

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

**POTENCIAL DO RESÍDUO LÍQUIDO DE SISAL E DO
TRICHODERMA ASPERELLUM NO CONTROLE DA FUSARIOSE E
DO NEMATOIDE CAVERNÍCOLA EM MUDAS BANANEIRA**

MILENE CALDAS DA SILVA

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2018**

**POTENCIAL DO RESÍDUO LÍQUIDO DE SISAL E DO
TRICHODERMA ASPERELLUM NO CONTROLE DA FUSARIOSE E
DO NEMATOIDE CAVERNÍCOLA EM MUDAS BANANEIRA**

MILENE CALDAS DA SILVA

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2010

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

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

Coorientador: Dr. Fernando Haddad

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

Julho – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, Milene Caldas da

Potencial do resíduo líquido de sisal e do *Trichoderma asperellum* no controle da fusariose e do nematoide cavernícola em mudas de bananeira. Cruz das Almas, BA, 2018.

99 f. il.; 30 cm.

Orientador: Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares.

Co-orientadores: Dr. Fernando Haddad.

Co-orientador: Prof. Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança.

Tese (Fitotecnia)- Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018.

1. Banana. 2. Nematoides. 3. Sisal. 4. Musa sp. I. Soares, Ana Cristina Fermino. II. Haddad, Fernando. III. Bragança, Carlos Dórea. IV. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. V. Título.

CDD: 633.577

Ficha catalográfica elaborada por Lucidalva R. G. Pinheiro- Bibliotecária CRB51161 – Embrapa Mandioca e Fruticultura

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

**POTENCIAL DO RESÍDUO LÍQUIDO DE SISAL E DO
TRICHODERMA ASPERELLUM NO CONTROLE DA FUSARIOSE
E DO NEMATOIDE CAVERNÍCOLA EM MUDAS BANANEIRA**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
MILENE CALDAS DA SILVA**

Realizada em 31 de julho de 2018

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

Dr. Saulo Alves Santos de Oliveira
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

Prof. Dr. Daniel Melo de Castro
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Externo

Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno

Profa. Dra. Franceli da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno

DEDICATÓRIA

Ana Luiza,

Procurei palavras que descrevessem, a sua importância em minha vida... Mas ainda não consegui encontrá-las. Por enquanto colhi poucas palavras, mas para mim é apenas o começo da descrição do que és em minha vida.

Passei a respirar diferente depois que você nasceu, meu ar ficou mais puro, meu pulmão trabalha melhor. Depois deste dia também parece que meus olhos enxergam sempre o lado bom dos acontecimentos.

Meu coração bate compassado, e entra em descompasso de felicidade quando te vejo. Meus ouvidos são capazes de transformar seus choros, seus gritos, suas palavras, seus sorrisos, em canções, capazes de me fazer esquecer que o mundo existe.

Depois deste dia, encontro no perfume das flores, o teu cheiro; no canto dos pássaros, tua voz; no barulho do mar, te vejo brincar; no azul do céu, vejo teu soninho; no calor do sol, sinto teu abraço; no brilho das estrelas, vejo teu sorriso.

Luz da minha vida, razão do meu viver. Te amarei eternamente!

Dedico a você, minha filha, esse trabalho!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade da vida.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade do curso.

A FAPESB pelo apoio financeiro concedido através da bolsa.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura por ceder sua estrutura para condução dos experimentos.

A minha orientadora Dra. Ana Cristina Fermino, pela oportunidade e aprendizagem.

Ao meu coorientador Dr. Fernando Haddad pela orientação, apoio para realização dos trabalhos e a avaliação dos experimentos.

Ao Dr. Leandro Souza Rocha por acompanhar os trabalhos de perto e toda ajuda no desenvolvimento dos mesmos.

Ao Dr. Carlos Ledo por toda ajuda na parte estatística.

A Mileide pela amizade e por me ajudar na condução dos experimentos e por conduzir e avaliar durante a licença maternidade.

A Anelita e Jonas por toda ajuda nos experimentos.

A João Vieira do Laboratório de Nematologia pela amizade e ajuda nos trabalhos.

Ao sr. Bizunga por toda ajuda na instalação e irrigação dos experimentos.

A Fabio, Rafael e Cristiano por trazerem o resíduo de Sisal.

Aos colegas do Laboratório de Fitopatologia, Francisco Paulo, Robert e João.

Aos amigos que estiveram sempre presentes durante o curso, Uiara, Sara, Josélia, Cris e Liliane.

A minha avó e minha sobrinha Leandra Rafaela por todo carinho e amor.

A minha filha, Ana Luiza, razão da minha vida.

SUMÁRIO

RESUMO	01
ABSTRACT	02
REFERENCIAL TEÓRICO	03
ARTIGO 1 Resíduo de sisal no controle de <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i> cubense</i> na Murcha de <i>Fusarium</i> em mudas de bananeira	20
ARTIGO 2 Controle da Murcha de <i>Fusarium</i> em mudas de bananeira com <i>Trichoderma asperellum</i>	41
ARTIGO 3 Controle de nematóide em mudas de bananeira com aplicação de resíduo líquido de sisal	60
ARTIGO 4 Interação de <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Radopholus similis</i> , <i>Trichoderma asperellum</i> e resíduo de sisal em mudas de bananeira em condições controladas	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
ANEXOS	97

Potencial do resíduo líquido de sisal e do *Trichoderma asperellum* no controle da Murcha de *Fusarium* e do nematoide cavernícola em mudas de bananeira

RESUMO - A produção de banana em solos infestados por *Fusarium* e nematoides depende não somente do uso de cultivares resistentes, mas de práticas de manejo que possam promover a supressão desses inóculos no solo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de resíduo líquido de sisal e de *Trichoderma asperellum* no controle da Murcha de *Fusarium* e do nematoide *Radopholus similis* na cultura da bananeira. Foi instalado um ensaio 'in vitro' para avaliar as concentrações do resíduo de sisal e as formas de aplicação mais eficientes. Em casa de vegetação foram utilizadas mudas de bananeira Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã para avaliar o uso de resíduo de sisal no controle da Murcha de *Fusarium* e de *R. similis*, assim como o desenvolvimento das mudas de bananeira. Foi avaliada a interação entre *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC), *T. asperellum*, c e a utilização de resíduo de sisal. Os resultados obtidos demonstraram que o resíduo líquido fermentado de sisal a 25% inibe o crescimento micelial de FOC. A aplicação do *T. asperellum* em todas as aplicações demonstraram eficiência no controle de *Fusarium* e crescimentos das mudas. A população do *R. similis* foi reduzida aos 60 dias após o plantio com a aplicação do resíduo de sisal para as 3 cultivares, Grande nine 73,91%, BRS Princesa 62,38% e Maçã 78,82%. O resíduo de sisal pode ser uma opção eficiente para a diminuição de inóculo de FOC e de *R. similis* no solo. O *T. asperellum*, isolado 81, promove o melhor desenvolvimento de plantas de bananeira, com a redução das populações de FOC e de *R. similis* no solo.

PALAVRAS CHAVE: *Fusarium oxysporum*, *Agave sisalana*, *Trichoderma asperellum*, *Radopholus similis*.

Potential of the liquid residue of sisal and *Trichoderma asperellum* in the control of *Fusarium Murcha* and the cave nematode in banana tree seedlings

ABSTRACT - Banana production in soils infested by *Fusarium* and nematodes depends not only on the use of resistant cultivars, but also on management practices that may promote the suppression of these inocula in the soil. The objective of the present work was to evaluate the use of liquid residue of sisal and *Trichoderma asperellum* in the control of *Fusarium Murcha* and *Radopholus similis* nematoid in banana crop. An in vitro assay was performed to evaluate the concentrations of the sisal residue and the most efficient forms of application. In a greenhouse, banana seedlings Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa and Maçã were used to evaluate the use of sisal residue in the control of *Fusarium Murcha* and *R. similis*, as well as the development of banana seedlings. The interaction between *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC), *T. asperellum*, and the use of sisal residue. The results obtained showed that the fermented liquid residue of 25% sisal inhibits the mycelial growth of FOC. The application of *T. asperellum* in all applications demonstrated efficiency in *Fusarium* control and seedling growth. The population of *R. similis* was reduced to 60 days after planting with the application of the sisal residue for the three cultivars, Grande nine 73,91%, BRS Princesa 62,38% and Apple 78,82%. The sisal residue can be an efficient option for the decrease of inoculum of FOC and *R. similis* in the soil. *T. asperellum*, isolated 81, promotes the best development of banana plants, with the reduction of the FOC and *R. similis* populations in the soil.

KEY WORDS: *Fusarium oxysporum*, *Agave sisalana*, *Trichoderma asperellum*, *Radopholus similis*.

REFERENCIAL TEÓRICO

1 CULTURA DA BANANEIRA

A bananeira (*Musa* spp.) pertence a classe Magnoliopsida, ordem Zingiberales e família Musaceae com centro de origem o sudeste asiático e o oeste do Pacífico (SILVA et al., 2016). É cultivada em diversos países tropicais, e ocupando o segundo lugar entre as frutíferas mais comercializadas mundialmente (PERRIER et al., 2011). A Índia é o maior produtor, seguido da China e Filipinas, e o Brasil é o quarto maior produtor mundial da fruta, com aproximadamente 6,8 milhões de toneladas, em uma área de 485 mil hectares (FAOSTAT, 2018). No Brasil, os principais Estados produtores são São Paulo, Bahia, Santa Catarina, Minas Gerais, Pará e Pernambuco (IBGE, 2017). A região Sudeste concentra a maior porcentagem da distribuição da bananicultura com uma média de produção de 2,2 milhões de toneladas em uma área de 136 mil hectares. O Estado de São Paulo é responsável por um milhão de toneladas em uma área de 50 mil hectares. A região do vale do Ribeira destaca-se na produção de banana, produzindo aproximadamente 843 mil toneladas em 34 mil hectares. As principais cultivares plantadas no vale do Ribeira pertencem ao grupo Prata e Cavendish (IBGE, 2017).

A bananicultura tem significativa importância econômica e social, constituindo parte da renda de pequenos agricultores e da alimentação da população mais carente, além de permitir a fixação do homem no campo, pois possibilita a exploração intensiva das áreas de produção, gerando emprego no meio rural (BORGES et al., 1997).

As espécies diplóides selvagens *M. acuminata* e *M. balbisiana* evoluíram de modo que cada cultivar contém combinações variadas de genomas completos dessas espécies parentais. Esses genomas são denominados pelas letras A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*), cujas combinações resultam os grupos AA, BB, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB e ABBB (SILVA, et al. 2015).

Por ser uma planta tropical é cultivada em diversos estados brasileiros, porém a temperatura ótima gira em torno de 28°C, desde que tenha água e nutrientes disponíveis. As principais variedades utilizadas são: Prata, Pacovan,

Prata Anã, Maçã, Mysore, Terra e D'Angola, do grupo AAB, e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA. Em menor escala são plantadas a “Figo Cinza”, “Figo Vermelha”, “Ouro”, “Caru Verde” e “Caru Roxa” (SILVA, et al. 2016).

A bananeira é uma planta herbácea, com caule curto e subterrâneo, denominado de rizoma, que constitui um órgão de reserva, sendo a parte da bananeira onde todos os demais órgãos estão apoiados. O pseudocaule é resultante da união das bainhas foliares e termina com uma copa de folhas longas e largas, com nervura central desenvolvida (DANTAS, et al. 2016).

Em todo seu ciclo, o cultivo da bananeira apresenta diversas condições favoráveis ao desenvolvimento de várias interações patógeno-hospedeiro, ocasionando em problemas, de etiologia viral, bacteriana, nemátoda ou fúngica (CORDEIRO et al. 2016). Sendo as doenças fúngicas bastante estudadas devido aos danos causados na produção, sendo a Murcha de *Fusarium* considerada a mais importante, devido as limitações de controle e a sobrevivência do patógeno (PLOETZ, 2015).

2 MURCHA DE FUSARIUM

A murcha de *Fusarium*, doença causada pelo fungo habitante do solo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (E. F. Smith) Snyder e Hansen (1940) e descrito pela primeira vez na Austrália em 1874, está entre os problemas fitossanitários mais sérios para a bananicultura (CORDEIRO et al., 2004; LI et al., 2015; PLOETZ, 2015).

Esta doença foi registrada pela primeira vez no Brasil no Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, no ano de 1930, onde devastou o plantio de banana “Maçã”, dentre outras variedades. Hoje a doença é encontrada em praticamente todo o território nacional, e em todas as regiões do mundo onde é cultivada a bananeira (PLOETZ, 2015).

Fusarium é um gênero cosmopolita, encontrado em regiões tropicais e subtropicais com ampla distribuição geográfica. pertencente ao filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, ordem Hypocreales, família Nectriaceae (INDEX FUNGORUM, 2018). Devido a variações quanto à patogenicidade em diferentes hospedeiros, as espécies de *Fusarium* são classificadas em *formae speciales* (f.

sp.) e dentro de *formae speciales* pode ainda haver a subdivisão em raças fisiológicas que seria a preferência por uma determinada cultivar, pois as raças ocorrem tanto em variedades plantadas comercialmente (cultivar) quanto nas variedades selvagens (FOURIE et al., 2011). Nessa espécie, foram identificadas mais de 120 *formae specialis* (AGRIOS, 2005), entre elas o *F. oxysporum* f. sp. *cubense* causador do murcho de Fusarium.

As raças de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* que atacam a cultura da bananeira são as 1, 2 e 4, enquanto que a raça 3 ocorre apenas em *Heliconia* sp. Plantas susceptíveis infectadas com *F. oxysporum* f. sp. *cubense* raramente se recuperam (FOURIE et al., 2011; PLOETZ, 2015). As raças 1 e 2 do FOC estão distribuídas em quase todo o Brasil, já a raça 4 ainda não foi relatada no país e afeta várias cultivares, incluindo todo o subgrupo Cavendish (DITA et al., 2013). A raça 4 está subdividida em Tropical (TR4) e Subtropical (ST4) (PLOETZ, 2006; BUTLER, 2013), e se for introduzido acidentalmente no Brasil pode afetar todas as cultivares resistentes às raças 1 e 2 (DITA et al., 2013).

Para avaliar a incidência do mal-do-Panamá nas plantas, são observados os sintomas internos da doença, mediante cortes transversais ou longitudinais do pseudocaule de plantas nos estágios mais avançados da doença (CORDEIRO; MATOS; KIMATI, 2005). O xilema afetado torna-se marrom avermelhado e eventualmente é obstruído, impedindo assim o transporte de água e nutrientes (PLOETZ, 2015).

Os sintomas externos são: amarelecimento das folhas, primeiro as mais velhas depois as mais novas, iniciando dos bordos foliares em sentido a nervura principal. Em seguida as folhas murcham, secam e quebram junto ao pseudocaule, ficando pendentes na planta evidenciando o sintoma clássico de guarda-chuva-fechado. Podendo apresentar ainda, estreitamento do limbo, engrossamento das nervuras e às vezes necrose do cartucho. Na parte mais inferior da planta ocorrem rachaduras do feixe de bainhas (CORDEIRO et al., 2016). O ácido fusárico (FA), uma fitotoxina que é produzida pelo fungo, é a provável causa do sintoma da clorose foliar (DONG et al. 2012, 2014).

O fungo sobrevive na forma de clamidósporos no solo até sua germinação ser estimulada pelas raízes do hospedeiro ou de espécies não hospedeiras (STOVER, 1962; CORRELL, 1991). Esses clamidósporos são os esporos que

permitem a sobrevivência de FOC no solo por décadas, o que dificulta os métodos de controle do patógeno (AGRIOS, 2005).

O FOC pode ser dispersado por meio de rizomas infectados, utilizados para a propagação vegetativa da bananeira; da movimentação do solo infestado pelo homem, de animais, máquinas e implementos; pela irrigação e por contato entre raízes (MICHEREFF; CORREIA, 2015; HADDAD et al., 2015; CORDEIRO et al., 2016).

O controle de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* é dificultado por se tratar de um fungo que sobrevive no solo e apresenta estruturas de resistência que permanece por longos anos no solo. Sendo assim o método de controle mais sugerido é o uso de cultivares resistentes (AMORIM et al., 2013; PERÉZ-VICENTE et al., 2014).

3 *Radopholus similis*

O nematoide *Radopholus similis* (Cobb, 1983) Thorne, 1949, pertence à Classe Secernentea Ordem Tylenchida Família Hoplolaimidae. No Brasil foi relatado pela primeira vez por Carvalho (1959), no estado de São Paulo, parasitando a bananeira 'Nanica' (LORDELLO, 1992; TIHOHOD, 1993).

A espécie *R. similis* apresenta-se com juvenis e adultos fusiformes e ciclo de vida entre 20 a 25 dias, sob temperatura ideal de 24-32° C. A reprodução é anfimítica podendo ocorrer partenogênese, e apenas os estádios juvenis e as fêmeas são infestantes, enquanto que os machos não parasitam as plantas. (FERRAZ; MONTEIRO, 2011; KUBO et al., 2013). Variações morfológicas, reprodutivas e patogênicas indicam a existência de diferentes biótipos ou patotipos entre isolados de populações de *R. similis* (SARAH et al., 1993; FALLAS et al., 1995; COSTA, 2004; COSTA et al., 2005).

No Brasil, *R. similis* foi relatado nos estados da Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Distrito Federal, Alagoas e Minas Gerais (ALVES; ZEM, 1982; ZEM; LORDELLO, 1984; ZEM et al., 1984; PEREIRA, 2006; RIBEIRO et al., 2009; SANTOS et al., 2009; OLIVEIRA, 2013; NEVES et al., 2009; LIMA et al., 2013).

É um nematoide endoparasita migratório que geralmente penetra próximo às extremidades das raízes. No interior das raízes, migra intracelularmente no parênquima cortical, se alimentando 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).

No Brasil, em áreas com presença de nematoides, são relatados tombamentos de planta devido à ação do vento ou peso do cacho, gerando perdas de produção em níveis de 80% até 100%, devido à destruição do sistema radicular, que afeta a absorção de água e nutrientes e enfraquece a sustentação da planta. Além do mais, o patógeno interfere no desenvolvimento da bananeira, prolongando o ciclo vegetativo e diminuindo o tamanho e peso dos cachos (GOWEN et al., 2005; DIAS-ARIEIRA et al., 2008).

A presença de *R. similis* em plantios de várias cultivares de bananeira resulta em grandes perdas para os produtores, principalmente nos países tropicais, onde as condições ambientais como a temperatura, o tipo de solo, a vegetação e as estações chuvosas favorecem o desenvolvimento, reprodução e a sobrevivência desse nematoide (PINOCHET, 1986; DAVIDE, 1996). No subgrupo Cavendish, no Brasil especificamente, as perdas causadas por *R. similis* podem chegar até a 100%, sobretudo quando os pomares se encontram instalados em regiões de solos arenosos e temperaturas mais elevadas (EMBRAPA, 2009).

O controle dos nematoides no solo é realizado com a utilização de diferentes métodos, destacando-se os controles químico, genético e orgânico (ARAÚJO et al., 2002). Os nematicidas aplicados ao solo, além de apresentarem elevado custo, prejudicam a saúde humana, animal e poluem o ambiente (FILGUEIRA, 2000; GEBREMICHAEL, 2015).

Alternativas ao controle químico, com o uso de resíduos orgânicos e agroindustriais, a exemplo da manipueira, do resíduo de sisal, da torta de mamona, como estratégias de manejo de doenças de patógenos que habitam e sobrevivem no solo vem sendo avaliadas e podem apresentar elevado potencial, quando adequadamente testadas. Estes resíduos também atuam como fertilizantes, permitindo maior desenvolvimento da planta e maiores

produtividades desta cultura, podendo ainda agir como biocidas (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

4 *Trichoderma* spp.

O gênero *Trichoderma* spp., foi descrito em 1794, por Person, é constituído por fungos filamentosos encontrados abundantemente na natureza, podendo viver saprofiticamente ou parasitando outros fungos, e tem como destaque diversas espécies que atuam como agentes de controle biológico contra fungos patogênicos e também podem ser usados como promotores do crescimento de plantas (BRITO et al, 2014).

A espécie *Trichoderma asperellum* Samuels, pertence ao filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, Ordem Hypocreales e Família Hypocreaceae (INDEX FUNGORUM, 2018).

Os mecanismos de ação do fungo sobre o patógeno incluem competição, parasitismo, antibiose, predação ou indução de defesa do hospedeiro, e sua importância no processo de biocontrole é influenciado pela espécie de *Trichoderma*, do fungo antagonizado, das condições ambientais, incluindo disponibilidade de nutrientes, temperatura e pH, além da planta cultivada (BENITEZ et al, 2004; MACHADO et al., 2012).

Desta forma o gênero *Trichoderma* é de grande importância para agricultura uma vez que atuam como controle biológico de doenças de diversas plantas cultivadas além de serem promotores de crescimento vegetal (MOHAMED; HAGGAG, 2006, FORTES et al., 2007; CONSOLO et al., 2012).

