Tratado com carvão ativado, 2- Não tratado com carvão ativado) + quatro testemunhas: 1- Água, 2- Nematicida (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹), 3- Resíduo líquido de sisal bruto a 100 ml L⁻¹ (10%) e 4- Resíduo líquido de sisal bruto a 200 ml L⁻¹ (20%), com quatro repetições.

Em microtubos de centrífuga foram adicionadas 100 µL de suspensão aquosa contendo 100 indivíduos de *H. multincinctus* e 900 µL dos diferentes tratamentos. Para a obtenção das concentrações, os formulados foram diluídos em água destilada esterilizada. Os ensaios foram incubados a 28 °C em câmara de crescimento tipo BOD por 24 horas. Após este período, os nematoides foram retirados da suspensão, foram lavados com água destilada e esterilizada e realizou-se a contagem dos indivíduos imóveis, em vidro de relógio, em microscópio óptico com aumento de 100 vezes. Logo após a contagem, os nematoides foram colocados em água e mantidos por mais 24 horas a temperatura de 28 °C, sendo posteriormente contados. Os indivíduos em forma de C e imóveis foram considerados mortos, enquanto os retorcidos ou móveis foram considerados vivos. Para a confirmação da mortalidade do nematoide utilizou-se uma agulha para toca-los levemente e observar o seu movimento.

Controle de *H. multincinctus* com formulados de sisal em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do CCAAB na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizada no Município de Cruz das Almas, BA, com latitude 12°39'11"S, longitude 39°07'19"W e altitude de 212 m; apresentando clima Tropical Quente e Úmido.

A cultivar de bananeira utilizada foi a 'Prata Anã' obtida na Empresa Biotecnologia Vegetal Campo, sediada nas dependências da Embrapa Mandioca e Fruticultura. As mudas foram obtidas por micropropagação em cultura de tecido e aclimatadas durante o período de 30 dias em temperatura ambiente.

As mudas de bananeira foram transplantadas para vasos de 3 L de capacidade, contendo solo e substrato Vivatto Slim®, na proporção de 3:1, previamente esterilizados em autoclave a 120 °C por 1,5 horas, por duas vezes, em dias subsequentes. A inoculação foi realizada 30 dias após o transplante, inoculando-se 1500 indivíduos de *H. multicinctus* por muda. A suspensão aquosa dos tratamentos foi incorporada ao solo 15 dias após a inoculação, sendo adicionadas 100 ml dessa suspensão por vaso.

O experimento foi conduzido com delineamento inteiramente ao acaso, num esquema fatorial 2x5+4, constituindo 14 tratamentos compostos por cinco concentrações dos formulados (6, 12, 18, 24, 30 g L⁻¹) x dois tipos de formulados (1- Tratado com carvão ativado, 2- Não tratado com carvão ativado) + quatro testemunhas: 1- Água 2- Nematicida (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹), 3- Resíduo líquido de sisal bruto a 100 ml L⁻¹ (10%) e 4- Resíduo líquido de sisal bruto a 200 ml L⁻¹ (20%), com oito repetições. A parcela experimental foi constituída de uma planta por vaso.

As plantas permaneceram em casa de vegetação, sendo irrigadas diariamente e 90 dias após a inoculação, procedeu-se a coleta do experimento, avaliando o diâmetro do pseudocaule, massa seca do rizoma e da parte aérea. Os nematoides foram extraídos das raízes e do solo, utilizando os métodos propostos por Hussey e Barker (1973) e por Jenkins (1964), respectivamente e, em seguida, foram contados. O fator de reprodução (OOSTENBRINK, 1966) foi estimado para cada repetição (FR = população final/população inicial), sendo que a população final corresponde ao total de nematoides encontrados no solo e nas raízes.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e fez-se a regressão para avaliar o efeito das concentrações. A comparação entre os tratamentos e as

testemunhas foi realizada por meio de contrastes ortogonais. Utilizou-se o software estatístico SAS (2008) (Statistical Analysis System), versão 9.2. Os dados referentes à porcentagem de imobilidade e mortalidade dos nematoides e a quantidade de nematoides no solo e nas raízes, foram transformados para: $\sqrt{(x/100)}$ e $\log(x+10)$ para a análise, respectivamente.

RESULTADOS

Resíduo líquido fresco de sisal no controle in vitro de *Helicotylenchus multincinctus*

Houve diferença significativa entre o efeito do nematicida sintético e o efeito do resíduo líquido de sisal, tanto na imobilidade quanto na mortalidade de *H. multincinctus*, independente da concentração testada do resíduo de sisal. Em todas as concentrações avaliadas, as porcentagens de imobilidade e mortalidade de *H. multincinctus* foram maiores que aquelas encontradas com o nematicida sintético, com valores de 42% de imobilidade e 87% de mortalidade com o nematicida e acima de 91% de imobilidade e 100% de mortalidade em todos os tratamentos com o resíduo (Tabela 1).

O resíduo líquido de sisal teve influência sobre a imobilidade (24h) e mortalidade (48h) dos indivíduos de *H. multincinctus*. No entanto, não houve diferença significativa entre as concentrações deste resíduo avaliadas neste ensaio.

Após 48 horas, os indivíduos de *H. multincinctus* do tratamento controle em água foram avaliados e apresentaram um percentual de aproximadamente 9% de mortalidade em água, demonstrando assim, que os nematoides utilizados neste experimento estavam viáveis e as médias elevadas encontradas nas avaliações de 24 e 48h estavam relacionadas com a ação nematicida dos diferentes tratamentos aplicados.

Tabela 1. Estimativas dos contrastes (nematicida x concentrações do resíduo fresco de sisal) e significância para as variáveis avaliadas no controle de *Helicotylenchus multicinctus* sob condições in vitro (imobilidade e mortalidade).

CONTRASTES	IMOBILIDADE	MORTALIDADE
5% X NEMATICIDA	48,73*	13,08*
10% X NEMATICIDA	50,95*	13,08*
15% X NEMATICIDA	52,07*	12,67*
20% X NEMATICIDA	50,12*	13,08*
25% X NEMATICIDA	49,96*	13,08*

* significativo a 5%; ns não significativo a 5%.

Formulados de sisal no controle in vitro de *H. multicinctus*

Houve efeito significativo dos formulados de sisal (tratados e não tratados com o carvão ativado), das concentrações e da interação entre as concentrações e o tipo de formulado sobre a imobilidade (24h) de *H. multicinctus* in vitro (Figura 1).

Os formulados de sisal tratados e não tratados com o carvão ativado foram eficientes em causar a imobilidade dos indivíduos de *H. multicinctus* após 24 horas de exposição aos tratamentos, principalmente, o formulado não tratado, o qual promoveu médias acima de 86% de imobilidade em todas as concentrações. Para os tratamentos com o formulado tratado com o carvão ativado houve um comportamento irregular. Na menor concentração (6 g L⁻¹) houve 55% de imobilidade dos nematoides, porém, nas concentrações mais altas, a taxa de imobilidade dos indivíduos foi menor (Figura 1).

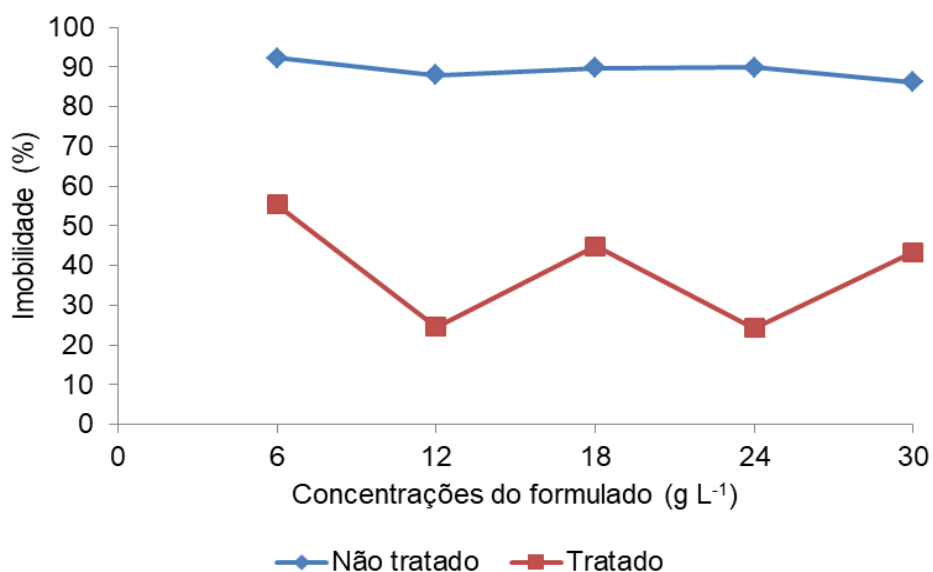


Figura 1. Imobilidade in vitro de indivíduos de *H. multicauda* submetidos aos formulados tratados e não tratados carvão ativado após 24 horas de exposição.

Não houve diferença significativa entre os formulados (tratados e não tratados com o carvão ativado) sobre a mortalidade de *H. multicauda* in vitro. Foi observada diferença altamente significativa para a concentração e para a interação entre as concentrações e o tipo de formulado (Figura 2).

Nos tratamentos com o formulado de sisal não tratado com o carvão verificou-se uma taxa de mortalidade de 89% na concentração de 6 g L⁻¹, ocorrendo um aumento com a elevação das concentrações, chegando até 100% na concentração de 30 g L⁻¹. Para o formulado tratado, houve mortalidade de aproximadamente 95% para todas as concentrações testadas (Figura 2).

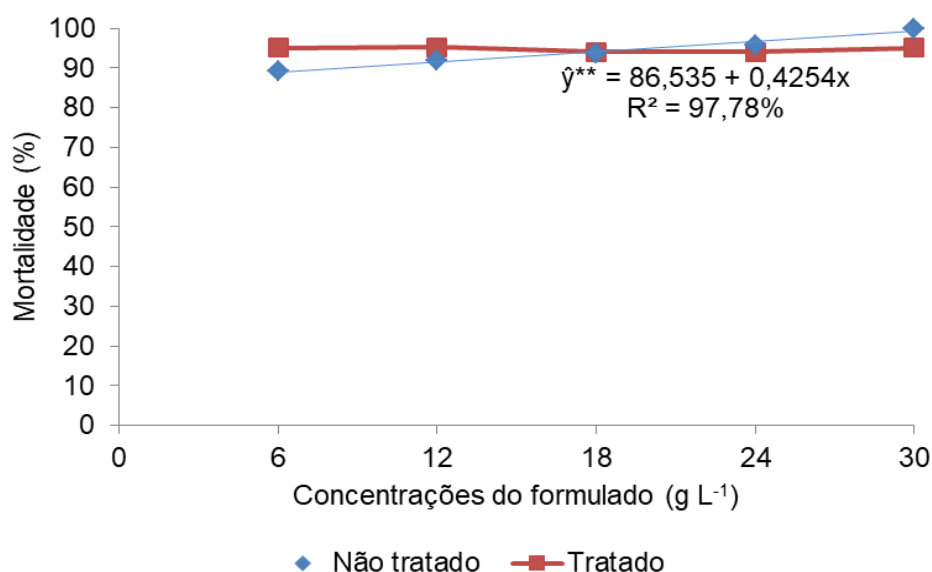


Figura 2. Mortalidade in vitro de indivíduos de *H. multincinctus* submetidos aos formulados tratados e não tratados com o carvão ativado após 48 horas de exposição.

A imobilidade e a mortalidade dos indivíduos de *H. multincinctus* foram maiores nos tratamentos com o nematicida, resíduo fresco de sisal (RF) a 10% e RF a 20%, utilizados como testemunhas, quando comparadas com o tratamento apenas com água (somente inóculo) (Tabela 2). Observou-se maior imobilidade e mortalidade dos nematoides no RF quando comparados ao nematicida sintético. Entretanto, com o RF na concentração de 10%, a taxa de imobilidade e mortalidade dos indivíduos foram superiores àquelas encontradas no resíduo fresco a 20%, indicando assim, que baixas concentrações do resíduo fresco já proporcionam efeito nematicida (Tabela 2).

Houve maior percentual de imobilidade e mortalidade no fatorial quando comparado à testemunha nematicida sintético, demonstrando assim a eficiência dos dois tipos de formulados utilizados no ensaio para controle de *H. multincinctus* in vitro (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas dos contrastes e significância para as variáveis avaliadas no controle de *Helicotylenchus multincinctus* sob condições in vitro (imobilidade e mortalidade).

CONTRASTES	IMOBILIDADE	MORTALIDADE
ÁGUA X DEMAIS TESTEMUNHAS	-0,56**	-0,95**

NEMATICIDA X RF***	-0,39**	-0,29**
RF 10% X RF 20%	0,16*	0,13*
FATORIAL X TESTEMUNHAS	0,11**	0,18**

** significativo a 1% *significativo a 5%. ***Resíduo fresco

Houve maior imobilidade de indivíduos de *H. multincinctus* nos tratamentos com o formulado não tratado quando comparado ao tratado, sendo a concentração de 6 g L⁻¹ a que proporcionou maior imobilidade destes indivíduos com o formulado não tratado (Tabela 3). A mortalidade deste nematoide foi maior no tratamento com 30 g L⁻¹, com 95,1% de mortalidade para o formulado com carvão e 100% para o formulado sem carvão, sendo maior que a mortalidade proporcionada pelo nematicida sintético e semelhante ao RF (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de imobilidade e mortalidade dos indivíduos de *H. multincinctus* submetidos aos tratamentos com os formulados de sisal (com e sem tratamento com carvão ativado).

