

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

**CONTROLE DE *Radopholus similis* EM BANANEIRA COM
RESÍDUO LÍQUIDO DO DESFIBRAMENTO DE FOLHAS DE
SISAL**

FÁBIO NASCIMENTO DE JESUS

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
FEVEREIRO – 2015**

CONTROLE DE *Radopholus similis* EM BANANEIRA COM
RESÍDUO LÍQUIDO DO DESFIBRAMENTO DE FOLHAS DE SISAL

FÁBIO NASCIMENTO DE JESUS

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012

Dissertação submetida ao Colegiado de
Curso do Programa de Pós-Graduação
em Ciências Agrárias da Universidade
Federal do Recôncavo da Bahia, como
requisito parcial para obtenção do Grau
de Mestre em Ciências Agrárias, Área de
Concentração: Fitotecnia.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

Co-Orientador: Dimmy H. S. G. Barbosa

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

J58c

Jesus, Fábio Nascimento de.

Controle de *Radopholus similis* em bananeira com resíduo líquido do desfibramento de folhas de sisal / Fábio Nascimento de Jesus. – Cruz das Almas, BA, 2015.

71.; il.

Orientadora: Ana Cristina Fermino Soares.

Coorientador: Dimmy Herllen Silveira Gomes Barbosa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Banana – Doenças e pragas. 2.Banana – Nematóides em plantas. 3.Fitopatologia – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 632.6|



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
FÁBIO NASCIMENTO DE JESUS**

Membro Presidente: Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares
Instituição: UFRB

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Rodney Alexandre Ferreira Rodrigues
Instituição: UNICAMP / CPQBA

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. José Mauro da Cunha e Castro
Instituição: Embrapa Semiárido

Homologada em / / .

**Aos meus pais que me deram a oportunidade de alcançar meus objetivos,
à minha família que amo muito e à minha namorada, pelo amor, paciência
e apoio constante.**

DEDICO

A Deus por ter me dado força e saúde para ir em busca dos meus sonhos.

AGRADEÇO

AGRADECIMENTOS

Ao melhor amigo de todos, Deus, que me proporcionou a oportunidade de realizar este feito. Graças a toda força que Ele me concedeu para que pudesse ultrapassar todas as barreiras que apareceram nesta caminhada. À Capes, pela concessão da bolsa, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UFRB pela oportunidade e confiança.

À minha amada mãe e amiga Ana Maria, por todo o apoio, amor e exemplo de pessoa forte e perseverante, que me ensinou a nunca desistir. Por ter investido na minha educação e me possibilitar a realização de um sonho.

Ao meu pai Jarvis, pelo seu carinho e por depositar em mim sua confiança.

Às minhas irmãs Franciane e Francilena, pelo companheirismo e amizade que sempre me proporcionaram.

À minha namorada Aglair, por todo o amor, companheirismo, amizade, dedicação e carinho, marcas da nossa história ao longo desses anos que estamos juntos.

Às minhas sobrinhas Ana Beatriz e Luiza que, por meio do sorriso, fortalecem em mim a esperança e preenchem minha vida com ternura.

Aos demais familiares que torceram e acreditaram na realização de mais esta etapa.

À professora Ana Cristina Fermino Soares, pela orientação científica e exemplo de competência, responsabilidade e profissionalismo.

Ao Dr. Dimmy Herllen S. G. Barbosa, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, pela co-orientação e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Dra. Cecília Helena P. S. Ritzinger, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, que me deu a primeira oportunidade de estágio e colaborou muito com a minha formação.

A todos os colegas discentes, amigos e amigas do Laboratório de Microbiologia, especialmente Josilda, que durante essa caminhada, demonstrou companheirismo, me orientando e me passando experiência e confiança.

Ao corpo docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
por contribuir para a construção do meu saber.

E a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização
deste trabalho os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	10
Capítulo 1	
RESÍDUO LÍQUIDO DO DESFIBRAMENTO DE FOLHAS DE SISAL NO CONTROLE IN VITRO DE <i>Radopholus similis</i> E INFECTIVIDADE EM BANANEIRA.....	23
Capítulo 2	
CONTROLE DO NEMATOIDE CAVERNÍCOLA DA BANANEIRA COM RESÍDUO LÍQUIDO DE SISAL	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71

CONTROLE DE *Radopholus similis* EM BANANEIRA COM RESÍDUO LÍQUIDO DO DESFIBRAMENTO DE FOLHAS DE SISAL

Autor: Fábio Nascimento de Jesus

Orientadora: Ana Cristina F. Soares

Co-orientador: Dimmy H. S. G. Barbosa

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito nematicida do resíduo líquido de sisal, fresco e fermentado, para o controle de *Radopholus similis* em bananeira. Foram avaliadas as concentrações de 0, 5, 10, 15, 20 e 25 % do resíduo fresco ou fermentado, sob condições de laboratório e de casa de vegetação. Nesta última, foram utilizadas mudas de bananeira 'Grand Naine'. Foram avaliados como variáveis de crescimento, a altura das plantas, o diâmetro do pseudocaule, o número de folhas, a massa seca da parte aérea, do rizoma e das raízes. Aspectos como nível de dano, níveis populacionais dos nematoides (solo e raízes) e fator de reprodução foram avaliados em relação ao controle. O resíduo do sisal, fresco ou fermentado, mostrou-se eficiente no controle do nematoide nas condições *in vitro* e *in vivo*. Não houve diferença no dano causado por *R. similis* na bananeira, entre os tratamentos com o nematicida comercial, na dosagem recomendada pelo fabricante, e o resíduo fresco ou fermentado na concentração de 25%. Houve um decréscimo linear da população total (PT) e no fator de reprodução (FR) de nematoides com a elevação das concentrações do resíduo do sisal. A concentração de 25 % foi a mais eficiente, verificando-se uma redução de 78 % em ambas as variáveis (PT e FR), quando comparada ao tratamento que não recebeu o resíduo (0%). Este é o primeiro relato sobre o efeito nematicida do resíduo líquido de sisal sobre o nematoide cavernícola em bananeira. Este subproduto apresenta o potencial para o desenvolvimento de novas tecnologias para o controle de nematoides, podendo constituir um nematicida de baixo custo e que cause menor risco ao meio ambiente.

Palavras-chave: *Agave sisalana*, nematoide cavernícola, atividade nematicida; *Musa* spp.

CONTROL OF *Radopholus similis* IN BANANA PLANTS WITH SISAL LEAF DECORTICATION LIQUID RESIDUE

Author: Fábio Nascimento de Jesus

Advisor: Ana Cristina Fermino Soares

Coadvisor: Dimmy H. S. G. Barbosa

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the nematicidal effect of liquid sisal residue, fresh and fermented, to control *Radopholus similis* in banana plants. We evaluated the concentrations of 0, 5, 10, 15, 20 and 25 % of the fresh or fermented residue under laboratory and greenhouse conditions. In the latter, 'Grand Naine' banana plants were used. Plant height, pseudostem diameter, number of leaves, shoot, rhizome and root dry weight were evaluated as plant growth characteristics. Aspects such as level of damage, population levels (soil and roots) and reproduction factor of nematodes were evaluated for control. Sisal residues, both fresh or fermented, were efficient in controlling nematodes under in vitro and in vivo conditions. There were no differences in the damage caused by *R. similis* in banana, between the treatments with a commercial nematicide in the dosage recommended by the manufacturer, and the fresh or fermented residue at a concentration of 25 %. There was a linear decrease in the nematode total population (TP) and reproduction factor (RF) with the increasing sisal residue concentrations. The concentration of 25 % was the most effective, with a 78 % reduction in both variables (TP and RF), compared with the treatment that did not receive the residue (0%). This is the first report on the nematicidal effect of sisal liquid residue on the burrowing banana nematode. This byproduct has the potential for the development of new technologies for the control of nematodes, which can be an inexpensive and also represent a nematicide which causes less risk to the environment.

Keywords: *Agave sisalana*, borrowing nematodes, nematicide activity; *Musa*

INTRODUÇÃO

A cultura da bananeira

A bananeira (*Musa* spp.) é originária do Continente Asiático e, por causa da facilidade de adaptação, esta fruteira se encontra difundida por todo o mundo, especialmente em regiões tropicais. Está presente em mais de 130 países, ocupando uma área superior a 10 milhões de hectares, com produção que ultrapassa 145 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2011).

A bananeira é um vegetal herbáceo completo, pois apresenta caule (rizoma), raiz, folhas, flores, frutos e sementes. É perene, uma vez que novos perfilhos nascem da base da planta-mãe (BORGES et al., 2000). Trata-se de uma monocotiledônea do gênero *Musa* que faz parte da família Musaceae e ordem Zingiberales (ARVANITOYANNIS e MAVROMATIS, 2009). Existe uma grande diversidade de bananeiras em todo o mundo, sendo descritas cerca de 180 variedades.

No Brasil, frutificam por volta de 35 variedades, distribuídas entre bananeiras ornamentais, industriais e comestíveis (FAOSTAT, 2011). As variedades mais cultivadas, também chamadas cultivares, são originadas de hibridações intra e interespecíficas entre duas espécies selvagens diploides da seção *Musa*: *Musa acuminata* (genoma A) e *M. balbisiana* (genoma B) e apresentam, por isso, caracteres das duas espécies (LIM, 2012).

A produção dessa fruteira é concentrada em alguns países, com destaque para a Índia, China, Filipinas, Brasil, Equador e Indonésia, que respondem por 64,3% da produção mundial, sendo que a banana ocupa lugar de destaque no mercado de frutas frescas. No ano de 2009, foi uma das frutas mais produzidas, tendo chegado a 97,4 milhões de toneladas, o que movimentou cerca de 28 bilhões de dólares (FAO, 2011). Estima-se que a

produção dessa fruta empregue, direta e indiretamente, 960 mil pessoas no mundo (FAO, 2011). No Brasil, por exemplo, o quinto maior produtor mundial de banana, com produção aproximada de 7,0 milhões de toneladas, em uma área de 487 mil hectares, o trabalho com a cultura se reveste de grande importância social e econômica. As atividades do processo de produção gera empregos no campo e na cidade, servindo como fonte de renda para muitas famílias de agricultores e para o desenvolvimento dos municípios que praticam a bananicultura (FIORAVANÇO, 2003).

Dentre os patógenos que atacam a cultura da bananeira, os fitonematoides se destacam. São organismos amplamente disseminados em todo o mundo, constituindo-se em um dos fatores mais limitantes para a bananicultura, pois além de reduzirem a produtividade, são de difícil controle (SILVA et al., 2004).

Fitonematoides na cultura da bananeira

A bananeira é uma planta com alta suscetibilidade aos fitonematoides. São descritas 146 espécies de nematoides parasitas ou associadas ao cultivo, distribuídas em 43 gêneros. As espécies *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (nematoides-das-galhas), *Pratylenchus coffeae* (nematóide-das-lesões-radiculares), *R. similis* e *Helicotylenchus multicinctus* (nematóide espiralado) têm recebido maior atenção, por serem as mais abundantes nos cultivos e por causarem danos mais intensos (RITZINGER e COSTA, 2004; KUBO et al., 2009).

Dentre as diversas espécies que ocorrem na bananicultura, *R. similis*, conhecido como nematóide cavernícola, se destaca por causar maior dano à cultura e por estar distribuído nas mais diversas regiões produtoras, provocando grandes perdas no rendimento da produção (SARAH et al., 1996). É um nematóide endoparasita migratório que pode permanecer no córtex das raízes durante todo o seu ciclo de vida, que tem a duração 20 a 25 dias. Este nematóide geralmente penetra próximo às extremidades das raízes. Ao se encontrar no interior das raízes, este nematóide migra intracelularmente no parênquima cortical e se alimenta do citoplasma das células parenquimáticas, causando a formação de cavidades que coalescem e ficam parecidas com

canais ou galerias e, por esse motivo, esta espécie é conhecida como nematoide cavernícola (MONTEIRO, 2011).

Estas lesões no córtex das raízes impedem o funcionamento ideal da mesma e, como consequência, reduzem a absorção de água e nutrientes, culminando em redução do peso do cacho, aumento do tempo entre as colheitas e, sob infecções mais intensas, provocam o tombamento das plantas (ELSEN et al., 2002).

A presença de *R. similis* em plantios de várias cultivares de bananeira tem resultado em grandes perdas para os produtores, principalmente nos países tropicais, onde as condições ambientais que envolvem a temperatura, o tipo de solo, as vegetações e as estações chuvosas favorecem o desenvolvimento, reprodução e a sobrevivência dos nematoides (PINOCHET, 1986; DAVIDE, 1996).

No Brasil, especificamente, no subgrupo Cavendish, as perdas causadas por *R. similis* podem chegar até a 100%, principalmente, quando os pomares se encontram instalados em regiões de solos arenosos e temperaturas mais elevadas (EMBRAPA, 2009).

O controle dos nematoides no solo pode ser realizado com a utilização de diferentes métodos, destacando-se os controles químico, genético e orgânico (ARAÚJO et al., 2002). O controle químico dos nematoides é realizado com a utilização de nematicidas de amplo espectro e longo período residual. Sabe-se que os nematicidas são produtos aplicados ao solo que, além de apresentarem elevado custo, prejudicam a saúde humana, animal e poluem o ambiente (FILGUEIRA, 2000).

Existe forte pressão da sociedade para utilização de alternativas de controle de pragas de baixo impacto ambiental, de forma a se assegurar a qualidade do produto. Desta forma, estratégias de manejo não químicas como a utilização de resíduos orgânicos e agroindustriais, a exemplo da manipueira, do resíduo de sisal, da torta de mamona, apresentam elevado potencial, quando adequadamente testados. Estes resíduos também atuam como fertilizantes, permitindo maior desenvolvimento da planta e maiores produtividades desta cultura, podendo ainda agir como biocidas (RITZINGER e FANCELLI, 2006).

O interesse pelo controle orgânico de fitonematoides tem aumentado consideravelmente, não somente pela preocupação em reduzir a aplicação de produtos químicos que geram impacto negativo ao ambiente, mas também pela procura de alternativas que possam favorecer a sustentabilidade do agroecossistema (RITZINGER e FANCELLI, 2006). A utilização do resíduo do desfibramento das folhas de sisal no controle de fitonematoides representa mais uma alternativa para os produtores, de baixo custo e sem riscos de contaminação do ambiente.

A cultura do sisal

O sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm), pertencente à família Agavaceae, compreende mais de 650 espécies distribuídas nas regiões áridas de clima tropical do mundo (ABDEL-GAWAD et al., 1999). É uma planta que sobrevive em ambientes com baixa precipitação pluviométrica e elevada temperatura.

A planta é originária do México e adaptou-se bem em regiões do Semiárido nordestino. Com essa adaptação, tornou-se imprescindível para a economia da região noroeste da Bahia e, sua importância se justifica por ser, ainda, a principal base de subsistência econômica de grande parte das famílias da Região Sisaleira desse estado. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de fibras de sisal, sendo o estado da Bahia o maior produtor dessa fibra (aproximadamente 95% da produção nacional).

Com a atividade sisaleira na região, ocorreram significativas transformações socioeconômicas e culturais, o que contribuiu para o surgimento da atual área geográfica denominada Território do Sisal, formada por vinte municípios do Semiárido baiano (ALVES et al., 2005; CONAB, 2013)

.O Território do Sisal está localizado na Microrregião Nordeste do Estado da Bahia e abrange os municípios de Araci, Barrocas, Biritinga, Candeal, Cansanção, Conceição do Coité, Ichu, Itiúba, Lamarão, Monte Santo, Nordestina, Queimadas, Quijingue, Retirolândia, Santaluz, São Domingos, Serrinha, Teofilândia, Tucano e Valente. Na Bahia, destacam-se ainda, outros dois polos produtores de sisal. A Microrregião de Piemonte da Diamantina conta com 12 municípios com produção significativa. Nesta, 92,8% das 29,5 mil

propriedades rurais são familiares, cuja área média é de 23,73 ha. A outra Microrregião produtora de sisal é a de Paraguaçu, onde se contam nove municípios com plantios significativos desta cultura (SECTI, 2014).

Em 2006, as exportações baianas do segmento de sisal e derivados tiveram aumento de 36% em relação ao mesmo período do ano anterior, sendo que o valor médio do produto exportado também aumentou cerca de 9,3%, chegando a 875 dólares por tonelada, entre manufaturados e fibra beneficiada (SINDIFIBRAS, 2006).

O principal produto da exploração do sisal é a fibra e esta, por ser naturalmente resistente e de fácil industrialização, tem sido procurada por muitos investidores, ocupando lugar de destaque, por exemplo, nas indústrias têxtil e automobilística, na fabricação de tapetes, carpetes, bolsas, cortinas e de vários produtos artesanais. No entanto, sabe-se que as fibras representam somente 4% do peso da planta e que os resíduos sólidos e aquosos constituem os restantes 96%, que são abandonados em pilhas nas áreas de produção pelos produtores (SUINAGA et al., 2006).

No processo para a obtenção da fibra do sisal, são gerados resíduos como a mucilagem e o suco, que são formados pela seiva da folha com os restos dos tecidos foliares e a bucha que é o resto de fibras das folhas que não é utilizado. Estes resíduos poderiam ser utilizados como matéria-prima abundante e barata para fins agrícolas e industriais (OASHI, 1999).

Além do uso da fibra do sisal tal como ela se apresenta, a partir dela ainda pode ser obtido um extrato lipofílico, que representa 0,5% do seu peso total, constituído principalmente por ácidos graxos e, em menores proporções, hidrocarbonetos, esteroides, cetonas, monoglicerídeos, aldeídos e diacilgliceróis (GUTIÉRREZ et al., 2008). Nestes compostos glicosídicos, são encontradas substâncias com atividades biológicas de interesse para as indústrias farmacêutica, alimentícia e agroquímica (FRANCIS et al., 2002).

O resíduo líquido de sisal tem alcaloides, compostos fenólicos, glicosídeos, cumarinas, saponinas, flavonoides e taninos como principais constituintes do metabolismo secundário (NEGESSE et al., 2009; BARRETO, 2010).

Dentre os componentes presentes no resíduo líquido, as saponinas apresentam algumas características importantes que conferem as mesmas um

papel relevante na defesa contra insetos e micro-organismos (AGRELL et al., 2003).