Espécies do gênero *Trichoderma* são facilmente isoladas de solo e de matéria orgânica vegetal (PAPAVIZAS, 1985; HOWELL, 2003; HARMAN et al., 2004), e são regularmente encontrados na microflora do solo em grande variedade de habitats (KUBICEK; HARMAN, 1998). Outros fatores como umidade, nutrientes, pH, tipo de solo, microbiota, aeração e teor de matéria orgânica influenciam na distribuição das espécies deste gênero, assim como na sobrevivência no solo ou em substrato (HOWELL, 2003).

5 SISAL (*Agave sisalana* Perrine)

Originária do México, as mudas de *Agave sisalana*, trazidas provavelmente da Flórida, EUA, foram plantadas na região da Paraíba, por uma empresa norte Americana e posteriormente por volta da década de 30 vieram para a Bahia, dando início a conhecida região sisaleira (JUDD et al., 2007). Em 1930, já era cultivada também em Angola, Haiti, Indonésia, Madagascar, Moçambique, Quênia, Taiwan, Venezuela e Filipinas (EB, 2014).

O Brasil é o maior exportador de sisal do mundo. De acordo com o Conab, em 2016, o Brasil produziu 84.651 toneladas de sisal, e exportou cerca de 74% dessa produção. A produção brasileira concentra-se na região Nordeste, nos estados da Bahia, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará e a Bahia é o principal estado produtor, contribuindo com 94 % da produção nacional (IBGE, 2014).

No processo de desfibramento do sisal apenas de 3 a 5% da sua folha torna-se fibra, com um descarte em forma de coproduto de aproximadamente 95 a 97% da folha produzida. Dentro desse descarte encontra-se cerca de 14% de mucilagem ou polpa (tecido parenquimatoso esmagado e pedaços de folha), 1% de bucha (fibras curtas de diferentes tamanhos) e 81% de resíduo líquido (seiva vegetal) (SUINAGA et al., 2006). Esses resíduos tem potencial de uso já comprovados em alimentação animal, em bioinseticidas, em fertilizantes e ainda na produção de nematicidas (DAMASCENO et. al., 2015; JESUS et al., 2015). O resíduo do sisal proporciona aumento da matéria orgânica no solo e no teor dos nutrientes e pode ser utilizado em compostos orgânicos (DIAS, 2015).

O sisal e seu cultivo têm como objetivo principal a produção e extração de fibra, porem é uma atividade que gera também um acúmulo de material ainda pouco utilizado, os resíduos. O Brasil é um dos maiores produtores de resíduos agrícolas do mundo (CNA, 2017). Resíduos esses provenientes da agricultura e da pecuária e seu acúmulo ocasionando muitas vezes em impactos ambientais (RIZZONI et al., 2012).

A cultura do sisal é fundamental para a região semiárida da Bahia, em consequência para a economia brasileira, devido sua geração de renda nesta região, na qual as condições edafoclimáticas limitam as alternativas de produção agrícola (ADAB, 2013). O sisal tem uma enorme importância socioeconômica,

cultivado principalmente por agricultores familiares, a produção de fibras de sisal é fundamental para evitar o êxodo rural e garantir uma fonte de renda nessas regiões semiáridas (SUINAGA et al., 2006).

Agave sisalana apresenta características fisiológicas como epiderme cutinizada, redução do número de estômatos, folhas rígidas, carnosas, suculentas e lisas que permitem a adaptação nestas regiões (MEDINA, 1954). O sisal, monocárpico, floresce apenas uma vez, ao fim de seu ciclo vegetativo, emitindo o pendão, que os agricultores denominam de flecha (ALVES et al., 2004). Apresenta metabolismo fotossintético do tipo CAM (Crassuláceas Acid Metabolism – CAM), seus estômatos abrem-se à noite, de forma a reduzir a perda de água por transpiração (BELTRÃO, 2006). Estas características tornam o sisal uma espécie semi-xerófila, adaptada à região Semiárida, além de conferir uma barreira natural contra a infecção por microorganismos, o que a torna resistente ao ataque de pragas e doenças (SOUZA, 2010; COUTINHO et al., 2006).

Os principais constituintes oriundos do metabolismo secundário do resíduo de sisal, são alcaloides, compostos fenólicos, cumarinas, saponinas, flavonoides e taninos e estão relacionadas ao mecanismo de defesa das plantas, podendo apresentar efeito inibitório contra fitonematoides (CHITWOOD, 2002; BOTURA et al. 2013).

As saponinas, glicosídeos de esteroides ou de terpenos policíclicos, apresentam um papel relevante na defesa contra insetos e micro-organismos (AGRELL et al., 2003). A parte constituída de açúcares confere o aspecto hidrofílico da molécula, o que permite a redução da tensão superficial da água e sua ação detergente e emulsificante. Esses compostos trazem benefícios ambientais permitindo diversificar a exploração comercial da planta (FRANCIS et al., 2002).

REFERÊNCIAS

- ADAB. Podridão Vermelha do Sisal. 2013. Disponível em:
<http://www.adab.ba/.gov.br> Acesso em: 18 de maio de 2018.
- 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.
- ALVES, E. J.; ZEM, A. C. Nematoides associados a cultura da banana no estado da Paraíba. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 3, p. 333-337, 1982.
- ALVES, M. O.; SANTIAGO, E. G.; LIMA, A. R. M. **Diagnóstico socioeconômico do setor sisaleiro no nordeste Brasileiro**. Documentos do Etene (Escritório técnico de recursos socioeconômicos do Nordeste), vol. 4, Fortaleza: Banco do Nordeste, 2004
- AMORIM, E. P et al. Banana breeding at Embrapa cassava and fruits. **Acta Horticulturae**, v. 986, p.171-176, 2013.
- 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.
- BELTRÃO, N. E. M. A planta. In: ANDRADE, W. (Ed.). O Sisal do Brasil. 1. ed. Salvador: SINDIFIBRAS; Brasília: APEX-Brasil, p. 25-28, 2006.
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação. In: Alves, E. J. A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 1 ed. Brasília: Embrapa/SPI, p. 197-260, 1997.
- 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.

BRITO, J. P. C.; RAMADA, M. H.; DE MAGALHÃES, M. T.; SILV, L. P.; ULHOA, C. J. Peptaibols from *Trichoderma asperellum* TR356 strain isolated from Brazilian soil. **SpringerPlus**. 2014.

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

CNA: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil.

<http://www.cnabrazil.org.br/noticias/cna-aponta-investimentos-dosprodutores-em-tecnologia>. Acessado em 04/09/2018

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; MEISSNER FILHO, P. E. Doenças e Métodos de Controle. In: O Cultivo da Bananeira. (Eds. Borges, A. L.; Souza, L. S.). Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.

CORDEIRO, Z. J. M., MATOS, A. P., KIMATI, H. Doenças da bananeira (*Musa* spp.) In: KIMATI, H., AMORIN, L., REZENDE, J.A.M., BERGAMIN FILHO, A., Camargo, L.E.A.; (Ed.). Manual de fitopatologia. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, p. 99-117. 2005.

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; HADDAD, F. **Melhoramento genético**. (Org). O agronegócio da banana. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016, p.559-563.

CONSOLO, V.F.; MÓNACO, C.I.; CORDO, C.A.; SALERNO, G.L. Characterization of novel *Trichoderma* spp. isolates as a search for effective biocontrollers of fungal diseases of economically important crops in Argentina. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.28, p.1389-1398, 2012.

CORRELL, J. C. The relation ship between forma especiales, races, and vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum*. **Phytopathology**, v. 81, n. 9, p. 1061-1064, 1991.

COSTA, D. C. **Variabilidade patogêna e genética de *Radopholus similis* em bananeira no Brasil**. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

COSTA, D. C.; CARES, J. E.; GOMES, A. C.; SHARMA, R. D. Reprodução e patogenicidade de *Radopholus similis* em *Musa* spp. e *Citrus latifolia*.

Fitopatologia Brasileira, v.30, p.174, 2005.

COUTINHO, W. M.; LUZ, C.M.; SUASSUNA, N. D.; SILVA O. F. E.; SUINAGA, F. A. **A podridão vermelha do tronco do Sisal**, EMBRAPA, 2006.

DAMASCENO, J. C. A., et al. (2015). Resíduo líquido de sisal (*Agave sisalana* Perrine) no controle do nematoide das galhas no tomateiro. **Horticultura Brasileira**, 33 (2), 155-162. <https://doi.org/10.1590/hb.v33i2.302>

DANTAS, A. C. V. L.; ALMEIDA, W. A. B.; DANTAS, J. L. L.; ALVES, E. J. Estrutura da planta. In: FERREIRA, C. F., SILVA, S. O., AMORIM, E. P., SANTOS-SEREJO, J. A. (Org). O agronegócio da banana. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016 p.29-31.

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.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; MOLINA, R. O.; COSTA, A. T. Nematoides causadores de doenças em frutíferas. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 46-56, 2008.

DIAS, A. T. VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SISAL: UMA PROPOSTA PARA A REGIÃO DO SEMIARIDO DO ESTADO DA BAHIA. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, [S.l.], v. 2, n. 2, jan. 2015. ISSN 2317-563X. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/12787/9081> Acesso em: 23 Set. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.17565/gesta.v2i2.12787>.

DITA, M. A.; ECHEGOYEN, P. E.; PÉREZ-VICENTE, L. **Plan de contingencia ante un brote de laraza4 tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* em un país de La región del OIRSA**. Salvador: Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuária, 2013. 155p.

DONG, X.; LING, N.; WANG, N.; SHEN, Q.; GUO, S. Fusaric acid is a crucial factor in the disturbance of leaf water imbalance in *Fusarium* infected banana plants. **Plant Physiology Biochemistry**, v.60, p.171-179. 2012.

DONG, X.; XIONG, Y.; LING, N.; SHEN, Q.; GUO, S. Fusaric acid accelerates the senescence of leaf in banana when infected by *Fusarium*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 30, p.1399-1408. 2014.

EB - Encyclopaedia Britannica Online: Academic Edition. "Sisal." Inc., 2014.

Disponível em:

<http://www.britannica.com.ez1.periodicos.capes.gov.br/EBchecked/topic/546658/sisal>

EMBRAPA. Semiárido. **Sistemas de produção de bananeira irrigada**. Versão eletrônica. 2009. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 18 de maio de 2018.

FALLAS, G. A.; SARAH, J. L.; FARGETTE, M. Reproductive fitness and pathogenicity of eight *Radopholus similis* isolates on banana plants (Musa AAA cv. Poyo). **Nematropica**, v.25, p.135-141, 1995.

FAOSTAT- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2016. Production (2016). Disponível em: <
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 maio. 2018.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. **In:** AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). Manual de fitopatologia: princípios e conceitos. 4. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, v. 1, cap. 13, p. 277-305. 2011.

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

FORTES, F. O., SILVA, A. C. F., ALMANÇA, M. A. K.; TEDESCO, S. B. Promoção de enraizamento de microestacas de um clone de *Eucalyptus* sp. por *Trichoderma* spp. **Revista Árvore**, v. 31, n.2, p.221-228. 2007.

FOURIE, G.; STEENKAMP, E. T.; PLOETZ, R. C.; GORDON, T. R.; VILJOEN, A. Current status of the taxonomic position of *Fusarium oxysporum* formae specialis *cubense* within the *Fusarium oxysporum* complex. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 11, n. 3, p. 533-542, 2011.

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.

GEBREMICHAEL, N. G.; A review on Biology and Management of *Radopholus similis*. **Advances in Life Science and Technology**, v. 36, p. 91-95, 2015.

GOWEN, S. R.; QUÉNÉHERVÉ, P.; FOGAIN, R. Nematode parasites of bananas and plantains. **In**: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. 2 ed. Cabi Publishing, v. 1, cap. 16, p. 611- 644. 2005.

HADDAD, F.; AMORIM, E. P.; RODRIGUEZ, M. A. D. **Fusariose da bananeira no Brasil: situação atual e perspectivas de pesquisa**. Congresso latino-americano y del Caribe de Plátanos y Bananos, Brasil, 2015.

HARMAN, G. E. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, v. 96, n. 02, p. 190-194, 2006.

HOWELL, C.R. Mechanism employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. **Plant Disease**, Minnesota, v. 87, n. 1, p. 4-10, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da produção agrícola, Rio de Janeiro v.27 n.01 p.1-85, janeiro, 2014. ISSN 0103-443X.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano civil. 2017.

INDEX FUNGORUM, 2018. Disponível em:

<<http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>> Acesso em 02 de setembro de 2018 JESUS, F. N.; DAMASCENO, J. C. A.; BARBOSA, D. H. S. G.; MALHEIRO, R.; PEREIRA, J. A.; SOARES, A. C. F. Control of the banana burrowing nematode using sisal extract. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 35, n. 2, p. 783 - 791, 2015.

JUDD, W. S., CAMPBELL, C. S., KELLOG, E. A., STEVENS, P. F., DONOGHUE, M. J. **Plant systematics**. A Phylogenetic approach. 3ed. Sinauer Associates Inc., Massachusetts. 2007.

KUBICEK, C.P.; HARMAN, G.E. **Trichoderma and Gliocladium: basic biology, taxonomy and genetics**. London: Taylor & Francis, 1998. v. 1. 278p.

KUBO, R. K.; MACHADO, A. C. Z.; OLIVEIRA, C. M. G. Nematoides fitoparasitos da bananeira. In: NOGUEIRA, E. M. C.; ALMEIDA, I. M. G.; FERRARI, J. T.; BERIAM, L. O. S. (Ed.). *Bananicultura: manejo fitossanitário e aspectos econômicos e sociais da cultura*. São Paulo: Instituto Biológico. v. 1, cap. 8, p. 136-163. 2013.

LI, W. M.; DITA, M.; WU, W.; HU, G. B.; XIE, J. H.; GE, X. J. Resistance sources to *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* tropical race 4 in banana wild relatives. **Plant pathology**, v. 64, n. 5, p. 1061-1067, 2015.

LIMA, R. S.; MUNIZ, M. F. S.; CASTRO, J. M. C.; OLIVEIRA, E. R. L.; OLIVEIRA, P. G.; SIQUEIRA, K. M. S. D.; MACHADO, A. C. Z.; COSTA, J. G. Frequencies and population densities of the major phytonematodes associated with banana in the state of Alagoas, Brazil. **Nematropica**, Brandenton, v. 43, n. 2, p. 186-193, 2013.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1992. 315 p.

MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Rev. de Ciências Agrárias** [online]. 2012, vol.35, n.1 [citado 2018-10-02], pp.274-288. Disponível em:

<http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2012000100026&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 0871-018X.

MEDINA, J. C. O Sisal. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Publicidade Agrícola, 1954, 286p.

MICHEREFF, S. J.; CORREIA, K. C. Manejo de Doenças em Fruteiras Tropicais. In: COLMÁN, A.; BARROS, A V.; MACHADO, F. J. (Eds). Doenças em espécies florestais e fruteiras. Viçosa: Editora UFV, 2015.

MOHAMED, H. A. L. A.; HAGGAG, W. M. Biocontrol potential of salinity tolerant mutants of *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum*. Braz. **Phytopathology**, v. 62, n.4, p. 442-447. 2006.

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. 2011. 102p.

NEVES, W. S.; DIAS, M. S. C.; BARBOSA, J. G. Flutuação Populacional de Nematoides em Bananeiras de Minas Gerais e Bahia (2003-2008). **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 4, p. 281-285, 2009.

OLIVEIRA, U. L. C. **Fitonematoides associados a cultivos de bananeiras na região sul e sudoeste da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2013. 72p.

PAPAVIZAS, G. C. *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology, and potential for biocontrol. Minnesota: **Annual Reviews of Phytopathology**, Minnesota, v. 23, p. 23- 54, 1985.

PEREIRA, A. M. **Identificação e manejo de nematoides da bananeira no leste do estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 104p.

PÉREZ-VICENTE, L.; DITA, M. A. *Fusarium* Wilt of Banana or Panama Disease by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*: A Review on History, Symptoms, Biology, Epidemiology and Management. In: Pérez-Vicente, L., Dita, M. A. and Martínez-de la Parte, E., Eds., Technical Manual Prevention and Diagnostic of *Fusarium* Wilt (Panama Disease) of Banana Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 (T4R), FAO, Rome, 2014.

PERRIER, X. et al. Multidisciplinary perspectives on banana (*Musa* spp.) domestication. **Proceedings of the National Academy of Sciences of USA**, Washington, v.108, n.28, p.1311-1318, 2011.

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

PLOETZ, R. C. *Fusarium* wilt of banana. **Phytopathology**, Palo Alto, v.105, n.12, p.1512-1521, 2015.

RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, F. R. P.; XAVIER, A. A.; ALMEIDA, V. P.; MIZOBUTSI, E. H.; CAMPOS, V. P.; FERRAZ, L.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Flutuação populacional e efeito da distância e profundidade sobre nematoides em bananeira no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 103-111, 2009.

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

RIZZONI, L.B.; TOBIAS, A.C.T.; DEL, B. M.; GARCIA, J.A.D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 9, p. 1-20, 2012.

SANTOS, L. C.; OLIVEIRA, A. P.; TEIXEIRA, R. A.; ARAUJO, F. G.; BARBOSA, K. A. G.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R. Levantamento populacional de nematoides fitoparasitas associados a cultivares de bananeira. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF TROPICAL NEMATOLOGY, 2., 2009, Maceió. Resumos... Maceió: ONTA-Sociedade Brasileira de Nematologia, 2009. p. 340.

SARAH, J. L.; SABATINI, C.; BOISSEAU, M. Differences in pathogenicity to banana (*Musa* sp. Cv. Poyo) among isolates of *Radopholus similis* from different production areas of the world. **Nematropica**, v.23, p.73-79, 1993.

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

SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A.; BORGES, A. L. Cultivares. In: FERREIRA, C. F., SILVA, S. O., AMORIM, E. P., SANTOS-SEREJO, J. A. Melhoria genética. (Org). O agronegócio da banana. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016 p.137-139.

SOUZA, L. S. S. **Extratos aquosos de alho (*Allium sativum* L.) e sisal (*Agave sisalana* Perrine) no controle de *Aspergillus niger* e da podridão vermelha do sisal**. Dissertação Mestrado em Ciências Agrárias – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2010, 91p.

STOVER, R. H. **Fusarial wilt (Panama disease) of bananas and other *Musa* species**. CAB International, Great Britain. 1962.

SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. F. da; COUTINHO, W. M. **Cultivo do sisal na região semiárida do Nordeste brasileiro**. Embrapa Algodão. Sistemas de Produção, 5, novembro de 2006.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 372p.

ZEM, A. C.; LORDELLO, L. G. E. Problemas nematológicos em bananeiras (*Musa* spp.) no Brasil. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba**, v. 41, n. 1, p. 93-118, 1984.

ZEM, A. C.; VENTURA, A.; NOBREGA, A. C. Nematoides associados a diferentes cultivares de bananeira em Viana, ES. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 67-71, 1984.

ARTIGO 1

**RESÍDUO DE SISAL NO CONTROLE DE *F. oxysporum* f. sp. *cupense* NA
MURCHA DE *Fusarium* EM MUDAS DE BANANEIRA**

Resíduo de sisal no controle de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* na Murcha de *Fusarium* em mudas de bananeira

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação do resíduo líquido de sisal para o manejo da Murcha de *Fusarium*, causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* (FOC), em mudas de bananeira em condições controladas. Foi avaliado *in vitro* o efeito do resíduo líquido de sisal, fresco e fermentado de forma diluída nas concentrações de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, incorporados ao meio de cultura BDA sobre o crescimento micelial de FOC. Para os testes *in vivo*, mudas de bananeira da cultivar Prata Anã foram transplantadas para sacos contendo solo (50 %), substrato industrializado (30%) e fibra de coco (20%), e infestado com FOC na concentração de 10^6 unidades formadoras de colônia (UFC) grama⁻¹ e resíduo de sisal a 25%. O experimento 2 consistiu na aplicação de resíduo de sisal (100 mL saco⁻¹) adicionado no solo antes do plantio das mudas de bananeiras. O plantio foi feito, uma, duas e três semanas após a aplicação do resíduo. O experimento 3 consistiu no plantio das mudas logo após inoculação de FOC e aplicação do resíduo de sisal (50 mL saco⁻¹) semanalmente, quinzenalmente e mensalmente até 85 dias após o plantio. Foram avaliados os sintomas externos em intervalos de sete dias durante 85 dias e os sintomas internos, ao final dos 85 dias após a inoculação do patógeno. O resíduo fermentado de sisal inibiu o crescimento micelial de FOC em todas as concentrações, sendo maior percentual de redução na concentração 25% de resíduo de sisal. Nas plantas de bananeira foi observado um menor ID interno e AACPD quando o resíduo fermentado diluído para 25% foi aplicado quinzenalmente nas plantas. De maneira geral o resíduo líquido fermentado do sisal mostrou-se eficiente na redução da severidade em 38,30% de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* em bananeira.