TRATAMENTOS*	Doses (g L ⁻¹)	IMOBILIDADE (%)	MORTALIDADE (%)
F. TRATADO	6	55,43	95,05
F. TRATADO	12	24,57	95,29
F. TRATADO	18	44,93	94,00
F. TRATADO	24	24,23	94,05
F. TRATADO	30	43,45	95,07
F. NÃO TRATADO	6	92,23	89,18
F. NÃO TRATADO	12	87,93	92,03
F. NÃO TRATADO	18	89,71	93,84
F. NÃO TRATADO	24	89,86	95,91
F. NÃO TRATADO	30	86,21	100,00
ÁGUA		16,99	19,38
NEMATICIDA		43,79	86,92
RF	10%	86,23	100,00
RF	20%	73,49	96,84

*F. TRATADO - formulado do resíduo tratado com carvão; F NÃO TRATADO - formulado do resíduo sem tratamento com carvão. ÁGUA, NEMATICIDA (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹) e RF - resíduo fresco - tratamentos testemunhas.

Controle de *Helicotylenchus multicinctus* em bananeira com formulados de sisal

Não houve diferença estatística entre os tipos de formulados (tratado e não tratado com carvão ativado), entre as concentrações e da interação, para as variáveis: diâmetro do pseudocaule, massa seca do rizoma e massa seca da parte aérea. Para o diâmetro do pseudocaule, o nematicida promoveu um efeito melhor que o RF nas duas concentrações, não havendo diferença estatística entre o fatorial e as testemunhas. A massa seca da parte aérea foi maior nas testemunhas nematicida sintético e RF quando comparado ao tratamento com os formulados (Tabela 4).

A massa seca da parte aérea foi menor no tratamento com água, quando comparada com os demais tratamentos testemunhas (Nematicida, RF a 10% e RF a 20%), entretanto, estes tratamentos não diferiram entre si (Tabela 4).

Quanto à quantidade de nematoides nas raízes das plantas, observou-se que não houve diferença significativa entre os formulados, entre as concentrações e nem da interação, para o número de indivíduos no sistema radicular. As plantas do tratamento testemunha contendo apenas água apresentaram maior população de nematoides nas raízes, quando comparadas com as demais testemunhas. Ao comparar os tratamentos com o nematicida sintético e o RF, verificou-se que esse último apresentou maior quantidade de nematoides nas raízes. Por outro lado, avaliando o fatorial e os tratamentos testemunhas, observou-se redução na quantidade de nematoides nas testemunhas com o nematicida e o RF (Tabelas 4 e 5).

A aplicação dos formulados de sisal, independente do tipo e da concentração utilizada, reduziu em até 77% a população de nematoides nas raízes das mudas de bananeira, comparado à testemunha contendo apenas água. O nematicida promoveu redução da população de nematoides nas raízes de 96,8%, sendo mais eficiente que os formulados (os quais atingiram 77%) e o

RF a 10% e a 20% (78,5% e 80,5% de redução respectivamente) (Tabela 5). Dessa forma é possível observar que o processo de formulação não reduziu o potencial nematicida do resíduo e mesmo apresentando menor efeito sobre a população de nematoides nas raízes, comparados ao nematicida sintético, os formulados de sisal apresentaram boa resposta, evidenciando assim o efeito nematicida destes formulados sobre *H. multicinctus* (Tabela 5).

A população de nematoides no solo foi maior no tratamento testemunha contendo apenas água, quando comparada com as demais testemunhas, contendo aproximadamente 537,5 indivíduos, enquanto que no solo que recebeu o nematicida sintético, o RF 10% e RF 20%, foram obtidos 25, 137,5 e 187,5 indivíduos, que correspondem a reduções de 95,3%, 74,4% e 65,1%, respectivamente (Tabelas 4 e 5). Os formulados proporcionaram redução da população de nematoides no solo de até 83,7%, quando comparados à testemunha contendo apenas água. O nematicida foi mais eficiente que os formulados na redução da população de nematoides no solo, porém, esse último proporcionou bons resultados. É possível observar também que a formulação do resíduo fresco de sisal não reduziu o seu efeito nematicida (Tabela 5).

O tratamento com água apresentou maior fator de reprodução (FR= 2,253) em relação às demais testemunhas. O menor FR foi encontrado no tratamento com o nematicida sintético (FR= 0,076). Nos tratamentos com o RF a 10% e 20% foram encontradas FR= 0,50 e FR= 0,495, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas dos contrastes e significância para as variáveis avaliadas no controle de *Helicotylenchus multicinctus* em bananeira.

CONTRASTES	DP	MSRIZ	MSPA	NEMAR	NEMAS	FR
ÁGUA X DEMAIS TESTEMUNHAS	-0,57 ^{ns}	0,52 ^{ns}	-4,49*	1,07**	0,99**	1,89**
NEMATICIDA X RESÍDUO FRESCO	1,45*	1,42 ^{ns}	0,72 ^{ns}	-0,96**	-0,69**	-0,42*
RF 10% X RF 20%	-1,00 ^{ns}	0,75 ^{ns}	-3,11 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}
FATORIAL X TESTEMUNHAS	-0,23 ^{ns}	-0,61 ^{ns}	-4,69**	0,38**	0,27**	0,14 ^{ns}

** significativo a 1% *significativo a 5%. RF: Resíduo fresco, DP: Diâmetro do pseudocaule, MSRIZ: Massa seca do rizoma, MSPA: Massa seca da parte aérea, NEMAR: Número de nematoides nas raízes, NEMAS: Número de nematoides no solo, FR: Fator de reprodução.

Tabela 5. Valores médios da população de *H. multincinctus* nas raízes e no solo e o fator de reprodução observados nos tratamentos.

TRATAMENTO	DOSES (g L ⁻¹)	NR	NS	FR
F. TRATADO	6	1480,33	662,50	1,43
F. TRATADO	12	653,22	337,50	0,66
F. TRATADO	18	1639,57	275,00	1,28
F. TRATADO	24	1136,69	187,50	0,88
F. TRATADO	30	1151,18	87,50	0,83
F. NÃO TRATADO	6	1339,21	187,50	1,02
F. NÃO TRATADO	12	840,81	137,50	0,65
F. NÃO TRATADO	18	1043,34	137,50	0,79
F. NÃO TRATADO	24	912,29	387,50	0,87
F. NÃO TRATADO	30	1477,67	525,00	1,34
ÁGUA		2842,44	537,50	2,25
NEMATICIDA		90,13	25,00	0,08
RF	10%	612,00	137,50	0,50
RF	20%	554,93	187,50	0,49

*F. TRATADO - formulado do resíduo tratado com carvão; F NÃO TRATADO - formulado do resíduo sem tratamento com carvão. ÁGUA, NEMATICIDA (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹) e RF - resíduo fresco - tratamentos testemunhas. NR: Número de nematoides nas raízes, NS: Número de nematoides no solo, FR: Fator de reprodução.

No que diz respeito ao número de nematoides no solo não houve diferença estatística entre os tipos de formulados e nem entre as concentrações, havendo efeito apenas da interação (tipos de formulado x concentrações). Nas plantas que receberam o formulado não tratado houve redução da população de nematoides até a concentração estimada de 11,78 g L⁻¹, ocorrendo redução do efeito nematicida nas concentrações mais altas. Por outro lado, nos tratamentos com o formulado tratado houve uma tendência de redução da população desses patógenos com o aumento das concentrações (Figura 3).

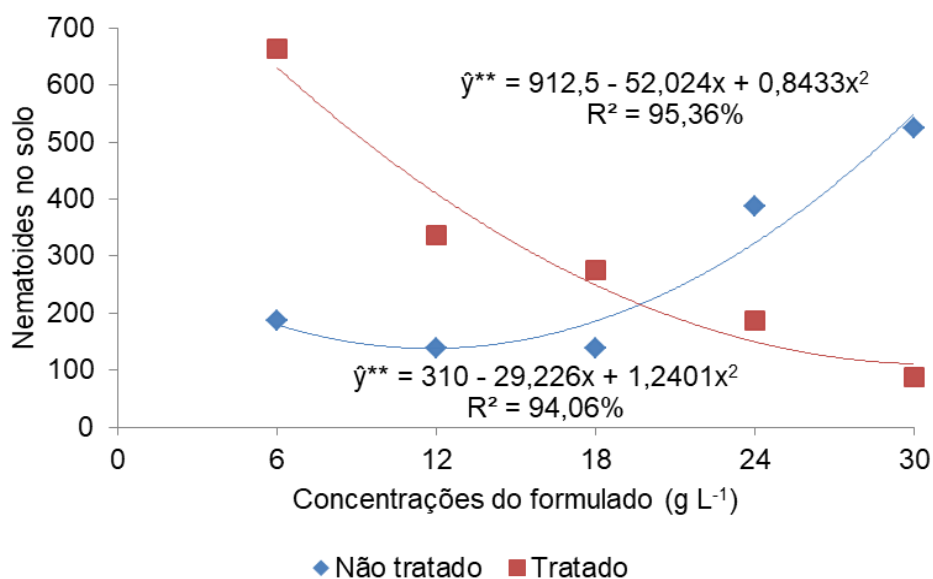


Figura 3. População de *H. multincinctus* no solo com os tratamentos com os formulados tratado e não tratado com carvão ativado.

Não houve diferença entre os tipos de formulados para a variável fator de reprodução (FR) dos nematoides. A diferença significativa foi apenas para as concentrações e para a interação (Figura 4). Houve uma redução do fator de reprodução até a concentração estimada de 15,88 g L⁻¹, chegando a aproximadamente 70%, em relação ao tratamento apenas com água. O FR chegou a 59% de redução na última concentração testada para o formulado não tratado comparado à testemunha contendo apenas água. Nos tratamentos com o formulado tratado, ocorreu menor FR nas concentrações até 12 g L⁻¹ (Figura 4).

O FR foi o mesmo quando os dois tipos de formulados foram aplicados nas concentrações de 12 g L⁻¹ e de 24 g L⁻¹, respectivamente (Figura 4). Houve uma redução do FR de cerca de 70% e 60% com a aplicação do tratamento nas concentrações de 12 g L⁻¹ e 24 g L⁻¹, respectivamente, variando entre 36% e 63% de redução nas demais concentrações, com relação à testemunha com água.

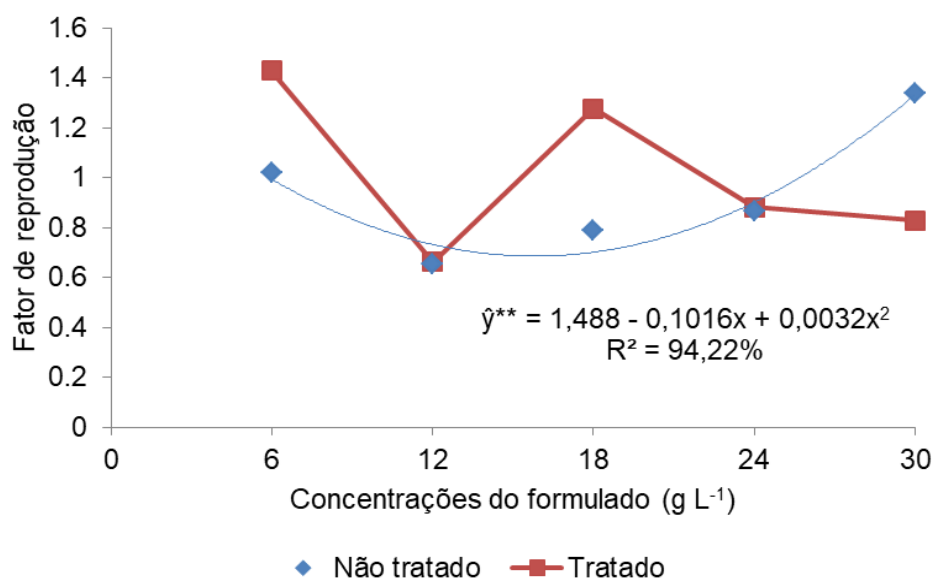


Figura 4. Fator de reprodução de *H. multincinctus* nos tratamentos com os formulados tratado e não tratado com carvão ativado

DISCUSSÃO

Estudos anteriores demonstraram o efeito nematicida do resíduo líquido de sisal no controle de *M. javanica* em tomateiro e *R. similis* em bananeira (DAMASCENO et al., 2015; JESUS et al., 2015). O presente estudo avaliou o efeito deste resíduo e do seu formulado no controle de *H. multincinctus* in vitro e na bananeira, para comprovar a eficiência deste potencial nematicida sobre diferentes espécies de nematoides que causam danos a cultura da bananeira.