As saponinas são glicosídeos de esteroides ou de terpenos policíclicos e, estruturalmente apresentam característica lipofílica (esteroide ou triterpeno) correspondente à aglicona ou sapogenina. O aspecto hidrofílico é conferido pela parte constituída por açúcares que determinam as propriedades surfactantes, como redução da tensão superficial da água, ação detergente e emulsificante (FRANCIS et al., 2002). Compostos como as saponinas podem trazer benefícios ambientais e diversificar a exploração comercial da planta (FRANCIS et al., 2002).

Resíduo de sisal no controle de nematoides

O resíduo oriundo do desfibramento das folhas de sisal é um subproduto orgânico que pode ser utilizado no controle alternativo de nematoses em culturas e animais de importância econômica.

Em plantas do gênero *Agave*, foram constatadas ações biocidas contra nematoides em caprinos e ovinos (AL-SHAIBANI et al., 2008; DOMINGUES et al., 2010; BOTURA et al., 2011; SILVEIRA et al., 2012;), carrapato bovino (PIZARRO, 1998), larvas dos mosquitos *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* (PIZARRO, 1999), ácaros e outras pragas (BARRETO, 2003). Além disso, há relatos de propriedades antimicrobianas, antifúngicas, anti-inflamatórias e antivirais (SCHENKEL et al., 2004).

Verastegui et al. (1996) avaliaram extratos etanólicos de *Agave lechuguilla* no controle de 20 micro-organismos e observaram elevada atividade antimicrobiana desta planta, especialmente no controle das bactérias *Clostridium perfringens* e *Shigella dysenteriae* e de 11 espécies de fungos.

Em outro trabalho, Verastegui et al. (2008) verificaram a atividade biológica de extratos de folhas de quatro espécies de *Agave* (*A. lechuguilla*, *A. picta*, *A. scabra* e *A. iophanta*), e demonstraram que todos os extratos foram ativos contra o fungo *Cryptococcus neoformans*. Barreto et al. (2004) trataram sementes de algodoeiro com extrato curtido de *A. sisalana* e observaram que houve menores incidências dos fungos *Aspergillus flavus*, *Aspergillus* sp. e *Fusarium* sp.

Soares e Damasceno (2011) avaliaram o resíduo líquido fresco do sisal, em ensaio *in vitro*, para controle de *M. javanica* e verificaram que o resíduo nas concentrações acima de 12,5% promoveu 100% de mortalidade após 48 horas de exposição dos nematoides. Santos et al. (2012) utilizaram o resíduo líquido de sisal a 20%, 40%, 60%, 80% e 100% no controle do nematoide da casca preta do inhame (*Scutellonema bradys*) em condições *in vitro* e observaram efeito nematicida nas concentrações acima de 20%.

Damasceno et al. (2012) avaliaram, *in vitro*, em períodos de 24 e 48 horas, o efeito do resíduo líquido fermentado de sisal, nas concentrações de 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5% e 20%, sobre *M. javanica*, e verificaram que após 48 horas houve mortalidade dos juvenis acima de 95%, em todas as concentrações. O resíduo líquido na concentração de 20% resultou em 100% de mortalidade de *M. javanica*.

Jesus et al. (2013) realizaram um bioteste com tomateiro e avaliaram a capacidade infectiva de juvenis de segundo estágio de *M. javanica* tratados com resíduo líquido de sisal fresco e fermentado. Os tratamentos constaram das concentrações de 2,5; 5; 7,5; 10, 12,5 e 15%. Concluiu-se que o resíduo líquido do sisal, tanto fresco quanto fermentado, promoveu redução no número de galhas por planta e por grama de raízes em todas as concentrações.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do resíduo líquido fresco e fermentado oriundo do desfibramento de folhas de sisal no controle de *R. similis* na bananeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-GAWAD, M.M.; EL-SAYED, M.M. ABDEL-HAMED, E.S. Molluscicidal steroidal sapoins and lipid content of *Agave decipiens*. **Revista Fitoterapia**, v.70, p. 371-381, 1999.

AGRELL, J.; WIESLAW, O.; STOCHMAL, A.; OLSEN, M.; ANDERSON, P. Herbivore-Induced Responses in Alfalfa (*Medicago sativa*). **Journal of Chemical Ecology**, v.29, p. 303-320, 2003.

AL-SHAIBANI, I. R. M.; PHULAN, M. S.; ARIJO, A.; QURESHI, T. A. Ovicidal and larvicidal properties of *Adhatodavasica* (L) extracts against gastrointestinal nematodes of sheep *in vitro*. **Pakistan Veterinary Journal**, v. 28, p. 79-83, 2008.

ALVES, M. O.; SANTIAGO, E. G.; LIMA, A. R. M. **Diagnóstico sócio-econômico do setor sisaleiro do Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2005, 90p (Série Documentos do ETENE n° 04).

ARAÚJO, F. F.; SILVA, J. F. V.; FERREIRA, A. S. Influência de *Bacillus subtilis* na eclosão, orientação e infecção de *Heterodera glycines* em soja. **Ciência Rural**, v.32, p.197-203, 2002.

ARVANITTOYANNIS, I. S.; MAVROMATIS, A. Banana cultivars, cultivation practices, and physicochemical properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 49, 113-135, 2009.

BARRETO, A. F. Efeitos do emprego de sucos de agave no tratamento de sementes, controle do ácaro rajado [*Tetranychusurticae* (Koch, 1836)] e fitotoxidade em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch). **Dissertação**, Universidade Federal da Paraíba, Brasil. 2003.

BARRETO, A.F.; ARAÚJO, E.; BONIFÁCIO, B.F.; SILVA, O.R.R.F.; BELÉM, L.F. Qualidade fisiológica e a incidência de fungos em sementes de algodoeiro herbáceo tratadas com extratos de Agave. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras**, v.8, p. 839-849, 2004.

BARRETO, 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.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S.; ALVES, E. J. Exigências edafoclimáticas. In:

CORDEIRO, Z. J. M. Banana: Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. (Frutas do Brasil, 1).

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.; BATATINA, 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.

CONAB. Sisal – safra 2012/2013: comercialização – proposta de ações. Available in: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/pdf>. Acesso em 27 de Dezembro, 2013.

DAMASCENO, J.C.A.; JESUS, F. N.; SOARES, A. C. F. efeito do resíduo fermentado de sisal (*Agave sasalana* Perrine) sobre *Meloidogyne javanica*. In: 45 Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2012, Manaus. ANAIS, 2012.

DAVIDE, R. G. Overview of nematodes as limiting factor in Musa production. In: FRISON, E.A.; HORRY, J.P.; De WAELE, D. (Eds.). **New frontiers in resistance breeding for nematode, fusarium and sigatoka**. Montpellier: Inibap, p. 27-31, 1996.

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.

ELSEN, A.; STOFFELEN, R.; THI TUYET, N.; BAIMEY, H.; BOULOIS, H. D. DE.; WAELE, D. D. In vitro screening for resistance to *Radopholus similis* in *Musa* spp. **Plant Science**, v. 163, p. 407- 416, 2002.

EMBRAPA Semiárido. Sistemas de produção de bananeira irrigada. Versão eletrônica. 2009. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2013.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org/site/340/default.aspx>>. Acesso em: 6 ago. 2012.

FAOSTAT. Food and agricultural organization. 2011. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 15 de Fevereiro de 2013.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de oleicultura**: cultura e comercialização de hortaliças. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 2000. v.2, 357p.

FIORAVANÇO, J. C. Mercado mundial da banana. 2003. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/OUT/publicacoes/pdf/tec2-1003.pdf>. Acesso em: 4 maio 2011.

FRANCIS. G; KEREM, Z; H. P. S.; BECKER.K. The biological action of saponins in animal systems; A review. **British Journal of Nutrition** 88: 587-605, 2002.

GUTÍERREZ, A.; RODRIGUEZ, I. M.; RIO, J. C. Chemical composition of lipophilic extractives from sisal (*Agave sisalana*) fibers. **Industrial Crops and Products**, v. 28, p. 81-87, 2008.

HAHN, M. L.; BURROWS, P. R.; GNANAPRAGASAM, N. C.; BRIDGE, J.; VINES, N. J.; WRIGHT, D. J. Molecular diversity amongst *Radopholus similis* populations from Sri Lanka detected by RAPD analysis. **Fundamental and Applied Nematology**, 17: 275-281,1994.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO DO SISAL - IDRSisal. **Território do Sisal**. 2007. Informativo. Disponível em: <http://www.idrsisal.org.br/sisal/territorio.php>. Acesso em: 21 de março 2012.

KUBO, R. K.; OLIVEIRA, C. M. G.; MACHADO, A. C. Z; INOMOTO M. M. **Nematóides fitoparasitas da bananeira**. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/XIII%20RIFIB/kubo.pdf>, Acessado em: 23 de agosto de 2013.

JESUS, F. N. ; DAMASCENO, J.C.A ; SOARES, A. C. F. Controle orgânico de nematoides do solo com resíduo de *Agave sisalana* Perrine. In: I Reunião Nordestina de Ciência do Solo, 2013, Areia-PB. Anais, 2013.

LIM, T. K. Edible medicinal and non medicinal plants: fruits (Vol. 3). **New York: Springer**. 2012.

MONTEIRO, J. M. S. Resistência a *Radopholus similis* e detecção de nematoides fitoparasitas em bananeiras Triploides e tetraploides no Brasil. **Dissertação - Mestrado** em Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília - DF. 102 f. 2011.

NEGESSE, T.; MAKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v.154 (3-4), p.204-217, 2009.

OASHI, M. C. G. Estudo da cadeia produtiva como subsídio para pesquisa e desenvolvimento do agronegócio do sisal na Paraíba. PhD Thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil, 1999.

PINOCHET, J. A note on nematode control practice on bananas in Central América. **Nematropica**, v. 16, n. 2, p. 197-203, 1986.

PIZARRO, A.P.B. Utilização do extrato de agave *Americana Linnaeus* no controle de *Boophilus microplus*, **Veterinária Notícia**, v.4, 1998.

PIZARRO, A.P.B.; OLIVEIRA FILHO, A.M.; PARENTE, J.P., MELO, M.V.; SANTOS, C.E.; DOS. O aproveitamento do resíduo da indústria do Sisal no controle de larvas de mosquito. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, p. 23-29, 1999.

RITZINGER, C. H. S. P.; COSTA D. C. Nematóides e alternativas de manejo. **O cultivo da bananeira**. (Eds. A. L. Borges & L. S. Souza). Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.

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, J. F.; SOUSA, C.S.; SOARES, A.C.F.; LIMA, F.S. Efeito nematicida de extratos de resíduos orgânicos sobre *Scutellonema bradys*. In: **XXXV CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA**, 2012, Jaguariúna SP.

SARAH, J. L.; PINOCHET, J.; STANTON, J. The burrowing nematode of bananas, *Radopholus similis* Cobb, 1913. **Musa Pest Fact Sheet** No. 1, INIBAP, Montpellier, France, 1996.

SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G., ATHAYDE, M.L. 2004. 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**, 5º ed., Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1102p.

SECTI. Projeto Sisal de Base Tecnológica. Disponível em: <http://www.secti.ba.gov.br/wp-content/uploads/2013/01/PROJETO-SISAL-DE-BASE-TECNOLOGICA.pdf>. Acesso em 05 jan. 2014.

SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; CORDEIRO, Z. J. M. Variedades. **O cultivo da bananeira**. (Eds. A. L. Borges & L. S. Souza). Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.

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.

SINDIFIBRAS, **O projeto sisal-apex traz resultados positivos para as exportações baianas de sisal no primeiro trimestre do ano, que cresceram quase 40%, 2006**. Disponível em: www.braziliansisal.com, acesso em 08 jun 2012

SOARES, A.C.F.; DAMASCENO, J.C.A. Control of *Meloidogyne javanica* in lettuce plants with sisal (*Agave sisalana*) liquid waste. In: III Congreso Latinoamericano de Agroecología: Para alcanzar la soberanía alimentaria en un planeta en crisis ambiental, energética y climática, México, 2011.

SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. R. F.; COUTINHO, W. M. Cultivo de Sisal na região semi-árida do Nordeste brasileiro. Campina Grande: **EMBRAPA Algodão**. p. 42. 2006.

VERASTEGUI, A.; SANCHES, C.A.; HEREDIA, N.; GARCIA-ALVARADO, J.S. Antimicrobial activity of extracts of three Chihuahuan desert major plants from the Chihuahuan desert. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 52, p. 175-177, 1996.

VERASTEGUI, A.; VERDE, J.; GARCÍA, S.; HEREDIA, N.; ORANDAY, A.; RIVAS, C. 2008. Species of *Agave* with antimicrobial activity against selected pathogenic bacteria and fungi. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**. v. 24, p. 1249-1252, 2008.

CAPÍTULO 1

**RESÍDUO LÍQUIDO DO DESFIBRAMENTO DE FOLHAS DE SISAL NO
CONTROLE IN VITRO DE *Radopholus similis* E INFECTIVIDADE EM
BANANEIRA**

**Resíduo líquido do desfibramento de folhas de sisal no controle de
Radopholus similis e infectividade em bananeira**

Autor: Fábio Nascimento de Jesus

Orientador: Ana Cristina F. Soares

Coorientador: Dimmy H. S. G. Barbosa

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito nematicida do resíduo líquido (fermentado e fresco) de sisal sobre *Radopholus similis*. Foram realizados bioensaios *in vitro* com 100 µL de suspensão aquosa contendo 300 indivíduos de *R. similis* e 1000 µL de resíduo líquido. O delineamento foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2 + 2, com cinco concentrações de resíduo (5, 10, 15, 20 e 25%), dois tipos de resíduo (fresco e fermentado) e duas testemunhas (água e nematicida Carbofuran - Furadan 350 SC, a 350 mg i.a.L⁻¹), totalizando doze tratamentos e cinco repetições. Os nematoides foram imersos em soluções aquosas preparadas com as diferentes concentrações do resíduo, por 24 e 48 horas. Após o ensaio *in vitro*, os nematoides submetidos à concentração de 5% foram inoculados em mudas de bananeira para verificar a capacidade infectiva dos mesmos. Para os tratamentos testemunhas, os nematoides foram expostos ao nematicida e à água. O experimento foi constituído por quatro tratamentos (resíduo fresco, resíduo fermentado, água e nematicida), com cinco repetições. As plantas, coletadas aos 45 dias após o plantio, foram avaliadas para a determinação da população de nematoides nas raízes e no solo, da população total e do fator de reprodução do nematoide. Todas as concentrações do resíduo apresentaram efeito nematicida contra *R. Similis*, nos ensaios *in vitro*, após 48 horas de exposição. No teste sobre infectividade, não houve diferença significativa na população de nematoides das raízes e no fator de reprodução dos nematoides previamente tratados, *in vitro*, com o resíduo de sisal, tanto fresco quanto fermentado, em comparação com as plantas inoculadas com indivíduos expostos ao carbofuran. Conclui-se que este subproduto apresenta potencial para o desenvolvimento de tecnologias para o controle *R. similis* na bananeira.

Palavras-chave: *Agave sisalana*, Nematoide cavernícola, Atividade nematicida; *Musa* spp.

**Sisal leaf decortication liquid residue for control of *Radopholus similis*
and infectivity in banana plants**

Author: Fábio Nascimento de Jesus

Advisor: Ana Cristina Fermino Soares

Co-author: Dimmy H. S. G. Barbosa

ABSTRACT: This study evaluated the nematicidal effect of sisal liquid residue (fermented and fresh) on juveniles of *Radopholus similis*. In vitro bioassays were performed with 100 mL of an aqueous suspension containing 300 juveniles of *R. similis* and 1000 µL of the liquid residue. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme 5 x 2 + 2, with five residue concentrations (5, 10, 15, 20 and 25%), two types of residue (fresh and fermented) and two controls (water and the nematicide Carbofuran - Furadan 350 SC at 50 mg ia L⁻¹), with five replications. The juveniles were exposed to the treatments for 24 and 48 h. After the in vitro assay, juveniles which were exposed to sisal residue at a concentration of 5%, were inoculated onto banana plants to verify their infectivity. For the positive and negative control treatments, the juveniles were exposed to the commercial nematicide and water. The experiment had four treatments (fresh waste, fermented residue, water and nematicide), with five replications. After 45 days, the plants were harvested and evaluated for: population of nematodes in roots and in soil, the total population and the reproduction factor of the nematode. All residue concentrations showed nematicidal effect in vitro, after 48 h of exposure and were effective in controlling *R. similis* in vitro. In the test on plant infectivity of juveniles after exposure to the treatments, there were no significant differences in the root population of nematodes and their reproduction factor after being treated with the sisal residues, both fresh as fermented, when compared to plants inoculated with the juveniles that were treated with the recommended synthetic nematicide. This sisal by-product has a potential for the development of technologies for nematode control in areas infested with *Radopholus similis*.

Keywords: *Agave sisalana*, borrowing nematodes, nematicide activity; *Musa* spp.

INTRODUÇÃO

Radopholus similis, conhecido vulgarmente como nematoide cavernícola, é responsável por causar grandes perdas em sistemas de produção de banana, com ocorrência em diversas regiões pelo mundo (SARAH, et al. 1996).

A presença deste patógeno na cultura da bananeira impede o funcionamento satisfatório do sistema radicular das plantas, limitando a absorção de água e de nutrientes. Isso ocorre em consequência das lesões geradas no córtex das raízes pela presença dos indivíduos que se instalam e que alimentam das células do córtex (ELSEN et al., 2002).

Dentre as formas de controle de nematoides, os nematicidas se constituem numa dos métodos mais utilizados. No entanto, o controle químico, além de causar riscos à saúde e contaminar o ambiente, tem alto custo. As preocupações ambientais têm intensificado as pesquisas sobre a utilização de práticas de menor impacto, como a utilização de resíduos orgânicos e de subprodutos para o controle de nematoides em sistemas agrícolas. Esses estudos podem gerar opções tecnológicas para a substituição dos nematicidas sintéticos. Dentro desta linha, têm-se utilizado plantas com propriedades nematicidas que podem, efetivamente, reduzir as populações de nematoides do solo (ELBADRI et al, 2009).