PALAVRAS CHAVE: inoculação, *Fusarium oxysporum*, *Agave sisalana*

Sisal residue in the control of *F. oxysporum* f. sp. *cupense* in the Murcha of *Fusarium* in banana tree seedlings

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the application of liquid sisal residue to the management of *Fusarium* wilt, caused by the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* (FOC), in banana seedlings under controlled conditions. The effect of the liquid residue of sisal, fresh and fermented diluted at concentrations of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25%, incorporated into the BDA culture medium on growth was evaluated in vitro mycelial FOC. For the in vivo tests, banana plantlets of the cultivar Prata Anã were transplanted to bags containing soil (50%), industrialized substrate (30%) and coconut fiber (20%), and infested with FOC at the concentration of 10⁶ forming units (CFU) grass-1 and 25% sisal residue. The experiment 2 consisted of the application of sisal residue (100 mL bag-1) added to the soil before planting the banana tree seedlings. The planting was done one, two and three weeks after the application of the residue. Experiment 3 consisted of planting seedlings immediately after inoculation of FOC and applying the sisal residue (50 mL sack-1) weekly, biweekly and monthly up to 85 days after planting. External symptoms were evaluated at intervals of 7 days for 85 days and internal symptoms at the end of 85 days after inoculation of the pathogen. The fermented sisal residue inhibited the mycelial growth of FOC at all concentrations, with a higher percentage of reduction in the concentration of 25% of sisal residue. In the banana plants a lower internal ID and AACPD was observed when the fermented residue diluted to 25% was applied biweekly in the plants. In general, the fermented liquid residue of sisal was efficient in reducing the severity in 38.30% of *F. oxysporum* f. sp. *cupense* in banana tree.

KEY WORDS: inoculation, *Fusarium oxysporum*, *Agave sisalana*.

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no mundo, cultivada em 80 países tropicais, sendo a segunda frutífera mais comercializada no mundo (PERRIER et al., 2011). As condições de clima (temperatura, umidade relativa, precipitação e insolação) favorecem a constante produção anual, atendendo regularmente as necessidades de consumo (VIEIRA, 2013).

O mal-do-Panamá ou murcha de *Fusarium*, causado pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* (FOC), é uma doença que causa sérios problemas fitossanitários para a bananicultura sendo considerado uma ameaça para o agronegócio da fruta (LI et al., 2015; PLOETZ, 2015).

As plantas infectadas por este patógeno exibem como sintomas externos amarelecimento progressivo das folhas mais velhas para as mais novas, seguido de murcha, seca e quebra junto ao pseudocaule, deixando a planta com aparência de um guarda-chuva fechado. Internamente, os patógenos agem nos vasos causando pontuações pardas avermelhada nos feixes da bainha do pseudocaule (CORDEIRO, 2005).

O controle do FOC em bananeira é dificultado por se tratar de um fungo que sobrevive no solo por longos anos e apresenta estruturas de resistência. Como não existe uma única medida de controle que seja eficaz contra esse patógeno, há uma tendência em utilizar os métodos existentes de forma conjunta, em um manejo integrado obtendo assim os níveis de controle desejados (EMBRAPA, 2011).

Após a infestação do solo pelo fungo é praticamente impossível erradicá-lo, impedindo o replantio das cultivares suscetíveis de banana no local, por décadas. Em pequenas propriedades ou agricultura de subsistência, as perdas causadas pelo mal-do-Panamá, geralmente, são reduzidas com a diversificação das cultivares de bananeira e/ou de outras culturas. Assim, quando elevados rendimentos de uma única cultivar não é o objetivo, pode ser possível produzir variedades suscetíveis em pequena escala (STOVER; PLOETZ, 1990, PLOETZ, 2015).

Entre os métodos alternativos, destaca-se o uso de resíduos vegetais incorporados ao solo, que interagem com comunidades microbianas e liberam metabólitos, auxiliando na redução da atividade patogênica (CAFÉ FILHO, 2000).

O sisal (*Agave sisalana* Perrine) é cultivado com o principal objetivo de produção e extração de fibra. No seu processo de desfibramento, uma quantidade significativa de subproduto é gerada, que possui diversas utilizações, porém na maioria das vezes é abandonada no campo (SOUZA, 2016). As fibras do sisal representam apenas 4% do peso da planta e os resíduos sólidos e aquosos, que são abandonados em pilhas nas áreas de produção pelos produtores, constituem os restantes 96% (SUINAGA et al., 2006).

O resíduo líquido de sisal é composto por alcaloides, compostos fenólicos, cumarinas, saponinas, flavonoides, glicosídeos, e taninos oriundos dos metabólitos secundários (NEGESSE et al., 2009; BARRETO, 2010). Vários estudos descrevem os efeitos biológicos, principalmente antimicrobiano, anti-inflamatórios e anti-helmínticos dos resíduos de sisal (SANTOS et al., 2009; DOMINGUES et al., 2010).

Diante disso, o objetivo no trabalho foi avaliar o efeito do resíduo de sisal como uma ferramenta para o manejo da Murcha de *Fusarium* em mudas de bananeira sob condições controladas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia e na casa de vegetação na Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizados na cidade de Cruz das Almas, Bahia.

Foi utilizado o isolado de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC) 0801, pertencente à micoteca da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

O resíduo do sisal utilizado foi oriundo da cidade de Conceição do Coité, Bahia, região produtora de sisal. O resíduo líquido de sisal foi obtido durante o desfibramento das folhas, transferido para sacos de plástico, colocados em isopor com gelo e transportados para o Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

2.1. Ensaio *in vitro*

Foi realizado um experimento *in vitro* para definição da melhor forma de aplicação e concentração do resíduo líquido fresco para os experimentos *in vivo* (experimentos 2 e 3).

Para o experimento preliminar, uma parte do resíduo líquido foi deixada à temperatura ambiente por 4 dias para fermentar e a outra parte foi imediatamente congelada. Os resíduos fresco e fermentado foram utilizados de forma diluída nas concentrações de 0% (controle), 5%, 10%, 15%, 20% e 25% (Figura 1A e 1B), incorporados ao meio de cultura BDA (Figura 1C e 1D). Foram preparados 200 mL de meio para cada concentração da seguinte forma: 0% - 8 g de BDA em 200 mL de água destilada; 5% - 8 gramas de BDA + 190 mL de água destilada + 10 mL do resíduo; 10% - 8 g de BDA + 180 mL de água destilada + 20 mL do resíduo; 15% - 8 g de BDA + 170 mL de água destilada + 30 mL do resíduo; 20% - 8 g de BDA + 160 mL de água destilada + 40 mL do resíduo; 25% - 8 g de BDA + 150 mL de água destilada + 50 mL do resíduo (Figura 1C).

Discos de 5 mm de diâmetro da borda de culturas de FOC, crescidas por sete dias em meio BDA à temperatura ambiente (28 °C) foram adicionados às placas de Petri (Figura 1D) e acompanhou-se o crescimento micelial, por mensuração do diâmetro da colônia, utilizando-se uma régua milimetrada. As medições foram feitas a cada dois dias, até a colônia do tratamento controle atingir as bordas da placa, que foi de oito dias.

Os dados do teste *in vitro* foram submetidos ao teste F da análise de variância considerando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6, sendo dois tipos de resíduo (fresco e fermentado) e seis concentrações (0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, com 10 repetições. Para as médias dos tratamentos foram ajustados modelos de regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SAS (SAS Institute Inc., 2010).

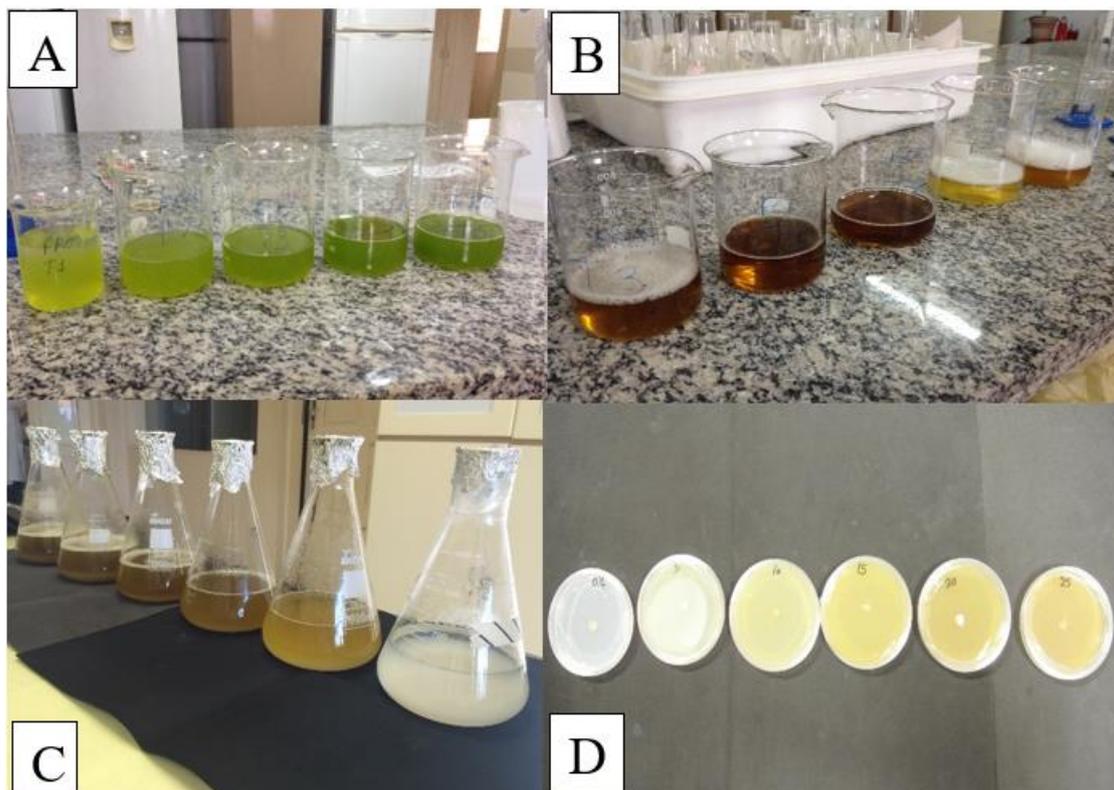


Figura 1. Resíduo de sisal fresco (A), resíduo fermentado (B), meio de cultura com resíduo (C) e meio de cultura BDA com resíduo plaqueado nas concentrações do estudo (D).

2.1. Experimentos *in vivo* com aplicação de resíduo de sisal em mudas de bananeira

Após a definição da concentração ótima de sisal, que foi de 25% obtida no teste *in vitro*, foram instalados dois experimentos com mudas de bananeira. Mudas micropropagadas da cultivar Prata Anã, foram aclimatizadas em casa de vegetação e transplantadas para sacos de 3 L composto de uma mistura previamente esterilizada de solo (50 %), substrato industrializado (30%) e fibra de coco (20%). O inóculo de FOC foi preparado da seguinte forma: discos de micélio de 5mm de diâmetro foram retirados de colônias de sete dias de crescimento em meio BDA, mantidas em BOD 25°C. Esses discos foram colocados em sacos plásticos contendo meio areia-fubá (FA), sendo composto de 250 g de areia lavada + 50 g de fubá de milho + 50 mL de água destilada esterilizada,

autoclavados durante três dias consecutivos a 120°C e 1 atm por 20 minutos. E colocados em BOD a 25 °C por 30 dias para crescimento de FOC, antes de fazer uso desta mistura contendo inóculo, foi feita a quantificação, utilizando três amostras para fazer a diluição seriada e em seguida plaqueamento e incubação em BOD a 25 °C e 48 horas depois feita a contagem das UFC com ajuste para 10^6 UFC/grama de solo. Para infestação do solo foram adicionados 40 g de FA e misturados ao solo antes do plantio (Figura 2).



Figura 2: Infestação do solo com FOC.

O experimento 2 consistiu na aplicação de resíduo de sisal na concentração de 25% (100 mL saco^{-1}) foi adicionado no solo antes do plantio das mudas de bananeiras. Então o plantio foi feito, uma, duas e três semanas após a aplicação do resíduo. O experimento 3 consistiu no plantio das mudas logo após inoculação de FOC e aplicação do resíduo de sisal (50 mL saco^{-1}) semanalmente, quinzenalmente e mensalmente até 85 dias após o plantio. Em ambos os experimentos incluiu-se um tratamento controle sem FOC e sem resíduo de sisal (controle absoluto) e um tratamento controle com FOC e sem resíduo de sisal. Os códigos e descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos 2 e 3 estão apresentados na Tabela 1, sendo feita irrigação diária em todos os tratamentos, exceto quando havia aplicação do resíduo nesse dia era suspenso apenas nos tratamentos que receberiam o resíduo.

Tabela 1. Código e descrição dos tratamentos dos experimentos ‘*in vivo*’ com plantio de mudas de bananeira antes e após a aplicação do resíduo de sisal e FOC. Cruz das Almas, 2018.

Código	Descrição
Experimento 2 – Plantio após a aplicação do resíduo	
T1	Sem infestação de FOC ¹ e sem aplicação do resíduo de sisal (testemunha)
T2	Com infestação de FOC e sem aplicação do resíduo de sisal
T3	Infestação de FOC com aplicação de resíduo de sisal e plantio das mudas uma semana depois da aplicação
T4	Infestação de FOC com aplicação de resíduo de sisal e plantio das mudas duas semanas depois da aplicação
T5	Infestação de FOC com aplicação de resíduo de sisal e plantio das mudas três semanas depois da aplicação
Experimento 3 – Aplicação do resíduo após o plantio	
T1	Sem infestação de FOC e sem aplicação do resíduo de sisal (testemunha)
T2	Com infestação de FOC e sem aplicação do resíduo de sisal
T3	Infestação de FOC com aplicação de resíduo de sisal semanalmente
T4	Infestação de FOC com aplicação de resíduo de sisal quinzenalmente
T5	Infestação de FOC com aplicação de resíduo de sisal mensalmente

¹*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

Os sintomas externos foram avaliados em intervalos de 7 dias durante 85 dias e os sintomas internos, ao final dos 85 dias após a inoculação do patógeno. Os sintomas foram avaliados com a escala de notas (DITA et al., 2014) transformadas para Índice da doença (ID), utilizando a formula de Mckinney's (Mckinney, 1923), $ID = \frac{\sum (\text{grau da escala} \times \text{frequência}) \times 100}{(n^{\circ} \text{ total de unidades} \times \text{grau máximo da escala})}$. A partir do índice de doença dos sintomas externos calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e os tratamentos foram comparados quanto à diminuição do ID interno e AACPD. Para avaliação dos sintomas externos utilizou-se a seguinte escala: 1: sem sintomas; 2: amarelecimento inicial em folhas velhas; 3: amarelecimento de folhas velhas com

descoloração inicial em folhas jovens; 4: todas as folhas com intenso amarelecimento; 5: planta morta . Para avaliação do rizoma utilizou-se a escala de notas, com variação de 0 a 5 (0: plantas assintomáticas e 5: planta morta), 0: rizoma completamente sadio; 1: pontos isolados de infecção; 2: infecção atingindo até 1/3 do anel; 3: infecção atingindo de 1/3 a 2/3 do anel; 4: infecção atingindo mais de 2/3 do anel e 5: infecção generalizada (DITA et al., 2014).

Os dados para os dois experimentos 'in vivo' foram submetidos ao teste F da análise de variância considerando um delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o índice de doença externo foi realizada a análise de variância considerando o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida no tempo, com as avaliações sucessivas ao longo do tempo. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SAS (SAS Institute Inc., 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ensaio preliminar '*in vitro*'.

Foram observadas diferenças significativas no crescimento de FOC em meio de cultura com os resíduos fresco e fermentado, tendo o resíduo fermentado proporcionado as menores médias de diâmetro do micélio, reduzindo assim o crescimento do FOC (Figura 2B). Enquanto o resíduo fresco apresentou maior crescimento micelial em todas as concentrações comparadas com a testemunha (Figura 2A).

O resíduo de sisal inibiu o crescimento micelial de FOC na concentração de 25% (Figura 3). Os menores diâmetros do micélio ocorreram nos tratamentos com o resíduo fermentado.

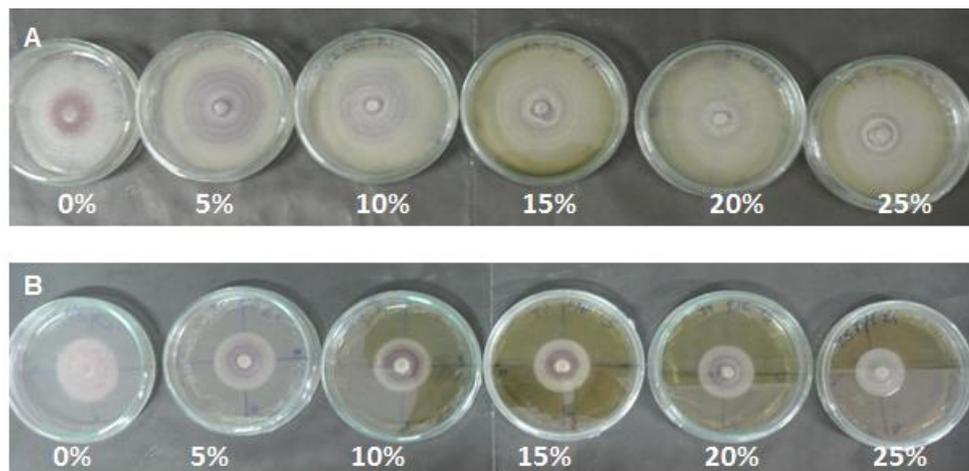


Figura 2. Ensaio *'in vitro'* para avaliação do efeito de resíduo de sisal fresco (A) e fermentado (B) em diferentes concentrações no crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

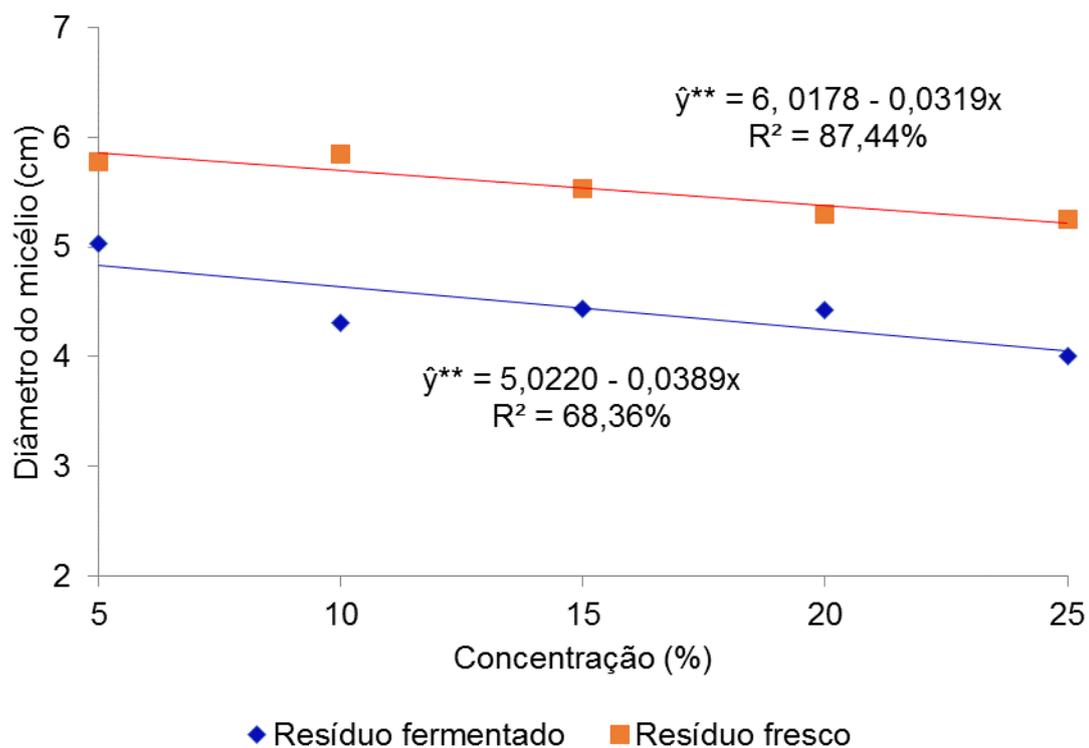


Figura 3. Efeito das diferentes concentrações do resíduo de sisal fermentado e fresco sobre o crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

Silva (2011) ao avaliar o resíduo de sisal fermentado no controle de *Aspergillus niger* observou efeito biofungicida com controle do crescimento micelial e esporulação do fungo. Morais et al. (2010) avaliando o efeito de resíduo de sisal sobre *F. oxysporum* observaram a inibição da germinação de conídios e crescimento micelial quando utilizada na concentração de 40%. Bastos (1992) e Lima et al. (1996) ressaltam que esse efeito inibidor é importante em termos de controle de fitopatógenos por evitar o processo inicial de infecção da planta pelo patógeno.