Ficou demonstrado neste trabalho que o resíduo de sisal tem potencial nematicida, seja como resíduo fresco ou formulado com e sem tratamento com carvão ativado, apresentando elevados percentuais de mortalidade e imobilidade dos indivíduos de *H. multincinctus* in vitro. Jesus et al. (2015) observaram altas taxas de imobilidade e mortalidade de juvenis *R. similis*, quando submetidos ao tratamento com resíduo fresco de sisal em concentrações que variaram entre 5% e 25%. Estes autores relataram que não houve diferença significativa entre o resíduo de sisal na maior concentração (25%) e o nematicida sintético, contrastando com o resultado deste trabalho, que demonstra um maior percentual de mortalidade causado pelo resíduo líquido de sisal quando comparado ao

nematicida sintético, comprovando assim o elevado potencial nematicida deste resíduo no controle de *H. multincinctus* in vitro.

Verificou-se maior percentual de nematoides imóveis no tratamento com o formulado de sisal não tratado com o carvão ativado, quando comparado ao tratamento com o formulado tratado. Este efeito pode ser atribuído à adsorção de algumas substâncias que podem ser tóxicas ao nematoide pelo tratamento com carvão ativado (YANG; QIU, 2011), podendo assim diminuir a ação do formulado sobre o nematoide in vitro.

O carvão ativado, utilizado no tratamento do resíduo líquido de sisal para uma das formulações, tem o objetivo de reduzir a fitotoxicidade do resíduo às plantas. De acordo com Costa et al. (2015), o carvão ativado funciona como adsorvente, podendo ser utilizado na adsorção de contaminantes e outras substâncias. Os resultados do presente trabalho não mostraram diferença estatística entre os tratamentos com o formulado tratado com o carvão ativado e com o não tratado para as variáveis de crescimento das plantas, indicando que não há necessidade do tratamento do resíduo com carvão para a sua formulação.

Para a mortalidade dos indivíduos in vitro, houve efeito das concentrações independente do tipo de formulado utilizado, estes resultados evidenciam que o tratamento com o carvão ativado não interferiu no potencial nematicida do resíduo de sisal sobre *H. multincinctus*. Assim como, para o tratamento utilizando o resíduo fresco, os formulados causaram maior percentual de imobilidade e mortalidade dos indivíduos de *H. multincinctus* quando comparados ao nematicida sintético, comprovando o efeito nematicida deste formulado e sua similaridade ou superioridade ao nematicida sintético sobre esta espécie de nematoide. Jesus et al. (2015) também relataram a similaridade deste resíduo, comparado ao nematicida sintético, no controle de *R. similis* em bananeira.

Pode-se observar ainda, neste trabalho, que tanto o resíduo de sisal líquido quanto as formulações causaram um elevado percentual de mortalidade de *H. multincinctus* in vitro, evidenciando que o processo de formulação não interfere de forma significativa no potencial nematicida do resíduo.

O efeito nematicida do resíduo de sisal foi também comprovado em estudos com nematoides parasitas de animais. Domingues et al. (2010) testaram este resíduo no controle de nematoides do gênero *Haemonchus* in vitro e

punderam constatar sua atividade anti-helmíntica, com redução de mais de 95% destes parasitas. Silveira et al. (2012) relataram em seus estudos a ação deste resíduo sobre a eclosão de juvenis e o desenvolvimento larval de nematoides gastrointestinais de ovinos e caprinos in vitro, e mostraram o seu efeito antiparasitário, atribuindo esse a presença de compostos bioativos no resíduo.

Não foi observada a promoção de crescimento das plantas de bananeira com a aplicação dos formulados de sisal no presente estudo, o que pode ter ocorrido devido ao curto período de avaliação do experimento, ou às baixas concentrações dos formulados utilizadas na planta. Esta avaliação do efeito dos tratamentos com os formulados no crescimento de plantas foi importante, pois em estudos realizados anteriormente foram relatados indicativos de fitotoxicidade em plantas de alface (DAMASCENO et al., 2017) e de bananeira (JESUS et al., 2015) tratadas com concentrações de resíduo de sisal acima de 25%. Por este motivo, neste estudo os formulados foram utilizados em concentrações que equivalem a valores até 25% do resíduo líquido fresco do sisal e foi confirmado que estas concentrações não foram tóxicas para as bananeiras, não interferindo assim no seu desenvolvimento vegetativo.

Com a aplicação dos tratamentos, independente do tipo de formulado ou da concentração testada, houve uma diminuição de até 77% da população de nematoides nas raízes, e de até 83,7% na população de nematoides no solo com as plantas de bananeira. É evidente que os formulados de sisal têm efeito tóxico sobre *Helicotylenchus multicinctus* no solo e em plantas de bananeira. Seenivasana e Senthilnathan (2018) ao estudarem o efeito do ácido húmico sobre *Helicotylenchus multicinctus* em bananeira, relataram que houve mortalidade de até 100% destes fitoparasitas sob condições in vitro e redução de até 56,6% e 44,5% da população de nematoides no solo e nas raízes, respectivamente.

Muitos estudos têm demonstrado a ação de materiais vegetais e resíduos orgânicos sobre nematoides parasitas de plantas. Tabarant et al. (2011) demonstraram a diminuição da abundância de nematoides de diferentes espécies em raízes de bananeira após a adição de resíduos orgânicos, com redução de até 96%. Yang et al. (2015) evidenciaram redução de cerca de 28% da população de *M. javanica* em raízes de bananeira tratadas com torta de sementes de *Camellia oleifera* Abel. Chapuis-lardy et al. (2015) também relataram ação nematicida de

materiais arbustivos (*Piliostigma reticulatum*) incorporados ao solo sobre *H. dihystra* em milho, observando redução de 64% na abundância destes fitopatógenos.

A redução no fator de reprodução de *H. multicinctus* na bananeira, em todas as concentrações dos formulados avaliadas comprova o seu efeito nematicida. A ação nematicida dos formulados é atribuída à presença de substâncias bioativas na composição do resíduo líquido de sisal. Este resíduo é composto de saponinas, triterpenoides, taninos, alcaloides, cumarinas e flavonoides, substâncias produzidas pelo metabolismo secundário da planta (Costa et al., 2014). A ação da saponina contra fitonematoides foi comprovada em estudos realizados por Argentieri et al. (2008) ao estudarem o potencial nematicida da saponina de *Medicago* spp. sobre nematoides do gênero *Xiphinema*.

Evidenciamos neste trabalho que os formulados de sisal foram mais eficientes no controle de *H. multicinctus* in vitro do que na planta. Isso ocorre devido à ação direta do produto sobre os nematoides in vitro, proporcionando um efeito mais rápido, já que alguns metabólitos existentes no resíduo líquido fresco de sisal agem diretamente sobre a cutícula destes fitoparasitas, como é o caso das saponinas (ARGENTIERE et al., 2008).

Os formulados de sisal apresentam potencial nematicida sobre *H. multicinctus*, indicando a necessidade da realização de estudos com a aplicação dos formulados ao longo do tempo, para a observação de possíveis efeitos residuais e ajuste das concentrações. Poucos trabalhos são encontrados na literatura sobre o controle desta espécie de nematoides. É preciso que se avance neste estudo para que se possa adotar o manejo desta espécie, com diminuição dos impactos ambientais causados pela utilização de nematicidas sintéticos.

CONCLUSÕES

Os formulados em pó preparados com o resíduo fresco de sisal são eficientes no controle de *H. multicinctus* in vitro, sendo superiores ao nematicida sintético.

Os formulados em pó do resíduo fresco de sisal, com e sem tratamento com carvão ativado, quando aplicados no solo com mudas de bananeira infestadas por *H. multincinctus* promovem a redução na população de nematoides no solo, nas raízes e do fator de reprodução destes fitopatógenos.

A formulação mantém o efeito nematicida observado no resíduo fresco do desfibramento das folhas de sisal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTIERI, M. P.; D'ADDABBO, T.; TAVA, A.; AGOSTINELLI, A.; JURZYSTA, M.; AVATO, P. Evaluation of nematicidal properties of saponins from *Medicago* spp. **European Journal of Plant Pathology**, v. 120, p. 189-197, 2008.

BOTURA, M. B.; SANTOS, J. D. G.; SILVA, G. D.; LIMA, H. G.; OLIVEIRA, J. V. A.; ALMEIDA, M. A. O.; BATATINHA, M. J. M.; BRANCO, A. In vitro ovicidal and larvicidal activity of *Agave sisalana* Perr. (sisal) on gastrointestinal nematodes of goats. **Veterinary Parasitology**, v. 192, p. 211-217, 2013.

BRENTU, C. F.; SPEIJER, P. R.; GREEN, K. R.; HEMENG, B. M. S.; WAELE, D. de; COYNE, D. L. Micro-plot evaluation of the yield reduction potential of *Pratylenchus coffeae*, *Helicotylenchus multincinctus* and *Meloidogyne javanica* on plantain cv. Apantu-pa (*Musa* spp., AAB-group) in Ghana. **Nematology**, v. 6, p. 455-462, 2004.

CHAPUIS-LARDY, L.; DIAKHATE, S.; DJIGAL, D.; BA, A. O.; DICK, R. P.; SEMBÉNE, P. M.; MASSE, D. Potential of Sahelian Native Shrub Materials to Suppress the Spiral Nematode *Helicotylenchus dihystera*. **Journal of Nematology**, v. 47, p. 214-217, 2015.

COSTA, D. da C.; CARES, J. E.; ALVES, F. R.; SANTOS, J. R. P.; MONTEIRO, J. da M. dos S.; NEVES, W. S. Nematoides. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos. (Ed.). **O Agronegócio da Banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 505-544.

COSTA, M. F.; OSUNA, J. T. A.; BRANDÃO, H. N.; HARAGUCHI, M.; LEDO, C. A. da S. Composição química e toxicidade foliar de extratos do resíduo líquido de sisal. **Magistra**, v. 26, p. 372-384, 2014.

COSTA, P. D. de; JEREMIAS, T. C.; MENEZES, C. T. B. Estudo de turfa e carvão ativado como adsorventes para remoção de hidrocarbonetos de meio aquoso. **Tecnologia e Ambiente**, v. 21, p. 242-248, 2015.

DAMASCENO, J. C. A.; SOARES, A. C. F.; JESUS, F. N.; SANT'ANA, R. S. Sisal leaf decortication liquid residue for controlling *Meloidogyne javanica* in tomato plants. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 155-162, 2015.

DAMASCENO, J. C. A. D.; SOARES, A. C. F.; SANTOS, A. C. dos; CONCEIÇÃO, M. S.; TELES, Z. N. S. Resíduo de sisal sobre *Meloidogyne javanica* em plantas de alface. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, p. 641-650, 2017.

DANTAS, J. L. L.; SILVA, S. de O. e; SOARES FILHO, W. dos S.; CARVALHO, P. C. L. de. Filogenia, história, evolução, distribuição geográfica e habitat. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos. (Ed.). **O Agronegócio da Banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 15-28.

DOMINGUES, L. F.; BOTURA, M. B.; CRUZ, A. C. F. G.; YUKI, C. C.; SILVA, G. D.; COSTA, M. S.; MURPHY, G.; MOREIRA, E. L. T.; MENESES, I. D. S.; ALMEIDA, M. G. A. R.; BRANCO, A.; ALMEIDA, M. A. O.; BATATINHA, M. J. M. Evaluation of anthelmintic activity of liquid waste of *Agave sisalana* (sisal) in goats. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 19, p. 270-272, 2010.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F (Org.). **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: NORMA EDITORA, 2016. 251 p.

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

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

JESUS, F. N.; DAMASCENO, J. C. A.; BARBOSA, D. H. S. G.; MALHEIRO, R.; PEREIRA, J. A.; SOARES, A. C. F. Control of the banana burrowing nematode using sisal extract. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 783-791, 2015.

MIORANZA, T. M.; MULLER, M. A.; INAGAKI, A. M.; FUCHS, F.; COLTRO-RONCATO, S.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J. Potencial nematocida e nematostático do extrato de *Curcuma longa* sobre *Meloidogyne incognita*. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, p. 104-109, 2016.

OOSTENBRINK M. Major characteristic of relation between nematodes and plants. **Mededelingen Landbouwhogeschool**. v. 66, p.1-46, 1966.

SAS Institute SAS/STAT 9.2 User"s guide.SAS Institute Inc, Cary, NC. 2008.

SEENIVASAN, N. Management of *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* in ratoon banana grown under high density planting systems. **International Journal of Fruit Science**, v. 17, p. 41-62, 2016.

SEENIVASAN, N.; MANORANJITHAM, S. K.; AUXILIA, J.; SOORIANATHASUNDARAM, K. Management of nematodes in banana through bio-rational approaches. **Pest Management In Horticultural Ecosystems**, v. 19, p. 38-44, 2013.

SEENIVASANA, N.; SENTHILNATHAN, S. Effect of humic acid on *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb, 1893) Golden, 1956 infesting banana (*Musa* spp.). **Fruits**, v. 73, 2018.

SILVEIRA, R. X.; CHAGAS, A. C. S.; BOTURA, M. B.; BATATINHA, L. M. K.; CARVALHO, C. O.; BEVILAQUA, C. M. L.; BRANCO, A.; MACHADO, E. A. A.; BORGES, S. L.; ALMEIDA, M. A. O. Action of sisal (*Agave sisalana*, Perrine) extract in the in vitro development of sheep and goat gastrointestinal nematodes. **Experimental Parasitology**, v. 131, p. 162-168, 2012.