Vários compostos de origem vegetal apresentam atividade nematicida, são rentáveis e ambientalmente seguros (AOUDIA et al., 2012) e podem ser usados na agricultura (OKA et al., 2000). Com base em princípios dessa natureza, o desenvolvimento de práticas agrícolas que integram fertilizantes orgânicos e produtos naturais tem sido relatado como meio de aumentar a produção sustentável de alimentos (WEZEL et al., 2014).

Assim, o sisal, planta originária do México e adaptada ao Semiárido do Nordeste brasileiro, começa a receber a atenção de pesquisadores interessados em estudar o efeito de seus compostos no controle de pragas e doenças. Em vários municípios localizados em áreas semiáridas no Estado da Bahia, essa planta é a principal base de subsistência econômica de grande parte das famílias que vivem nos meios rural e urbano. O Brasil ocupa lugar de

destaque, sendo o maior produtor e exportador mundial da fibra de sisal e, em 2011, a Bahia foi responsável por 95,5% dessa produção (CONAB, 2013).

O principal produto da exploração do sisal é sua fibra. Naturalmente resistente e de uso industrial, tem sido procurada por muitos investidores e ocupado lugar de destaque na economia da região semiárida da Bahia. No entanto, as fibras representam somente 4% do peso da planta, e os resíduos sólidos e aquosos constituem os restantes 96%, que são abandonados em pilhas nas áreas de produção pelos produtores (SUINAGA et al., 2006).

O resíduo líquido do sisal tem como principais constituintes, a partir do metabolismo secundário, alcaloides, compostos fenólicos, cumarinas, saponinas, flavonoides e taninos (BARRETO et al., 2010; BOTURA et al., 2013). Estas substâncias estão relacionadas, principalmente, ao mecanismo de defesa das plantas e podem apresentar efeito inibitório contra fitonematoides (CHITWOOD, 2002).

Em plantas do gênero *Agave*, foram constatadas ações biocidas *in vitro* com relação a nematoides em caprinos e ovinos (DOMINGUES et al., 2010; BOTURA et al., 2011; SILVEIRA et al., 2012; BOTURA et al., 2013), ácaros (BARRETO et al., 2010) e fungos (GULERIA e KUMAR, 2009). Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o resíduo de sisal para o controle de *R. similis*.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção, identificação, manutenção e multiplicação da população de *Radopholus similis*

A população de *R. similis* foi obtida de amostras de solo e raízes coletadas em lavouras comerciais de bananeira infestadas, localizadas no Município de Bom Jesus da Lapa, Bahia. As amostras foram processadas no Laboratório de Nematologia da Embrapa, por meio das metodologias de Jenkins (1964) e de Coolen e D'Herde (1972), com posterior identificação feita com base em caracteres morfológicos (MAI e MULLIN, 1996).

Após a identificação, foram inoculados 800 indivíduos juvenis e adultos de *R. similis* por planta. O inóculo foi colocado próximo às raízes de mudas de

bananeira 'Prata Anã' obtidas do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura 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.

As mudas micropropagadas de bananeira, cedidas pela Empresa Campo, após o período de aclimação, foram transplantadas para vasos que continham 3,0 kg de uma mistura de solo e areia, na proporção 2:1 (v/v), esterilizada em autoclave a 120°C por 1 hora e 30 minutos, em dois dias consecutivos. As mudas inoculadas foram mantidas em casa de vegetação situada no *Campus* da UFRB, em Cruz das Almas, pelo período de quatro meses, com irrigação diária, para a multiplicação dos nematoides.

Após a multiplicação, os nematoides foram extraídos das raízes de bananeira, mantidas em casa de vegetação, pelo método de Coolen & D'Herde (1972) e de Jenkins (1964). Fez-se a contagem dos nematoides na suspensão obtida, em câmara de contagem de Peters, sob microscópio óptico, para ajuste da suspensão de inóculo para 150 indivíduos por mL.

Obtenção do resíduo líquido de sisal

O resíduo líquido (extrato bruto) das folhas de sisal foi obtido durante o desfibramento das folhas, em área de produtor rural no município de Valente, BA. O resíduo (mistura de sólido e líquido) foi retirado da máquina de desfibramento do sisal, com uma pá de aço inoxidável e foi imediatamente prensado para remoção da parte sólida. O resíduo líquido foi transferido para sacos de plástico, sendo estes colocados em isopor com gelo para o transporte para o Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB, onde foi congelado em freezer comum, a -20°C.

Para a obtenção do resíduo líquido fermentado, o mesmo foi colocado em recipientes fechados e mantido em temperatura ambiente ($28\pm 2^\circ\text{C}$), durante quatro dias para que ocorresse a fermentação. Em seguida, procedeu-se o congelamento conforme citado anteriormente.

Ensaio *in vitro* com resíduo líquido de sisal

Os ensaios *in vitro* foram conduzidos no Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB, seguindo-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5x2+2, com cinco concentrações de resíduo (5, 10, 15, 20 e 25%), dois tipos de resíduo (fresco e fermentado) e duas testemunhas (água e nematicida Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹), totalizando doze tratamentos com cinco repetições.

Em microtubos de centrífuga foram adicionados 100 µL de suspensão aquosa contendo 150 indivíduos de *R. similis* e 1000 µL do resíduo fresco ou fermentado. Ambos os resíduos foram diluídos em água destilada esterilizada para a obtenção das concentrações utilizadas no experimento.

Em seguida, os tubos foram colocados em incubadora do tipo BOD, a 28°C e, após 24 horas, os nematoides foram retirados dessa suspensão, lavados com água destilada e esterilizada, realizando-se a contagem dos indivíduos imóveis, em microscópio e lâmina de Peters. Após a contagem, os nematoides foram colocados em água e incubados por mais 24 horas à temperatura de 28°C, sendo, em seguida, contados os indivíduos que permaneceram imóveis que, então, foram considerados mortos. Os dados foram transformados em $\arcsen(x/100)^{0,5}$ e submetidos à análise de variância e de regressão. Fez-se também a análise de contrastes ortogonais para comparar as concentrações do resíduo e o nematicida.

Capacidade infectiva dos nematoides tratados com resíduo de sisal

Após o ensaio *in vitro*, os nematoides submetidos ao resíduo líquido de sisal, fresco e fermentado, na concentração de 5 %, foram inoculados em mudas de bananeira 'Prata Anã', conforme descrito acima, para verificar a capacidade infectiva dos mesmos. Além do resíduo, os nematoides foram expostos ao nematicida e à água como testemunhas. Dessa forma, o experimento apresentou quatro tratamentos (resíduo fresco, resíduo fermentado, água e nematicida), com cinco repetições em delineamento inteiramente ao acaso.

As plantas foram mantidas em casa de vegetação, em vasos com capacidade para 1 kg de solo misturado com areia na proporção de 1:1 (v/v). Essa mistura foi esterilizada em autoclave a 120°C por 1 hora e 30 minutos, por duas vezes, em dias alternados. Aos 45 dias após a inoculação, as plantas foram coletadas e foram avaliadas as populações de nematoides nas raízes, no solo e total, além do fator de reprodução.

Os nematoides foram extraídos de raízes e do solo, utilizando os métodos propostos por Coolen e D'Herde (1972) e por Jenkins (1964), respectivamente e, em seguida, foram contados. O fator de reprodução (SEINHORST, 1967) foi estimado para cada repetição ($FR = \text{população final/população inicial}$), sendo que a população final correspondeu 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 linear para avaliar o efeito das concentrações do resíduo de sisal. A comparação entre os resíduos e o controle foi feita por meio de contrastes ortogonais. Utilizou-se o programa estatístico SAS (2008) (Statistical Analysis System), versão 9.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio *in vitro* com resíduo líquido de sisal

O resíduo de sisal, fresco e fermentado, causou a imobilidade e mortalidade de *R. similis*, no teste *in vitro*. No entanto, não houve efeito da interação entre as concentrações e o tipo de resíduo. Observou-se, porém, que o efeito simples das concentrações e do tipo de resíduo foi significativo ($p \leq 0,01$).

Houve incremento linear na imobilidade (24 horas) e na mortalidade (48 horas) de *R. similis* em função do aumento das concentrações do resíduo (Figura 1). Não foram avaliadas concentrações mais elevadas que 25 % porque, em estudos preliminares, verificou-se que as plantas de bananeira

'Grand Naine' desenvolveram sintomas de fitotoxicidade, quando tratadas com resíduo de sisal nas concentrações acima de 25 %,.

A concentração mínima aplicada (5 %) causou a imobilidade de 78,9 % dos nematoides e, a cada 1 % de elevação na concentração do resíduo, foi verificado um acréscimo de, aproximadamente, 0,65 % na imobilidade. Para a concentração máxima aplicada de 25 %, a taxa de imobilidade de *R. similis* foi de 91,8 % (Figura 1).

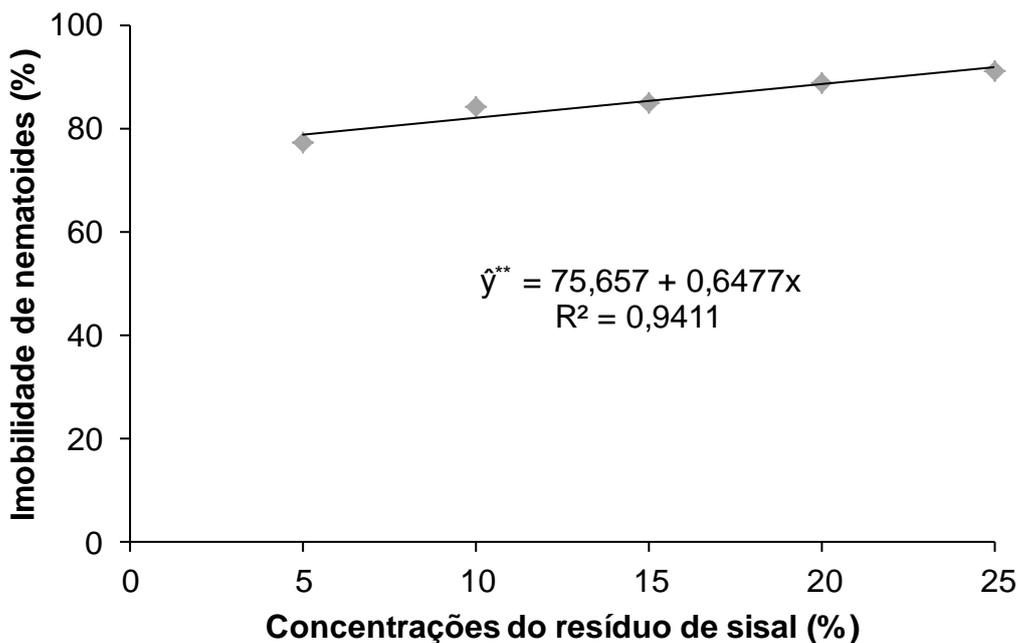


Figura 1. Imobilidade de *Radopholus similis* submetido aos resíduos de sisal fresco e fermentado após 24 horas.

Quanto à mortalidade de *R. similis*, verificou-se, após 48 horas, que a concentração mínima aplicada de 5 % causou a mortalidade de 88,8 % dos nematoides e, um acréscimo de aproximadamente 0,5 % na mortalidade foi observado a cada 1 % de elevação nas concentrações de ambos os resíduos (Figura 2).

Com a aplicação do resíduo a 25 %, verificou-se a mortalidade de 98,2 % dos nematoides (Figura 2). Foi comprovado o efeito nematicida dos resíduos em todas as concentrações, uma vez que os nematoides expostos aos resíduos, quando transferidos para a água, não retomaram a mobilidade.

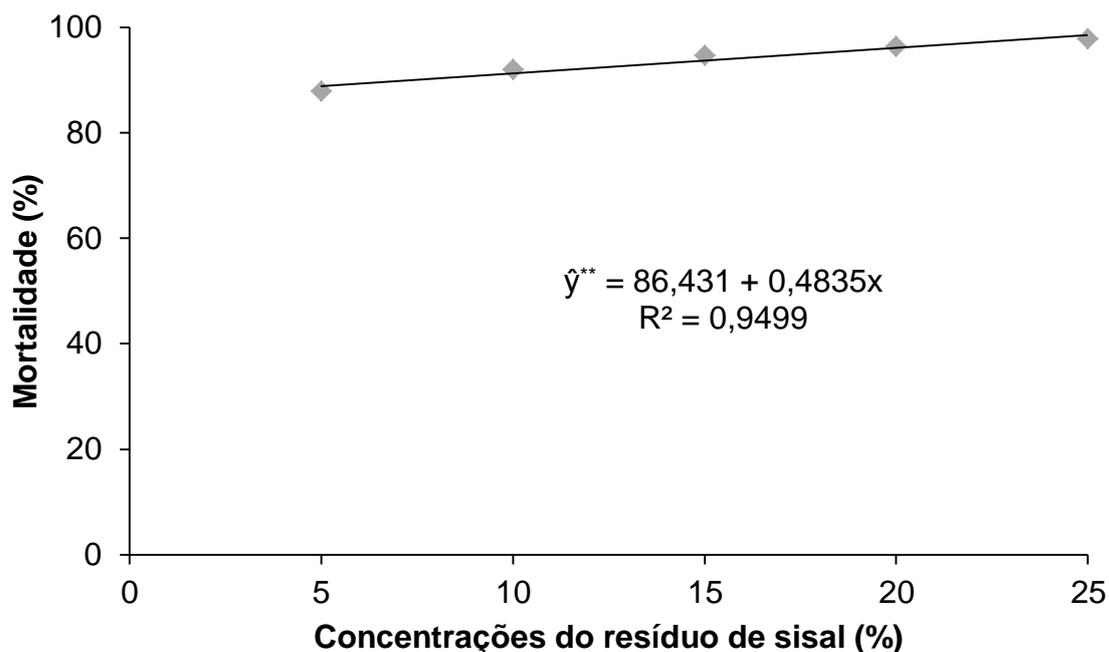


Figura 2. Mortalidade de *Radopholus similis* submetido ao resíduo do sisal fresco e fermentado após 48 horas de exposição.

Após 24 e 48 h em água, as taxas de imobilidade e mortalidade para os nematoides foram de 3,9 e 3,6 %, respectivamente. A partir destes resultados, fica evidente que os resíduos de sisal exerceram efeito tóxico sobre *R. similis*.

Na comparação entre os resíduos fresco e fermentado, nos testes *in vitro*, o primeiro se mostrou mais eficiente em causar a imobilidade (24 horas) e a mortalidade (48 horas) dos nematoides. O resíduo fresco promoveu uma imobilidade, aproximadamente, 13 % superior ao fermentado e uma mortalidade 2,8 % maior (Tabela 1).

Tabela 1. Imobilidade (24 horas) e mortalidade (48 horas) de *Radopholus similis* submetido, *in vitro*, aos resíduos de sisal fresco e fermentado.

Resíduo	24 horas	48 horas
Fresco	92,02 a	95,09 a
Fermentado	78,72 b	92,29 b
CV (%)	4,57	2,76

*Médias seguidas das mesmas letras, na mesma coluna, não diferem pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Apesar das diferenças, pode-se notar que ambos os resíduos foram eficientes e causaram mortalidade dos nematoide superior a 90 % (Tabela 1). Estes resultados sugerem que o resíduo de sisal tem potencial para controlar *R. similis* e que o processo de fermentação do resíduo não degrada os princípios ativos responsáveis pelo controle.

Comparando-se o efeito do resíduo de sisal e do nematicida na imobilidade (24 horas) e mortalidade (48 horas) de *R. similis*, nota-se que o nematicida foi superior ao resíduo, tanto fresco quanto fermentado, em concentrações menores ou igual 20 %. No entanto, não houve diferença entres ambos ($p' > 0,05$) quando se aplicou a maior concentração (25 %), tanto na mobilidade quanto na mortalidade, comprovando assim a ação nematicida deste resíduo líquido (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas dos contrastes (nematicida x concentrações do resíduo) e significância para os parâmetros avaliados no controle de *Radopholus similis* *in vitro*.

Contrastes	Mortalidade	
	24 horas	48 horas
5% X Nematicida	-20.934**	-11.730**
10% X Nematicida	-14.206**	-7.637**
15% X Nematicida	-13.186**	-4.914**
20% X Nematicida	-9.632**	-3.243**
25% X Nematicida	-7.079 ^{ns}	-1.795 ^{ns}

**significativo a 1% ($p' \leq 0,01$) *significativo a 5% ($p' \leq 0,05$) ns- não significativo a 5% ($p' > 0,05$).

Capacidade infectiva dos nematoides tratados com resíduo de sisal

No ensaio conduzido em casa de vegetação para avaliar a capacidade infectiva dos espécimes de *R. similis* tratados *in vitro* com o resíduo de sisal, observou-se que houve efeito significativo ($p' \leq 0,01$) dos tratamentos no controle do nematoide, conforme indicado pelos números de nematoides no solo, nas raízes, total e pelo fator de reprodução.

O resíduo de sisal tanto fresco quanto fermentado foi eficiente na redução da população de nematoides nas raízes de bananeira, uma vez que ambos os tratamentos não diferiram estatisticamente ($p' > 0,05$) do nematicida (Figura 3).

Comparando-se o controle (400 nematoides/raiz) com os tratamentos com o resíduo, pôde-se observar que houve reduções na população de nematoides de 60 e 69 %, respectivamente, com a utilização do resíduo fresco e fermentado (Figura 3).