O extrato aquoso de *Agave sisalana* Perrine também teve efeito inibitório na germinação de conídios e inibição do crescimento micelial em *Fusarium oxysporum*, reduzindo a intensidade de murcha em feijão vagem (MORAIS, 2004). Barreto (2003) observou menor incidência (15,86% e 12,02%) do fungo *Fusarium* sp após o tratamento de sementes de algodão com extratos frescos de sisal

No presente trabalho, não foram utilizadas concentrações do resíduo acima de 25 % devido ao efeito fitotóxico do resíduo em plantas de bananeira (JESUS et al., 2014).

3.2. Experimentos com aplicação de resíduo de sisal em bananeira 'in vivo'.

Em mudas de bananeira, observou-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) para todos os tratamentos para a área abaixo do progresso da doença e o índice de doença interno (Anexo 1).

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os valores médios para a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) e para o índice de doença interno (IDI), respectivamente. Observa-se que, nas mudas de bananeiras plantadas após a aplicação do resíduo fermentado de sisal em uma única vez, os valores de AACPD e IDI foram menores que no experimento em que ocorreu aplicação parcelada do resíduo após o plantio das mudas. Tanto para a AACPD, quanto para IDI, a inoculação de FOC com aplicação de resíduo no solo e plantio das mudas três semanas depois da aplicação do resíduo, foi o que propiciou maior redução da severidade da doença (38,30%).

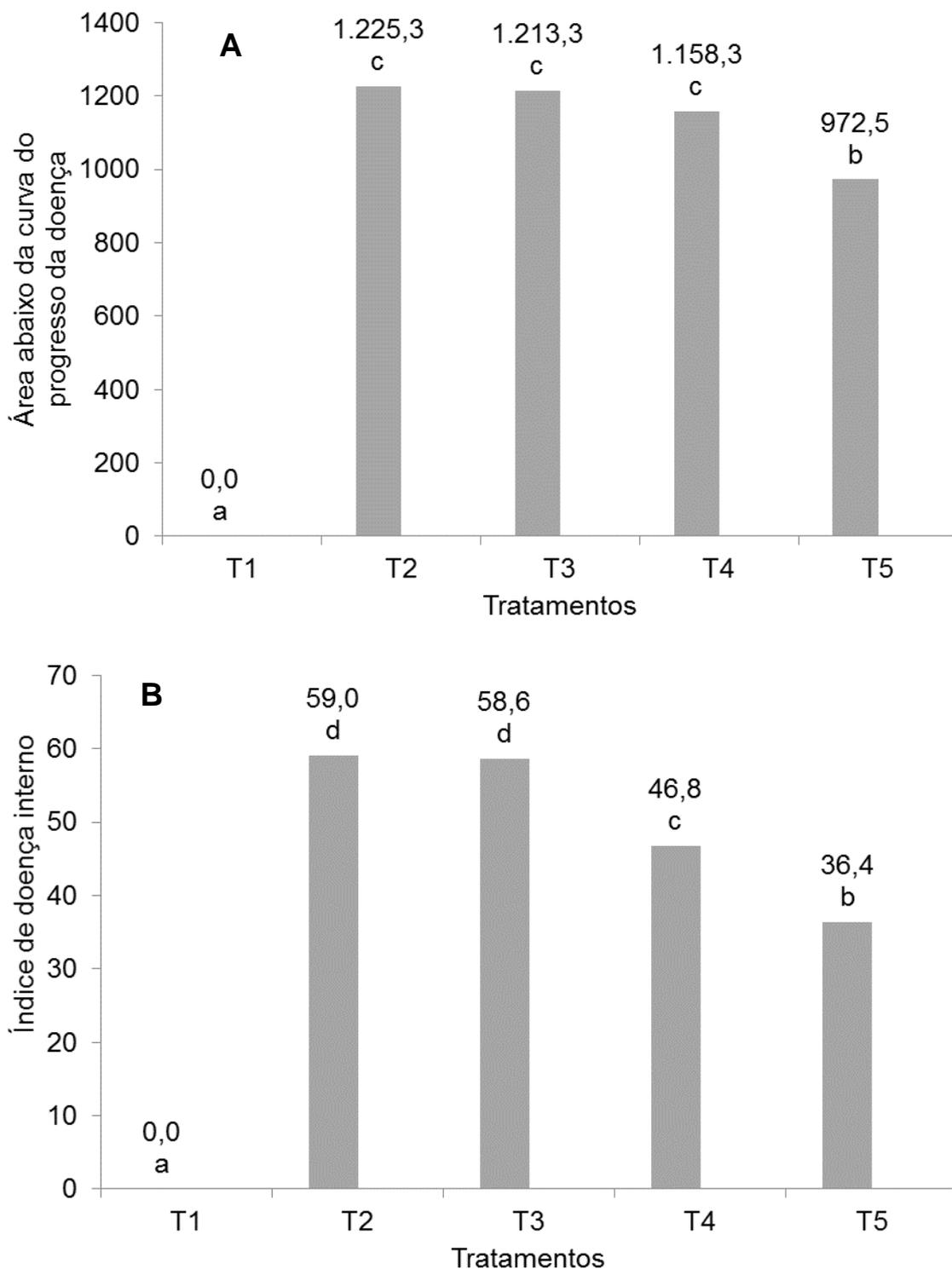


Figura 4. Área abaixo da curva do progresso da doença (A) e índice de doença interno (B) para o experimento de plantio após a aplicação do resíduo. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

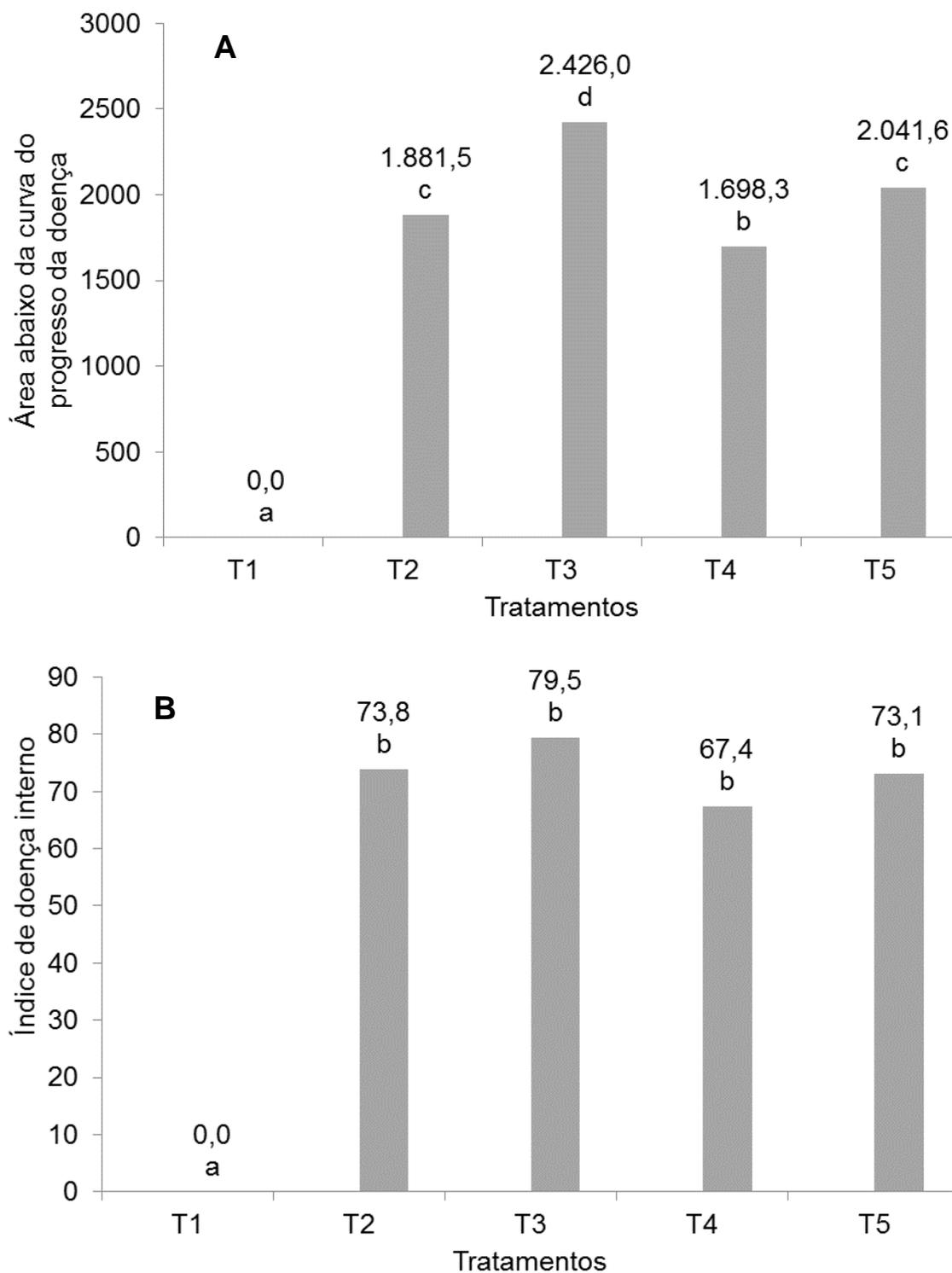


Figura 5. Área abaixo da curva do progresso da doença (A) e índice de doença interno (B) para o experimento de aplicação do resíduo após o plantio. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação ao índice de doença externo (IDE), houve efeito significativo ($p < 0,01$) para a interação entre os tratamentos versus as épocas de avaliação. Na Figura 6 são apresentados os IDE's para os experimentos 2 (Figura 6A) e 3 (Figura 6B). Conforme discutido anteriormente, foram obtidos menores valores de IDE para o experimento 2, no qual as mudas de bananeira foram plantadas em solo infestado com FOC, após a aplicação de resíduo de sisal. Novamente, o tratamento T5, solo infestado com FOC e com aplicação de resíduo e plantio das mudas três semanas depois da aplicação, propiciou um controle mais eficiente de FOC ao longo das avaliações realizadas. Atribuindo aqui o efeito preventivo do resíduo, sendo uma possibilidade de seu uso em solos com a presença do patógeno, para redução do inóculo inicial.

Morais et al. (2010), em testes em casa de vegetação, observou uma redução média de 43,79% na incidência da murcha do *Fusarium* com a aplicação dos extratos de *Agave*, o que evidencia o efeito biocida do extrato sobre o patógeno

O efeito tóxico do resíduo do sisal sobre o crescimento de microrganismos também tem sido demonstrado em outros trabalhos. Garcia et al. (1999) avaliando o potencial antimicrobiano de várias espécies do gênero *Agave*, observaram que o resíduo apresenta substâncias naturais biocidas com propriedades antimicrobianas para bactérias gram-positivas e gram-negativas. French (1992) sugere que a difusão de traços de compostos voláteis pode induzir ou inibir a germinação ou o crescimento, ou desencadear alterações no desenvolvimento de plantas e fungos. Neste trabalho atribui-se o efeito tóxico do resíduo nas plantas de bananeiras, quando houve uma frequência maior das aplicações, semanalmente (T3) que apresentou AACPD 28,93% acima da testemunha, onde havia infestação de FOC, sem nenhum tratamento de controle (Figura 4).

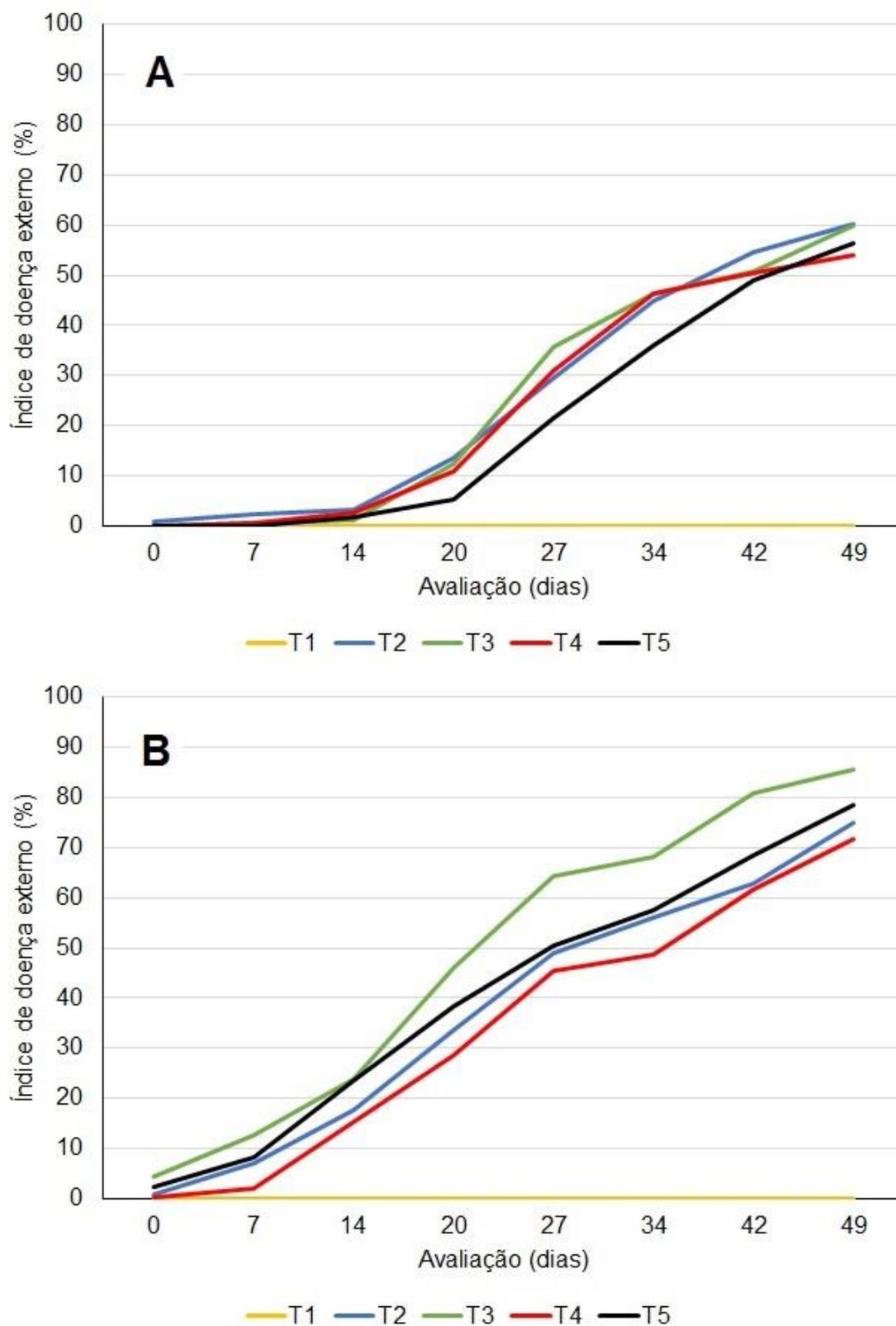


Figura 6. Índice de doença externo para o experimento 2, plantio após a aplicação do resíduo (A) e para o experimento 3, aplicação do resíduo após o plantio (B).

Para o experimento 3, considerado curativo, com aplicação fracionada do resíduo a redução da severidade foi 8,67% quando comparado com a testemunha, sugerindo o potencial uso do resíduo de sisal em pomares onde há presença de FOC, sendo mais uma ferramenta associada a outras técnicas de manejo na redução do inóculo do patógeno.

Haddad (2018) relata que a produção de banana em solos infestados por FOC depende não somente do uso de cultivares resistentes, mas da utilização de práticas que possam promover a supressão do inóculo no solo contra a murcha de *Fusarium* e as defesas da planta. Não há na literatura relatos do controle do mal-do-Panamá com o uso de resíduo de sisal. Os resultados desse trabalho indicam que a utilização do resíduo do sisal pode ser uma ferramenta para o manejo da doença.

4. CONCLUSÃO

O resíduo líquido fermentado de sisal, diluído a 25% inibe o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

Em plantas de bananeira, para o controle do mal-do-Panamá, o resíduo líquido de sisal deve ser aplicado pelo menos três semanas antes do plantio das mudas.

O resíduo de sisal é um subproduto bastante promissor para o controle do mal do Panamá sendo necessários mais investimentos em pesquisa para avaliar o potencial de desenvolvimento de um bioproduto à base de resíduo de sisal como alternativa para o controle do mal-do-Panamá.

4. REFERÊNCIAS

- BARRETO, A. F. **Efeito de suco de agave sobre a qualidade fisiológica e a incidência de fungos em sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r *latifolium* Hutch).** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2003. 19f.
- 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.
- BASTOS, C.N. Inibição do crescimento micelial e germinação de esporos de *Crinipelis pernicioso* e *Phitophtora palmivora* por extrato de bulbo de alho (*Allium sativum*). **Fitopatologia Brasileira**, v.17, n.4, p. 454-457, 1992.
- CAFÉ FILHO, A. C.; LOBO JÚNIOR, M. Manejo de fatores físicos e culturais para o controle de patógenos de solo. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo. v.8, p.267-301, 2000.
- CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; KIMATI, H. Doenças da bananeira. **In:** KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M. BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; (Ed.). Manual de fitopatologia: São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, p. 99-117. 2005.
- DITA, M.A.; PÉREZ VICENTE, L.; MARTINEZ DE LA PARTE, E. Inoculation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* causal agent of *fusarium* wilt in banana. **In:** PÉREZ-VICENTE, L., DITA M.A., MARTINEZ-DE LA PARTE. E. Technical Manual: Prevention and diagnostic of Fusarium Wilt (Panama disease) of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Tropical Race 4 (TR4), 74p, 2014.
- 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.

EMBRAPA. **Sistema Orgânico de Produção para a Cultura da Banana**. Sistema de Produção, 18 - 2º edição. ISSN 1678-8796 Versão eletrônica, 2011.

FRENCH, R. C.; Volatile chemical germination stimulators of rust and other fungal spores, **Mycologia**, v. 84, n. 3, p. 277-288, 1992.

GARCIA, M. D. et al. Antiinflammatory activity of *Agave intermixta* Trel. and *Cissus sicyoides* L., species used in the caribbean traditional medicine. **Journal of Ethno pharmacology**, v.71, p.395-400, 1999.

HADDAD, F.; ROCHA, L.S.; SOARES, A.C.F.; MARTINS, I.P.S.; TEIXEIRA, L.A.J.; STAVEN, C.; DITA, M. Management of Fusarium wilt of bananas in Minas Gerais, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1, p. 137-146, 2018.

JESUS, F.N.; DAMASCENO, J.C.A., BARBOSA, D.H.S.G., MALHEIRO, R., PEREIRA, J.A., SOARES, A.C.F. **Control of the banana burrowing nematode using sisal extract**. Agronomy for Sustainable Development, December, 2014.

LI, W. M.; DITA, M.; WU, W.; HU, G. B.; XIE, J. H.; GE, X. J. Resistance sources to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in banana wild relatives. **Plant pathology**, v. 64, n. 5, p. 1061-1067, 2015.

LIMA, G. S de A. et al. Efeito de Extratos Aquosos de Alho (*Allium sativum*) sobre a Germinação e o Crescimento Micelial de *Botryodiplodia theobromae* PAT. "in vitro". **Ciência Agrícola**, v.4, p.1-9, 1996.

MCKINNEY, R.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v.6, p.195-218, 1923.

MORAIS, M. S.; ARAUJO, E.; ARAUJO, A. C.; BÉLEM, L. F. Eficiência dos extratos de alho e agave no controle de *Fusarium oxysporum* S. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.5, n.2, p. 89-98. 2010.

MORAIS, M.S. **Efeitos de dois extratos vegetais sobre o desenvolvimento de *Fusarium oxysporum* e da incidência da murcha em feijão-vagem.** 48p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba: Areia, 48p., 2004.

NEGESSE, T.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritive value of some nonconventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. **Animal Feed Science Technology**, v.154 (3-4), p.204-217, 2009.

PERRIER, X. et al. Multidisciplinary perspectives on banana (*Musa* spp.) domestication. **Proceedings of the National Academy of Sciences of USA**, Washington, v.108, n.28, p.1311-1318, 2011.

PLOETZ, R. C. **Management of Fusarium wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4.** Crop Protection, USA, p.1-9, 2015.

SANTOS, L. C.; OLIVEIRA, A. P.; TEIXEIRA, R. A.; ARAUJO, F. G.; BARBOSA, K. A. G.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R. Levantamento populacional de nematoides fitoparasitas associados a cultivares de bananeira. **In: INTERNATIONAL CONGRESS OF TROPICAL NEMATOLOGY**, 2., 2009, Maceió. Resumos... Maceió: ONTA-Sociedade Brasileira de Nematologia, 2009. p. 340.

SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010. 8460 p. Disponível em:

<<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/PDF/default/statug.pdf>>. Acesso em: 23 de maio de 2018.