TABARANT, P.; VILLENAVE, C.; RISEDE, J.; ROGER-ESTRADE, J.; THURIES, L.; DOREL, M. Effects of four organic amendments on banana parasitic nematodes and soil nematode communities. **Applied Soil Ecology**, v. 49, p. 59-67, 2011.

YANG, J.; QIU, K. Development of high surface area mesoporous activated carbons from herb residues. **Chemical Engineering Journal**, v. 167, p. 148-154, 2011.

YANG, X.; WANG, X.; WANG, K.; SU, L.; LI, H.; LI, R.; SHEN, Q. The nematicidal effect of *Camellia* seed cake on root-knot nematode *Meloidogyne javanica* of banana. **PloS One**, v. 10, p. 1-18, 2015.

ARTIGO 2

MANEJO DE *Meloidogyne incognita* EM BANANEIRA COM RESÍDUO DE SISAL

Manejo de *Meloidogyne incognita* em bananeira com resíduo de sisal

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito do resíduo líquido de sisal e do nematicida formulado a partir desse resíduo no manejo de *M. incognita* in vitro e em mudas de bananeira. Foram realizados dois ensaios in vitro e um ensaio com mudas de bananeira cultivar 'Prata Anã'. O primeiro ensaio in vitro foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado com cinco concentrações do resíduo líquido de sisal (5, 10, 15, 20 e 25 %) e duas testemunhas (nematicida Carbofuran-Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹ e água) com quatro repetições. O segundo ensaio foi conduzido em um esquema fatorial 2x5+4, com dois tipos de formulado (tratado e não tratado com carvão ativado), cinco concentrações (6, 12, 18, 24 e 30 g L⁻¹) e quatro testemunhas (água, nematicida Carbofuran, resíduo líquido a 100 ml L⁻¹ e a 200 ml L⁻¹) totalizando 14 tratamentos com quatro repetições. Foram avaliados os percentuais de imobilidade e mortalidade dos juvenis. O ensaio in vivo foi realizado em mudas de bananeira da cultivar 'Prata Anã' com os mesmos tratamentos do segundo ensaio in vitro e 10 repetições. Após 60 dias da inoculação foram avaliados os parâmetros de crescimento da planta e de controle do nematoide. Houve efeito nematicida do resíduo líquido de sisal sobre *M. incognita* in vitro e dos formulados deste resíduo sobre esse nematoide in vitro e in vivo. Observou-se acima de 93% de mortalidade dos juvenis com a utilização do resíduo fresco e a partir de 89% de mortalidade com a utilização dos formulados, chegando a 100% nas maiores concentrações. Os formulados (não tratado e tratado com carvão ativado) proporcionaram redução do número de galhas de até 68,2% e 74,6%, respectivamente e redução das massas de ovos de até 59,7%, independentemente do tipo de formulado. O formulado não tratado foi mais eficiente na redução da população do nematoide no solo, promovendo até 84,2% de redução, enquanto o tratado foi eficiente apenas nas duas maiores concentrações, chegando a 54,6% de redução. Os formulados de sisal apresentam efeito nematicida sobre *M. incognita* em bananeira.

Palavras-Chave: nematoide das galhas, sustentabilidade, *Agave sisalana*, controle orgânico.

Management of *Meloidogyne incognita* in banana plants with sisal residue

ABSTRACT: This work aimed at evaluating the effect of the sisal liquid residue and the formulated residue in the management of *M. incognita* in vitro and in banana plants. Two in vitro assays and one with banana plants of the cultivar 'Prata Anã' were performed. The first in vitro assay was performed in a completely randomized design with five concentrations of the liquid residue (5, 10, 15, 20 and 25%), and two controls (nematicide Carbofuran-Furadan 350 SC, 50 mg i.a.L⁻¹ and water) with four replicates. The second assay was conducted in a 2x5+4 factorial scheme with two types of formulations (treated and untreated with activated charcoal), five concentrations (6, 12, 18, 24 and 30 g L⁻¹) and four controls (water, nematicide Carbofuran, liquid residue at 100 ml L⁻¹ and 200 ml L⁻¹) with a total of 14 treatments with four replicates. The percentages of immobility and mortality of juveniles were evaluated. The assay with banana plants was with the cultivar Prata Anã, with the same treatments as the second in vitro assay with 10 replicates. After 60 days of inoculation, plant growth and nematode control parameters were evaluated. There was a nematicidal effect of the sisal liquid residue on *M. incognita* in vitro and of the formulations in vitro and in vivo. Mortality of juveniles reached above 93% with the use of fresh residue and from 89 % with the use of the formulations, being 100% for the highest concentrations. The formulations (untreated and treated with activated charcoal) caused a reduction in the number of root galls of up to 68.2% and 74.6%, respectively. A reduction in the egg masses of up to 59.7% was observed, regardless of the type of formulation. The untreated formulation was more efficient in reducing soil nematode population, causing reductions of up to 84.2%. The formulation with activated charcoal was efficient only in the two highest concentrations, reaching 54,6% reduction in the nematode soil population. Sisal formulations have a nematicidal effect on *M. incognita* in banana plants.

Keywords: root-knot nematode, sustainability, *Agave sisalana*, organic control.

INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa* spp.) é uma cultura de grande importância socioeconômica em diversos países ao redor do mundo (DANTAS et al., 2016). Entre os problemas que limitam a produção de banana destacam-se os causados por fitonematoides e, dentre os mais importantes gêneros que parasitam essa cultura estão os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) (DIAS-ARIEIRA et al., 2008). Estes nematoides causam a formação das galhas no sistema radicular das plantas hospedeiras, interferindo na absorção de nutrientes e, como consequência, ocorre o retardo no crescimento das plantas, clorose das folhas e diminuição na produtividade (FREITAS et al., 2014), sendo necessária a investigação de diferentes formas de manejo de *Meloidogyne* spp. para garantir o desenvolvimento e produção da cultura (YANG et al., 2015).

Para o controle destes patógenos são utilizados principalmente nematicidas sintéticos. O controle químico, quando utilizado em excesso, causa diversos danos aos seres vivos e o meio ambiente, além de ter um custo elevado (NEVES et al., 2008; DAMASCENO et al., 2015). Considerando os potenciais danos ao ambiente, ao homem e aos animais e as dificuldades com o controle desses patógenos, novas opções de produtos para o controle de fitonematoides devem ser estudadas com o objetivo de diminuir a população destes patógenos, com redução dos impactos ambientais e dos custos.

Diversos estudos tem apontado para a eficiência de materiais vegetais no controle dos nematoides das galhas em plantas, a exemplo da utilização de extratos de plantas (PAVARAJ et al., 2010; ODEYEMI; ADEWALE, 2011), a incorporação de sementes de mamão (NEVES et al., 2008) e de folhas de *Azadirachta indica* ao solo (SILVA; PEREIRA, 2008). Nesse sentido, o resíduo de sisal surge como uma opção para uso no controle de fitonematoides, com boa eficiência e sem afetar de forma negativa parte da população benéfica de microrganismos no solo (DAMASCENO et al., 2015).

O Brasil é considerado o maior produtor e exportador da fibra de sisal do mundo e o Estado da Bahia é responsável por quase 96% da toda a produção brasileira (CONAB, 2015). Entretanto, a fibra de sisal representa apenas 4% da folha e os 96% restantes correspondem aos resíduos sólidos e aquosos (FILHO

et al., 2013), os quais, na sua maioria, são desprezados a céu aberto nas propriedades rurais, sem qualquer tratamento.

Damasceno et al. (2015; 2017) demonstraram a redução de galhas e massas de ovos em tomateiro e alface inoculados com *M. javanica*, com a utilização do resíduo líquido de sisal. Este resíduo também teve ação nematicida sobre *R. similis* em bananeira (JESUS et al., 2015), assim como em nematoides gastrointestinais em caprinos e ovinos (SILVEIRA et al., 2012; BOTURA et al., 2013).

A utilização deste resíduo e a sua formulação como nematicida poderá ser uma opção para o manejo de nematoides fitoparasitas, gerando uma nova fonte de renda para os produtores de sisal do semiárido da Bahia. Dessa forma, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito do resíduo líquido de sisal e do nematicida formulado a partir deste resíduo no manejo de *M. incognita* em plantas de bananeira.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da UFRB e no Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB, no município de Cruz das Almas, BA, com latitude 12°39'11"S, longitude 39°07'19"W e altitude de 212 m; apresentando clima Tropical Quente e Úmido.

Obtenção, identificação, manutenção e multiplicação das populações de *M. incognita*

A população de *M. incognita* foi obtida a partir de raízes de plantas de bananeira da cultivar 'Prata Anã', previamente inoculadas e mantidas em casa de vegetação. O processamento das amostras de raízes infectadas foi realizado no Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB, seguindo metodologia de Hussey e Barker (1973) modificada por Bonetti e Ferraz (1981). Plantas da cultivar 'Prata Anã' provenientes do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Tropical e multiplicadas por micropropagação in vitro, na Empresa Campo Biotecnologia Vegetal, foram utilizadas para a multiplicação dos nematoides.

Logo após o período de aclimação, as mudas com altura de aproximadamente 15 cm, foram transplantadas para vasos de 3,0 kg contendo solo e areia, na proporção 2:1 (v/v) e foram inoculadas com 1000 juvenis e ovos de *M. incognita*. A mistura de solo e areia utilizada para o plantio das mudas de bananeira havia sido esterilizada em autoclave a 120 °C por 1,5 horas, por duas vezes, em dias subsequentes. As mudas inoculadas foram mantidas em casa de vegetação para a multiplicação dos nematoides, com irrigação diária, durante quatro meses.

A identificação da espécie de *Meloidogyne* foi realizada pela técnica de eletroforese de isoenzimas pelo Dr. José Mauro da Cunha e Castro da Embrapa Semiárido.

Obtenção dos juvenis para ensaio in vitro

Os juvenis de *M. incognita* foram extraídos de raízes de bananeira infestadas, após os quatro meses de multiplicação, conforme já descrito, pelo método de Hussey e Barker (1973) modificado por Bonetti e Ferraz (1981). Após a eclosão dos ovos, foi realizada a contagem dos juvenis sob microscópio óptico, em câmara de contagens de Peters e a quantidade de nematoides foi ajustada para 100 indivíduos por 100 µL, fazendo a diluição com água destilada esterilizada.

Obtenção do resíduo líquido de sisal

Para a obtenção do resíduo líquido fresco das folhas de sisal, durante o desfibramento das folhas em área de produtor de sisal no município de Valente, BA, o resíduo (sólido + líquido) foi removido da máquina de desfibramento, com uma pá de aço inoxidável e transferido para uma prensa para a remoção da parte líquida. O resíduo líquido foi colocado rapidamente em garrafas plásticas e transportado ao Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB em isopor com gelo. Chegando ao laboratório foi congelado em freezer, a -20 °C, para posterior

utilização nos experimentos. Este resíduo também foi utilizado como matéria prima na obtenção dos diferentes tipos de formulados.

Obtenção dos formulados de sisal

Antes do processo de formulação foi realizada a filtração do resíduo e o tratamento com carvão ativado. Para tal, foram adicionadas 25 g de carvão ativado e moído em 1000 ml do resíduo líquido. Esta mistura foi colocada em banho Maria a 40 °C durante duas horas, com agitação magnética. Em seguida, a mistura foi mantida em repouso por alguns minutos e procedeu-se a filtração a vácuo em filtro de placa porosa com celite compactada, sendo esta etapa de filtração repetida até a remoção de todo o carvão presente na amostra. A filtração nas amostras que não continham carvão também foi realizada. Após este processo, os resíduos filtrados foram congelados a -20 °C.

Para o preparo do formulado em pó, 550 ml do resíduo filtrado, tratado ou não com o carvão, foram colocados em um béquer e foram adicionadas 55 g de maltodextrina, aos poucos, com a utilização do turrax para a agitação. Logo após foi realizada a secagem por aspersão, em spraydryer com temperatura local de 24,5 °C, umidade de 41,9%, temperatura de entrada de 180 °C, temperatura de saída de 110 °C, vazão de nitrogênio em 410 l/h, aspirador em 90% (35m³/h), vazão por bombeamento em 4 ml/min.

Dois tipos de formulado em pó foram obtidos após este processo: o formulado tratado com carvão ativado a 2,5% (resíduo líquido fresco tratado com carvão e filtrado + maltodextrina) e o formulado não tratado com carvão ativado (resíduo líquido fresco filtrado + maltodextrina).

Ensaio in vitro com o resíduo líquido fresco

O ensaio in vitro com o resíduo líquido fresco de sisal foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições, sendo cinco concentrações do resíduo (5, 10, 15, 20 e 25 %) e duas testemunhas (água e nematicida Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹).