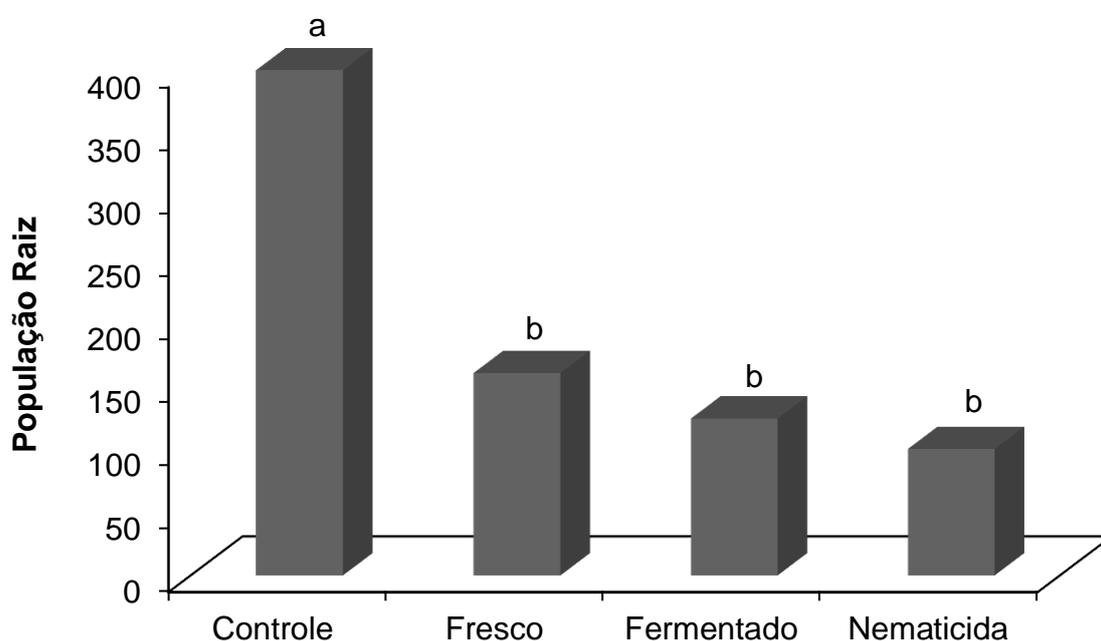


Figura 3. População de *R. similis* nas raízes de bananeira inoculadas com nematoides previamente expostos aos tratamentos *in vitro*.

O mesmo comportamento não foi observado com relação à população de nematoides no solo. O nematicida foi mais eficiente e causou uma redução de aproximadamente 53 % na população final do nematóide no solo, quando comparado ao resíduo fresco ou fermentado. O resíduo de sisal, tanto fresco quanto fermentado, causou uma redução de aproximadamente 15 % na população do nematoide no solo quando comparado ao controle, no entanto, não houve diferença significativa entre ambos (Figura 4).

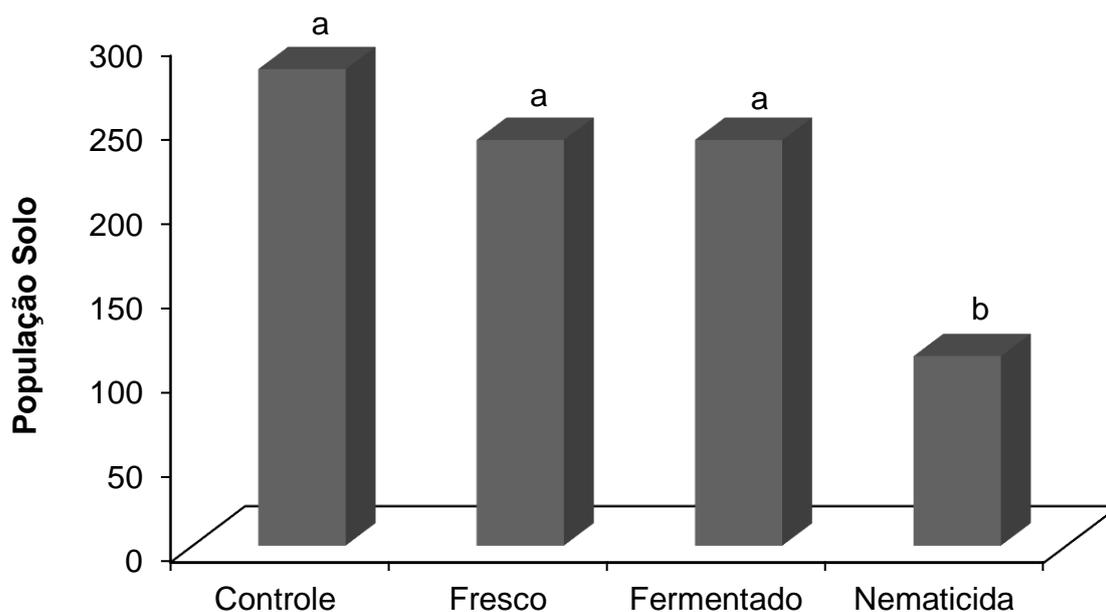


Figura 4. População de *R. similis* no solo onde plantou-se mudas de bananeira inoculadas com nematoides previamente expostos aos tratamentos *in vitro*.

Os resíduos de sisal, tanto fresco quanto fermentado, foram eficientes na redução da população total de *R. similis*, e não diferiram ($p > 0,05$) do nematicida (Figura 5).

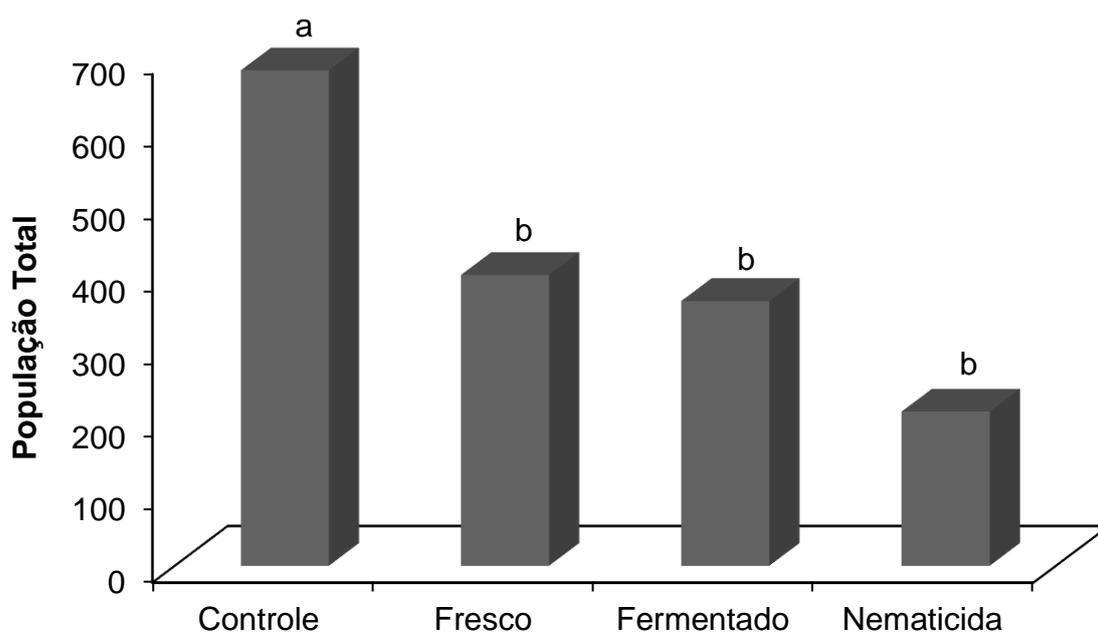


Figura 5. População total de *R. similis*, cujos espécimes foram previamente expostos aos tratamentos *in vitro* e inoculadas em mudas de bananeira.

Comparando-se o controle (602,4 indivíduos) com os tratamentos em que foi utilizado o resíduo, verificou-se que ocorreram reduções na população de 41,3 e 46,6 %, respectivamente, com a utilização do resíduo fresco e fermentado (Figura 5).

Verificou-se redução do fator de reprodução com a utilização do resíduo de sisal. Reduções de 41,36 e 46,64 % foram alcançadas nesta variável quando se aplicou o resíduo fresco e fermentado, respectivamente, em comparação ao controle (Figura 6).

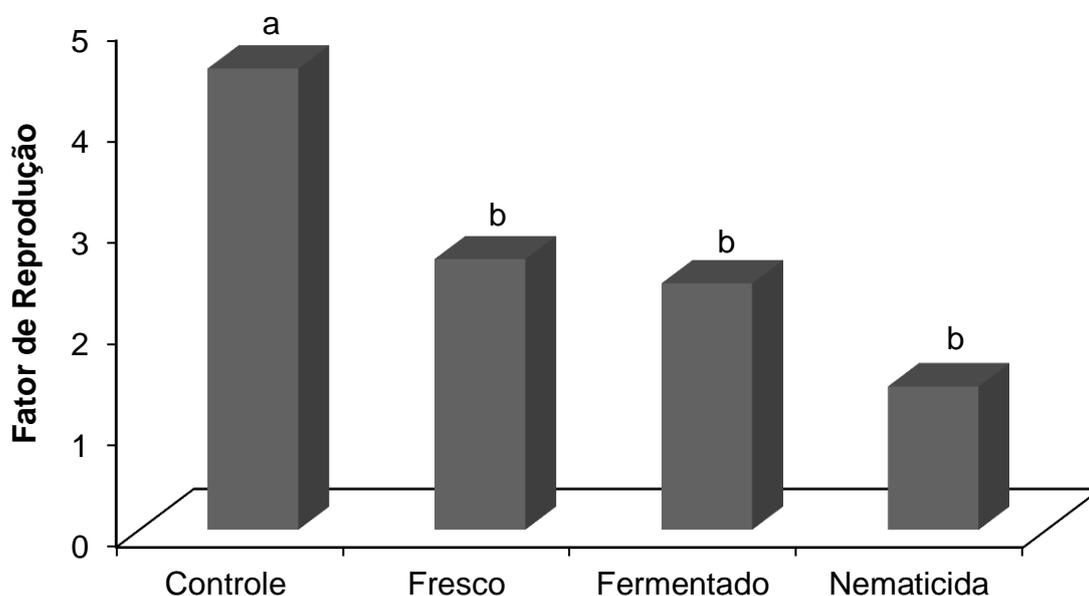


Figura 6. Fator de reprodução *R. similis*, cujos espécimes foram previamente expostos aos tratamentos *in vitro* e inoculadas em mudas de bananeira.

Destaca-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos que avaliaram o uso do resíduo e do nematicida (Figura 6). Este fato evidenciou que houve uma ação residual deste subproduto orgânico nos nematoides que permaneceram viáveis após terem sido submetidos ao resíduo de sisal *in vitro*. Isto fez com que fosse evitado o restabelecimento populacional do nematoide nas dosagens testadas.

DOMINGUES et al., (2010); SILVEIRA et al., (2012); BOTURA et al., (2013) obtiveram, *in vitro*, eficácia anti-helmíntica do resíduo líquido de sisal sobre ovos e larvas de nematoides gastrointestinais de ovinos e caprinos. Diversos trabalhos com nematoides de ruminantes têm demonstrado que

extratos de plantas podem interferir no desenvolvimento (MIN & HART, 2003), na mobilidade de juvenis (ALONSO-DIAZ et al., 2008) e ainda nos adultos (HOUNZANGBE-ADOTE et al., 2005). Silveira et al. (2012), em experimento conduzido *in vitro* para avaliar a influência do resíduo líquido do sisal sobre a eclosão e o desenvolvimento de juvenis de nematoides gastrointestinais de ovinos, verificaram a existência de potencial antiparasitário. Domingues et al. (2010), em ensaios *in vitro* com extrato de sisal, verificaram redução acima de 95% na eclosão de juvenis de *Haemonchus*, um nematoide gastrointestinal.

Quintero (2010) verificou que um produto orgânico, à base de ácido glutâmico, aminoácido e saponinas, apresentou efeito letal para os nematoides expostos a sua ação, observando-se 100% de efeito nematicida. O mesmo resultado foi obtido em experimentos realizados por Olabiyi et al. (2008) que verificaram que os extratos aquosos de espinho-de-cristo (*Euphorbia hirta* L.), quebra-pedra (*Phyllanthus amarus* L.) e fedegoso (*Cassia obtusifolia* L.) a 0,15 e 0,20 g mL⁻¹, ocasionaram até 100% de mortalidade de juvenis de segundo estágio de *M. incognita in vitro*. Ao realizarem análises fitoquímicas nas plantas estudadas, os autores verificaram que estas possuem taninos, flavonoides, alcaloides, esteróis e glicosídeos que podem exercer atividade nematicida.

CONCLUSÕES

A atividade nematicida eficaz do resíduo líquido de sisal fresco e fermentado sobre *R. similis* foi demonstrada no presente trabalho. Este resíduo apresenta potencial para o desenvolvimento de produtos bioativos que podem proporcionar a geração de renda para os agricultores familiares rurais do Semiárido do Estado da Bahia.

Além disso, o desenvolvimento de nematicidas de baixo custo e com impacto ambiental reduzido proporciona a oportunidade de agregar valor aos resíduos de sisal para uso em sistemas agrícolas sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO-DIAZ, M. A.; TORRES-ACOSTA, J. F. J.; SANDOVAL-CASTRO, C. A.; CAPETILLO-LEAL, C.; BRUNET, S. HOSTE, H. Effects of four tropical tanniferous plants extracts on the inhibition of larval migration and the exsheathment process of *Trichostrongylus colubriformis* infective stage.

Veterinary Parasitology.v. 153, p. 197-192, 2008.

AOUDIA, H.; NTALLI, N.; AISSANI, N.; YAHIAOUI-ZAIDI, R.; CABONI, P. Nematotoxic phenolic compounds from *Melia azedarach* against *Meloidogyne incognita*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 60, p. 11675–11680, 2012

BARRETO, 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.

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.; BATATINA, 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.

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 in goats. *Veterinary Parasitology*, v. 192, p. 211-217. 2013. RIDGE

BRIDGE, J.; GOWEN, R. Visual assessment of plant parasitic nematode and weevil damage on bananas and plantain. In: Gold CS, Gemmill B (eds)

Biological and Integrated Control of Highland Banana and Plantain Pests and Diseases, Cotonou, Benin, Africa. p. 147-154. 1993.

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

CONAB. Sisal – safra 2012/2013: comercialização – proposta de ações. Available in: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/pdf>. Acesso em 27 de Dezembro, 2013.

COOLEN, N. W.; D'HERDE, C. J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **State Agricultural Research Centre**, Belgium. 1972.

DOMINGUES, L. F.; BOTURA, M. B.; CRUZ, A. C. F.; YUKI, C. C.; SILVA, G. D.; COSTA, M. S.; MOREIRA, E. L. T.; MENESES, I. D. S.; BRANCO, A.; ALMEIDA, M. G. A. R.; 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**. 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.

ELSEN, A.; STOFFELEN, R.; THI TUYET, N.; BAIMEY, H.; BOULOIS, H. D. de.; WAELE, D. D. *In vitro* screening for resistance to *Radopholus similis* in *Musa* spp. **Plant Science**. v. 163, p. 407- 416, 2002.

GULERIA, S.; KUMAR, A. Antifungal activity of *Agave americana* leaf extract against *Alternaria brassicae*, causal agent of *Alternaria blight* of Indian mustard (*Brassica juncea*). **Archives of phytopathology and Plan Protection**. v.42 n.4, p. 370-375, 2009.

HOUNZANGBE-ADOTE, M. S.; PAOLINI, V.; FOURASTE, I.; MOUTAIROU, K.; HOSTE, H. *In vitro* effects of four tropical plants on three life-cycle stages of the parasitic nematode, *Haemonchus contortus*. **Research in Veterinary Science**. v. 78, p. 155-160. 2005.

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

MAI, W. F.; MULLIN, P. G. Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera. **Cornell University Press**, Ithaca. 1996.

MIN, B. R.; HART, S. P. Tannin suppression internal parasites. **J. Anim Sci**. v. 81, p. 102-109. 2003.

OKA, Y.; NACAR, S.; PUTIEVSKY, E.; RAVID, U.; ZOHARA, Y.; SPIEGEL, Y. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root nematode. **Nematology**. v. 90, p. 710-715. 2000.

OLABIYI, T. I.; OYEDUMADE, E. E. A.; IBIKUNLE, G. L.; OJO, O. A.; ADESINA, G. O.; ADELASOYE, K. A.; OGUNNIRAN, T. A. Chemical composition and bio-nematicidal potential of some weed extracts on *Meloidogyne incognita* under laboratory conditions. **Plant Sci Res**. v. 1, p. 30-35. 2008

QUINTERO, E. I. Q. Insumos e Indicadores Biológicos em Agrossistemas com Bananeiras. **Tese** em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 120 f. 2010.

SARAH, J. L.; PINOCHET, J.; STANTON, J. The burrowing nematode of bananas, *Radopholus similis* Cobb, 1913. **Musa Pest Fact Sheet** No. 1, INIBAP, Montpellier, France, 1996.

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

SEINHORST, J. W. The relationships between population increase and population density in plant-parasitic nematodes. II. Sedentary nematodes. **Nematologica**. v. 13. P. 157-171. 1967.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M. L. Saponinas. In: Simões CMO, Schenkel EP, Gosmann G, Mello JCP, Mentz, LA, Petrovick, PR. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFSC, p. 711-740. 2010.

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.

SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. R. F.; COUTINHO, W. M. Cultivo de Sisal na região semi-árida do Nordeste brasileiro. Campina Grande: **EMBRAPA Algodão**. p. 42. 2006.

WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J. F.; FERRER. A.; PEIGNÉ. J. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agron Sustain Dev**. v. 34, p. 1-20. doi: 10.1007/s13593-013.0180-7. 2014.

CAPÍTULO 2

CONTROLE DO NEMATOIDE CAVERNÍCOLA DA BANANEIRA COM RESÍDUO LÍQUIDO DE SISAL¹

¹ Artigo publicado no Periódico Agronomy for Sustainable Development.