SILVA, R.M.; SOARES, A.C.F.; Sá, J.O.; DAMASCENO, C.L.; CARMO, C.O.; SACRAMENTO, A.C.S.C. Formulação de *Trichoderma* spp. para o biocontrole da podridão vermelha do sisal. **In: Reunião Anual de Ciência, Tecnologia, Inovação e Cultura no Recôncavo da Bahia**, 2011, Cruz das Almas. Reunião Anual de Ciência, Tecnologia, Inovação e Cultura no Recôncavo da Bahia, 2011.

SOUZA, S. C.; RAMOS, J. P. C; SANTOS, R. C.; CAVALCANTI, J. J. V; LIMA, L. M. Divergência genética em acessos de sisal baseada em caracteres

morfoagronômicos. **In:** ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 21., 2016, Recife. Disponível em:

<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1066202>>. Acesso em: 10 de junho de 2019.

STOVER, R.H, PLOETZ, R.C. **Fusarium wilt of banana: some history and current status of the disease**. Fusarium Wilt of Banana. APS Press, p 1–7, 1990.

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.

VIEIRA, L. M. **Banana**. Síntese Anual da Agricultura Catarinense 2012-2013, p. 21-25. 2013.

ARTIGO 2

**CONTROLE DA MURCHA DE *FUSARIUM* EM MUDAS DE BANANEIRA COM
*Trichoderma asperellum***

Controle da Murcha de *Fusarium* em mudas de bananeira com *Trichoderma asperellum*

RESUMO - Na cultura da bananeira, as doenças são consideradas a principal causa de perdas na produtividade. Um dos mais importantes patógenos é o *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC), fungo de solo capaz de sobreviver por décadas na ausência de hospedeiro, por meio de estruturas de resistência. As espécies de *Trichoderma spp.* possuem diversos mecanismos capazes de controlar doenças em plantas. Este trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de *Trichoderma asperellum*, no controle da murcha de *Fusarium*. Com mudas das cultivares Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã. O solo foi infestado com FOC, na concentração 10^6 unidades formadoras de colônia (UFC) grama-1 do substrato e aplicados 50 mL do *T. asperellum* na concentração de 10^{10} UFC/grama-1 no plantio e repetido aos 20, aos 20 e 40 e aos 20, 40 e 60 dias após o plantio. Fez-se a avaliação da severidade da doença com a observação dos sintomas externos por meio de escala de notas, a partir de 34 dias após plantio, em intervalos de sete dias, durante 86 dias e os sintomas internos, ao final dos 86 dias após a inoculação do patógeno. Foram calculados os índices da doença para os sintomas externos e internos. Foram avaliadas também a altura das plantas e a massa seca da parte aérea e da raiz. Os tratamentos com aplicação de *T. asperellum* propiciaram maior desenvolvimento das plantas, principalmente para a variável altura de plantas com valores acima de 100% em comparação com a testemunha para todas as variedades. Com relação à severidade da doença, os tratamentos com aplicação de *T. asperellum* no plantio e repetidos aos 20 e 40 dias e aos 20, 40 e 60 dias mostraram redução na severidade de FOC variando entre 54,51% na cultivar Maçã e 91,37% na cultivar Prata Anã.

PALAVRAS CHAVE: *Fusarium oxysporum*, fungos, antagonismo.

Control of *Fusarium* wilt in banana plants with *Trichoderma asperellum*

ABSTRACT - In banana crops, diseases are considered the main cause of productivity losses. One of the most important pathogens is *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC), a soil fungus capable of surviving for decades in the absence of host, through resistance structures. The species of *Trichoderma* spp. have several mechanisms capable of controlling diseases in plants. This work aimed to evaluate the use of *Trichoderma asperellum*, in the control of *Fusarium* wilt. With seedlings of the cultivars Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã. The soil was infested with FOC at the concentration of 10⁶ colony forming units (CFU) gram⁻¹ substrate and 50 mL of *T. asperellum* at the concentration of 10¹⁰ CFU / gram⁻¹ was applied at planting and repeated at 20, 20 and 40 and at 20, 40 and 60 days after planting. The severity of the disease was assessed by observing the external symptoms using a scale of notes, from 34 days after planting, at intervals of 7 days, for 86 days, and internal symptoms at the end of the 86 days after inoculation of the pathogen. Disease rates were calculated for external and internal symptoms. The height of the plants and the dry mass of shoot and root were also evaluated. The treatments with application of *T. asperellum* provided greater development of the plants, mainly for the variable height of plants with values above 100% in comparison with the control for all the varieties. Regarding the severity of the disease, treatments with *T. asperellum* at planting and repeated at 20 and 40 days and at 20, 40 and 60 days showed a reduction in FOC severity ranging from 54.51% in Maçã and 91, 37% in the cultivar Prata Anã.

KEY WORDS: *Fusarium oxysporum*, fungi, antagonism.

1. INTRODUÇÃO

As bananeiras (*Musa spp*) são a cultura de frutas mais importante do mundo em termos de volume de produção e comércio além de ser a banana o quarto alimento mais consumido no mundo (FAOSTAT, 2018). Na cultura dessa espécie, as doenças são consideradas a principal causa de perdas na produtividade.

O FOC (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), fungo de solo que devido suas estruturas de resistência consegue sobreviver por mais de 30 anos na ausência do hospedeiro, é a principal doença fúngica e a mais destrutiva entre as que atacam as variedades de bananeira (STOVER, 1962, 1990; PLOETZ et al., 2006; WANG et al, 2013).

O FOC penetra na planta, através de lesões ou ferimentos no sistema radicular, e pelo uso de ferramentas usadas na limpeza de folhas, corte do pseudocaule e outras operações. Dentro da planta coloniza os vasos do xilema, progredindo em direção ao rizoma e ao pseudocaule até atingir o pecíolo, produzindo toxinas, como o ácido fusárico e enzimas pectinolíticas, que causam desordem do tecido vascular infectado (CORDEIRO et al., 2016).

Os principais sintomas do Mal do Panamá são o amarelecimento das folhas, progredindo das mais velhas para as mais novas, folhas murchas e secas que se quebram junto ao pseudocaule aparentando um guarda-chuva fechado. Pode apresentar estreitamento do limbo, engrossamento das nervuras e às vezes necrose do cartucho (CORDEIRO et al., 2004).

Com a crescente preocupação com questões ambientais, o uso de agrotóxicos e problemas com fungos veiculados pelo solo e de difícil controle, se faz necessário à busca por fontes de controle biológico para o manejo de pragas e doenças, ainda que não seja uma prática generalizada. O controle biológico comumente vem sendo constituído como uma alternativa ao uso de produtos químicos e uma opção para o controle de patógenos (SANTOS et al., 2012).

Espécies do gênero *Trichoderma* encontram-se entre os agentes de biocontrole de doenças mais estudados no mundo. Várias espécies possuem

mecanismos de ação antagônica e produzem substâncias antimicrobianas contra diferentes fitopatógenos, sendo capaz de controlar várias doenças (LUCON, 2008).

Trichoderma spp. consiste em um grupo de fungos presentes nas raízes e no solo e encontrado na maioria dos ecossistemas. As espécies de *Trichoderma* são muito interativas para ambientes foliares de raízes, solo e plantas. Estes fungos liberam diferentes compostos que desencadeiam o sistema imunológico da planta e a resistência na forma local ou sistêmica. *Trichoderma* é bem reconhecido como arma biológica contra diferentes patógenos de plantas e usado como regulador de crescimento para raízes, aumento de rendimento, flexibilidade para o estresse e absorção de nutrientes do solo (KHAN et al., 2017) Outra característica relevante é a de que são altamente resistentes a uma ampla gama de substâncias tóxicas, o que leva a hipótese de sua utilização em sistemas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (CONSOLO et al., 2012).

A eficiência do controle pelo *Trichoderma* está relacionada aos mecanismos utilizados contra outros microrganismos, por competição por espaço e nutrientes, produção de antibióticos ou ainda, diretamente por micoparasitismo. Esses mecanismos podem atuar de forma sinérgica e a sua importância nos processos de biocontrole depende, não só da espécie, mas do isolado de *Trichoderma*, do fungo a que antagoniza, do tipo de cultivo e das condições ambientais, tais como, disponibilidade de nutrientes, pH, temperatura e umidade (BENITÉZ et al., 2004). Uma das características importantes é que o fungo *Trichoderma* se desenvolve em meio de cultura rapidamente, o que facilita a produção de inóculo para aplicação (LOUZADA et al., 2009).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de *Trichoderma asperellum* isolado 81, no manejo do mal-do-Panamá em mudas de bananeira em casa de vegetação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Fitopatologia e em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas-BA.

Foram utilizados como material vegetal 30 plantas das cultivares de bananeira Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã.

Usou-se o isolado 218A de *F.oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC), considerado mais virulento, porém menos agressivo, da coleção biológica do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura. O isolado 81 de *Trichoderma asperellum* usado, pertence à coleção biológica do laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas-BA.

O isolado de FOC foi multiplicado em meio areia-fubá (FA), sendo composto de 250 g de areia lavada + 50 g de fubá de milho + 50 mL de água destilada esterilizada, autoclavado durante três dias consecutivos a 120 °C e 1 atm por 20 minutos. Posteriormente, foi colocado em BOD a 25 °C por 30 dias para crescimento de FOC, antes de fazer uso desta mistura contendo inóculo, foi feita a quantificação, utilizando três amostras para fazer a diluição seriada e em seguida plaqueamento e incubação em BOD a 25 °C e 48 h depois, foi feita a contagem das UFC ajustando para 10⁶ UFC/grama de solo. Para infestação do solo foram adicionados 50 g de FA e misturado ao solo previamente esterilizado antes do plantio.

O *T. asperellum* foi multiplicado em meio BDA, a partir da colônia foi preparada uma suspensão na concentração de 10⁸, adicionados 10 mL dessa suspensão em sacos com 500 g de arroz previamente autoclavado a 120 °C e 1 atm por 20 min com 10 mL de água estéril. Após o semeio os sacos foram acondicionados em BOD a 25 °C por 30 dias para crescimento. Nas mudas de bananeira foram aplicados 50 mL de uma suspensão de esporos na concentração de 10¹⁰ em todos os tratamentos.

As aplicações do *Trichoderma asperellum* foram feitas no momento do plantio das mudas e repetidas aos 20, 40 e 60 dias após o plantio. O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições. Os códigos e descrição dos tratamentos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Código e descrição dos tratamentos com aplicação de *Trichoderma asperellum* e FOC. Cruz das Almas, 2018.

Código	Descrição
T1	Sem inóculo de FOC ¹ e sem aplicação de <i>T. asperellum</i> (Testemunha)
T2	Com infestação de FOC e sem aplicação do <i>T. asperellum</i>
T3	Infestação de FOC com aplicação de <i>T. asperellum</i> no momento do plantio e repetido após 20 dias
T4	Infestação de FOC com aplicação de <i>T. asperellum</i> no momento do plantio e repetido após 20 e 40 dias
T5	Infestação de FOC com aplicação de <i>T. asperellum</i> no momento do plantio e repetido após 20, 40 e 60 dias

¹*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

A avaliação da severidade da doença foi realizada pela observação dos sintomas externos, com a escala de notas descrita por Dita et al., (2014), a partir de 34 dias após plantio (DAP), em intervalos de sete dias durante 86 dias. Foram calculados os índices da doença (ID), para sintomas externos e internos, utilizando a formula de Mckinney's (Mckinney, 1923), onde $ID (\%) = 100 \cdot \Sigma[(f.v)/(n.x)]$, sendo ID - índice de doença; f - número de plantas com a mesma nota; v – nota observada; n - número total de plantas avaliadas e x - nota máxima da escala. Para o desenvolvimento da doença ao longo do tempo (sintomas externos), calculou-se a área abaixo da curva de progresso de severidade da doença (AACPD). Para avaliação dos sintomas externos utilizou-se a seguinte escala: 1: sem sintomas; 2: amarelecimento inicial em folhas velhas; 3: amarelecimento de folhas velhas com descoloração inicial em folhas jovens; 4: todas as folhas com intenso amarelecimento; 5: planta morta. Para avaliação do rizoma utilizou-se a escala de notas, com variação de 0 a 5 (0: plantas assintomáticas e 5: planta morta), 0: rizoma completamente sadio; 1: pontos isolados de infecção; 2: infecção atingindo até 1/3 do anel; 3: infecção atingindo de 1/3 a 2/3 do anel; 4: infecção atingindo mais de 2/3 do anel e 5: infecção generalizada

Para avaliar o efeito do *T. asperellum* no desenvolvimento da planta, aos 86 dias após o plantio fez-se a coleta das plantas, medição da altura das plantas

(AP) e o peso da massa seca da parte aérea (PA) e da raiz (PR). As partes das plantas foram secas em estufas a 60 °C, por três dias, até peso constante.

Os dados foram analisados com o teste F da análise de variância e as médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para cada uma das cultivares avaliadas. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SAS (SAS Institute Inc., 2010). Para os dados de índice de doença interno e área abaixo da curva de progresso da doença foi criado um mapa de calor (*heatmap*) por meio de análise de agrupamento hierárquico e dos pacotes *gplots* e *devtools* do programa estatístico R (R Core Team, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo para todas as variáveis, com exceção da massa seca da parte aérea (PA) para a cultivar BRS Princesa e massa seca da raiz (PR) para as cultivares BRS Princesa e Maça. Os coeficientes de variação variaram de 10,97% a 41,61%, respectivamente para a variável AP da cultivar Prata Anã e PR da cultivar BRS Princesa (anexo 3).

Analisando os valores médios para a variável altura de planta (AP), para cada uma das cultivares avaliadas (Tabela 2), é possível observar que, de maneira geral, os tratamentos com aplicação de *T. asperellum* (T3, T4 e T5) apresentaram valores superiores quando comparados com os tratamentos sem aplicação de *T. asperellum* (T1 e T2).

Com relação a massa seca da parte aérea, a superioridade dos tratamentos com *T. asperellum* apenas foi verificada para as cultivares Grande Nine e Maça. Para a massa seca da raiz, apenas a cultivar Prata Anã apresentou valores superiores com aplicação de *Trichoderma* repetidos aos 20 e 40 dias e aos 20, 40 e 60 dias, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios para as variáveis altura de planta (AP), peso da massa seca da parte aérea (PA) e da raiz (PR) para cada uma das cultivares avaliadas em função dos tratamentos com aplicação de *T. asperellum*, Cruz das Almas, 2018.

Tratamentos	AP	PA	PR
Prata Anã			
T1	14,67 c	4,31 a	28,04 b
T2	15,17 c	5,20 a	17,67 b
T3	17,83 b	5,83 a	26,24 b
T4	20,40 a	6,33 a	34,49 a
T5	21,17 a	7,19 a	43,17 a
Grande Nine			
T1	15,17 b	4,63 b	28,27 a
T2	17,67 b	5,22 b	18,54 a
T3	20,00 a	7,51 a	35,85 a
T4	22,17 a	7,25 a	37,47 a
T5	20,00 a	6,50 a	36,29 a
BRS Princesa			
T1	19,50 b	3,83 a	39,94 a
T2	20,33 b	3,50 a	24,21 b
T3	23,17 a	4,30 a	23,37 b
T4	24,50 a	5,08 a	26,69 b
T5	25,67 a	4,65 a	21,25 b
Maçã			
T1	20,17 b	3,27 b	28,42 a
T2	22,80 b	7,43 a	25,04 a
T3	28,00 a	7,60 a	26,21 a
T4	28,83 a	9,00 a	27,86 a
T5	26,17 a	7,41 a	33,30 a

¹Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1: sem inóculo de FOC¹ e sem aplicação de *T. asperellum*; T2: com inoculação de FOC e sem aplicação do *T. asperellum*. T3, T4 e T5: Inoculação de FOC com aplicação de *T. asperellum* no momento do plantio e repetido após 20 dias, após 20 e 40 dias, após 20, 40 e 60 dias, respectivamente.

Este trabalho evidencia que a aplicação de *Trichoderma* pode promover um maior desenvolvimento de plantas de bananeira. Pois os tratamentos com uso do *T. asperellum* apresentaram de maneira geral maior altura da planta, peso das raízes e peso seco da parte aérea. Khan et. al (2017) constataram que a aplicação de *Trichoderma harzianum* no solo aumentou significativamente o

crescimento de plantas de bananeira da cultivar Dwarf Cavendish quando comparados com solo infestado com FOC. O uso de *Trichoderma* sp. tem sido descrito como capaz de incrementar o crescimento, produtividade das plantas hospedeiras, além de incrementar a absorção e concentração de nutrientes nas raízes das plantas (HARMAN et al., 2004).

Para os dados de índice de doença interno e área abaixo da curva de progresso da doença foi criado um mapa de calor (heatmap) por meio de análise de agrupamento hierárquico. Os resultados para o índice de doença interno e área abaixo da curva do progresso da doença estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

Para o índice de doença interno (Figura 1), a cultivar Grande Nine apresentou melhores resultados em todos os tratamentos, mostrando ser mais resistente à doença. A variedade Prata Anã apresentou redução no índice de doença interno com a aplicação de *T. asperellum* e sua reaplicação aos 20 dias (T3), com os melhores resultados observados após a reaplicação de *T. asperellum* aos 20, 40 e 60 dias (T5), sendo atribuída ao *T. asperellum* essa diminuição, uma vez que se trata de uma cultivar suscetível ao mal-do-Panamá (COSTA et al., 2016). A variedade BRS Princesa, apresentou os melhores resultados no tratamento com a aplicação de *T. asperellum*, com reaplicação aos 20, 40 e 60 dias (T5). Esta cultivar apresenta resistência quantitativa ao Mal do Panamá (COSTA et al., 2016). A cultivar Maçã apresentou os maiores índices de doença interno, por ser mais suscetível ao FOC.

Na Figura 2 é apresentado o mapa de calor para a variável área abaixo da curva do progresso da doença. Observa-se que os menores valores, com exceção do tratamento testemunha, foram para os tratamentos com aplicação do *T. asperellum* (T3, T4 e T5). As cultivares Grande Nine e Prata Anã mostraram-se quando associadas com *T. asperellum* a ocorrência de uma interação entre métodos de controle, uso de cultivares resistentes a exemplo da Grande nine e ação do *T. asperellum* a exemplo da promoção de crescimento, efeito direto na planta, comparando com a testemunha e ainda efeito indireto sendo relacionado com uma possível indução de resistência a exemplo da Prata Anã, suscetível, associada ao *T. asperellum* comportou-se como resistente.

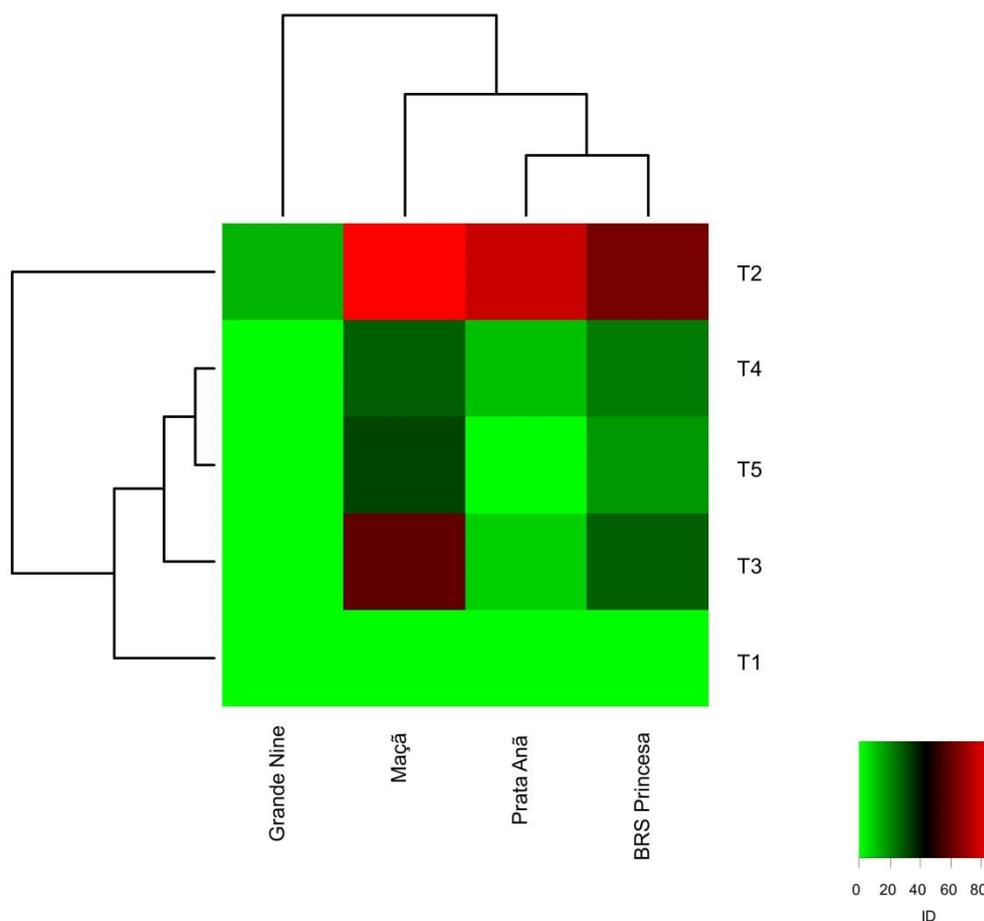


Figura 1. Mapa de calor e análise de agrupamento do índice de doença interno para as variedades de bananeira em função dos tratamentos aplicados com *Trichoderma*. T1: sem inóculo de FOC e sem aplicação de *T. asperellum*. T2: com infestação de FOC e sem aplicação do *T. asperellum*. T3, T4 e T5: infestação de FOC com aplicação de *T. asperellum* no momento do plantio e repetido após 20 dias, após 20 e 40 dias, após 20, 40 e 60 dias, respectivamente.