Para os ensaios *in vitro*, foram transferidos para microtubos de centrífuga 100 µL da suspensão aquosa contendo 100 juvenis de *M. incognita* e 900 µL da diluição do resíduo líquido. em. Os ensaios foram incubados por 24 horas a 28 °C em câmara de crescimento tipo BOD. Após este período, os nematoides foram lavados com água destilada e esterilizada, em peneira, transferidos para os microtubos com água e realizou-se a contagem dos indivíduos imóveis, em lâmina de Peters e microscópio óptico com aumento de 100 vezes. Após a contagem, os juvenis foram colocados em água, incubados a temperatura de 28 °C por mais 24 horas e contados novamente. Os indivíduos retos e imóveis foram considerados mortos e os retorcidos ou móveis foram considerados vivos.

Ensaio *in vitro* com os formulados de sisal (tratado e não tratado com carvão ativado)

A condução do ensaio se deu em um delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2x5+4, com os seguintes tratamentos: cinco concentrações do formulado (6, 12, 18, 24, 30 g L⁻¹) x dois tipos de formulado (1- Tratado com carvão ativado, 2- Não tratado com carvão ativado) + quatro testemunhas: 1- Somente inóculo e água, 2- Nematicida (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹), 3- Resíduo líquido de sisal bruto a 100 ml L⁻¹ (10%) e 4- Resíduo líquido de sisal bruto a 200 ml L⁻¹ (20%), totalizando 14 tratamentos com quatro repetições cada.

Para montar o ensaio foram utilizados microtubos de centrífuga e foram adicionados a suspensão aquosa contendo 100 J2 de *M. incognita* na quantidade de 100 µL e 900 µL dos tratamentos citados anteriormente. Os formulados foram pesados e dissolvidos em água destilada esterilizada para a obtenção das concentrações, e o resíduo líquido e nematicida foram diluídos em água destilada. Os ensaios foram incubados a 28 °C em câmara de crescimento tipo BOD por 24 horas e, logo após os juvenis foram removidos da suspensão, lavados com água destilada e esterilizada e mantidos nos microtubos com água para a contagem dos indivíduos imóveis, em microscópio óptico com aumento de 100 vezes em lâmina de Peters. Ao fim da contagem, os nematoides foram colocados em água e incubados por um período de mais 24 horas a temperatura de 28 °C, e em

seguida foram contados. Os indivíduos retorcidos ou móveis foram considerados vivos, enquanto os retos e imóveis foram considerados mortos.

Controle de *M. incognita* com formulados de sisal em casa de vegetação.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizada no Município de Cruz das Almas, BA. Foram utilizadas mudas da cultivar 'Prata Anã', oriundas da Empresa Biotecnologia Vegetal Campo, localizada nas dependências da Embrapa Mandioca e Fruticultura. As mudas foram obtidas por micropropagação em cultura de tecido e foram aclimatadas durante o período de 30 dias em temperatura ambiente na empresa Campo Biotecnologia Vegetal. Após este período, as mudas com aproximadamente 15 cm de altura foram transplantadas para vasos de 3 L contendo solo e substrato Vivatto Slim® (3:1), esterilizados em autoclave a 120 °C por 1,5 horas, por duas vezes, em dias subsequentes. A inoculação foi realizada 30 dias após o transplante das mudas, inoculando-se 1500 J2 e ovos de *M. incognita* por muda. Aos 15 dias após a inoculação, foram adicionadas 100 ml da suspensão aquosa dos formulados e dos tratamentos controle por vaso. Os tratamentos foram compostos por cinco concentrações dos formulados (6, 12, 18, 24, 30 g L⁻¹) x dois tipos de formulados (1- Tratado com carvão ativado, 2- Não tratado com carvão ativado) + quatro testemunhas: 1- Água (somente inóculo), 2- Nematicida (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹), 3- Resíduo líquido de sisal bruto a 100 ml L⁻¹ (10%) e 4- Resíduo líquido de sisal bruto a 200 ml L⁻¹ (20%). O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2x5+4, constituindo por 14 tratamentos e 10 repetições. A parcela experimental foi constituída de uma planta por vaso.

As plantas foram mantidas em casa de vegetação, com irrigação diária e a coleta do experimento foi realizada 60 dias após a inoculação, com avaliação do diâmetro do pseudocaule, da massa seca da parte aérea, do rizoma e da raiz. Para a contagem das massas de ovos e das galhas, amostras de raízes frescas foram separadas e coradas por imersão em solução de corantes alimentícios a base de Ponceau 4R (DAMASCENO et al., 2016). A população de nematoides no solo foi determinada de acordo com o método proposto por Jenkins (1964) e o

fator de reprodução (OOSTENBRINK, 1966) foi estimado para cada repetição ($FR = \text{população final} / \text{população inicial}$).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e o efeito das concentrações foi analisado por regressão. A comparação entre os tratamentos e as testemunhas foi realizada por meio de contrastes ortogonais. Utilizou-se o software estatístico SAS (2008) (Statistical Analysis System), versão 9.2. Os dados referentes à porcentagem de imobilidade e mortalidade dos nematoides e a quantidade de nematoides no solo foram transformados para: $\arcsin \sqrt{(x/100)}$ e $\log(x+10)$ para a análise, respectivamente.

RESULTADOS

Resíduo líquido fresco de sisal no controle in vitro de *M. incognita*

O resíduo líquido de sisal influenciou a imobilidade (24h) e mortalidade (48h) dos juvenis de *M. incognita* e houve diferença significativa entre as concentrações do resíduo (Figuras 1 e 2). O percentual de imobilidade dos juvenis aumentou com a elevação das concentrações do resíduo líquido de sisal, apresentando até 90% de nematoides imóveis na maior concentração (25%) (Figura 1).

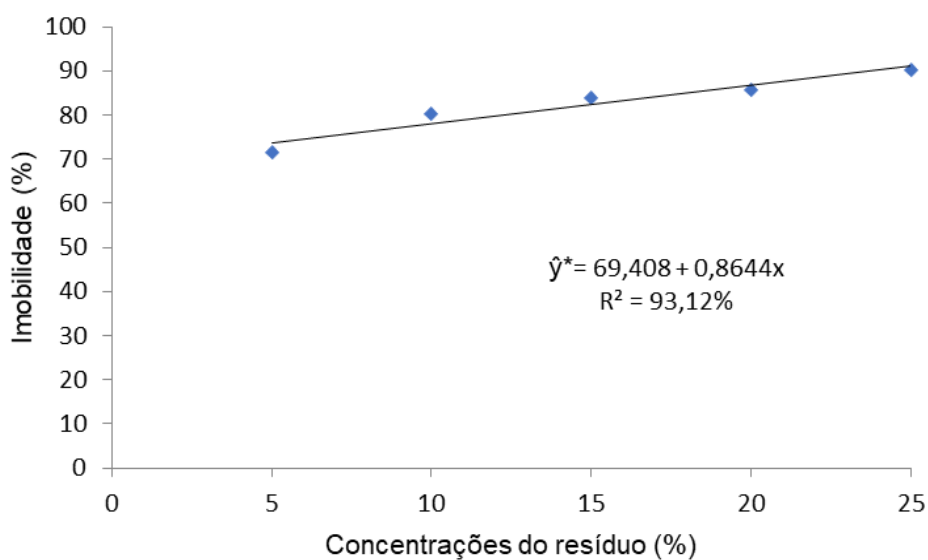


Figura 1. Imobilidade in vitro de indivíduos de *M. incognita* submetidos ao resíduo líquido de sisal após o período de 24 horas.

Houve aumento na mortalidade dos juvenis com a elevação das concentrações do resíduo, chegando a 100% nas maiores concentrações (20 e 25 %) (Figura 2). As médias elevadas de imobilidade e mortalidade dos juvenis de *M. incognita* demonstram a efetividade do resíduo de sisal no controle deste nematoide em todas as concentrações avaliadas.

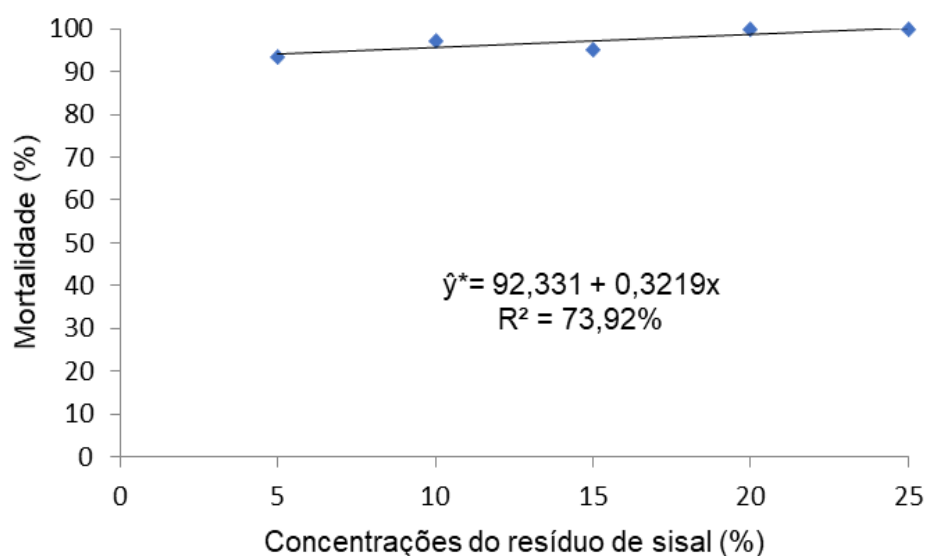


Figura 2. Mortalidade in vitro de indivíduos de *M. incognita* submetidos ao resíduo líquido de sisal após o período de 48 horas.

Não houve diferença significativa entre o nematicida sintético e as diferentes concentrações do resíduo líquido de sisal na imobilidade de *M. incognita*. Ao avaliar a mortalidade, observou-se que as concentrações de 20 e 25% do resíduo de sisal foram superiores ao nematicida sintético, enquanto que as demais não apresentaram efeito diferente do nematicida (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativas dos contrastes (nematicida x concentrações do resíduo de sisal) e significância para os parâmetros avaliados no controle de *Meloidogyne incognita* in vitro (imobilidade e mortalidade).

CONTRASTES	IMOBILIDADE	MORTALIDADE
5% X NEMATICIDA	-7,54 ^{ns}	4,96 ^{ns}
10% X NEMATICIDA	1,33 ^{ns}	8,99 ^{ns}
15% X NEMATICIDA	4,86 ^{ns}	6,85 ^{ns}
20% X NEMATICIDA	6,84 ^{ns}	11,67*
25% X NEMATICIDA	11,31 ^{ns}	11,67*

* significativo a 5% ns não significativo a 5% ($p > 0,05$).

Alguns juvenis de *M. incognita* foram colocados em água e avaliados quanto à mortalidade, apresentando percentual de aproximadamente 3%, demonstrando assim que os nematoides utilizados no ensaio estavam viáveis e as médias elevadas nas avaliações de 24 e 48h estão relacionadas com a ação nematicida dos diferentes tratamentos aplicados.

Formulados de sisal no controle in vitro de *Meloidogyne incognita*

Houve efeito significativo do tipo de formulado, das concentrações e da interação entre o tipo de formulado e as concentrações para a imobilidade e mortalidade dos juvenis de *M. incognita* (Figuras 3 e 4).

A imobilidade variou com o aumento das concentrações dos formulados. Para o tratamento com o formulado não tratado com carvão ativado houve um aumento na imobilidade, com a elevação da concentração do formulado até 24 g L⁻¹, chegando a 43%. Em relação ao formulado tratado com o carvão houve um

comportamento irregular com 48% de imobilidade na concentração de 6 g L⁻¹ e 45% na maior concentração (30 g L⁻¹) (Figura 3).

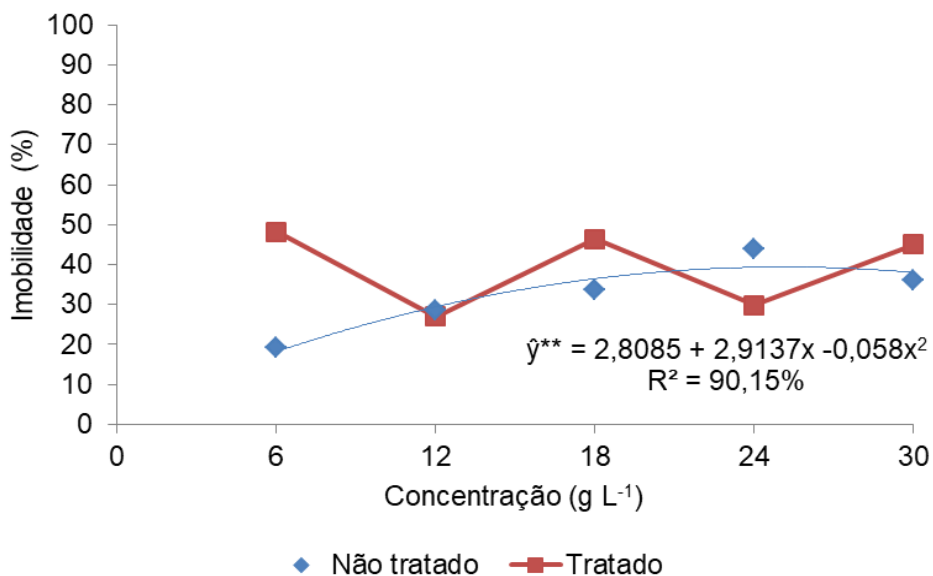


Figura 3. Imobilidade in vitro de indivíduos de *M. incognita* submetidos aos formulados tratados e não tratados carvão ativado após 24 horas de exposição.