Controle do nematoide cavernícola da bananeira com resíduo líquido de sisal

Autores: Fábio N. Jesus; Josilda C. A. Damasceno; Dimmy H. S. G. Barbosa; Ricardo Malheiro; José A. Pereira e Ana Cristina F. Soares

RESUMO: A atividade nematicida do resíduo líquido (fermentado e fresco) extraído do desfibramento de folhas de sisal foi avaliado para o controle de *Radopholus similis* em bananeira. O efeito de imobilidade e mortalidade foram avaliados *in vitro*, após a imersão no nematoide no resíduo fresco e fermentado, nas concentrações de 0, 5, 10, 15, 20 e 25%. O nível de dano às raízes das plantas e a redução da população do nematoide foram avaliados em casa de vegetação em bananeiras 'Grand Naine', com a aplicação dos resíduos no solo nas mesmas concentrações. As seguintes características foram avaliadas: altura, diâmetro do pseudocaule, número de folhas, massas das matérias secas da parte aérea, do rizoma e das raízes, e as seguintes características relacionadas com o controle de nematoides: população de *R. similis* nas raízes e no solo e fator de reprodução do nematoide. Os resíduos líquidos fresco e fermentado mostraram-se eficientes no controle de *R. similis* em condições *in vitro* e em bananeiras avaliadas em casa de vegetação. Não houve diferença significativa nos danos causados por *R. similis* em plantas tratadas com o resíduo de sisal, tanto fresco quanto fermentado, na concentração de 25%, em comparação com as plantas tratadas com o nematicida sintético recomendado. No entanto, o resíduo fermentado de sisal causou sintomas de toxicidade nas bananeiras. Este subproduto do desfibramento das folhas de sisal apresenta potencial para o desenvolvimento de tecnologias para a sua utilização em áreas infestadas por *R. similis*.

Palavras-chaves: Atividade nematicida; *Musa* spp., controle cultural

Control of the banana borrowing nematode using sisal liquid residue

Autores: Fábio N. Jesus; Josilda C. A. Damasceno; Dimmy H. S. G. Barbosa; Ricardo Malheiro; José A. Pereira e Ana Cristina F. Soares

ABSTRACT: The nematicidal activity of the liquid residue (fermented and fresh) from sisal leaf decortication process, was evaluated for controlling *Radopholus similis* *in vitro* and *in vivo* in banana plants. The immobility and mortality effect were evaluated *in vitro* after nematode immersion in fresh and fermented residue, at the concentrations of 0, 5, 10, 15, 20 and 25 %. The levels of plant damage and reduction in nematode population were evaluated under greenhouse conditions in banana plants from 'Grand Naine' cultivar, with soil amendment of the same residue concentrations. The following features were evaluated: plant growth, pseudostem diameter, number of leaves, dry weight of aerial parts, corm and roots, as well as features related to nematode control, such as levels of damage, population of *R. similis* in roots and soil, and nematode reproduction factor. Sisal liquid residue fresh and fermented showed efficient control of *R. similis* under *in vitro* conditions and in banana plants evaluated in a greenhouse. There was no significant difference in the damage caused by *R. similis* in plants treated with sisal residue, both fresh and fermented, at concentration of 25%, compared to plants treated with the recommended synthetic nematicide. However, the fermented sisal residue caused symptoms of toxicity in banana plants. This is the first report of the nematicidal effect of sisal liquid residue as a sub-product of leaf decortication, against the banana burrowing nematode *R. similis*. This sub-product presents the potential for the development of new alternatives for nematode control.

Keywords: nematicidal activity; *Musa* spp.; cultural control.

INTRODUÇÃO

Dentre as diversas espécies de fitonematoides que ocorrem na bananicultura, *Radopholus similis*, conhecido como nematoide cavernícola, assume papel de destaque por causar maior dano à cultura (QUÉNÉHERVÉ, 2009). Esta espécie se caracteriza pela produção de lesões no córtex das raízes que interferem na capacidade das plantas de captarem nutrientes, o que provoca redução no desenvolvimento do cacho, menor produção e, por fim, tombamento e morte da planta (ARAVIND et al., 2010).

O controle dos nematoides tem sido, geralmente, baseado na utilização de tratamentos químicos (CANDIDO et al., 2008). No entanto, há muitos problemas relacionados ao uso destes produtos químicos, entre estes, o efeito negativo sobre os organismos benéficos, a contaminação das águas subterrâneas e o risco à saúde dos produtores e consumidores (LÓPEZ-LIMA et al., 2013).

Diante deste contexto, a utilização de resíduos orgânicos ou subprodutos da agricultura para o controle de fitonematoides, em substituição aos nematicidas convencionais, constitui-se numa preocupação mundial (FERRAZ & FREITAS 2004).

Compostos bioativos de origem vegetal têm potencial de ação como agentes de controle de pragas e de micro-organismos patogênicos, pela facilidade de obtenção, pelo baixo custo e por minimizarem os problemas apresentados pelos produtos químicos sintéticos (MORAIS et al., 2009). Dentre estes subprodutos, o resíduo líquido do sisal apresenta potencial para ser utilizado no controle de nematoides devido à riqueza de compostos bioativos presentes na sua composição.

Por causa da excelente adaptação do sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm) ao Semiárido do Nordeste brasileiro, esta planta se tornou imprescindível à economia de vários municípios, por ser a principal base de subsistência econômica de grande parte das famílias produtoras de sisal. O Brasil é o maior produtor e exportador de sisal do mundo e a Bahia é responsável por 95,5 % da produção nacional (CONAB, 2013).

Uma das características da produção de sisal consiste do pouco aproveitamento de 96 % do peso total da planta, constituídos de resíduos

sólidos e aquosos. A maior parte deste resíduo é desprezada nas propriedades rurais, sem qualquer tratamento. Isso ocorre porque as fibras que são o único produto de interesse do cultivo de sisal, mas representam apenas 4% da massa da folha (SUINAGA et al. 2006).

Alguns relatos na literatura já constataram o potencial de plantas do gênero *Agave* no controle de nematoides em caprinos e ovinos (Silveira et al., 2012; Botura et al., 2011; Domingues et al., 2010).

O resíduo líquido do sisal tem como principais constituintes, a partir do metabolismo secundário, alcaloides, saponinas, terpenos, compostos fenólicos e glicosídeos (Francis et al., 2002). Essas substâncias que estão relacionadas principalmente a mecanismos de defesa das plantas podem apresentar efeito nematicida. Diante deste contexto, o estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o resíduo de sisal para o controle de *R. similis* em mudas de bananeira 'Grand Naine' em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção, identificação, manutenção e multiplicação das populações de *Radopholus similis*

A população de *R. similis* foi obtida de amostras de solo e de raízes coletadas em lavouras comerciais de bananeiras infestadas, no Município de Bom Jesus da Lapa, BA. As amostras de solo e de raízes foram processadas no Laboratório de Nematologia da Embrapa, por meio das metodologias de Jenkins (1964) e de Coolen e D'Herde (1972), respectivamente. Após a extração dos nematoides, foi feita a identificação com base em caracteres morfológicos (Mai e Mullin, 1996).

Após a identificação e contagem dos nematoides, foi feita a inoculação das bananeiras 'Prata Anã', depositando-se 800 indivíduos próximo às raízes. As mudas de bananeira foram obtidas no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Essas mudas foram multiplicadas por técnicas de micropropagação *in vitro*, na Empresa da biotecnologia vegetal Campo, localizada na sede da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia.

Após o período de aclimação, as mudas foram transplantadas para vasos que continham 3,0 kg de uma mistura de solo e areia, na proporção 2:1 (v/v), esterilizada em autoclave a 120°C por 1,5 h, em dois dias consecutivos. As mudas inoculadas foram mantidas em casa de vegetação, situada no *Campus* da UFRB em Cruz das Almas, pelo período de quatro meses, com irrigação diária, para a multiplicação dos nematoides.

Os espécimes de *R. similis* foram extraídos das raízes de bananeira pelo método de Coolen e D'Herde (1972). Fez-se a contagem dos nematoides na suspensão obtida, em câmara de Peters, com microscópio óptico, tendo o número de espécimes sido ajustado para 150 por mL, mediante diluição com água destilada esterilizada.

Obtenção do resíduo líquido fresco e fermentado de sisal

O suco (extrato bruto) foi obtido, no campo, durante o processo de desfibramento das folhas de sisal no município de Valente, BA. O resíduo sólido foi retirado da máquina de desfibramento, com uma pá de aço inoxidável, foi imediatamente prensado para remoção da parte sólida e a parte líquida do resíduo foi transferida para sacos de plástico. Estes foram colocados em isopor com gelo e transportados para o Laboratório de Microbiologia Agrícola da UFRB, onde foram congelados em freezer comum, a -20°C, até a utilização nos estudos.

O resíduo líquido fresco foi colocado em recipientes fechados, mantido em temperatura ambiente ($28\pm 2^\circ\text{C}$), durante 4 dias para que ocorresse a fermentação. Com esse procedimento, foi obtido o resíduo líquido fermentado que, em seguida, foi armazenado em freezer a -20°C.

Controle de *Radopholus similis* com resíduo líquido de sisal

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, no período de 15 de dezembro a 22 de fevereiro, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no Município de Cruz das Almas, BA. As coordenadas geográficas são latitude 12°39'11"S, longitude 39°07'19"W e altitude de 212m; o clima é Tropical Quente e Úmido e o solo utilizado foi do tipo Latossolo Amarelo.

Instalou-se um ensaio com o resíduo de sisal líquido fresco e fermentado. A cultivar de bananeira utilizada foi 'Grand Naine', cujas mudas foram obtidas por micropropagação em cultura de tecido, na Empresa de biotecnologia vegetal Campo, sediada na Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Após 30 dias de aclimação em temperatura ambiente, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 3 L, contendo a mistura de solo e areia, na proporção de 2:1, esterilizados em autoclave a 120° C por 1 hora e 30 minutos, em dois dias consecutivos. Aos 20 dias após o transplante, fez-se a inoculação de cada uma das mudas com 800 espécimes de *R. similis*.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 6x2+1, com seis concentrações de resíduo (0, 5, 10, 15, 20 e 25 %), dois tipos de resíduos (fresco e fermentado) e uma testemunha (nematicida Carbofuran - Furadan 350 SC, a 50 mg i.a.L⁻¹), totalizando treze tratamentos, com dez repetições. A parcela experimental foi constituída por uma planta por vaso.

Foram incorporados ao solo, 100 mL do resíduo líquido por vaso, nas diferentes concentrações obtidas por diluição em água. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com irrigação diária e, quarenta e cinco dias após a inoculação, as plantas foram coletadas e avaliadas quanto à altura, diâmetro do pseudocaule, número de folhas, massas das matérias secas da parte aérea, do rizoma e das raízes. A percentagem de necrose nas raízes foi avaliada usando a escala de Bridge e Gowen (1993).

Os nematoides foram extraídos do solo e das raízes, utilizando os métodos propostos por Jenkins (1964) e por Coolen e D'Herde (1972), respectivamente, e, em seguida, foram contados. O Fator de Reprodução (Seinhorst, 1967) foi estimado para cada repetição ($FR = \text{população final} / \text{população inicial}$), sendo que a população final correspondeu 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 linear para avaliar o efeito das concentrações do resíduo de sisal. A comparação entre os resíduos e o controle foi realizada por meio de contrastes

ortogonais. Utilizou-se o programa estatístico SAS (2008) (Statistical Analysis System), versão 9

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das bananeiras apresentou comportamento quadrático, observando-se um maior porte à medida que se elevou a concentração do resíduo até a concentração máxima estimada, que foi de 14,8 % para o resíduo fresco e 8,32 % para o resíduo fermentado. Estas concentrações promoveram alturas de 26,5 e 23,2 cm, respectivamente. Comparando-se estas médias com aquelas obtidas no controle (0% de resíduo), destacam-se incrementos de 16,7 e 6,5 % na altura das plantas com a aplicação dos resíduos fresco e fermentado, respectivamente (Figura 1).

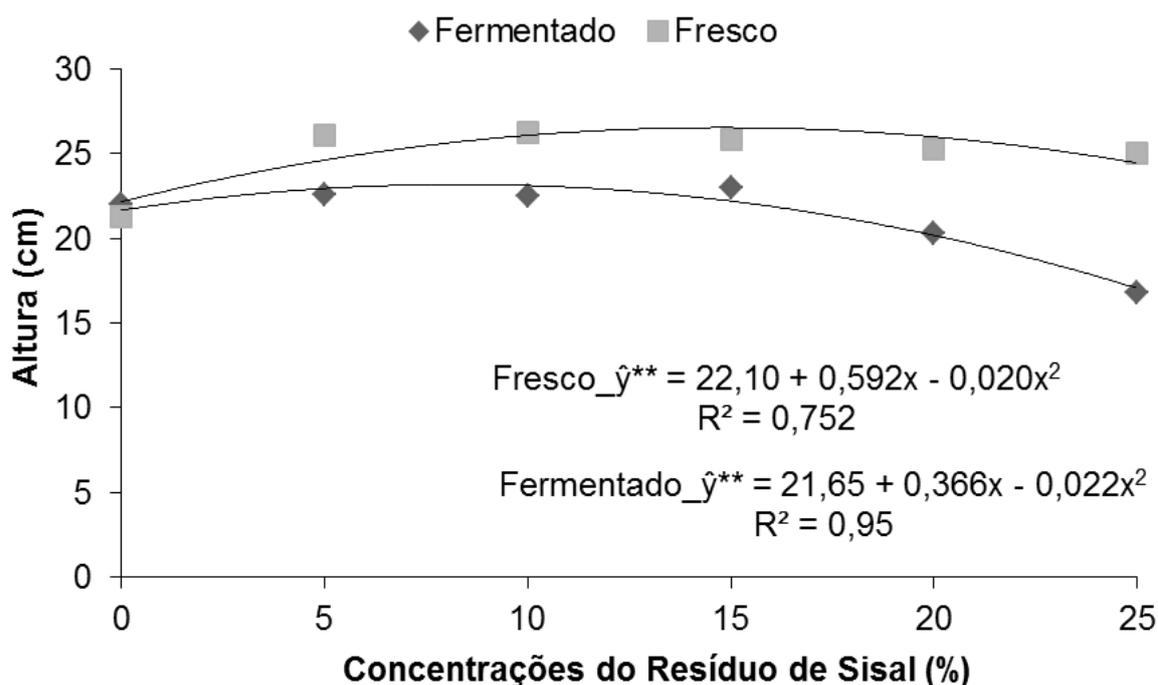


Figura 1. Altura das bananeiras inoculadas com *R. similis* e submetidas a concentrações de resíduo de sisal fresco e fermentado.

O resíduo fresco foi mais eficiente que o fermentado em todos os tratamentos e, houve um aumento na diferença entre ambos, à medida que se elevaram as concentrações. Com a aplicação da concentração de 5 %, o resíduo fresco promoveu incremento de 6,6 % na altura em relação ao

fermentado e, com a aplicação de 25 %, o resíduo fresco promoveu incremento de 30,1 % em relação ao fermentado (Figura 1).

Houve aumento no diâmetro do pseudocaule das bananeiras à medida que se aumentou a concentração do resíduo até a concentração máxima estimada, que foi de 10,3 % para o resíduo fresco e 6 % para o resíduo fermentado. Estas concentrações promoveram diâmetros de 1,96 e 1,74 cm, respectivamente. Comparando-se estas médias com aquelas obtidas no controle (0 % de resíduo), destacam-se incrementos de 11 e 2,1 % no diâmetro do pseudocaule com a aplicação dos resíduos fresco e fermentado, respectivamente, indicando que o resíduo fresco foi mais eficiente que o fermentado com relação a esta variável (Figura 2).

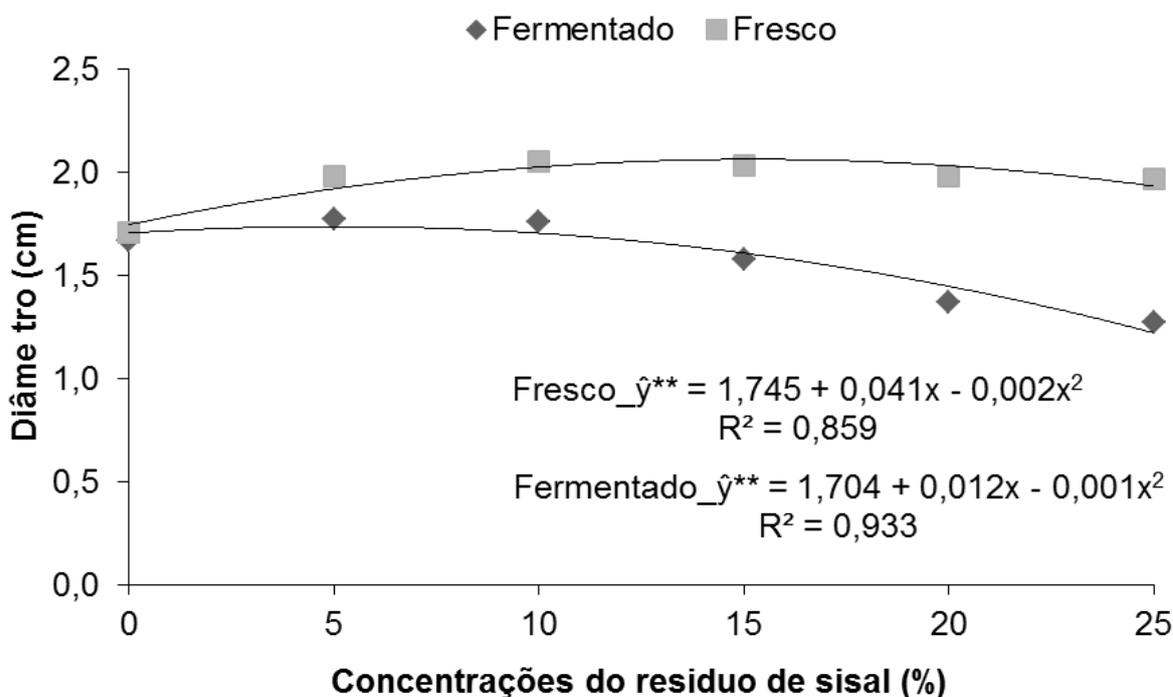


Figura 2. Diâmetro do pseudocaule das bananeiras inoculadas com *R. similis* e submetidas aos resíduos do sisal fresco e fermentado.

A aplicação dos resíduos de sisal, tanto fresco quanto fermentado, provocou redução linear no número de folhas das bananeiras com a elevação das concentrações. Verificou-se que a cada 1 % de elevação na concentração do resíduo houve reduções de 0,017 e 0,133 folhas, para os resíduos fresco e fermentado, respectivamente (Figura 3).

A comparação entre os resíduos permitiu constatar que o fresco proporcionou, às bananeiras, maior número de folhas em todas as concentrações quando comparado com o fermentado, e que a elevação das concentrações aumentou a diferença entre ambos. Nota-se que, na concentração mínima aplicada (5 %), as mudas tratadas com o resíduo fresco apresentaram 7,6 folhas e com o fermentado 7,1 folhas, enquanto que, na concentração máxima aplicada (25 %), verificaram-se médias de 7,3 e 4,4 folhas para os resíduos fresco e fermentado, respectivamente (Figura 3).