O índice de doença externo é apresentado na Figura 3. Observa-se que os tratamentos com aplicação de *Trichoderma* (T3, T4 e T5) proporcionaram redução dos índices da doença para a maioria das cultivares estudadas. As cultivares Prata Anã e Grande Nine foram as que apresentaram os melhores resultados para os índices avaliados no controle da doença a partir dos 57 dias de avaliação, mostrando interações entre os tratamentos.

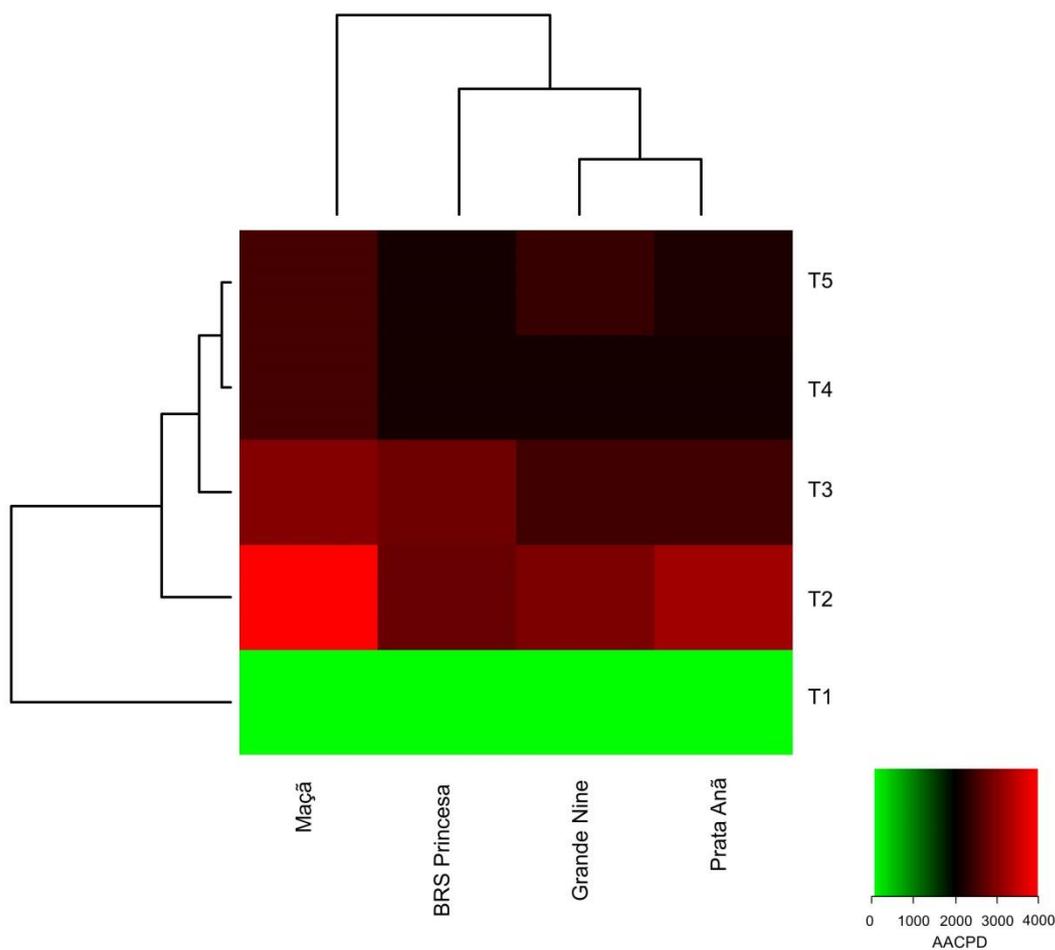


Figura 2. Mapa de calor e análise de agrupamento para a área abaixo da curva de progresso da doença para as variedades de bananeira em função dos tratamentos aplicados com *T. asperellum*. T1: sem inóculo de FOC e sem aplicação de *T. asperellum*; T2: com infestação de FOC e sem aplicação do *T. asperellum*; T3, T4 e T5: infestação de FOC com aplicação de *T. asperellum* no momento do plantio e repetido após 20 dias, após 20 e 40 dias, após 20, 40 e 60 dias, respectivamente.

Milanesi et al. (2013) estudou o biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. em plântulas de soja, e observou que o *Trichoderma* apresentou potencial para controle do *Fusarium*. Pereira (2009) avaliou o controle biológico do isolado TO 245 de *Fusarium* sp. em plântulas de tomateiro tratadas com os isolados de *Trichoderma* sp. e constatou que as plântulas apresentaram menor grau de severidade de doença, com notas iguais a 1,25 e 0,50

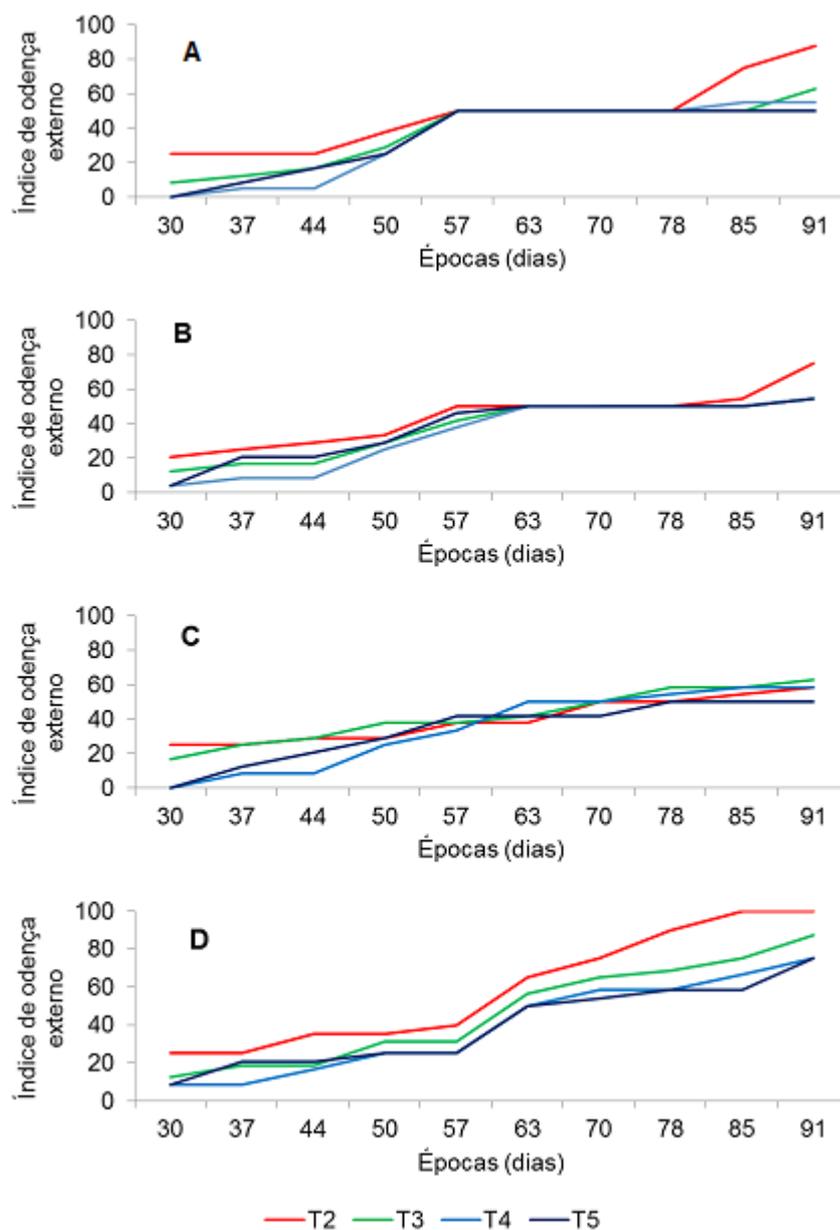


Figura 3. Índices de doença externo para as cultivares de banana Prata Anã (A), Grand Nine (B), BRS Princesa (C) e Maçã (D) em função dos tratamentos aplicados com *Trichoderma*. T2 = com infestação FOC e sem aplicação do *T. asperellum*. T3, T4 e T5 = Inoculação de FOC com aplicação de *T. asperellum* no momento do plantio e repetido após 20 dias, após 20 e 40 dias, após 20, 40 e 60 dias, respectivamente.

respectivamente, em comparação a 1,87 do tratamento controle sem *Trichoderma* sp., de acordo com a escala de Vakalounakis et al. (2004). Larkin e Fravel (1998)

atestaram a eficácia de redução da fusariose em tomateiro utilizando isolados de *T. hamatum* apresentando uma diminuição de incidência da doença em até 64%. No presente trabalho também o uso do *T. asperellum* reduziu a severidade de FOC.

Não existem muitos relatos na literatura do uso de *Trichoderma* no controle do mal do Panamá na cultura da bananeira. Khan et al. (2017) trabalhando com a cultivar de bananeira Dwarf Cavendish relataram que a utilização de *Trichoderma harzianum* foi eficiente em reduzir consideravelmente a severidade da murcha de Fusarium em experimentos em vasos. Chaves et. al (2016), em experimento em casa-de-vegetação com a cultivar de bananeira Gros Michel, identificaram o fungo *T. asperellum* como responsável em reduzir significativamente os sintomas internos e externos quando comparados com a testemunha.

O controle da fusariose por organismos antagonistas envolve mecanismos que restringem o crescimento e extensão da colonização do patógeno, seja de maneira física por meio de criação de barreiras, ou pela indução na planta para a produção de fitoalexinas (DE CAL et al., 2000).

De acordo com Stolf (2006) é necessário que o fungo endofítico seja eficiente em aderir e reconhecer a raiz, penetrar, resistir aos metabólitos tóxicos produzidos pela planta em resposta à invasão por um organismo externo patogênico ou não e sobreviver diante da competição entre microrganismos. Cepas de *Trichoderma* são geralmente mais resistentes a estes componentes que a maioria dos fungos o que lhe permite uma fácil adaptação a diferentes condições, crescimento rápido e que seja encontrado em densidades populacionais muito mais altas (BENITEZ et al., 2004). Diversos mecanismos de ação do *T. asperellum* podem estar ocorrendo, dentre eles a competição é um mecanismo que dificulta a germinação e reduz a infecção do patógeno (PUNJA e UTKHRDE, 2003).

4. CONCLUSÃO

O *T. asperellum*, isolado apresenta potencial no controle do mal do Panamá em mudas de bananeira em casa de vegetação, sendo sua eficiência comprovada em testes *in vivo*. A aplicação no plantio e reaplicação aos 20, 40 e 60 dias mostram maior eficiência no controle de *Fusarium*.

As cultivares Grande Nine e Prata Anã apresentam os melhores resultados em todos os tratamentos, evidenciando a interação entre diferentes métodos de controle.

5. REFERÊNCIAS

- BENITEZ, T.; RINCON, A.M.; LIMON, M.C.; CODON, A.C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, v.7, p.249-260. 2004.
- CHAVES, N.P.; STAVER, C.; DITA, M.A. Potential of *Trichoderma asperellum* for biocontrol of Fusarium wilt in banana. **Acta Horticulturae**, v. 1, p. 261-266, 2016.
- CONSOLO, V.F.; MÓNACO, C.I.; CORDO, C.A.;SALERNO, G.L. 2012. Characterization of novel *Trichoderma* spp. isolates as a search for effective biocontrollers of fungal diseases of economically important crops in Argentina. **World. J. Microbiol. Biotechnol.**, v. 28: p. 1389–1398
- CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; MEISSNER FILHO, P. E. **Doenças e métodos de controle**. In: O cultivo da bananeira, v. 1, p. 146-182, 2004.
- CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; HADDAD, F. Doenças fúngicas e bacterianas Cultivares. **In: FERREIRA, C. F., SILVA, S. O., AMORIM, E. P., SANTOS-SEREJO, J. (Org).** O agronegócio da banana. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016 p.561-564.
- COSTA, D.C.; CARES, J.E.; ALVES, F.R.; SANTOS, J.R.P.; MONTEIRO, J.M.S.; NEVES, W. S. Nematoides. **In: FERREIRA, C.F.; SILVA, S.O.; AMORIM, E.P.; SANTOS-SEREJO, J.A.** O agronegócio da banana. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 832p.
- DITA, M.A.; PÉREZ VICENTE, L.; MARTINEZ DE LA PARTE, E. Inoculation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* causal agent of fusarium wilt in banana. **In: PÉREZ-VICENTE, L., DITA M.A., MARTINEZ-DE LA PARTE. E.** Technical Manual: Prevention and diagnostic of Fusarium Wilt (Panama disease) of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Tropical Race 4 (TR4), 74p, 2014.
- DE CAL, A.; GARCIA-LEPE, R.; MELGAREJO, P. Induced resistance by *Penicillium oxalicum* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*: histological

studies of infected and induced tomato stems. **Phytopathology**, v.90, p. 260-268, 2000.

FAOSTAT- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2016. Production (2016). Disponível em: <
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 23 agosto. 2018.

HARMAN, G.E.; HOWELL, C.R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M.
Trichoderma species – opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature reviews**, v.2, p. 43-56. 2004.

KHAN, B.; AKASH, Z.; ASAD, S.; JAVED, N.; RAJPUT, N.A.; JABBAR, A.; DIN, W.U.; ATIF, R.M. Antagonistic Potential of *Trichoderma Harzianum* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Associated with Panama Wilt of Banana. **Pak. J. Phytopathol.**, v. 29, n. 01, p. 111-116. 2017

LARKIN, R. P.; FRAVEL, D. R. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato. **Plant Dis.**, v. 82, p. 1022-1028. 1998.

LOUZADA, G. A. S.; CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JÚNIOR, M.; MARTINS, I.; BRAÚNA, L. M. Potencial antagônico de *Trichoderma* spp. originários de diferentes agroecossistemas contra *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium solani*. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 145-149, 2009.

LUCON, C.M.M. ***Trichoderma* no controle de doenças de plantas causadas por patógenos de solo**. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal. São Paulo. Instituto Biológico. Comunicado Técnico, 77. 2008.

MCKINNEY, R.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v.6, p.195-218, 1923.

MILANESI, P. M.; BLUME, E.; ANTONIOLI, Z.; MUNIZ, M. F. B.; SANTOS, R. F.; FINGER, G.; DURIGON, M. R. Biocontrole de *Fusarium* ssp. com *Trichoderma*

ssp. E promoção do crescimento em plântulas de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p. 347-356. 2013.

PEREIRA, C. O. F. **Estudo da patogenicidade e controle biológico de *Fusarium* sp. com *Trichoderma* sp.** Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade de Caxias do Sul. 2009. 89p.

PLOETZ, R. C. *Fusarium* wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. **Phytopathology**, v. 96, n. 6, p. 653-656, 2006.

PUNJA, Z. K.; UTKHEDE, R. S. Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases. **Trends in Biotechnology**, v. 21, p. 400-407, 2003.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: Maio de 2018.

SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, F. A. DE; SANTOS, M. S.; TALAMINI, V..FERREIRA, J. M. S.; SANTOS, F. J. Influência de *Trichoderma* spp. sobre o crescimento micelial de *Thielaviopsis paradoxa*. **Scientia Plena**, v.8, n. 4. 2012.

SAS INSTITUTE Inc. **SAS/STAT® 9.22 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010. 8460 p. Disponível em: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/PDF/default/statug.pdf> >. Acesso em: 23 de maio de 2018.

STOLF, E. C. **Efeito de re-inoculações de fungos endofíticos sobre o controle do nematóide cavernícola da bananeira (*Radopholus similis*)**. Relatório de estágio de conclusão de curso submetido ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina. 2006.

STOVER, R. H, PLOETZ, R.C. **Fusarium wilt of banana: some history and current status of the disease**. *Fusarium Wilt of Banana*. APS Press, p 1–7, 1990.

STOVER, R. H. **Fusarial Wilt (Panama Disease) of Bananas and Other Musa Species**. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England, 1962.

VAKALOUNAKIS, D. J.; WANG, Z.; FRAGKIADAKIS, G. A.; SKARACIS, G. N.; LI, D. B. Characterization of *Fusarium oxysporum* isolates obtained from cucumber in China by pathogenicity, VCG and RAPD. **Plant Dis.**, v. 88, p. 645-649 2004.

WANG, B.B., YUAN, J., ZHANG, J., SHEN, Z.Z., ZHANG, M.X., LI, R., et al. Effects of novel bioorganic fertilizer produced by *Bacillus amyloliquefaciens* W19 on antagonism of Fusarium wilt of banana. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, p. 435–446, 2013.

ARTIGO 3

**CONTROLE DE NEMATÓIDE EM MUDAS DE BANANEIRA COM APLICAÇÃO
DE RESÍDUO DE SISAL**

Controle de nematoide em mudas de bananeira com aplicação de resíduo de sisal

RESUMO - A espécie *Radopholus similis* se destaca na bananicultura por estar distribuída nas mais diversas regiões produtoras, provocando grandes perdas no rendimento da produção. O manejo integrado de pragas da bananeira constitui-se na principal forma de combate aos patógenos que afetam essa cultura. A adoção de um sistema de manejo integrado de doenças envolve diferentes métodos de controle que em conjunto resultam na redução do patógeno e dos danos à cultura. O controle dos nematoides no solo pode ser realizado com a utilização de diferentes métodos, destacando-se os controles químico, genético e orgânico. O resíduo oriundo do desfibramento das folhas de sisal é um subproduto orgânico que pode ser utilizado no controle alternativo de nematoides em culturas de importância econômica. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do resíduo de sisal no controle do nematoide *Radopholus similis* na cultura da bananeira. Foram utilizadas quatro cultivares de bananeira Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã. O resíduo utilizado foi fermentado e diluído a concentração de 25%. As aplicações do resíduo do sisal foram feitas no momento do plantio e aos 20, 40 e 60 dias após o plantio. Para todas as cultivares estudadas a população de nematoides no solo foi menor nos tratamentos com o resíduo de sisal fermentado comparados com as testemunhas sem aplicação de nenhum tratamento. A aplicação do resíduo de sisal fermentado aos 60 dias após o plantio foi eficiente em reduzir o número de nematoides das raízes para as cultivares BRS Princesa, 62,38%, Grande Nine, 73,01% e Maçã de 78,82%.

PALAVRAS CHAVE: *Radopholus similis*, *Agave sisalana*, *Musa sp.*

Control of nematoid in banana seedlings with sisal residue application

ABSTRACT - The species *Radopholus similis* stands out in banana farming because it is distributed in the most diverse producing regions, causing great losses in yield of the production. The integrated management of banana pests is the main way of combating the pathogens that affect this crop. The adoption of an integrated disease management system involves different control methods that together result in pathogen reduction and crop damage. The control of nematodes in the soil can be carried out using different methods, such as chemical, genetic and organic controls. The residue from the defibration of sisal leaves is an organic by - product that can be used in the alternative control of nematodes in crops of economic importance. The objective of this work was to evaluate the efficiency of the sisal residue in the control of the nematode *Radopholus similis* in the banana crop. Four banana cultivars of Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa and Maçã were used. The residue used was fermented and diluted to 25% concentration. The applications of the sisal residue were made at planting and at 20, 40 and 60 days after planting. For all the cultivars studied the nematode population in the soil was lower in the treatments with the fermented sisal residue compared to the controls without application of any treatment. The application of the fermented sisal residue at 60 days after planting was efficient in reducing the number of root nematodes for the cultivars BRS Princesa, 62.38%, Grande Nine, 73.01% and Apple of 78.82%.

KEY WORDS: *Radopholus similis*, *Agave sisalana*, *Musa* sp.

1. INTRODUÇÃO

Os nematoides pertencem ao filo Nematoda, e são os mais abundantes grupos de animais multicelulares em número de indivíduos, estimado em um milhão de espécies, sendo considerado um dos mais abundantes grupos de metazoários. Estima-se que os nematoides compõem, aproximadamente, 90% de todos os organismos celulares (VIGLIERCHIO, 1991; KUBO et al., 2013).