A mortalidade dos juvenis aumentou com a elevação das concentrações para o formulado tratado, apresentando médias acima de 89% na menor concentração e chegando a 100% na maior concentração testada neste ensaio (Figura 4). O formulado não tratado proporcionou mortalidade de aproximadamente 100% em todas as concentrações, sendo mais efetivo que o formulado tratado com carvão ativado, promovendo maiores percentuais de mortalidade em menores concentrações do produto (Figura 4).

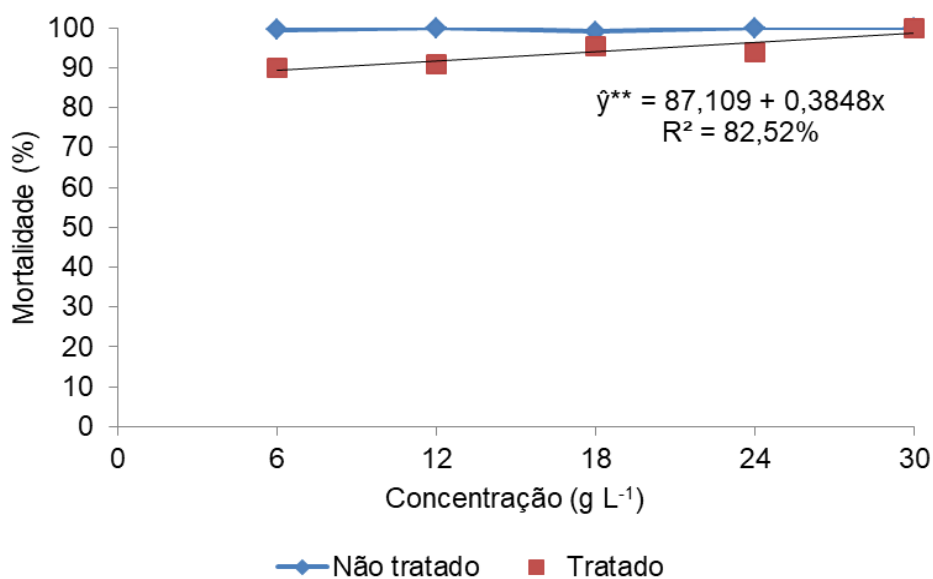


Figura 4. Mortalidade in vitro de indivíduos de *M. incognita* submetidos aos formulados tratados e não tratados carvão ativado após 48 horas de exposição.

As porcentagens de imobilidade e mortalidade dos nematoides foram maiores nos tratamentos testemunha com nematicida, resíduo fresco (RF) a 10% e RF a 20%, quando comparados com a testemunha contendo apenas água. Para a imobilidade não houve diferença significativa entre o nematicida e o RF nas duas concentrações, assim como, entre as duas concentrações do resíduo. Os tratamentos com resíduo fresco e com o nematicida sintético causaram maior imobilidade que os tratamentos com os dois tipos de formulados (Tabela 2). Entretanto, os formulados demonstraram eficiência no controle.

O RF promoveu maior percentual de mortalidade dos juvenis quando comparado ao nematicida sintético e os formulados causaram maior mortalidade, independente do tipo ou da concentração, proporcionando percentuais variando entre 89% e 100% in vitro, enquanto a testemunha contendo o nematicida sintético apresentou 88% de mortalidade (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Estimativas dos contrastes e significância para os parâmetros avaliados no controle de *M. incognita* in vitro (imobilidade e mortalidade).

CONTRASTES	IMOBILIDADE	MORTALIDADE
ÁGUA X DEMAIS TESTEMUNHAS	-0,94**	-1,30**
NEMATICIDA X RF***	-0,05 ^{ns}	-0,24**
RF 10% X RF 20%	-0,08 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
FATORIAL X TESTEMUNHAS	-0,26**	0,33**

** significativo a 1% ns não significativo a 5%***Resíduo fresco

O nematicida sintético proporcionou maior imobilidade dos juvenis de *M. incognita* quando comparado aos formulados de sisal, com 79% de nematoides imóveis (Figura 3). A mortalidade desses nematoides foi maior com a aplicação dos formulados, principalmente o não tratado com carvão ativado, apresentando valores acima de 99% de nematoides mortos, enquanto que o nematicida sintético proporcionou 88,3% de mortalidade desses indivíduos (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de imobilidade e mortalidade dos juvenis de *M. incognita* submetidos aos tratamentos com os formulados de sisal (com e sem tratamento com carvão ativado).

TRATAMENTOS*	Doses (g L ⁻¹)	IMOBILIDADE (%)	MORTALIDADE (%)
F. TRATADO	6	48,21	89,93
F. TRATADO	12	26,92	90,89
F. TRATADO	18	46,42	95,53
F. TRATADO	24	29,88	93,84
F. TRATADO	30	45,06	100,00
F. NÃO TRATADO	6	19,13	99,51
F. NÃO TRATADO	12	28,49	100,00
F. NÃO TRATADO	18	33,73	99,02
F. NÃO TRATADO	24	43,91	100,00
F. NÃO TRATADO	30	36,19	100,00
ÁGUA		4,96	2,92
NEMATICIDA		79,01	88,33
RF	10%	80,34	97,32

RF	20%	85,85	100,00
----	-----	-------	--------

*F. TRATADO - formulado do resíduo tratado com carvão; F NÃO TRATADO - formulado do resíduo sem tratamento com carvão. ÁGUA, NEMATICIDA (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹) e RF - resíduo fresco - tratamentos testemunhas.

Controle de *M. incognita* em bananeira com formulados de sisal

O crescimento das plantas tratadas ou não com os formulados de sisal não diferiu das testemunhas (nematicida e RF) em nenhuma das variáveis analisadas neste trabalho. Assim como, as testemunhas com o nematicida, o RF a 10% e a 20% não diferiram da testemunha contendo apenas água (Tabela 4).

O número de galhas, massa de ovos, população de nematoides no solo e o FR foram maiores na testemunha em água, quando comparada às demais testemunhas (nematicida, RF a 10% e RF a 20%) (Tabela 4). O nematicida promoveu maior controle que o RF para estas variáveis, com exceção do FR, que não diferiu nos tratamentos com as duas concentrações com o RF. Quando comparados os tratamentos com RF a 10% e a 20%, verificou-se que não houve diferença estatística entre esses tratamentos para as variáveis acima, exceto, para a população de nematoides no solo, que foi menor no RF a 20%. Esses tratamentos com RF promoveram maior controle de *M. incognita*, quando comparadas aos dois tipos de formulado (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Estimativas dos contrastes e significância para os parâmetros avaliados no controle de *M. incognita* em bananeira.

CONTRASTES	DP	MSRIZ	MSPA	MSRAIZ	NG	MO	NEMAS	FR
ÁGUA X DEMAIS TESTEMUNHAS	0,09 ^{ns}	-0,47 ^{ns}	-1,88 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	11,95**	3,57**	0,79**	1,02**
NEMATICIDA X RESÍDUO FRESCO	-0,38 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	-1,12 ^{ns}	-1,15 ^{ns}	-5,96*	-1,65*	-0,32**	-0,19 ^{ns}
RF 10% X RF 20%	-0,40 ^{ns}	0,10 ^{ns}	3,66 ^{ns}	-1,78 ^{ns}	4,87 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,46**	0,31 ^{ns}
FATORIAL X TESTEMUNHAS	-0,50 ^{ns}	0,48 ^{ns}	-0,94 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	5,06**	1,74**	0,36**	0,63**

** significativo a 1% *significativo a 5% ns não significativo a 5%. RF: Resíduo fresco, DP: Diâmetro do pseudocaule, MSRIZ: Massa seca do rizoma, MSPA: Massa seca da parte aérea, MSRAIZ: Massa seca das raízes, NG: Número de galhas, MO: Número de massas de ovos, NEMAS: Número de nematoides no solo, FR: Fator de reprodução.

A aplicação do nematicida sintético promoveu maior controle de *M. incognita* em bananeira que a aplicação dos formulados de sisal, apresentando acima de 80% de redução em todas as variáveis, comparado a testemunha contendo água. O formulado de sisal não tratado reduziu a população dos nematoides no solo em até 84,2%, se aproximando do nematicida que proporcionou redução de 89,4% para esta variável em relação à testemunha em água (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios do número de massas de ovos e de galhas por grama de raízes, população de *M. incognita* no solo e o fator de reprodução observados nos tratamentos.

TRATAMENTO	DOSES (g L ⁻¹)	MO	NG	NS	FR
F. TRATADO	6	5,36	13,63	4190,00	2,79
F. TRATADO	12	5,23	20,82	3410,00	2,27
F. TRATADO	18	5,28	15,82	2430,00	1,62
F. TRATADO	24	2,55	10,30	1310,00	0,87
F. TRATADO	30	2,31	4,81	988,89	0,59
F. NÃO TRATADO	6	7,51	19,28	2150,00	1,43
F. NÃO TRATADO	12	7,39	27,04	400,00	0,27
F. NÃO TRATADO	18	5,21	23,50	1400,00	0,93
F. NÃO TRATADO	24	1,84	6,01	1100,00	0,73
F. NÃO TRATADO	30	2,43	8,48	344,44	0,21
ÁGUA		5,44	18,87	2177,78	1,31
NEMATICIDA		0,77	2,95	230,00	0,15
RF	10%	3,00	11,34	760,00	0,51
RF	20%	1,85	6,47	290,00	0,19

*F. TRATADO - formulado do resíduo tratado com carvão; F. NÃO TRATADO - formulado do resíduo sem tratamento com carvão. ÁGUA, NEMATICIDA (Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹) e RF - resíduo fresco - tratamentos testemunhas. MO: Número de massa de ovos por grama de raízes, NG: Número de galhas por grama de raízes, NS: Número de nematoides no solo, FR: Fator de reprodução.

Houve efeito significativo dos formulados, das concentrações e da interação para o número de galhas por grama de raízes, havendo redução com a

aplicação dos formulados de sisal nas maiores concentrações testadas, quando comparadas com a testemunha contendo apenas água (Figura 5).

O formulado tratado com o carvão ativado causou maior diminuição do número de galhas em concentrações mais baixas, em comparação ao formulado não tratado. O formulado não tratado causou a redução do número de galha apenas nas duas maiores concentrações (24 e 30 g L⁻¹), promovendo reduções de aproximadamente 68,2% e 55,0%, em comparação a testemunha contendo apenas água (com 18,9 galhas por grama de raiz), apresentando 6,0 e 8,5 galhas por grama de raiz, respectivamente. Com relação ao formulado tratado com carvão ativado, as menores médias foram observadas com a aplicação das concentrações de 24 e 30 g L⁻¹, apresentando redução de 45,4% e 74,6% comparados ao tratamento testemunha em água e valores médios de 10,3 e 4,8 galhas por grama de raiz, respectivamente. Dessa forma, podemos observar que o formulado tratado com carvão ativado foi mais eficiente na redução do número de galhas, comparado ao não tratado e, a concentração de 30 g L⁻¹ foi a mais efetiva. O formulado não tratado foi mais eficiente na diminuição do número de galhas na concentração de 24 g L⁻¹ (Figura 5).

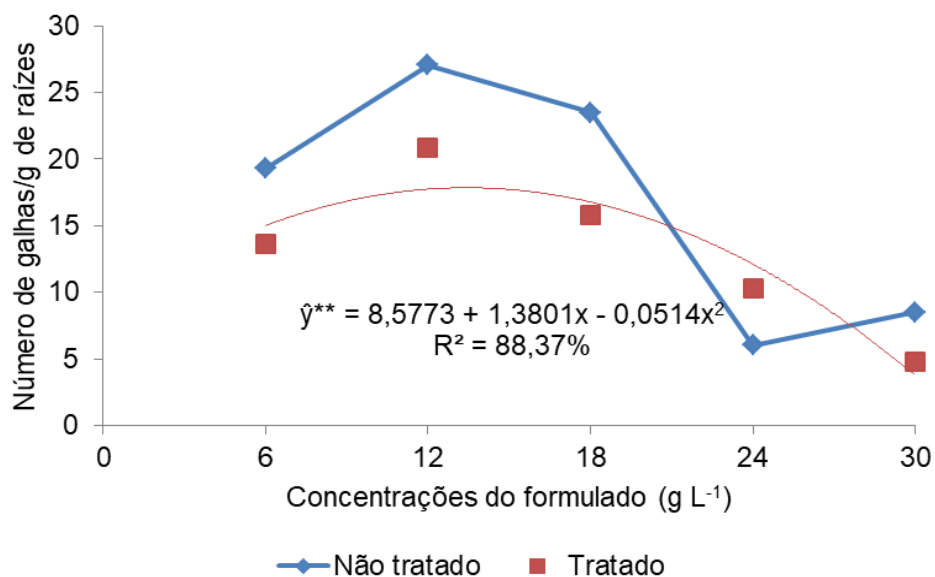


Figura 5. Número de galhas por gramas de raízes de bananeiras inoculadas com *M. incognita* submetidos aos formulados de sisal, tratado e não tratado com carvão ativado.