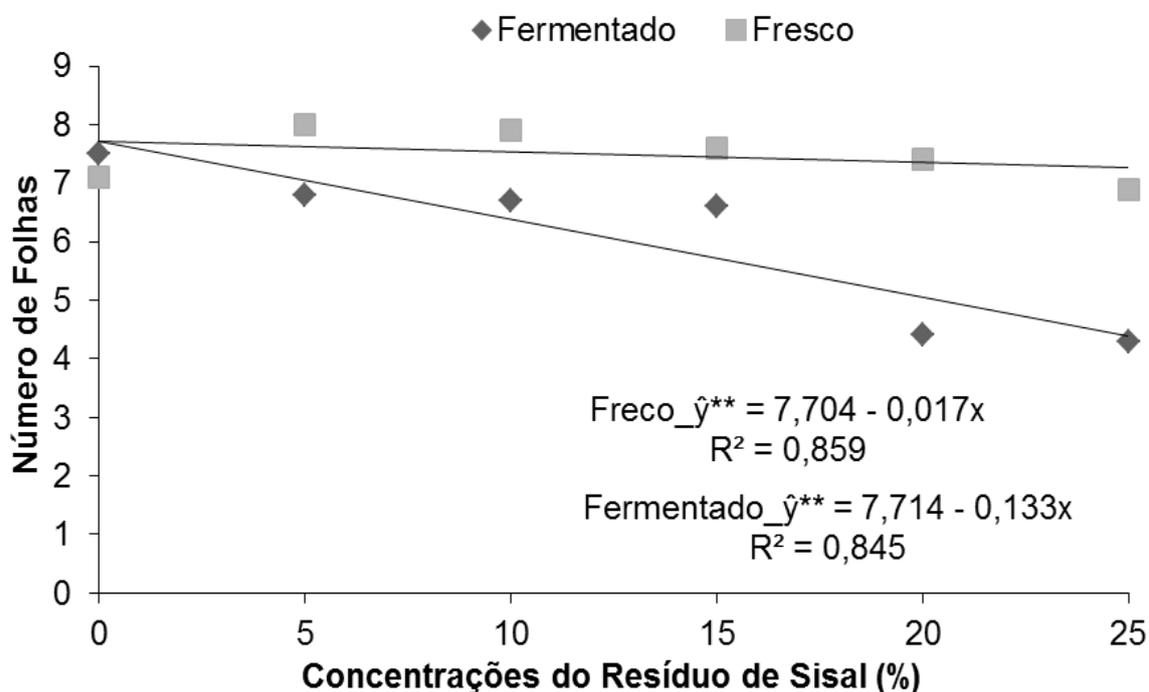


Figura 3: Número de folhas de bananeira inoculadas com *R. similis* e submetidas a concentrações de resíduo do sisal fresco e fermentado.

Houve uma elevação na massa da matéria seca da parte aérea da bananeira com a aplicação do resíduo fresco, até a concentração estimada de 18 %, que promoveu massa seca de 7,7 g, correspondente a um incremento de 29,3 %, quando comparado com o tratamento controle 0 % (sem resíduo) (Figura 4).

As mudas tratadas com o resíduo fermentado não apresentaram o mesmo comportamento, notando-se uma redução linear na massa da matéria seca da parte aérea com a elevação das concentrações do resíduo. A cada 1 % de elevação na concentração do resíduo fermentado houve redução de

0,11 g (Figura 4). Comparando-se os resíduos fresco e fermentado, verificou-se que o fresco foi mais eficiente em todas as concentrações para este característica (Figura 4).

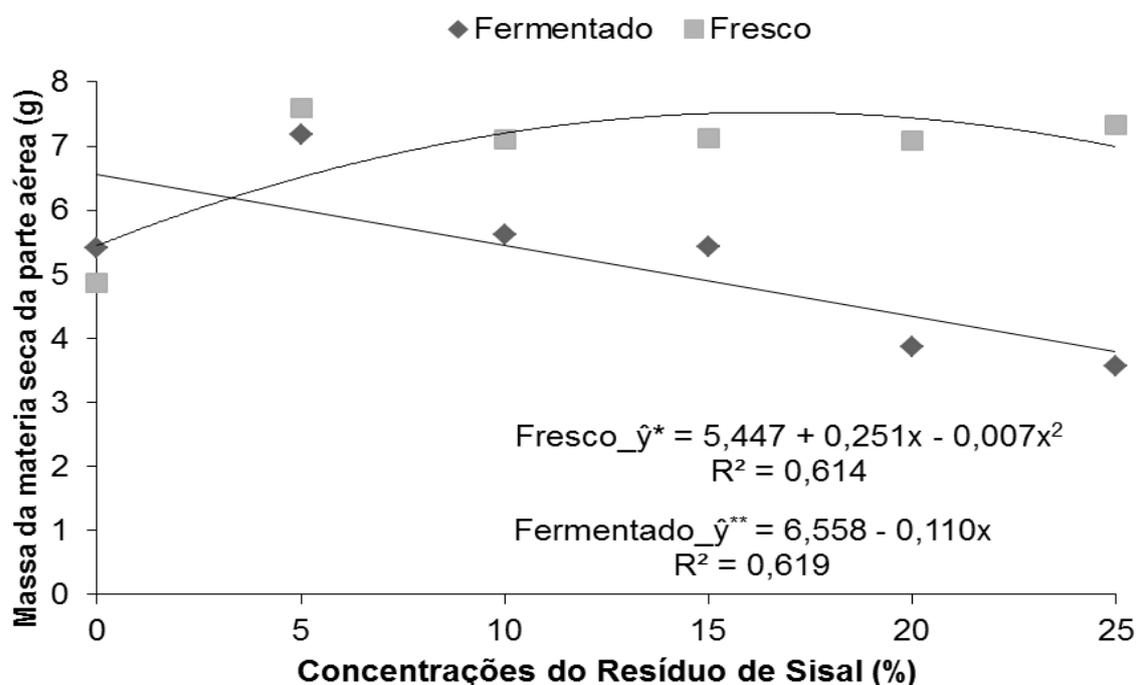


Figura 4. Massa da matéria seca da parte aérea de bananeiras inoculadas com *R. similis* e submetidas a concentrações de resíduo de sisal fresco e fermentado.

As plantas tratadas com os resíduos fresco e fermentado apresentaram comportamentos distintos com relação a massa da matéria seca do rizoma. A aplicação do resíduo fresco promoveu aumento na massa. Entretanto, houve redução linear com a aplicação do resíduo fermentado (Figura 5).

A maior massa da matéria seca do rizoma foi obtida para concentração estimada de 14,8 %, que promoveu massa seca de 10,2 g, correspondente a um incremento de 39,1 %, quando comparado com o tratamento controle 0 % (sem resíduo) (Figura 5).

A aplicação do resíduo fresco promoveu efeito superior ao fermentado, em todas as concentrações, para esta variável. Comparando-se a concentração de 10 %, nota-se que o resíduo fresco promoveu incremento de 43,5 % quando comparado ao fermentado (Figura 5).

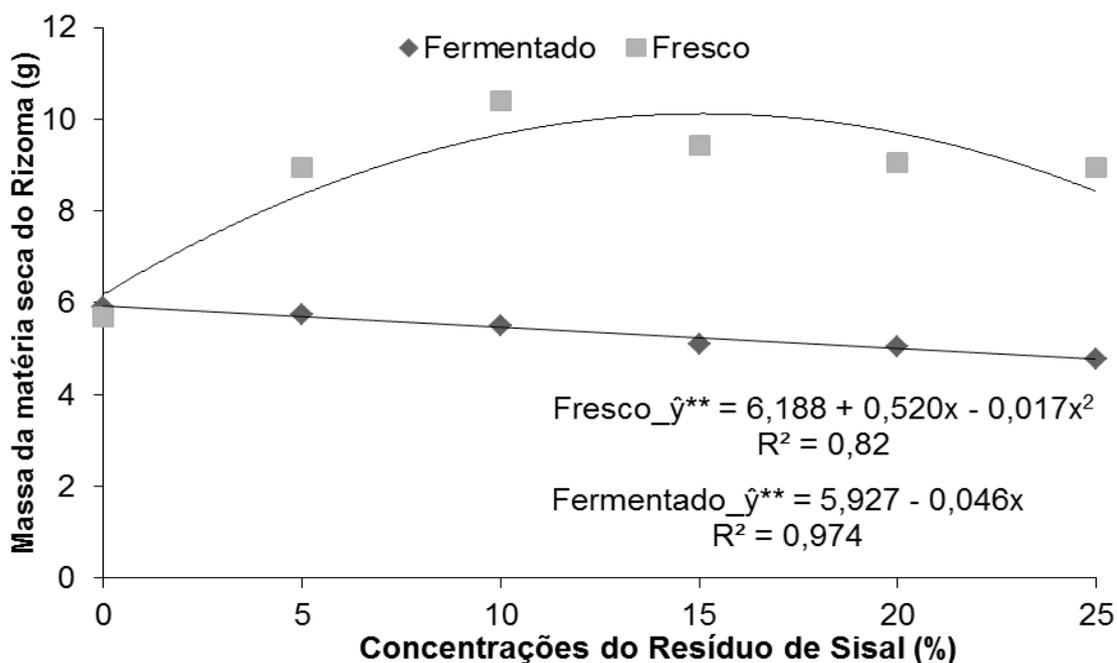


Figura 5. Massa da matéria seca do rizoma de bananeiras inoculadas com *R. similis* e submetidas a concentrações de resíduo de sisal fresco e fermentado.

Houve elevação na massa da matéria seca das raízes com a aplicação do resíduo fresco até a concentração estimada de 14,4 %, que promoveu uma massa seca de 36,4 g, correspondente a um incremento de 29,6 %, quando se comparou este tratamento ao controle (0 %) (Figura 6).

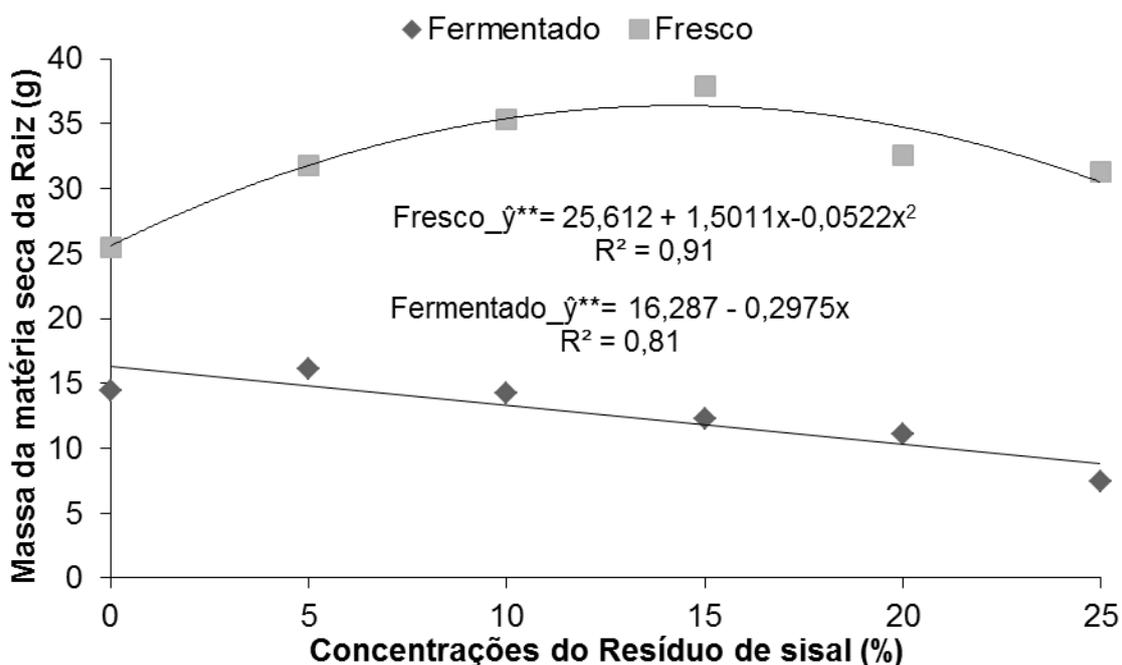


Figura 6. Massa da matéria seca das raízes de bananeiras inoculadas com *R. similis* e submetidas a concentrações de resíduo de sisal fresco e fermentado.

As mudas tratadas com o resíduo fermentado não apresentaram o mesmo comportamento, notando-se uma redução linear na massa da matéria seca da parte aérea das mesmas, com a elevação das concentrações do resíduo. Verificou-se que a cada 1% de elevação na concentração do resíduo fermentado houve redução de aproximadamente 0,3 g na massa seca. Comparando-se os resíduos fresco e fermentado, notou-se que o fresco foi mais eficiente em todas as concentrações para esta variável (Figura 6).

Comparando-se o efeito do resíduo de sisal e do nematicida no crescimento das plantas, nota-se que não houve diferença significativa entre o resíduo de sisal e o nematicida, nas concentrações até 20%, para a altura de plantas, até 15% para o número de folhas e até 5 % para a massa da matéria seca da parte aérea. Entretanto, o tratamento com nematicida foi superior ao resíduo em todas as concentrações para as variáveis, diâmetro do pseudocaule, massas das matérias secas das raízes e do rizoma (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas dos contrastes (nematicida x concentrações do resíduo) e significância para as variáveis avaliadas no controle de *Radopholus similis in vivo* (ALT- altura, DPC – diâmetro do pseudocaule, NF- número de folhas, MMSR – massa da matéria seca das raízes, MMSRZ – massa da matéria seca dos rizomas, MMSPA – massa da matéria seca da parte aérea = MMPA – massa da matéria seca da parte aérea).

CONTRASTES	ALT	DPC	NF	MMSR	MMSRZ	MMPA
5% X Nematicida	0,125 ^{ns}	-0,395 ^{**}	-0,900 ^{ns}	-15,155 ^{**}	-1,625 ^{**}	-1,046 ^{ns}
10% X Nematicida	0,175 ^{ns}	-0,365 ^{**}	-1,000 ^{ns}	-16,328 ^{**}	-1,006 ^{**}	-2,061 ^{**}
15% X Nematicida	0,225 ^{ns}	-0,465 ^{**}	-1,200 [*]	-16,011 ^{**}	-1,702 ^{**}	-2,147 ^{**}
20% X Nematicida	-1,400 ^{ns}	-0,595 ^{**}	-2,400 ^{**}	-19,245 ^{**}	-1,917 ^{**}	-2,956 ^{**}
25% X Nematicida	-3,275 ^{**}	-0,650 ^{**}	-2,700 ^{**}	-21,726 ^{**}	-2,101 ^{**}	-2,956 ^{**}

** - significativo a 1% ($p \leq 0,01$) * - significativo a 5% ($p \leq 0,05$) ns- não significativo a 5% ($p > 0,05$).

A comparação das variáveis de crescimento (altura, diâmetro do pseudocaule, massa da matéria seca da parte aérea, massa da matéria seca do rizoma e das raízes) das plantas que receberam a aplicação do resíduo de sisal fresco com aquelas do tratamento controle (0%), indica um efeito positivo decorrente da aplicação deste resíduo.

Guedira et al. (2004) verificaram que após a infecção por *R. similis*, houve redução significativa da altura, do diâmetro do pseudocaule e acúmulo de massa seca da parte aérea e das raízes, quando se compararam estas variáveis entre diploides de bananeira e mudas de 'Grand Naine'. Resultados semelhantes foram obtidos por Nasu, et al (2010) ao testar o subproduto obtido de *Manihot esculenta* Crantz em tomateiros infectados com *M. incognita*. Estes autores verificaram o maior acúmulo de massa seca para os tratamentos com as concentrações de 25 e 50 %, em comparação com o controle (0 %).

Comerlato (2009) avaliou o mesmo subproduto de *Manihot esculenta* Crantz, no controle do nematoide dos cistos em soja, observou que, para a variável altura de plantas, o tratamento a 25 % foi o mais eficiente, com aumento de 57,7 % em relação à testemunha com apenas água.

O mesmo comportamento não ocorreu nas bananeiras tratadas com o resíduo fermentado. Estas apresentaram decréscimo linear nas massas das matérias secas da parte aérea, das raízes e do rizoma, com a elevação das concentrações do resíduo, demonstrando que este resíduo foi fitotóxico. Isto pode ter ocorrido por causa do processo de fermentação que, provavelmente, elevou a concentração de ativos que apresentam maior potencial fitotóxico.

Mian e Rodríguez-Kábana (1982) verificaram que compostos ricos em taninos e fenóis (ácido tanínico, pó de café, folhas de azevinho (*Ilex opaca* Ait.) e cascas de nozes de pecan (*Carya ilinoensis* (Wang.) K. Koch) reduziram o número de galhas causadas por *M. arenaria* em abobrinha (*Curcubita pepo* L.). O tratamento com ácido tanínico reduziu a população de *M. arenaria*, mas também causou severa fitotoxicidade.

Ribeiro et al. (2012), testando o pó obtido da casca e polpa externa de pequi (*Caryocar brasiliense*) no controle do nematoide-das-galhas em tomateiro, verificaram que, ao aumentar as concentrações do pó até 30%, houve redução de 55% e 52% na altura e na massa seca da parte aérea, respectivamente, em relação à testemunha. Em concentrações superiores, os autores observaram fitotoxicidade.

Os dados de crescimento são importantes, pois são indicativos do controle que o resíduo pode estar exercendo sobre os nematoides. Sabe-se que estes patógenos afetam o desenvolvimento da planta, diminuindo a absorção e o transporte de água e de nutrientes, sendo responsáveis por

danificarem o sistema radicular e o rizoma das bananeiras (UMAÑA, 2002; POCASANGRE, 2002). Dessa forma, subentende-se que uma planta mais vigorosa esteja sofrendo a ação dos nematoides em menor intensidade, indicando que esteja ocorrendo o controle pela redução populacional ou pela menor capacidade de infecção dos nematoides.