Muitas espécies são relevantes na agricultura, pelos danos causados à produção, e outros, de vida livre, pelo seu efeito benéfico à agricultura. Os nematoides fitoparasitas, geram danos do sistema radicular, induzindo a formação de nodulações ou lesões necróticas nas raízes, impedem as plantas de absorverem água e nutrientes (RITZINGER; FANCELLI, 2006), podendo ser encontrados isoladamente ou em misturas populacionais (DINARDO-MIRANDA et al., 2010).

Cerca de 146 espécies de nematoides, de mais de 43 gêneros já foram encontrados em bananais em todo mundo, ainda que poucos sejam considerados patógenos importantes para a bananicultura. O nematoide cavernícola (*Radopholus similis*), o nematoide das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus* Filip'ev, 1936), o nematoide espiralado (gênero *Helicotylenchus*), o nematoide formador das galhas radiculares (gênero *Meloidogyne*) e o nematoide reniforme (*R. reniformis*) (KUBO et al., 2013).

A espécie *R. similis*, se destaca por ser a mais prejudicial à bananeira dentre os nematoides que afetam a cultura, além de possuir ampla distribuição geográfica em regiões tropicais e subtropicais do mundo e causar danos a planta e perdas econômicas que podem chegar a 100% em plantas do subgrupo Cavendish (ZEM; ALVES 1978; AGRIOS, 2005).

Os sintomas da infecção na bananeira consistem em amarelecimento, seca prematura das folhas e formação de frutos pequenos, além de necrose do córtex das raízes e rizomas, com a formação de extensas áreas necróticas de coloração avermelhada em torno das lesões, causando frequentemente a queda de plantas no bananal (AGRIOS, 2005; MICHEREF; CORREIA, 2015).

O uso variedades resistentes é uma maneira natural e altamente recomendável de controlar pragas e doenças. Entretanto, no caso específico de nematoides, não são muito eficientes devido à existência de poucas variedades de bananeira resistentes disponíveis para os agricultores e, ainda assim, a resistência geralmente é direcionada a umas poucas espécies de nematoides consideradas mais importantes para determinadas culturas (GUIMARÃES, 2011). A utilização de resíduos orgânicos para o controle desses patógenos, em substituição aos nematicidas convencionais, constitui-se numa preocupação mundial (FERRAZ; FREITAS, 2004). Dentre estes subprodutos, o resíduo líquido do sisal apresenta potencial para ser utilizado devido a riqueza de compostos bioativos presentes na sua composição.

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. (OASHI, 1999; SILVEIRA et al. 2012; JESUS et al. 2015). 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., 2011). Estas substâncias estão relacionadas, principalmente, ao mecanismo de defesa das plantas e podem ter efeito inibitório contra fitonematoides (CHITWOOD, 2002).

Diante do exposto, o objetivo nesse trabalho foi avaliar a eficiência do resíduo de sisal no controle do nematoide *Radopholus similis* em mudas de bananeira em condições de casa de vegetação

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas, BA. Como material vegetal foram utilizadas 30 plantas das cultivares de bananeira Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã.

A população de *Radopholus similis* foi obtida da Coleção Biológica de trabalho de Fitonematoides da Embrapa Mandioca e Fruticultura e foram

multiplicadas em mudas de bananeira Grand Nine. Após sessenta dias realizou-se a extração de ovos e juvenis J2 segundo a metodologia de Coolen e D'Herde (1972) e calibrou-se a suspensão para 1.000 ovos e J2/mL em microscópio óptico.

O resíduo do sisal foi adquirido da cidade de Conceição do Coité, região produtora de sisal do Estado da Bahia. O resíduo utilizado foi fermentado e diluído a concentração de 25%. As aplicações do resíduo do sisal foram feitas no momento do plantio e aos 20, 40 e 60 dias após o plantio.

Foram inoculados 1.000 indivíduos juvenis e adultos de *R. similis* por planta. O inóculo foi depositado próximo às raízes das mudas de plantas oriundas de micropropagação de bananeira 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 h e 30 min, em dois dias consecutivos. Após inoculação as mudas foram mantidas em casa de vegetação na Embrapa Mandioca e Fruticultura por um período de quatro meses, com irrigação diária, para a multiplicação dos nematoides.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 30 parcelas experimentais, para cada uma das variedades de bananeira avaliadas. O código e a descrição dos tratamentos estão apresentados na Tabela 1.

Aos 86 dias após o plantio fez-se a avaliação da altura das plantas, em cm (AP), usando uma régua graduada. Para o peso da massa seca da parte aérea (PA), amostra da parte aérea foi seca em estufa a 60 °C por quatro dias e pesadas em balança analítica. O peso da massa seca da raiz (PR) foi obtido após secagem ao ambiente por 24 horas.

A extração dos nematoides das raízes foi realizada de acordo com o protocolo de Coolen e D'Herde (1972). As raízes foram lavadas delicadamente e cortadas em pedaços de aproximadamente 2 cm. Uma amostra de 10 g foi então retirada e triturada em liquidificador com 250 mL de água por 20 segundos. Em seguida o macerado foi passado por peneiras de 100 e 500 mesh, acopladas, e o material retido na peneira de 500 mesh foi recolhido em um tubo de centrifuga, seguido de centrifugação a uma velocidade de 3000 rpm por 5 minutos. O sobrenadante foi descartado, e o sedimento foi ressuspensionado em solução de

sacarose a 50%. Realizou-se outra centrifugação a 2000 rpm por 2 minutos e em seguida o sobrenadante foi vertido em uma peneira de 500 mesh e lavando com água para eliminar a sacarose. Os nematoides retidos na peneira foram transferidos para um béquer de 100 mL, para posterior contagem (CN).

Tabela 1. Códigos e descrição dos tratamentos com resíduo de sisal e *Radopholus similis*. Cruz das Almas, 2018.

Tratamento	Código	Descrição
T1	T	Sem infestação de <i>R. similis</i> e sem aplicação de resíduo de sisal (testemunha)
T2	R	Com infestação de <i>R. similis</i> e sem aplicação do resíduo de sisal
T3	R20	Com infestação de <i>R. similis</i> e resíduo de sisal aplicado no momento do plantio e repetido após 20 dias
T4	R40	Com infestação de <i>R. similis</i> e resíduo de sisal aplicado no momento do plantio e repetido aos 20 e 40 dias após o plantio
T5	R60	Com infestação de <i>R. similis</i> e resíduo de sisal aplicado no momento do plantio e repetido aos 20, 40 e 60 dias após o plantio

O fator de reprodução dos nematoides (FR) foi obtido pela fórmula $FR = \frac{P_f}{P_i}$, onde P_f : população final do nematoide e P_i : população inicial.

O percentual de necrose do rizoma (PNR) foi obtido pela metodologia de Bridge (1988) por meio de escala notas para o percentual de necrose apresentada na Figura 1.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância para cada uma das cultivares de bananeira avaliadas e para as médias dos tratamentos foi aplicado teste t de contrastes ortogonais a 5% de probabilidade conforme apresentado na Tabela 2. Foram também construídos gráficos de box-plot para as médias dos tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE INC., 2010).

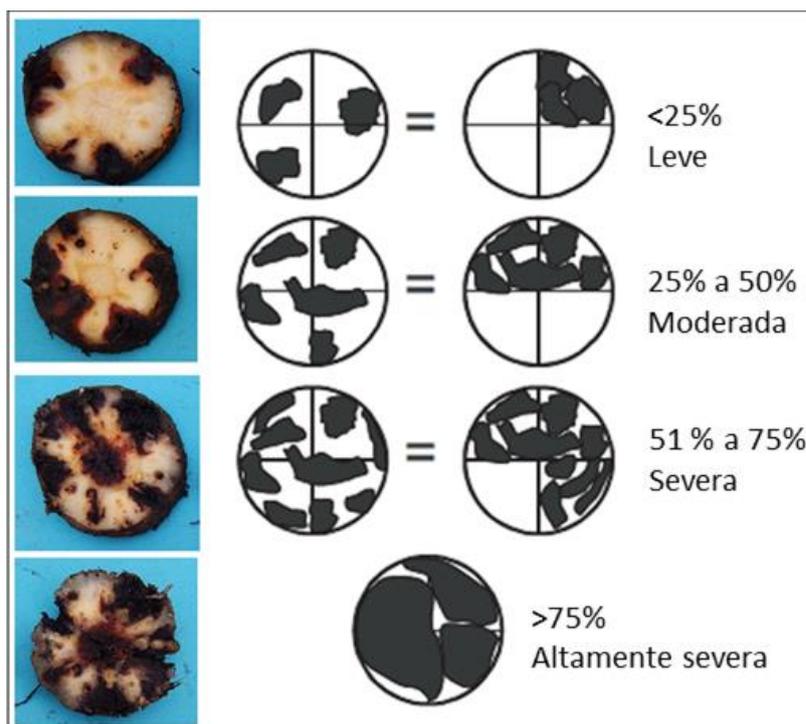


Figura 1. Escala para avaliação da percentagem de necrose do rizoma de acordo com Bridge (1988) aplicados para quantificar danos causados por *Radopholus similis*.

Tabela 2. Comparações utilizadas no teste t de contrastes ortogonais. Cruz das Almas, 2018.

Contraste	Descrição
Trat. vs. Testemunha	Comparação dos tratamentos (T2 a T5) versus a testemunha (T1)
R vs. RS	Comparação do tratamento com <i>R. similis</i> (T2) versus os tratamentos que receberam <i>R. similis</i> combinados com resíduo de sisal (T3 a T5).
RS20 vs. RS40 e RS60	Comparação do tratamento com <i>R. similis</i> + sisal com aplicação aos 20 dias (T3) versus <i>R. similis</i> + sisal com aplicação aos 40 e 60 dias (T4 e T5).
RS40 vs. RS60	Comparação do tratamento com <i>R. similis</i> + resíduo líquido de sisal com aplicação aos 40 dias (T4) versus <i>R. similis</i> + sisal com aplicação aos 60 dias (T5).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para altura de plantas o tratamento controle superou os demais tratamentos em 5,13 cm para a cultivar Prata Anã. Para a cultivar Grande Nine, as plantas tratadas com o resíduo de sisal fermentado, mediante a aplicação aos 40 dias após o plantio, apresentaram maior altura e maior peso da parte aérea quando comparadas com a testemunha (Tabela 3, Anexo 3).

Para a massa seca da parte aérea o peso da raiz, não houve diferenças significativas entre a testemunha e os demais tratamentos, com exceção do peso da parte aérea para a variedade Grande Nine (Tabela 3, Anexos 4 e 5).

Com relação à população de *R. similis* nas raízes (Tabela 3), para as variedades Grande Nine e Maçã, pelo teste t de contrastes ortogonais, os tratamentos com resíduo de sisal (T3, T4 e T5) causaram redução na população, quando comparadas com o tratamento controle com *R. similis* (T2).

Para a cultivar Prata Anã não houve redução da população de *R. similis* nas raízes das plantas com a utilização de resíduo de sisal (Figura 2 e Anexo 8). Para as demais variedades de bananeira, o tratamento com resíduo de sisal aplicado aos 60 dias após o plantio (T5) propiciou os menores valores, demonstrando sua eficiência em reduzir a população de *R. similis*.

Não foram observadas diferenças significativas pelo teste t de contrastes ortogonais para a percentagem de necrose do rizoma para todas as variedades estudadas (Tabela 3, Anexo 8). De maneira geral, para quase todas as variáveis, o contraste que compara o tratamento com *R. similis* com os tratamentos com o resíduo de sisal não foi significativo, indicando que o uso do sisal, apesar de ter efeito no controle do nematoide, não teve influência no desenvolvimento das plantas. Com relação ao controle dos nematoides, a eficiência de aplicação do resíduo de sisal foi observada para as variedades Grande Nine, BRS Princesa e Maçã.

Tabela 3. Estimativas dos contrastes para as variáveis altura de planta (AP), peso da parte aérea (PA) e peso da raiz (PR), contagem de nematoides (CN), fator de reprodução (FR) e percentagem de necrose do rizoma (PNR), para cada uma das cultivares de bananeiras avaliadas em função dos tratamentos com *R. similis* e resíduo de sisal. Cruz das Almas, 2018.

Contraste	AP	PA	PR	CN	FR	PNR
Prata Anã						
Trat. vs. Testemunha	-5,13**	- ¹	-0,12 ^{ns}	941,50**	0,94*	- ¹
R vs. RS	-0,06 ^{ns}	1,39 ^{ns}	-3,13 ^{ns}	-467,56 ^{ns}	-0,47 ^{ns}	0,06 ^{ns}
RS20 vs. RS40 e RS60	2,42*	1,76 ^{ns}	3,62 ^{ns}	664,92 ^{ns}	0,67 ^{ns}	-0,67 ^{ns}
RS40 vs. RS60	1,83 ^{ns}	1,46 ^{ns}	4,44 ^{ns}	-148,50 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Grande Nine						
Trat. vs. Testemunha	1,71**	1,62**	-1,20 ^{ns}	900,42**	0,90**	- ¹
R vs. RS	-0,50 ^{ns}	0,27 ^{ns}	3,90 ^{ns}	452,78*	0,45 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
RS20 vs. RS40 e RS60	-1,75*	-1,09 ^{ns}	-1,79 ^{ns}	-143,33 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,17 ^{ns}
RS40 vs. RS60	2,50**	1,90*	3,17 ^{ns}	1025,00*	1,03**	0,00 ^{ns}
BRS Princesa						
Trat. vs. Testemunha	0,96 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-6,76 ^{ns}	349,58**	0,35**	- ¹
R vs. RS	-0,17 ^{ns}	0,02 ^{ns}	3,73 ^{ns}	130,56 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,50 ^{ns}
RS20 vs. RS40 e RS60	1,50 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-146,67 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,00 ^{ns}
RS40 vs. RS60	1,33 ^{ns}	3,09 ^{ns}	5,87 ^{ns}	395,00*	0,39 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Maçã						
Trat. vs. Testemunha	-1,69 ^{ns}	3,74 ^{ns}	-1,79 ^{ns}	455,98**	0,46*	- ¹
R vs. RS	1,37 ^{ns}	-2,48 ^{ns}	3,90*	770,92**	0,77**	-0,08 ^{ns}
RS20 vs. RS40 e RS60	3,55**	1,50 ^{ns}	6,17*	-36,75 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,75 ^{ns}
RS40 vs. RS60	0,90 ^{ns}	3,27 ^{ns}	0,99 ^{ns}	113,00 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,60 ^{ns}

** e * significativo pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. R: *R. similis*. RS: *R. similis*+sisal. 20, 40 e 60: aplicação aos 20, 40 e 60 dias após o plantio, respectivamente. ¹contraste não estimável.

Alguns autores relatam a eficiência do extrato de sisal para o controle de nematoides como, por exemplo, Jesus et al. (2015), que observou uma redução de 80% no número de nematoides em variedade de bananeira Prata Anã, com aplicação de resíduo de sisal fermentado na concentração de 25%. Silveira et al. (2012), estudou a ação do extrato de sisal no desenvolvimento *in vitro* de nematoides gastrintestinais em ovinos e caprinos, mostrando 91,8% de inibição do desenvolvimento larval.

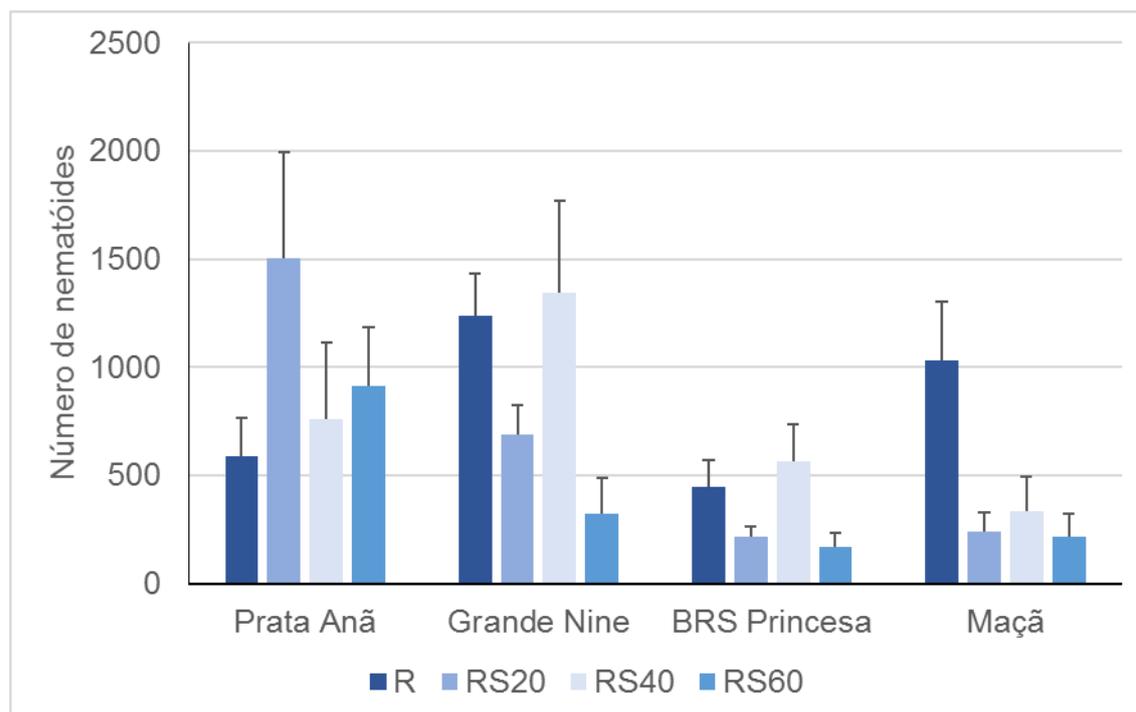


Figura 2. Valores médios e erros padrões da média para o número de nematoides em função da inoculação com *Radopholus similis* e a aplicação de resíduo líquido de sisal fermentado na concentração de 25%, para as cultivares Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã. R: *R. similis*. RS20, RS40, RS60: *R. similis*+resíduo de sisal aplicado aos 20, 40 e 60 dias após o plantio, respectivamente.

Aos 60 dias após o plantio houve redução nas populações do nematoide para três cultivares, Grande Nine 73,01%, BRS Princesa 62,38% e Maçã de 78,82%, porem não houve redução dos danos, por exemplo do % de necrose e ou fator de reprodução, fato esse que deve ser observado ao longo do tempo em futuros trabalhos, se após essa redução inicial da população ocorrerá ou não redução dos danos.

Domingues et al. (2010) avaliaram a atividade anti-helmíntica de resíduo líquido de *Agave sisalana* (sisal) em caprinos, e o extrato de sisal nas concentrações testadas foi eficaz contra o GNI (infecções por nematódeos gastrointestinais) em caprinos em testes *in vitro*. Porém, a eficácia anti-helmíntica foi marcadamente reduzida *in vivo*. Botura et al. (2011) também estudaram a

atividade anti-helmíntica *in vivo* de um extrato de resíduo de sisal para controle de nematoides gastrintestinais em caprinos e observaram uma redução no número de nematoides após aplicação do extrato. Segundo esses autores, o potencial do resíduo obtido do desfibramento de folhas de sisal é devido à riqueza de compostos bioativos presentes na sua composição. Dentre os constituintes que fazem parte da composição do resíduo de sisal, as saponinas que estão presentes na fração aquosa de *A. sisalana*, podem ser as principais responsáveis pelo efeito nematocida, por poderem interagir com as proteínas da cutícula que cobre e protege o corpo dos fitonematoides, promovendo efeito nematocida (ARGENTIERE et al., 2008).

4. CONCLUSÃO

A utilização de resíduo fermentado de sisal reduz a população de *R. similis* na raiz aos 60 dias após o plantio para as cultivares de bananeira Grande Nine, BRS Princesa e Maçã.

O uso do resíduo de sisal não reduz o dano causado pelo nematoide em nenhuma das cultivares estudadas.

5. REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. N. Plant diseases caused by fungi. In: AGRIOS, G. N. Plant Pathology. 5.ed. San Diego: Academic Press, p. 386-614, 2005.

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

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.

BRIDGE, J. Plant nematode pests of banana in East Africa with particular reference to Tanzania. Nematodes and the borer weevil in bananas: present status of research and outlook. Proceedings of a Workshop Held in Bujumbura, INIBAP. Anais, INIBAP, p. 35-39. 1988.

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

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; COSTA, V. P. Influência da época de aplicação de nematicidas em soqueiras colhidas em início de safra sobre as populações de nematoides e a produtividade da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v. 34. p. 106-117. 2010.

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

M.G.A.R.; BRANCO, A.; ALMEIDA, M.A.O.; BATATINHA, M.J.M. Evaluation of anthelmintic activity of liquid waste of *Agave sisalana* (sisal) in goats. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 19, p. 270-272, 2010.

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.

GUIMARÃES, C. P. **Controle biológico de fitonematoides na cultura da bananeira no Norte de Minas Gerais**. Dissertação (mestrado)-Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros Unimontes, 2011. 90p.