O número de massa de ovos por grama de raízes diminuiu com o aumento das concentrações dos formulados aplicados, sendo esta redução linear, independente do formulado utilizado. Os formulados não apresentaram diferença estatística entre si, para esta variável, porém as concentrações promoveram efeito altamente significativo (Figura 6).

Apenas as concentrações a partir de 18 g L⁻¹ promoveram redução do número de massa de ovos em comparação com a testemunha tratada com água, na qual foram encontradas 5,44 massas de ovos por grama de raiz. As concentrações mais eficientes foram as de 24 e 30 g L⁻¹, promovendo redução de 59,7 e 56,4% em comparação a testemunha em água e valores médios de 2,19 e 2,37 massas de ovos por grama de raiz, respectivamente (Figura 6).

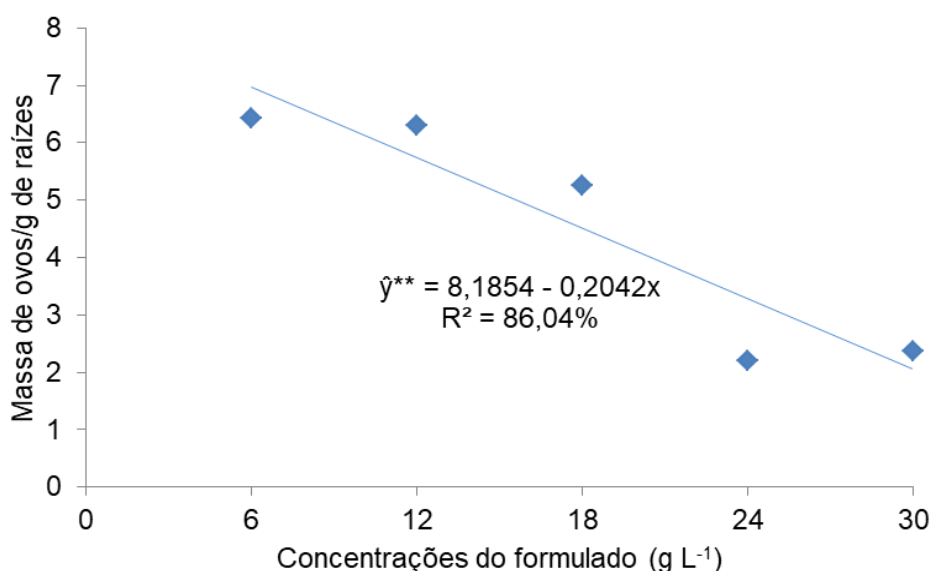


Figura 6. Massa de ovos por gramas de raízes de bananeiras inoculadas com *M. incognita* submetidos aos formulados de sisal, tratado e não tratado com carvão ativado.

Houve efeito altamente significativo dos formulados, da concentração e da interação para a população de nematoides no solo e para o fator de reprodução (FR) (Figuras 7 e 8). Houve redução da população final de nematoides no solo e do FR a partir das concentrações de 24 e 30 g L⁻¹ do formulado tratado com carvão ativado, quando comparados com o tratamento com água. Nos tratamentos utilizando o formulado tratado com carvão ativado, nas dosagens de 24 e 30 g L⁻¹, a população final de indivíduos foi reduzida em 39,9% e 54,6%,

respectivamente. O formulado não tratado com carvão ativado foi eficiente na redução da população dos nematoides no solo, ocorrendo redução de 81,6% e 84,2% nas concentrações de 12 e 30 g L⁻¹, respectivamente, quando comparados com a testemunha em água (Figuras 7 e 8).

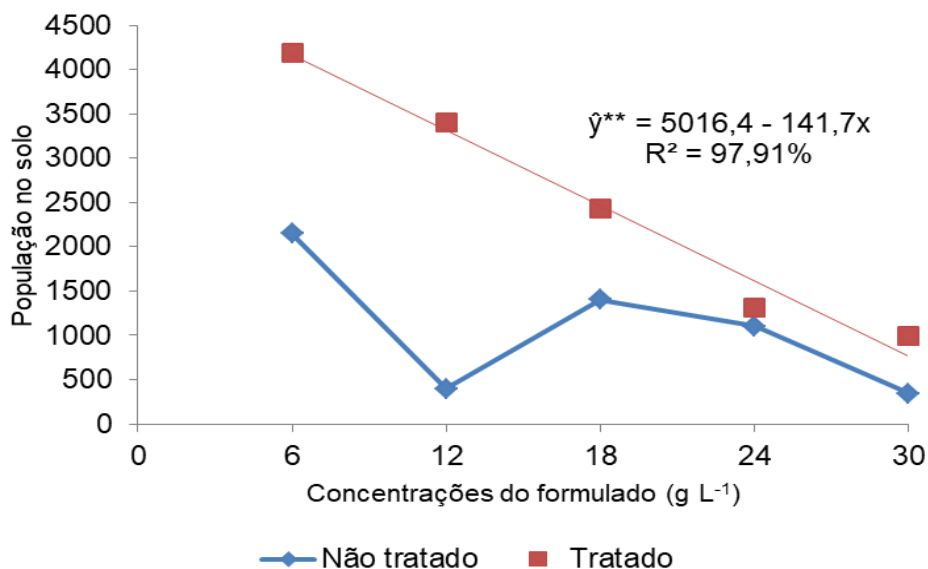


Figura 7. População de nematoides (*M. incognita*) no solo cultivado com bananeiras submetidas aos formulados de sisal, tratado e não tratado com carvão ativado.

Houve redução no FR com a aplicação de ambos os formulados. Com o formulado tratado, observou-se redução no FR apenas nas concentrações de 24 g L⁻¹ (FR= 0,87) e 30 g L⁻¹ (FR= 0,59), com 33,6% e 55% de redução em relação à testemunha apenas com água (FR= 1,31). No solo que recebeu o formulado não tratado com o carvão ativado, a redução no FR foi ainda maior, alcançando 79,5% na concentração de 12 g L⁻¹ (FR=0,27) e 84% na maior concentração (30 g L⁻¹), apresentando FR= 0,21 (Figura 8).

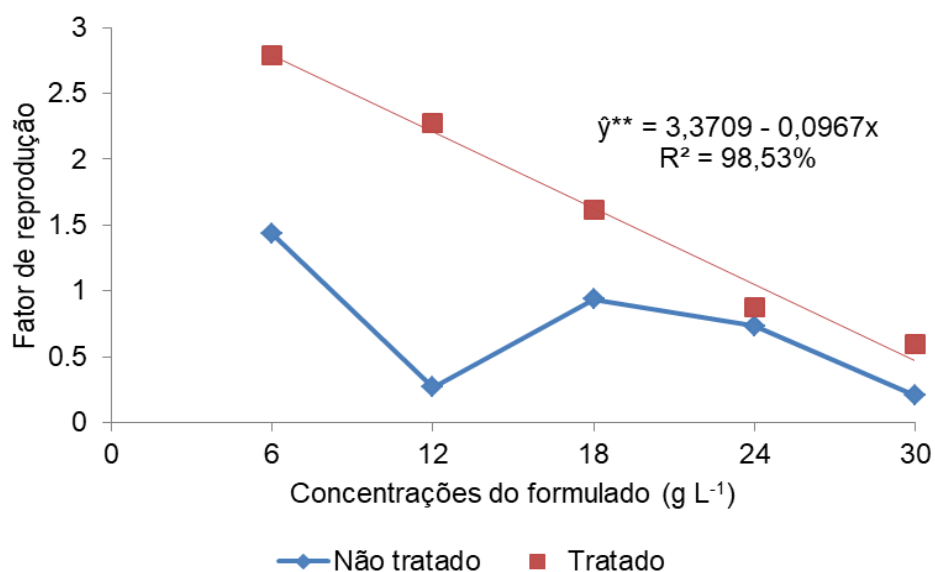


Figura 8. Fator de reprodução de indivíduos de *M. incognita* infestando o solo cultivado com bananeiras submetidas aos formulados de sisal, tratado e não tratado com carvão ativado.

DISCUSSÃO

Em áreas de produção de banana é comum a presença de nematoides das galhas, principalmente *M. incognita*, que atacam o sistema radicular das plantas, causando grandes perdas de produtividade na cultura. Estudos já comprovaram o efeito nematicida do resíduo líquido de sisal sobre *M. javanica* em tomateiro e *R. similis* em bananeira (DAMASCENO et al., 2015; JESUS et al., 2015).

Foi comprovado neste trabalho o potencial nematicida do resíduo líquido de sisal e dos formulados obtidos a partir deste resíduo no controle de *M. incognita* in vitro, sendo o formulado não tratado mais efetivo em promover a mortalidade dos juvenis, não sendo necessário, dessa forma, o tratamento com o carvão ativado. Damasceno et al. (2015) estudaram o efeito do resíduo líquido de sisal fresco e fermentado sobre *M. javanica* e encontraram percentuais de mortalidade variando de 95% a 100% e de 90,8% a 100%, nas concentrações entre 2,5% a 20% do resíduo fermentado e fresco, respectivamente, com mortalidade semelhante ao nematicida sintético, demonstrando assim o efeito nematicida desse resíduo sobre o nematoide das galhas.

Os percentuais de imobilidade proporcionados pelos formulados foram menores quando comparados ao resíduo líquido, porém a mortalidade foi semelhante, evidenciando que o processo de formulação não reduziu o potencial nematicida do produto. Destaca-se que a utilização do resíduo líquido no controle de nematoides no campo seria inviável, pois ocorre a fermentação, o que altera o produto. Os formulados de sisal têm significativa importância e devem ser explorados como produto nematicida, devido a sua padronização e o potencial de ser comercializado como produto em pó, sem alterações de suas propriedades, além de não causar danos a microbiota do solo (Damasceno et al., 2015).

Trabalhos têm relatado a eficiência do uso de extratos vegetais e resíduos orgânicos no controle de *M. incognita* in vitro. Estudando a ação nematicida de extratos de diferentes plantas medicinais sobre *M. incognita*, Martins e Santos (2016) encontraram porcentagens de mortalidade acima de 70%, chegando a 100% com a utilização dos extratos de lombrigueira (*Spigelia anthelmia*) e mastruz (*Chenopodium ambrosioides*). Rocha et al. (2017) demonstraram o efeito nematicida do extrato aquoso de sementes de *Canavalia ensiformis*, causando 87% de mortalidade desses fitoparasitas. A manipueira também se mostrou eficiente no controle dessa espécie de nematoide das galhas in vitro, apresentando 100% de mortalidade dos juvenis, em concentrações do produto acima de 10% (NASU et al., 2010).

O resíduo líquido de sisal foi eficiente no controle de nematoides parasitas de animais, pois estudos realizados in vitro demonstraram a atividade anti-helmíntica deste resíduo (SILVEIRA et al., 2012; BOTURA et al., 2013).

Não foi observada a promoção de crescimento das mudas de bananeira com a utilização dos formulados de sisal, do resíduo fresco e do nematicida sintético, possivelmente devido ao curto tempo de cultivo das plantas de bananeira, com uma única aplicação do produto, com o foco no controle do nematoide. Ao estudarem o efeito do resíduo líquido de sisal (fresco e fermentado) no controle de *M. javanica* em tomateiro, Damasceno et al. (2015) encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo, relatando não haver efeito significativo do resíduo de sisal no crescimento das plantas avaliadas. Estes autores sugeriram que as baixas concentrações do resíduo e a pequena

quantidade aplicada possivelmente não forneceu a quantidade necessárias de nutrientes para a promoção do crescimento vegetal.

Não foi verificada promoção de crescimento com o uso dos formulados, mas também não foram encontrados indícios de fitotoxicidade. Assim, ficou demonstrado no presente estudo que o formulado de sisal nas concentrações testadas não é tóxico às plantas de bananeira. O resíduo líquido de sisal também não foi tóxico e foi eficiente no controle deste nematoide. O formulado de sisal é um produto padronizado que permite a sua comercialização, enquanto que o resíduo fresco fermenta rapidamente e também é muito mais viável o transporte e comercialização de um produto em pó. Damasceno et al. (2017) relataram a redução na massa seca da parte aérea e das raízes de plantas de alface ao testarem o efeito do resíduo líquido de sisal no controle de *M. javanica* nas concentrações de 25% e 30%. Neste estudo foram utilizadas concentrações dos formulados equivalentes à utilização de até 25% do resíduo líquido de sisal, pois trabalhos anteriores já haviam demonstrado que concentrações acima desta promoveram fitotoxicidade em bananeira (JESUS et al., 2015).

Damasceno et al. (2015) evidenciaram a eficiência do resíduo líquido de sisal na redução do número de galhas, das massas de ovos, da população no solo e do fator de reprodução de *M. javanica* em plantas de tomateiro. Esses autores mostraram que o nematicida foi mais eficiente comparado ao resíduo fresco para todas essas variáveis, exceto, para o número de massas de ovos nos tratamentos com o resíduo nas concentrações de 16% e 20% que não diferiram do tratamento com o nematicida sintético. Estas observações corroboram com os resultados do presente trabalho, que demonstram maior eficiência do nematicida sintético no controle de *M. incognita* em bananeira, quando comparados aos formulados de sisal.