Ambos os resíduos reduziram, de forma significativa, os danos causados nas raízes. Constataram-se decréscimos de 80 e 90 % nos danos causados pelo nematoide nas raízes, com o uso dos resíduos de sisal fresco e fermentado, respectivamente, com a aplicação da concentração estimada de aproximadamente de 17% para ambos os resíduos, comparando com o tratamento que não recebeu o resíduo (0%) (Figura 7).

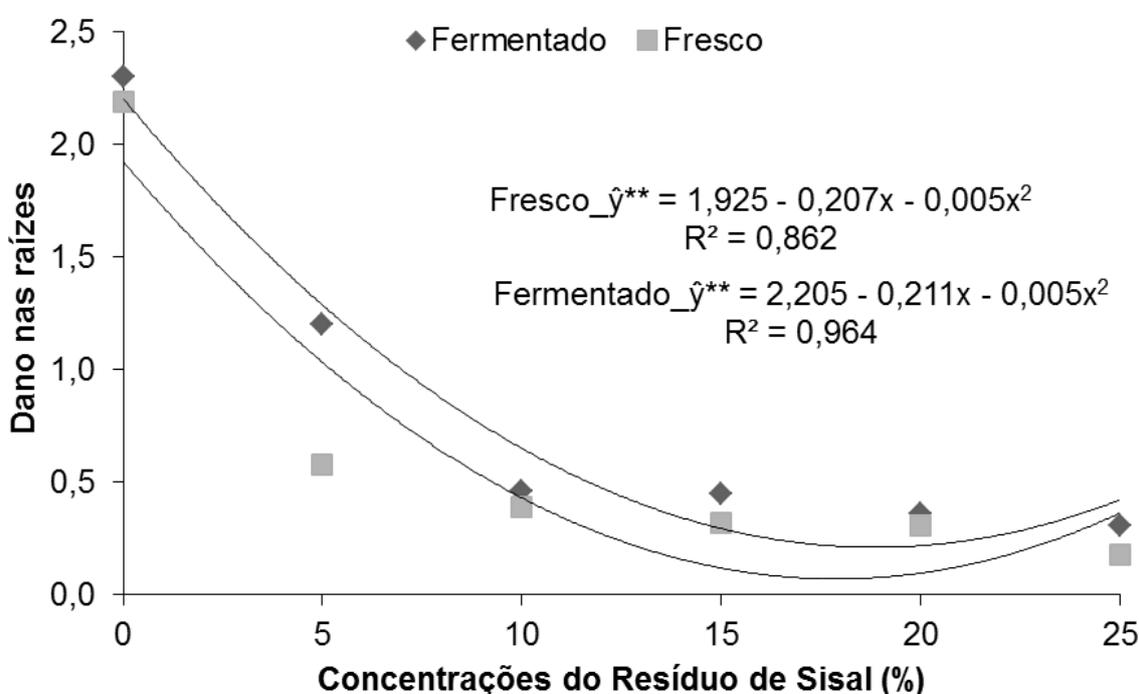


Figura 7. Dano nas raízes de bananeira inoculadas com *R. similis* e submetidas a concentrações de resíduo de sisal fresco e fermentado.

Os danos representam o grau de lesões provocadas pelo nematoide nas células do córtex das raízes da bananeira. Nas raízes infectadas, as lesões necróticas observadas nessas células são sintomas típicos da infecção por nematoides endoparasitas, principalmente, os do gênero *Radopholus* (KIMATI et al., 2005). Sabe-se que, em condições avançadas de infecção, o sistema radicular fica comprometido e provoca o tombamento das plantas. Dessa

forma, os resultados obtidos neste estudo demonstraram que o resíduo inibiu, de forma severa, a ação dos nematoides podendo favorecer a sobrevivência de bananeiras em áreas infestadas por reduzir a população do nematoide no solo e, conseqüentemente, nas raízes.

A elevação das concentrações do resíduo de sisal, tanto fresco quanto fermentado, provocou redução linear na população de nematoides presentes no solo onde as bananeiras foram cultivadas. Verificou-se que a cada 1 % de elevação na concentração do resíduo houve reduções de 7,8 e 10,3 % na população de nematoides, para os resíduos fresco e fermentado, respectivamente (Figura 8).

A aplicação da concentração de 25 % para ambos os resíduos foi mais eficiente, causando reduções nos números de nematoides de aproximadamente 66 e 80 %, para os resíduos fresco e fermentado, respectivamente, em comparação com as plantas controle que não receberam o resíduo (0 %) (Figura 8).

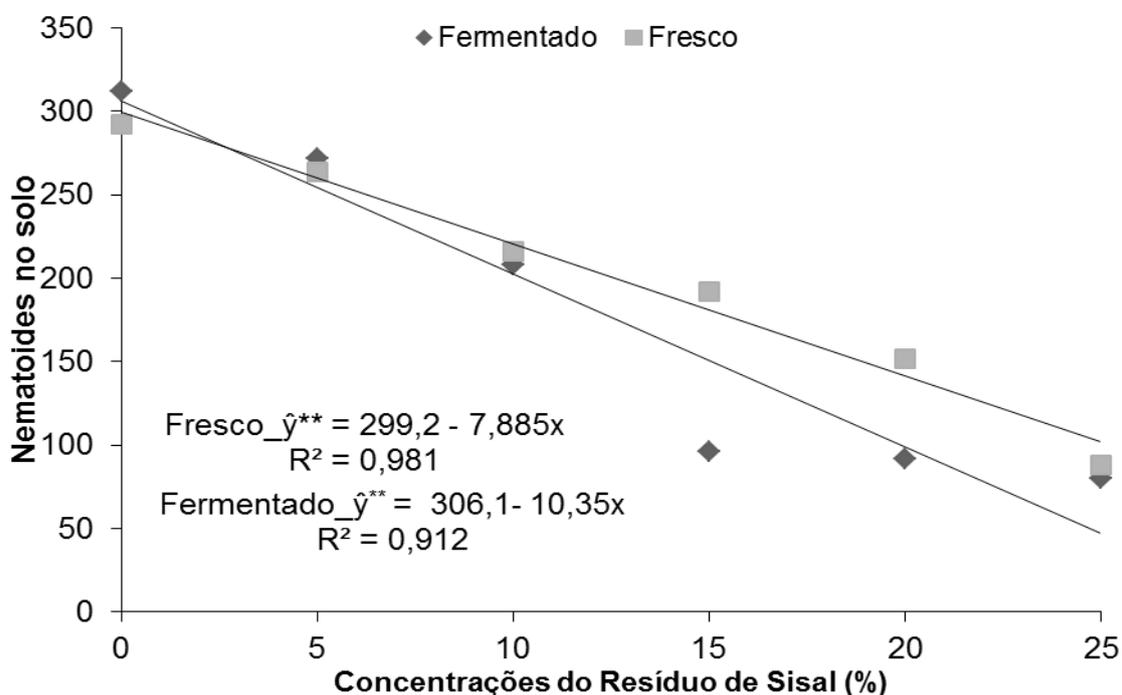


Figura 8. População de *R. similis* no solo submetido a concentrações de resíduos de sisal fresco e fermentado.

A elevação das concentrações do resíduo de sisal, tanto fresco quanto fermentado, provocou redução linear na população de nematoides presentes

nas raízes das bananeiras. Verificou-se que a cada 1% de elevação na concentração do resíduo houve reduções de 74,3 e 69,9 nematoides, para o resíduo fresco e fermentado, respectivamente (Figura 9). A aplicação da concentração de 25 % reduziu o número de juvenis nas raízes em 84 e 77 %, para os resíduos fresco e fermentado, respectivamente, em comparação com as plantas controle (0 %) (Figura 9).

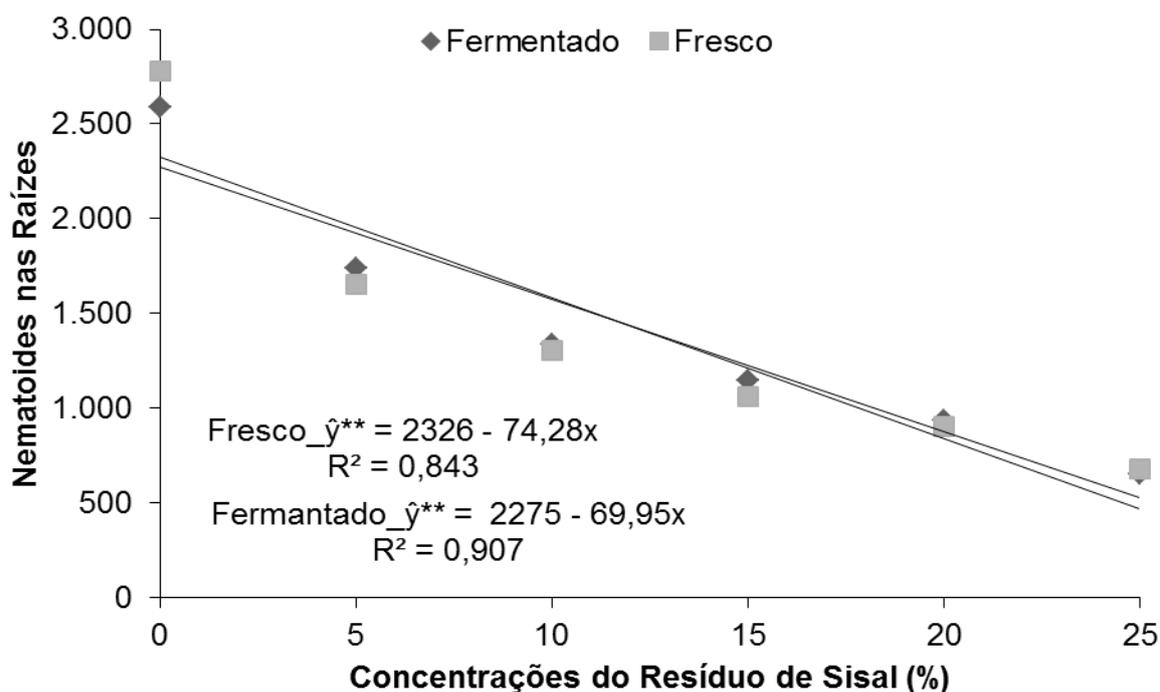


Figura 9. População de *R. similis* nas raízes de bananeiras submetidas a concentrações de resíduos de sisal fresco e fermentado.

Não houve diferença estatística entre os resíduos fresco e fermentado para a variável população final total e fator de reprodução de *R. similis*. No entanto, o efeito simples das concentrações foi significativo ($p \leq 0,01$).

Nota-se que houve um decréscimo linear da população total e do fator de reprodução de nematoides, com a elevação das concentrações do resíduo do sisal. A concentração de 25 % foi a mais eficiente, verificando-se redução de 78 % em ambas as variáveis, nesta concentração, quando comparadas com os valores encontrados naquelas plantas cultivadas em solo sem o resíduo (0 %). Comparando-se a concentração máxima aplicada (25%) com a concentração mínima (5%), nota-se que o resíduo, quando mais concentrado,

promoveu um incremento na redução da mortalidade de aproximadamente 74% para ambas as variáveis (Figuras 10 e 11).

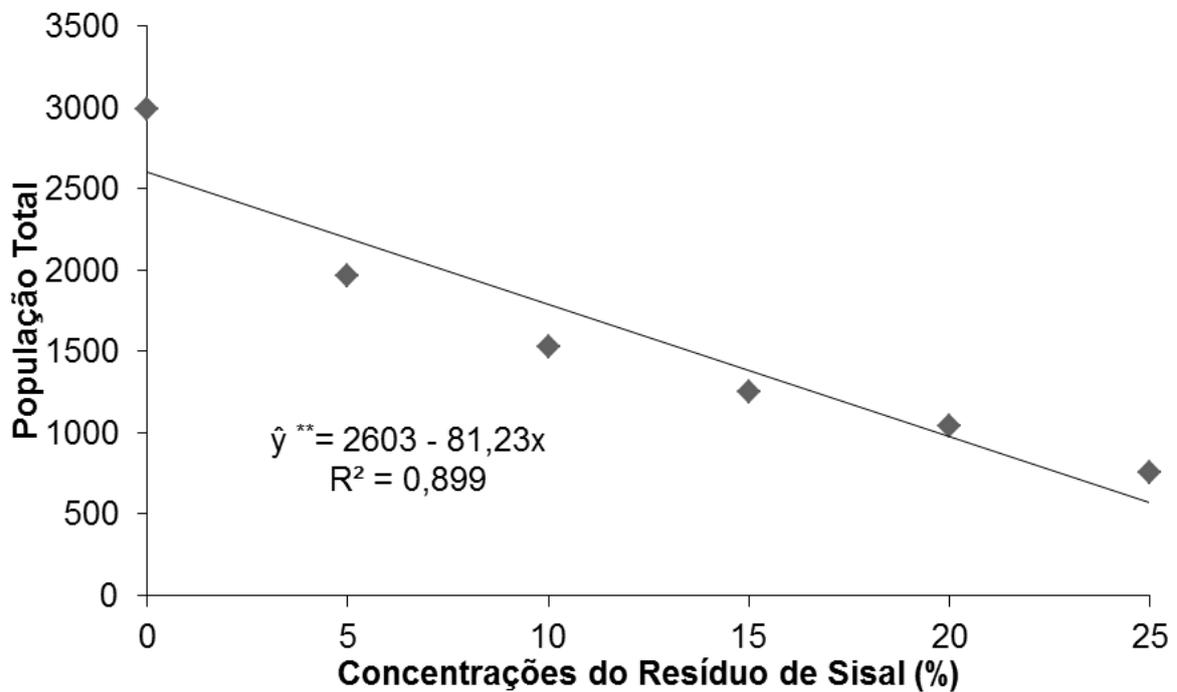


Figura 10. População total de *R. similis* submetido ao resíduo do sisal.

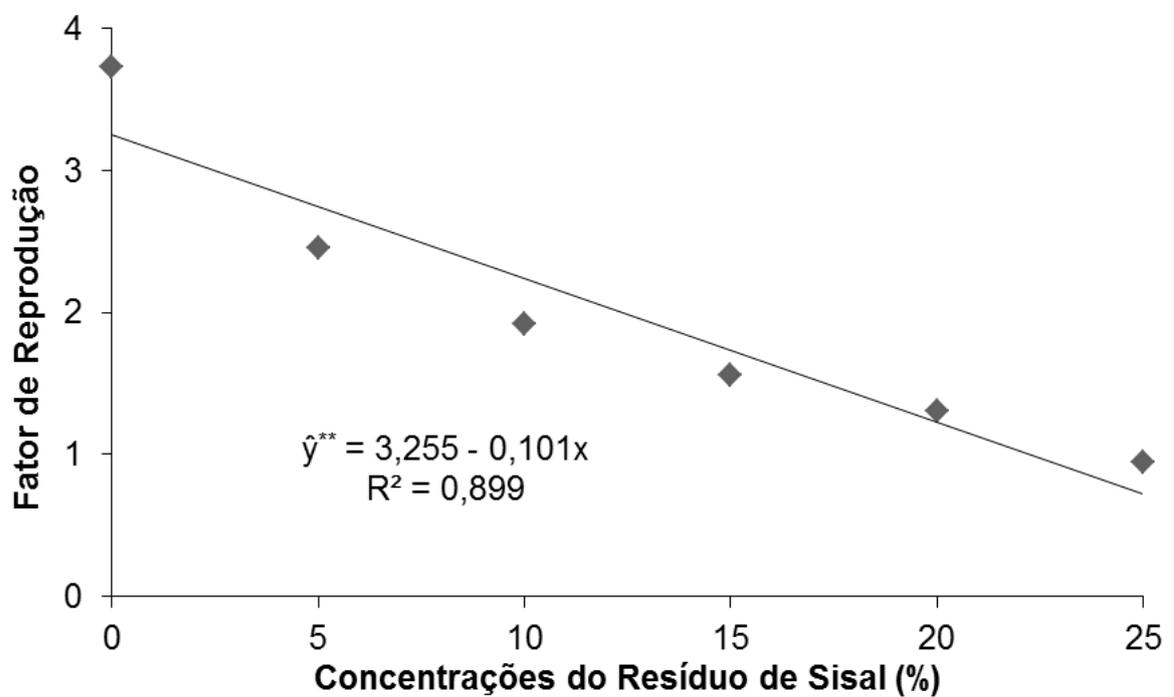


Figura 11. Fator de reprodução de *R. similis* submetido ao resíduo do sisal.

Houve redução do fator de reprodução do nematoide com a utilização do resíduo de sisal. Este fato evidencia que houve uma ação residual deste subproduto orgânico aplicado às bananeiras que fez com que fosse evitado o restabelecimento das populações dos nematoides nas concentrações testadas

De acordo com Olabiyi, et al. (2008), os flavonoides presentes em extratos aquosos obtidos a partir de raízes de cravo-de-defunto africano (*T. agentes erecta* L.), mentrasto-do-grande [*Hypis suaveolens* (Poit)] e alfavacão (*Ocimum gratissimum* L.) causaram redução na taxa de reprodução e na infectividade de *M. incognita*.

De modo semelhante, Ademola et al. (2004) relataram a ação de metabólitos secundários de mogno africano (*Khaya senegalensis*) sobre o desenvolvimento juvenil *in vitro* de *Haemonchus contortus*, incluindo saponinas, flavonoides, taninos condensados e alcaloides.

No presente trabalho, ao avaliar as plantas submetidas aos tratamentos com nematicida e os resíduos, observou-se que não houve diferença estatística entre ambos, quando se aplicou o resíduo na maior concentração (25 %), para todas as variáveis: dano nas raízes, população de nematoides no solo, nas raízes e total, além do fator de reprodução. Entretanto, o nematicida foi superior ao resíduo para todos os parâmetros quando se aplicou concentrações iguais ou inferiores a 20 % (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas dos contrastes (nematicida x concentrações do resíduo) e significância para as variáveis avaliadas no controle de *Radopholus similis in vivo* (DR – Dano nas raízes, NNR – Número de nematoides nas raízes, NMS – Número de nematoides no solo, NMT – Número total de nematoides e FR – Fator de reprodução).