Apesar de proporcionarem menor controle, quando comparados ao nematicida sintético, os formulados de sisal tiveram um bom percentual de controle de *M. incognita* em bananeira, justificando assim o seu uso, por ser um produto de origem vegetal, que não causa danos a microbiota benéfica do solo e apresenta menor risco de danos ao meio ambiente. O formulado não tratado com carvão ativado na concentração de 30 g L⁻¹ proporcionou maior redução na

população de nematoides no solo, reduzindo também o número de galhas e massas de ovos, apresentando bom potencial nematicida.

A avaliação do número de massas de ovos é essencial, por ser uma massa gelatinosa que envolve os ovos dos nematoides, que são disseminados, pois ao eclodirem, os J2 seguem em busca das raízes para infectá-las e completar seu ciclo. Dessa forma, a redução dessa variável, pode quebrar o ciclo do nematoide e como consequência, controlar esse patógeno reduzindo os danos às raízes e a sua população no solo (DAMASCENO et al., 2015).

Estudos têm demonstrado o efeito nematicida de formulados e extratos de origem vegetal e de resíduos agrícolas na redução dos danos causados por *Meloidogyne* spp. em plantas. Giannakou (2011) ao estudar a ação de um produto formulado contendo extrato de *Quillaja saponaria* sobre o nematoide das galhas evidenciou que esse produto é eficiente no controle desses nematoides nas raízes de plantas de pepino e na prevenção do aumento da população no solo. Nasu et al. (2015) demonstraram a eficiência da manipueira no controle de *M. incognita* em tomateiro e Damasceno et al. (2017) comprovaram o efeito nematicida do resíduo de sisal no controle de *M. javanica* em plantas de alface, proporcionando redução do número de galhas e de massa de ovos de 90,1% e 76,6%, respectivamente, com a aplicação do resíduo na concentração de 20%. Rocha et al. (2017) também encontraram resultados similares ao avaliarem o potencial nematicida de compostos extraídos de sementes de *Canavalia ensiformis* no controle de *M. incognita* em tomateiro. Esses autores observaram redução do número de massas de ovos de 82% em comparação com a testemunha contendo apenas água.

Entretanto, é necessário que estes extratos sejam formulados para que possam ser disponibilizados para os produtores rurais e que sejam avaliados em campo para que novas opções de manejo de nematoides possam ser disponibilizadas aos produtores.

Cada formulado se mostrou mais eficiente a depender da variável analisada. Entretanto, os dois formulados apresentaram efeito nematicida, que pode ser atribuído à presença de metabólitos secundários na composição do resíduo de sisal. Estudos relatam a presença de saponinas, alcaloides, taninos,

compostos fenólicos, cumarinas e flavonoides na planta de sisal (BOTURA et al., 2013; COSTA et al., 2014).

As divergências nos resultados com relação ao número de galhas, número de nematoides no solo e fator de reprodução podem ter ocorrido devido ao ciclo secundário dos nematoides. Ao estudar o efeito do extrato pirolenhoso no controle *M. incognita* em tomateiro, Corbani (2008) observou que o número de galhas encontradas nas raízes do tomateiro após 60 dias de avaliação não diferiu do tratamento testemunha e relatou ainda que provavelmente, isso ocorreu devido ao aumento da população de nematoides no solo, proveniente do ciclo de vida secundário desses patógenos.

Esta redução significativa dos danos às raízes (massas de ovos e galhas), assim como também da população de *M. incognita* no solo, observada nos testes em casa de vegetação e a imobilidade e mortalidade dos juvenis in vitro, mostram que a aplicação dos formulados de sisal ao solo contribui para a diminuição dos danos causados por este fitoparasita às plantas de bananeira. Espera-se que seja observada essa redução no campo, sendo necessários estudos para a comprovação desta hipótese. É necessário também que sejam realizados estudos com a aplicação dos formulados ao longo do tempo para o melhor ajuste das concentrações a serem utilizadas e avaliação do efeito residual.

É interessante, do ponto de vista ambiental e social, a utilização de nematicidas de origem vegetal no controle de nematoides parasitas de plantas, pois além de possibilitar redução nos impactos ambientais, gera novas fontes de renda para os produtores rurais, como os da região sisaleira, por exemplo, com o aproveitamento do resíduo que, na maioria das vezes é descartado de forma indevida na propriedade.

CONCLUSÕES

O resíduo líquido e os dois tipos de formulados compostos pelo resíduo de sisal são eficientes para o controle de *M. incognita* in vitro.

Os formulados de sisal, tratado ou não tratado com carvão ativado, quando aplicados no solo contendo plantas de bananeira infestadas por *M. incognita* promovem a redução no número de galhas, no número de massa de ovos, na

população de nematoides no solo e no fator de reprodução desses fitopatógenos, mostrando o potencial para utilização como um produto nematicida.

O formulado não tratado com carvão ativado, na dose de 30 g L⁻¹ é o mais recomendado para o controle desses nematoides em plantas de bananeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua*, em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 533, 1981.

BOTURA, M. B.; SANTOS, J. D. G.; SILVA, G. D.; LIMA, H. G.; OLIVEIRA, J. V. A.; ALMEIDA, M. A. O.; BATATINHA, M. J. M.; BRANCO, A. In vitro ovicidal and larvicidal activity of *Agave sisalana* Perr. (sisal) on gastrointestinal nematodes of goats. **Veterinary Parasitology**, v. 192, p. 211-217, 2013.

CONAB. **Sisal 2015: Retrospectiva.** 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_04_11_15_32_sisal__conjuntura_especial_retrospectiva_2015-1.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

CORBANI, Renato Zapparoli. **Estudo do extrato pirolenhoso Biopirrol® no manejo de nematóides em cana-de-açúcar, olerícolas e citros, em diferentes ambientes.** Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, p. 70. 2008.

COSTA, M. F.; OSUNA, J. T. A.; BRANDÃO, H. N.; HARAGUCHI, M.; LEDO, C. A. da S. Composição química e toxicidade foliar de extratos do resíduo líquido de sisal. **Magistra**, v. 26, p. 372-384, 2014.

DAMASCENO, J. C. A.; SOARES, A. C. F.; JESUS, F. N.; CASTRO, J. M. C. Root-knot nematode staining with artificial food dyes. **Nematoda**, v 3, p. 1-5, 2016.

DAMASCENO, J. C. A.; SOARES, A. C. F.; JESUS, F. N.; SANT'ANA, R. S. Sisal leaf decortication liquid residue for controlling *Meloidogyne javanica* in tomato plants. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 155-162, 2015.

DAMASCENO, J. C. A. D.; SOARES, A. C. F.; SANTOS, A. C. dos; CONCEIÇÃO, M. S.; TELES, Z. N. S. Resíduo de sisal sobre *Meloidogyne javanica* em plantas de alface. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, p. 641-650, 2017.

DANTAS, J. L. L.; SILVA, S. de O. e; SOARES FILHO, W. dos S.; CARVALHO, P. C. L de. Filogenia, história, evolução, distribuição geográfica e habitat. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos. (Ed.). **O Agronegócio da Banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 15-28.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; MOLINA, R. de O.; COSTA, A. T. Nematóides causadores de doenças em frutíferas. **Revista Agro@ambiente on-line**, v. 2, p. 46-56, 2010.

FILHO, J. A. M.; SILVA, S. A.; FILHO, R. D. T. Degradations kinetics and aging mechanisms on sisal fibers cement composite systems. **Cement & Concrete Composite**, v. 40, p. 30-39, 2013.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. de L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia**. 8. reimpressão. Viçosa: UFV, 2014. 92 p.

GIANNAKOU, I. O. Efficacy of a formulated product containing *Quillaja saponaria* plant extracts for the control of root-knot nematodes. **European Journal of Plant Pathology**, v. 130, p. 587-596, 2011.

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

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

JESUS, F. N.; DAMASCENO, J. C. A.; BARBOSA, D. H. S. G.; MALHEIRO, R.; PEREIRA, J. A.; SOARES, A. C. F. Control of the banana burrowing nematode using sisal extract. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 783-791, 2015.

MARTINS, M. da C. B.; SANTOS, C. D. G. Ação de extratos de plantas medicinais sobre juvenis de *Meloidogyne incognita* raça 2. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 135-142, 2016.

NASU, E. G. C.; FORMENTINI, H. M.; FURLANETTO, C. Effect of manipueira on tomato plants infected by the nematode *Meloidogyne incognita*. **Crop Protection**, v. 78, p. 193-197, 2015.

NASU, E. G. C.; PIRES, E.; FORMENTINI, H. M.; FURLANETTO, C. Efeito de manipueira sobre *Meloidogyne incognita* em ensaios in vitro e em tomateiros em casa de vegetação. **Tropical Plants Pathology**, v. 35, p. 32-36, 2010.

NEVES, W. S.; FREITAS, L. G.; COUTINHO, M. M.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FERRAZ, S. Uso de sementes de mamão e solarização do solo no controle de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v. 32, p. 253-259, 2008.

ODEYEMI, I. S.; ADEWALE, K. A. Phytonematotoxic properties and nematicidal potential of *Tithonia diversifolia* extract and residue on *Meloidogyne incognita* infecting yam (*Discoria rotundata*). **Archives Of Phytopathology And Plant Protection**, v. 44, p.1745-1753, nov. 2011.

OOSTENBRINK M. Major characteristic of relation between nematodes and plants. **Mededelingen Landbouwhogeschool**. v. 66, p.1-46, 1966.

PAVARAJ, M.; KARTHIKAIRAJ, K.; RAJAN, M. K. Effect of leaf extract of *Ageratum conyzoides* on the biochemical profile of blackgram *Vigna mungo*

infected by root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. **Journal of Biopesticides**, v. 3, p. 313, 2010.

ROCHA, T. L.; SOLL, C. B.; BOUGHTON, B. A.; SILVA, T. S.; OLDACH, K.; FIRMINO, A. A. P.; CALLAHAN, D. L.; SHEEDY, J.; SILVEIRA, E. R.; CARNEIRO, R. M. D. G.; SILVA, L. P.; POLEZA, V. L. P.; PELEGRINE, P. B.; BACIC, A.; SSA, F. G.; ROESSNERB, U. Prospection and identification of nematotoxic compounds from *Canavalia ensiformis* seeds effective in the control of the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Biotechnology Research and Innovation**, v. 1, p. 87-100, 2017.

SAS Institute SAS/STAT 9.2 User's guide. SAS Institute Inc, Cary, NC. 2008.

SILVA, G. S. da; PEREIRA, A. L. Efeito da Incorporação de Folhas de Nim ao Solo sobre o Complexo *Fusarium x Meloidogyne* em Quiabeiro. **Summa Phytopathol.**, v. 34, p. 368-370, 2008.

SILVEIRA, R. X.; CHAGAS, A. C. S.; BOTURA, M. B.; BATATINHA, M. J. M.; KATIKI, L. M.; CARVALHO, C. O.; BEVILAQUA, C. M. L.; BRANCO, A.; MACHADO, E. A. A.; BORGES, S. L.; ALMEIDA, M. A. O. Action of sisal (*Agave sisalana*, Perrine) extract in the in vitro development of sheep and goat gastrointestinal nematodes. **Experimental Parasitology**, v.131, p. 162–168, 2012.

YANG, X.; WANG, X.; WANG, K.; SU, L.; LI, H.; LI, R.; SHEN, Q. The nematicidal effect of *Camellia* seed cake on root-knot nematode *Meloidogyne javanica* of banana. **PloS One**, v. 10, p. 1-18, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resíduo líquido obtido a partir do desfibramento das folhas de sisal apresentou potencial de controle in vitro de *H. multincinctus* e *M. incognita*. Sabe-se que este resíduo é rico em metabólitos secundários bioativos. Os formulados em pó produzidos a partir desse resíduo também apresentaram efeito nematicida in vitro sobre essas duas espécies de fitonematoides que causam danos em cultivos de bananeira. Foi comprovado neste estudo o efeito destes formulados contra o nematoide espiralado e o nematoide das galhas em mudas de bananeira, reduzindo a população de *H. multincinctus* no solo e nas raízes e o número de galhas, massas de ovos e a população de *M. incognita* no solo.

Desse modo, é interessante e necessária a realização de trabalhos avaliando o efeito destes formulados sobre outras espécies de nematoides que parasitam a cultura da bananeira e de estudos para avaliar o seu efeito em campo. Os resultados do presente estudo e dos trabalhos realizados por Jesus (2017) e Jesus et al. (2015) demonstram o efeito nematicida do resíduo líquido de sisal e dos formulados obtidos a partir deste resíduo sobre *H. multincinctus*, *M. incognita* e *M. javanica* e do resíduo líquido de sisal sobre *R. similis*, espécies de nematoides que parasitam a bananeira. Cabe agora avaliar o efeito deste resíduo e dos formulados sobre *Pratylenchus* sp.

A comercialização deste produto para a utilização no manejo integrado de nematoides, além de reduzir os custos de produção contribui como nova fonte de renda para os agricultores que vivem da produção de sisal, aproveitando, dessa forma, um resíduo que seria descartado no ambiente, reduzindo assim os impactos ambientais e aumentando a renda dos produtores de sisal.