CONTRASTES	DR	NMR	NMS	NMT	FR
5% X Nematicida	0,760**	1120,25**	204**	1274,25**	1,593**
10% X Nematicida	0,295**	743,75**	148**	841,75**	1,052**
15% X Nematicida	0,225**	529,50**	80**	559,5**	0,699**
20% X Nematicida	0,205**	347,5**	58**	355,5**	0,443**
25% X Nematicida	0,111 ^{ns}	92,25 ^{ns}	20 ^{ns}	62,25 ^{ns}	0,077 ^{ns}

** - significativo a 1% ($p \leq 0,01$) * - significativo a 5% ($p \leq 0,05$) ns- não significativo a 5% ($p > 0,05$).

De acordo com Nasu *et al.* (2010), o nematicida Carbofuran foi eficiente no controle de *M. incognita* em casa de vegetação, não havendo diferença estatística entre o controle químico e o resíduo obtido do processamento de *Manihot esculenta* Crantz nas concentrações de 10 e 25%.

O efeito nematicida no presente estudo está associado à ação de metabólitos secundários, presentes no resíduo do sisal tais como, alcaloides, saponinas, terpenos, compostos fenólicos, glicosídeos, e que são relacionados às atividades biológicas (FRANCIS *et al.*, 2002). Substâncias com efeito nematicida têm sido encontradas em extratos obtidos de diversas espécies vegetais (KHURMA e SINGII, 1997; ABID *et al.*, 1997; DIAS *et al.*, 2000). Para exemplificar, Maistrello *et al.* (2010) citaram o efeito nematicida dos taninos condensados no controle de *M. javanica*, *in vivo* e *in vitro*. De forma semelhante, Chitwood (2002) relatou que alcaloides e fenóis são consideradas potenciais no controle de fitonematoides, já que estes compostos possuem propriedades nematicidas.

Dentre os bioativos presentes no resíduo líquido do sisal, a saponina está intimamente relacionada com o efeito nematicida do resíduo sobre os nematoides. As saponinas são glicosídeos de esteroides ou de terpenos policíclicos, que estruturalmente apresentam característica lipofílica (esteroide ou triterpeno), correspondente à aglicona ou sapogenina e, hidrofílica, constituída de açúcares, que determinam as propriedades surfactantes, como redução da tensão superficial da água, ação detergente e emulsificante (FRANCIS *et al.*, 2002).

As atividades biológicas das saponinas estão relacionadas com sua capacidade de formar complexos com esteroides; proteínas e fosfolipídeos das membranas, o que pode ocasionar a desestabilização das mesmas, provocando o aumento da permeabilidade celular (SCHENKEL *et al.*, 2010). De acordo com Argenti *et al.* (2008), as saponinas presentes no resíduo líquido de *A. sisalana* apresentam efeito nematicida, pois as mesmas interagem com as proteínas presentes na cutícula do nematoides, desestabilizando-as.

Botura *et al.* (2013) verificaram que as frações de saponinas obtidas a partir do resíduo do sisal apresentaram atividade anti-helmíntica sobre nematoides gastrointestinais de caprinos. Olabiyi, *et al.* (2004) relataram que as raízes de mentrasto-do-grande e alfavacão e as folhas de cravo-de-defunto

africano possuem saponinas e flavonoides que estão presentes nos extratos das raízes e causam a redução na população de *M. incognita* em tomateiro.

Quintero (2010) observou em casa de vegetação, que um produto orgânico à base de ácido glutâmico, aminoácido e saponinas proporcionou redução nos índices populacionais dos endoparasitas *M. incognita* e *R. similis*, nas amostras de raízes de bananeira, após 60 dias de as plantas serem tratadas.

Kosmaa et al. (2011), em teste com formulações obtidas a partir de sementes de nim no controle de *R. similis*, verificaram a existência de substâncias com propriedades nematicidas, pois os tratamentos avaliados foram capazes de reduzir os danos causados às raízes e inibiram o crescimento populacional do nematoide. A triagem fitoquímica do extrato da semente indicou a presença de saponinas.

Musabyimana e Saxena (1999) avaliaram a ação do óleo, torta e pó das sementes de nim sobre *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus goodeyi* e observaram redução nas populações desses nematoides nos tratamentos com a torta e com o pó, mantendo-os abaixo do nível de dano econômico.

Esses resultados evidenciam o efeito nematicida do resíduo de sisal, dando suporte para que se avance nos estudos voltados para a utilização deste subproduto, que além de agregar valor ao sisal. Este seria um passo importante na utilização de formas de controle que sejam viáveis economicamente e proporcionem menor agressão aos agroecossistemas, já que se sabe que o controle químico é eficiente, porém é muito caro e não se encaixa no modelo de produção sustentável.

Existe uma demanda crescente em todo o mundo para o desenvolvimento de práticas agrícolas que possam aumentar a produção de alimentos de forma ambientalmente amigável, socialmente responsável e economicamente benéfica (WEZEL et al., 2014). O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de tal prática. Do ponto de vista do consumidor, a redução na aplicação de nematicidas sintéticos irá reduzir a probabilidade de incorporar resíduos em frutas e legumes (TIXIER et al. 2007), eliminar o risco de possíveis problemas de saúde a longo prazo por causa da exposição prolongada a esses pesticidas, e fomentar a confiança e a segurança.

A substituição dos nematicidas químicos por fontes naturais de controle, tais como o resíduo de sisal, também irá reduzir a poluição e melhorar as interações ecológicas (CASTILLO et al., 2000). O resíduo líquido do sisal, um subproduto do desfibramento da folha, tem potencial de geração de renda para os agricultores de sisal nas áreas semiáridas do Brasil. Assim, a sua utilização como insumo agrícola deve ser investigada para o desenvolvimento de nematicidas e de outros produtos para controle de outros patógenos e pragas.

Dessa forma, o uso de subprodutos e resíduos orgânicos nas práticas agrícolas em detrimento da utilização de substâncias sintéticas com elevado grau de toxidez é fundamental para que se garanta a preservação dos recursos às gerações futuras. No entanto, é necessário que se realizem estudos futuros que deverão avaliar as concentrações e os intervalos de tempo para várias aplicações do resíduo líquido durante o ciclo da cultura e o efeito residual deste nos cultivos seguintes, já que, apesar de existirem diversos relatos na literatura sobre o efeito dos extratos de várias espécies de *Agave* no controle de diversos patógenos, ainda são incipientes os trabalhos com o resíduo líquido de *A. sisalana* no controle de nematoides em plantas.

CONCLUSÕES

O resíduo líquido do sisal, fresco ou fermentado, foi eficiente no controle de *R. similis* na bananeira. No entanto, o resíduo fermentado apresentou fitotoxicidade para as mudas quando utilizado em concentrações acima de 25 %. Portanto, este efeito fitotóxico deve ser investigado para a utilização do resíduo de sisal fermentado na produção e proteção das culturas.

O resíduo líquido de sisal é um subproduto que apresenta potencial para que se trabalhe no desenvolvimento de tecnologias voltadas para a sua utilização em áreas infestadas por *R. similis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABID, M.; CHOUDHARY, M. I.; MAQBOOL, M. A & RAHMAN, A. U. Preliminary screening of some plants for their nematicidal activity against *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Mediterrânea**, v. 25, p. 155-157, 1997.

ADEMOLA, I. O.; FAGBEMI, B. O.; IDOWU, S. O. Evaluation of the anthelmintic activity of *Khaya senegalensis* extract against gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and In vivo studies. **Veterinary Parasitology**, v. 122, p. 151-164, 2004.

ALONSO-DIAZ, M. A.; TORRES-ACOSTA, J. F. J.; SANDOVAL-CASTRO, C. A.; CAPETILLO-LEAL, C.; BRUNET, S.; HOSTE, H. Effects of four tropical tanniferous plants extracts on the inhibition of larval migration and the exsheathment process of *Trichostrongylus colubriformis* infective stage. **Veterinary Parasitology**. V.153, p. 197-192. 2008.

ARAVIND, R.; EAPEN, S.J.; KUMAR, A.; DINU, A.; RAMANA, K. V. Screening of endophytic bacteria and evaluation of selected isolates for suppression of burrowing nematode (*Radopholus similis* Thorne) using three varieties of black pepper (*Piper nigrum* L.). **Crop Protection**.v. 29:318-324. 2010.

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. doi: 10.1007/s10658-007-9207-8. 2008.

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.

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.

BRIDGE, J.; GOWEN, R. Visual assessment of plant parasitic nematode and weevil damage on bananas and plantain. In: Gold CS, Gemmill B (eds) *Biological and Integrated Control of Highland Banana and Plantain Pests and Diseases*, Cotonou, Benin, Africa. p. 147-154. 1993.

CANDIDO, V.; D'ADDABBO, T.; BASILE, M.; CASTRONUOVO, D.; MICCOLIS, V. Greenhouse soil solarization: effect on weeds, nematodes and yield of tomato and melon. **Agronomy for Sustainable Development** , v. 28, p. 221–230. DOI: 10.1051/agro:2007053. 2008.

CASTILLO, L. E.; RUEPERT, C.; SOLIS, E. Pesticide residues in the aquatic environment of banana plantation areas in the North Atlantic Zone of Costa Rica. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 19, p. 1942-1950. doi:10.1002/etc.5620190802. 2000.

CHEN, P. Y.; CHEN, C. H.; KUO, C. C.; LEE, T. H.; KUO, Y. H.; LEE, C. K. Cytotoxic steroidal saponins from *Agave sisalana*. **Planta Medica**, v. 77, p. 929–933. 2011.

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

COMERLATO, A. P. Efeito de manipueira no controle do nematóide do cisto da soja *Heterodera glycines* Ichinohe. **Dissertação - Mestrado em Agronomia**, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon. 47 f. 2009.

CONAB. Sisal – safra 2012/2013: comercialização – proposta de ações. Available in: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/pdf>. Acesso em 27 de Dezembro, 2013.

COOLEN, N. W.; D'HERDE, C. J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **State Agricultural Research Centre**, Belgium. 1972.

DIAS, C. R.; SCHWAN, A. V.; EZEQUIEL, D. P.; SARMENTO, M. C. & FERRAZ, S. Efeito de extratos aquosos de plantas medicinais na sobrevivência de juvenis de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 203-210. 2000.

DOMINGUES, L. F.; BOTURA, M. B.; CRUZ, A. C. F.; YUKI, C. C.; SILVA, G. D.; COSTA, M. S.; MOREIRA, E. L. T.; MENESES, I. D. S.; BRANCO, A.; ALMEIDA, M. G. A. R.; 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 veterinaria**. v.19, p. 270-272. 2010.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. Use of antagonistic plants and natural products. In: Chen ZX, Chen SY, Dickson DW (eds.) **Nematology – Advances and perspectives**. Wallingford UK. CABI. p. 931-960. 2004.

FRANCIS, G.; KEREM, Z. H. P. S.; BECKER, K. The biological action of saponins in animal systems. A review. **British Journal of Nutrition**, v. 88, p. 587-605. 2002.

GUEDIRA, A.; RAMMAH, A.; TRIQUI, Z.; CHLYAH, H.; CLYAH, B & HAÏCOUR, R. Évaluation de la résistance à deux nematodes: *Radopholus similis* et *Meloidogyne* spp. chez quatre genotypes de bananiers au Maroc. **Comptes Rendus Biologies**. v. 327, p. 745 – 751. 2004.

HOUNZANGBE-ADOTE, M. S.; PAOLINI, V.; FOURASTE, I.; MOUTAIROU, K.; HOSTE, H. In vitro effects of four tropical plants on three life-cycle stages of the parasitic nematode, *Haemonchus contortus*. **Research in Veterinary Science**. v. 78, p. 155-160. 2005.

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

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia**, Volume 2, Doenças das Plantas Cultivadas, 4ª edição, 2005. 663p. 2v.: il.

KOSMAA, P.; AMBANGA, Z.; BEGOUDE, B. A. D.; TEN HOOPENB, G. M.; KUATE, J.; AKOAA, A. Assessment of nematicidal properties and phytochemical screening of neem seed formulations using *Radopholus similis*, parasitic nematode of plantain in Cameroon. **Crop Protection**. v. 30, p. 733-738. 2011.

KHURMA, U. R. & SINGH, A. Nematicidal potential of seed extracts: in vitro effects on juvenile mortality and egg hatch of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. **Nematologia Mediterranea**, v. 25, p. 49-54. 1997.

LÓPEZ-LIMA, D.; SÁNCHEZ-NAVA, P.; CARRIÓN, G.; NÚÑEZ-SÁNCHEZ, A. E. 89 % reduction of a potato cyst nematode population using biological control and rotation. **Agronomy for Sustainable Development** v. 33, p. 425-431. DOI: 10.1007/s13593-012-0116-7. 2013.

MAI, W. F.; MULLIN, P. G. Plant-parasitic Nematodes: A Pictorial Key to Genera. **Cornell University Press**, Ithaca. 1996.

MAISTRELLO, L.; VACCARI, G.; SASANELLI, N. Effect of chestnut tannins on the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. **Helminthologica**. v. 47, p. 48-57. 2010.

MIAN, I.H.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. Survey of the nematicidal properties of some organic materials available in Alabama as amendments to soil for control of *Meloidogyne arenaria*. **Nematropica**, v.12, p.235-246, 1982.

MIN, B. R.; HART, S. P. Tannis supression internal parasites. **Journal of Animal Science**. v. 81, p. 102-109. 2003.

MORAIS, L. A. S.; MATTOS, L. P. V.; GONÇALVES, G. G.; BETTIOL, W. Efeito de diferentes concentrações do óleo de nim (*Azadirachta indica*) no crescimento micelial de fungos entomopatogênicos e *Trichoderma harzianum*. **Horticultura Brasileira**. v. 27, p. 113-117. 2009.

MUSABYIMANA, T.; SAXENA, R. C. Efficacy of neem seed derivatives against nematodes affecting banana. **Phytoparasitica**, v.27, n.1, p. 43-49, 1999.

NASU, E. G. C.; PIRES, E.; FERMENTINI, H. N.; FURLANETTO, C. Effect of manipueira on *Meloidogyne incognita* through in vitro and in vivo essays on tomatoes in greenhouse. **Tropical Plant Pathology**. v. 35, p. 32-36. 2010.

OLABIYI, T. I.; OYEDUMADE, E. E. A.; IBIKUNLE, G. L.; OJO, O. A.; ADESINA, G. O.; ADELASOYE, K. A.; OGUNNIRAN, T. A. Chemical composition and bio-nematicidal potencial of some weed extracts on *Meloidogyne incognita* under laboratory conditions. **Plant Sci Res**. v. 1, p. 30-35. 2008.

OKA, Y.; NACAR, S.; PUTIEVSKY, E.; RAVID, U.; ZOHARA, Y.; SPIEGEL, Y. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root nematode. **Nematology**. v. 90, p. 710-715. 2000.

POCASANGRE, L. Mejoramiento biológico de vitro-plantas de banano mediante la utilización de hongos endofíticos para el control del nematodo barrenador *Radopholus similis*. In: Riveros, A. S.; Pocasangre, L.; Rosales, F. E. **Inducción de resistencia y uso de tecnología limpias para el manejo de plagas en plantas**. Memoria, p. 30-33. 2002.

QUÉNÉHERVÉ, P. Integrated management of banana nematodes. In: Ciancio A, Mukerji KG (eds.), *Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes*. Springer, **The Netherlands**, p. 3-61. 2009.

QUINTERO, E. I. Q. Insumos e Indicadores Biológicos em Agrossistemas com Bananeiras. **Tese** em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 120 f. 2010

RIBEIRO, H.B.; RIBEIRO, R.C.F.; XAVIER, A.A.; CAMPOS, V.P.; DIAS-ARIEIRA, C.R.; MIZOBUTSI, E.H. Resíduos de frutos de pequi no controle do nematoide das galhas em tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 453-458, 2012.

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

SEINHORST, J. W. The relationships between population increase and population density in plant-parasitic nematodes. II. Sedentary nematodes. **Nematologica**. v. 13. P. 157-171. 1967.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M. L. Saponinas. In: Simões CMO, Schenkel EP, Gosmann G, Mello JCP, Mentz, LA, Petrovick, PR. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFSC, p. 711-740. 2010.

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.

SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. R. F.; COUTINHO, W. M. Cultivo de Sisal na região Semi-árida do nordeste brasileiro. Campina Grande: **EMBRAPA Algodão**. p. 42. 2006.

TIXIER, P.; CHABRIER, C.; MALÉZIEUX, E. Pesticide residues in heterogeneous plant populations, a model-based approach applied to

nematicides in banana (*Musa* spp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. V. 55. p. 2504-2508. doi: 10.1021/jf062710f. 2007.

UMAÑA, G. Manual para el manejo en campo, cosecha y poscosecha de banano orgánico de exportación para pequeños agricultores. San Jose. Editorama S.A. p. 57. 2002

WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J. F.; FERRER, A.; PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. v. 34. p.1-20. doi: 10.1007/s13593-013.0180-7. 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resíduo líquido do sisal, tanto fresco quanto fermentado, apresenta potencial para que se trabalhe no desenvolvimento de tecnologias voltadas para a sua utilização em áreas infestadas por *R. similis*. A importância desse subproduto para possível uso no manejo integrado desse nematoide foi demonstrada sob duas condições experimentais. Assim, resultados positivos foram encontrados quanto à elevação da mortalidade de espécimes do nematoide tratados com o resíduo *in vitro* (Capítulo 1). Da mesma forma, foram observadas reduções na população do nematoide nas raízes e no solo, no fator de reprodução e no nível de dano causado às raízes das bananeiras sob condições de casa de vegetação (Capítulo 2). Contudo, novas pesquisas estão sendo conduzidas com objetivo de identificar os compostos provenientes do metabolismo secundário que proporcionam este efeito nematicida e testá-los com esta ou outras espécies de nematoides.

Com isso, poder-se-á propor a transformação deste resíduo em um produto que permitirá agregar valor ao subproduto do processamento das folhas e à cultura do sisal, por meio do desenvolvimento de tecnologias que permitirão o controle do nematoide em sistemas de produção agrícola de forma ambientalmente mais sustentável. Além disso, a utilização e comercialização de toda a planta de sisal, com geração de renda e melhoria da qualidade de vida de produtores rurais do Semiárido da Bahia poderão se tornar realidade em um futuro próximo.