JESUS, F. N.; DAMASCENO, J. C. A.; BARBOSA, D. H. S. G.; MALHEIRO, R.; PEREIRA, J. A.; SOARES, A. C. F. Control of the banana burrowing nematode using sisal extract. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 2, p. 783 - 791, 2015.

MICHEREFF, S. J.; CORREIA, K. C. Manejo de Doenças em Fruteiras Tropicais. **In:** COLMÁN, A.; BARROS, A V.; MACHADO, F. J. (Eds). *Doenças em espécies florestais e fruteiras*. Viçosa: Editora UFV, 2015.

KUBO, R. K.; MACHADO, A. C. Z.; OLIVEIRA, C. M. G. Nematoides fitoparasitos da bananeira. **In:** NOGUEIRA, E. M. C.; ALMEIDA, I. M. G.; FERRARI, J. T.; BERIAM, L. O. S. (Ed.). *Bananicultura: manejo fitossanitário e aspectos econômicos e sociais da cultura*. São Paulo: Instituto Biológico, v. 1, cap. 8, p. 136-163. 2013.

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.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 2, p. 331-338, Agosto, 2006

SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010. 8460 p. Disponível em: <<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/PDF/default/statug.pdf>>. Acesso em: 23 de maio de 2018.

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. **Exp Parasitol**, v. 131, p. 162–168. 2012. doi:10.1016/j.exppara. 2012.03.018

VIGLIERCHIO, D. R. (Ed.). **The World of Nematodes: a fascinating component of the animal kingdom**. University of California: Davis, CA, 1991. 266p

ZEM, A.C; ALVES, E.J. Severa infestação de nematóides em bananeiras da cultivar “nanição” na Bahia. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, v. 3. p. 13-15, 1978.

ARTIGO 4

***Trichoderma asperellum* E RESÍDUO DE SISAL NA INTERAÇÃO DE
Fusarium oxysporum F.SP. *cubense* e *Radopholus similis*, EM MUDAS DE
BANANEIRA EM CONDIÇÕES CONTROLADAS**

***Trichoderma asperellum* e resíduo de sisal na interação de *Fusarium oxysporum* F.SP. *cubense* e *Radopholus similis*, em mudas de bananeira em condições controladas**

RESUMO - O Brasil mesmo sendo um dos principais produtores mundiais de banana, possui diversos fatores que limitam sua produção, problemas causados principalmente por agentes biológicos, como os nematoides, insetos, fungos e bactérias. Medidas alternativas, como o controle biológico e o uso de extratos botânicos, podem ser implementados para o controle de pragas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a interação *Fusarium oxysporum*, *Radopholus similis*, *Trichoderma asperellum* e resíduo do sisal em cultivares de bananeiras, Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã. A população inicial de *R. similis* foi obtida da coleção biológica de fitonematoides da Embrapa Mandioca e Fruticultura e foi multiplicada em mudas de bananeira Grande Nine. Foi utilizado o isolado 218A de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* obtido da coleção do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura. O resíduo líquido de sisal foi fermentado e diluído a concentração de 25%. As aplicações do resíduo do sisal e do *T. asperellum* foram feitas no momento do plantio e aos 20, 40 e 60 dias após o plantio. Houve superioridade dos tratamentos com *Trichoderma* no controle de *R. similis*. A cultivar BRS Princesa apresentou o menor número de nematoides quando comparada às demais. As variedades Prata anã e Grande Nine apresentaram números superiores a 1000 nematoides. O *T. asperellum* isolado foi eficiente em diminuir no mínimo em 26,67% na cultivar Maçã e 60% na cultivar Grande nine a severidade causada pela Murcha de *fusarium*. O uso do resíduo de sisal diminui a ação do *T. asperellum* quando usado em conjunto nas cultivares estudadas. A utilização de *T.asperellum* pode ser uma alternativa eficiente para o controle da Murcha de *fusarium* e ou *R. Similis* em cultivares de bananeira com níveis de resistência moderados a alto para essa doença.

PALAVRAS CHAVE: Controle biológico, fungos, nematoides.

***Trichoderma asperellum* and sisal residue on the interaction of *Fusarium oxysporum* F.SP. *cupense* and *Radopholus similis*, in banana changes in controlled conditions**

ABSTRACT - Although Brazil is one of the main banana producers worldwide, it has several factors that limit its production, problems caused mainly by biological agents such as nematodes, insects, fungi and bacteria. Alternative measures, such as biological control and the use of botanical extracts, can be implemented to control pests. The objective of this work was to evaluate the interaction between *Fusarium oxysporum*, *Radopholus similis*, *Trichoderma asperellum* and sisal residue in banana cultivars, Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã. The initial population of *R. similis* was obtained from the biological collection of phytonematoids of Embrapa Mandioca and Fruticultura and was multiplied in large Nine banana seedlings. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* Isolate 218A was used. obitdo from the collection of the Laboratory of Plant Pathology at Embrapa Mandioca and Fruticultura. The liquid sisal residue was fermented and diluted to 25% concentration. The applications of sisal and *T. asperellum* residues were made at planting and at 20, 40 and 60 days after planting. There was superiority of the treatments with *Trichoderma* in the control of *R. similis*. The cultivar BRS Princesa presented the lowest number of nematodes when compared to the others. The varieties Prata anã and Grande Nine presented numbers superior to 1000 nematodes. The *T. asperellum* isolate was efficient in decreasing at least 26.67% in the cultivar Maçã and 60% in the cultivar Grande nine the severity caused by Murcha of *fusarium*. The use of the sisal residue decreases the action of *T. asperellum* when used together in the studied cultivars. The use of *T.asperellum* may be an efficient alternative for the control of *Fusarium* wilt and or *R. Similis* in banana cultivars with moderate to high resistance levels for this disease.

KEY WORDS: Biological control, fungi, nematodes.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de banana, porém práticas culturais ou manejo inadequados, problemas fitossanitários, como os nematoides, insetos, fungos e bactérias limita a produção. (LICHTEMBERG; LICHTEMBERG, 2011).

Os nematoides são patógenos importantes que causam perdas significativas em diversos cultivares e os que afetam o sistema radicular de forma mais severa podem levar a planta ao tombamento são os mais severos (COSTA; CORDEIRO, 2000; MONTEIRO, 2012). Várias espécies têm sido identificadas associadas à bananicultura, o *Radopholus similis* está entre as de maior importância (KUBO et al., 2013), não só pelos danos causados, mas devido à interação com diferentes cultivares de bananeira e outras culturas e à sua grande variabilidade (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

Outra doença que acomete cultivares de bananas é o mal-do-Panamá, causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*. Seu potencial patogênico pode ser agravado pela interação com nematoides, que produzem ferimentos nas raízes permitindo a entrada de patógenos fúngicos, com aumento da incidência e severidade da doença (CORDEIRO; MATOS, 2000; SUNDARARAJU; THANGAVELU, 2009; DINESH et al., 2014).

As interações entre FOC e nematoides tem sido observada em diversas culturas e na bananicultura o nematoide tem sido considerado um fator de aumento da doença, pois a sua ação de causar ferimentos nas raízes facilita a entrada de FOC aumentando a intensidade da doença (FISCHER et. al., 2010).

A quantidade de microrganismos presentes na natureza e com potencial de serem utilizados no biocontrole tem permitido uma diversidade de pesquisas básicas que tem potencializado cada vez mais a seleção de bons biocontroladores. Portanto, buscar entender os diferentes mecanismos de ação do antagonista sobre os patógenos e/ou hospedeiro, é indispensável para garantir o sucesso da pesquisa no manejo da doença (ROCHA, 2016).

Entre os fungos, algumas espécies do gênero *Trichoderma* sp. têm se destacado como antagonistas de uma gama de patógenos causadores de doenças em várias culturas, entre esses *Fusarium* sp. Essas espécies de

biocontrole possuem um amplo espectro de ação, atuando de diversas maneiras na interface planta/fitopatógeno e indiretamente, controlando várias doenças e assim na cultura da bananeira tem se utilizados agentes de biocontrole para diversas doenças, dentre elas FOC (PEREIRA, 2009; SHEN et al., 2015; GONZÁLEZ et al., 2018).

A utilização do resíduo do desfibramento das folhas de sisal (*Agave sisalana* Perrine ex. Engelm) no controle de fitonematoides representa mais uma alternativa para os produtores, além de ter baixo custo e não oferecer riscos de contaminação do ambiente (DAMASCENO et al., 2015).

Sendo assim, no presente trabalho teve-se por objetivo avaliar a interação *Fusarium Oxysporum*, *Radopholus similis*, *Trichoderma asperellum* e resíduo do sisal em mudas de bananeira em condições de casa de vegetação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizado em Cruz das Almas, BA.

Como material vegetal foram utilizadas 66 plantas de cada uma das cultivares de bananeiras Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã.

A população inicial de *Radopholus similis* foi obtida da Coleção Biológica de trabalho de Fitonematoides da Embrapa Mandioca e Fruticultura e foi multiplicada em mudas de bananeira Grande Nine. Após 60 dias realizou-se a extração de ovos e juvenis J2 segundo a metodologia de Jenkins (1964) e calibrou-se a suspensão para 1.000 ovos e J2 mL⁻¹ em microscópio óptico.

Foi utilizado o isolado 218A de *Fusarium Oxysporum* f. sp. *cubense* pertencente a coleção do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura e multiplicado em meio areia-fubá e depois infestado no solo. Sendo utilizados 50 g para cada vaso de 3 L de solo.

O resíduo do sisal (*Agave sisalana* Perrine) adquirido na cidade de Conceição do Coité foi fermentado e diluído a concentração de 25%. As aplicações do resíduo do sisal e do *Trichoderma asperellum* foram feitas no momento do plantio e aos 20, 40 e 60 dias após o plantio.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 11 tratamentos (Tabela 1) e seis repetições. A altura das plantas (AP) foi obtida, em cm, aos 86 dias após o plantio usando uma régua graduada. O peso seco da parte aérea (PA) foi obtido após as amostras permanecerem por quatro dias em estufa a 60 °C. O peso seco da raiz (PR) foi obtido após secagem no ambiente por 24 horas. As medidas de PA e PR foram feitas em balança analítica, em g.

Tabela 1. Códigos e descrição dos tratamentos.

Código	Descrição
T1	Sem infestação de FOC ¹ , <i>R. similis</i> , <i>T. asperellum</i> e resíduo de sisal (testemunha)
T2	Com infestação de FOC e <i>R. similis</i>
T3	Com infestação de FOC, <i>R. similis</i> e aplicação de <i>T. asperellum</i> e resíduo de sisal no plantio e aplicados aos 20 dias após o plantio
T4	Com infestação de FOC, <i>R. similis</i> e aplicação de <i>T. asperellum</i> e resíduo de sisal no plantio e aplicados aos 20, aos 20 e 40 dias após o plantio
T5	Com infestação de FOC, <i>R. similis</i> e aplicação de <i>T. asperellum</i> e resíduo de sisal aplicados aos 20, aos 20 e 40 e os 20, 40 e 60 dias após o plantio
T6	Com infestação de FOC, <i>R. similis</i> e aplicação de <i>T. asperellum</i> aos 20, aos 20 e 40 dias após o plantio
T7	Com infestação de FOC, <i>R. similis</i> e aplicação de <i>T. asperellum</i> a aplicados aos 20 e aos 20 e 40 dias após o plantio
T8	Com infestação de FOC, <i>R. similis</i> e aplicação de <i>T. asperellum</i> a aplicados aos 20, aos 20 e 40 e aos 20, 40 e 60 dias após o plantio
T9	Com infestação de FOC e <i>R. similis</i> com aplicação de resíduo de sisal aplicados aos 20 dias após o plantio
T10	Com infestação de FOC e <i>R. similis</i> com aplicação de resíduo de sisal aplicados aos 20 e aos 20 e 40 dias após o plantio
T11	Com infestação de FOC e <i>R. similis</i> com aplicação de resíduo de sisal aplicados aos 20, aos 20 e 40 e aos 20, 40 e 60 dias após o plantio

¹*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense

A contagem dos nematoides (CN) foi feita após a extração dos nematoides das raízes de acordo com o protocolo de Coolen e D'Herde (1972). O fator de

reprodução (FR) foi obtida por meio da expressão $FR = Pf/Pi$, onde Pf é população final do nematoide e Pi é a população inicial.

O percentual de necrose do rizoma (PNR) foi obtido pela metodologia de Bridge (1988) por meio de escala notas para o percentual de necrose (Figura 1).

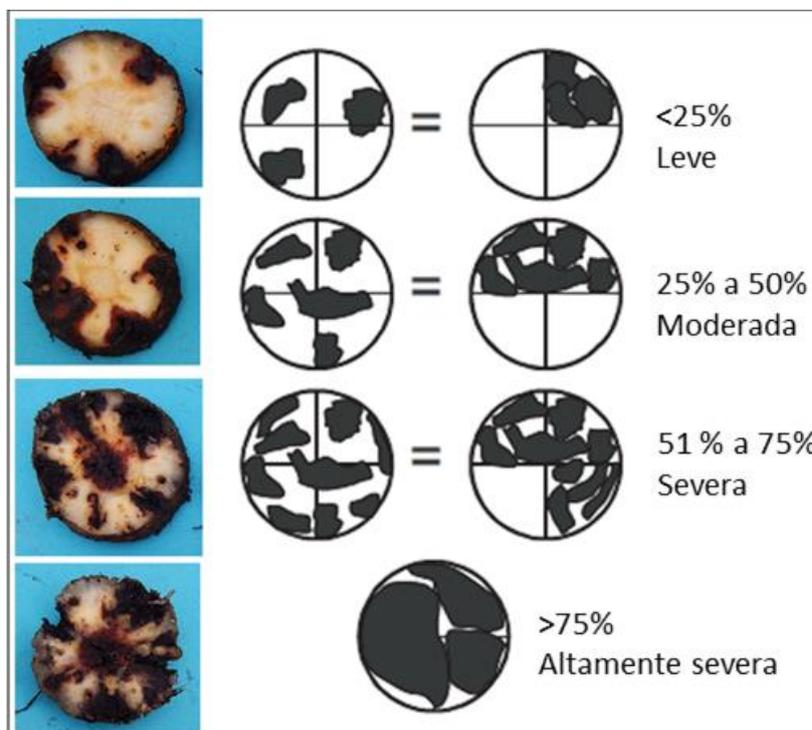


Figura 1. Escala para avaliação da percentagem de necrose do rizoma causado por *Radopholus similis* de acordo com Bridge (1988).

A avaliação da severidade da doença foi dada com a observação dos sintomas externos por meio de escala de notas, a qual foi avaliada a partir de 34 dias após plantio (DAP), em intervalos de sete dias durante 86 dias.

A partir dessas notas, foram calculados os índices da doença (ID), para sintomas externos e internos, utilizando a fórmula dada por McKinney's (McKinney, 1923), onde $ID (\%) = 100 \cdot \frac{\sum(f \cdot v)}{n \cdot x}$, sendo ID o índice de doença; f o número de plantas com a mesma nota; v a nota observada; n o número total de plantas avaliadas e x a nota máxima da escala.

Para o desenvolvimento da doença ao longo do tempo (sintomas externos), calculou-se a área abaixo da curva de progresso de severidade da doença. (AACPD).

Os dados coletados foram submetidos ao teste F da análise de variância para cada uma das variedades de bananeira avaliadas e para as médias dos tratamentos foi aplicado teste t de contrastes ortogonais a 5% de probabilidade segundo as comparações apresentadas na Tabela 2. Foram também construídos gráficos de box-plot para as médias dos tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SAS (SAS Institute Inc., 2010).

Tabela 2. Comparações utilizadas no teste t de contrastes ortogonais

Contraste	Descrição
Tratamentos vs. Testemunha	Comparação dos tratamentos (T2 a T11) versus a testemunha (T1)
FR vs. FRTS, FRT e FRS	Comparação do tratamento com FOC ¹ + <i>R. similis</i> (T2) versus os tratamentos que receberam Fusarium + <i>R. similis</i> combinados com <i>T. asperellum</i> e/ou resíduo de sisal (T3 a T11).
FRTS vs. FRT e FRS	Comparação do tratamento com FOC + <i>R. similis</i> + <i>T. asperellum</i> +sisal (T3, T4 e T5) versus FOC+ <i>R. similis</i> + <i>T. asperellum</i> (T6, T7 e T8) e FOC + <i>R. similis</i> +sisal (T9, T10 e T11).
FRT vs. FRS	Comparação do tratamento com FOC + <i>R. similis</i> + <i>T. asperellum</i> (T6, T7 e T8) versus FOC + <i>R. similis</i> +sisal (T9, T10 e T11).
FRTS 1 vs. FRTS 2 e FRTS 3	Comparação do tratamento com FOC + <i>R. similis</i> + <i>T. asperellum</i> +sisal com aplicação aos 20 dias (T3) versus aplicação aos 40 e 60 dias (T4 e T5).
FRTS 2 vs. FRTS 3	Comparação do tratamento com FOC + <i>R. similis</i> + <i>T. asperellum</i> +sisal com aplicação aos 40 dias (T4) versus aplicação aos 60 dias (T5).
FRT 1 vs. FRT 2 e FRT 3	Comparação do tratamento com FOC + <i>R. similis</i> + <i>T. asperellum</i> com aplicação aos 20 dias (T6) versus aplicação aos 40 e 60 dias (T7 e T8).
FRT 2 vs. FRT 3	Comparação do tratamento com FOC + <i>R. similis</i> + <i>T. asperellum</i> com aplicação aos 40 dias (T7) versus aplicação aos 60 dias (T8).
FRS 1 vs. FRS 2 e FRS 3	Comparação do tratamento com FOC + <i>R. similis</i> +sisal com aplicação aos 20 dias (T9) versus aplicação aos 40 e 60 dias (T10 e T11).
FRS 2 vs. FRS 3	Comparação do tratamento com FOC + <i>R. similis</i> + sisal com aplicação aos 40 dias (T10) versus aplicação aos 60 dias (T11).

¹*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense

Para os dados de índice de doença interno e área abaixo da curva de progresso da doença foi obtido um mapa de calor (*heatmap*) por meio de análise de agrupamento hierárquico por meio dos pacotes *gplots* e *devtools* do programa estatístico R (R Core Team, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a altura de plantas foram obtidos valores superiores para os tratamentos com a utilização de *T. asperellum* (T6, T7, T8) e com a utilização de resíduo de sisal fermentado (T9, T10, T11) para as cultivares Prata Anã, Grande Nine e Maçã (Tabelas 3 e 4).

Para o peso da parte aérea e peso da raiz, a utilização de *T. asperellum* (T6, T7, T8) e resíduo de sisal (T9, T10, T11), propiciaram maiores valores para as variedades Prata Anã e Grande Nine (Tabelas 3 e 4).

Os tratamentos para controle do *R. similis* combinados com *T. asperellum* e sisal para as cultivares Prata Anã, Grande Nine e BRS Princesa (Tabelas 3 e 4) apresentaram redução na população dos nematoides quando comparados com o tratamento controle (T2), evidenciando que existe uma interação positiva nos métodos de controle usado para *R. similis*. Não foram detectadas diferenças para essa variável quando se comparou a utilização de *T. asperellum* e sisal combinados (T3 a T5) comparados com os tratamentos em que se utilizou *T. asperellum* (T6 a T8) e sisal em separado (T9 a T11).

Na Figura 2 são apresentados as médias e erros padrões da média dos tratamentos aplicados sem levar em consideração o intervalo de aplicação. Observa-se pelas Tabelas 3 e 4, que independente das cultivares, não se observou diferenças significativas para a maioria das variáveis no que se refere aos intervalos de aplicação considerados nesse estudo. Observa-se que para as cultivares Prata Anã e Grande Nine, a utilização do resíduo de sisal sem *T. asperellum* (T3, T4 e T5) aumentou o número de nematoides no solo. Os tratamentos com a utilização de *T. asperellum* (T6, T7, T8, T9, T10 e T11) propiciaram diminuição do número de nematoides, principalmente nas combinações de *T. asperellum* sem a utilização do resíduo de sisal (T6, T7, T8).

Tabela 3. Estimativas dos contrastes para as variáveis altura de planta (AP), peso da parte aérea (PA) e peso da raiz (PR), contagem de nematoides (CN), fator de reprodução (FR) e percentagem de necrose do rizoma (NCR), para as cultivares de bananeira Prata Anã e Grande Nine avaliadas em função dos tratamentos com FOC, *R. similis*, *T. asperellum* e resíduo de sisal. Cruz das Almas, 2018.

Contraste	AP	PA	PR	CN	FR	NCR
Prata Anã						
Tratamentos vs. Testemunha	4,84**	1,08*	9,54**	801,30**	0,80**	- ¹
FR vs. FRTS, FRT e FRS	-4,27**	-1,96**	-10,97**	645,78**	0,64*	0,54**
FRTS vs. FRT e FRS	-3,15**	-1,41**	-9,57**	-4,67 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,31*
FRT vs. FRS	0,13 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-1,76 ^{ns}	-148,11 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
FRTS 1 vs. FRTS 2 e FRTS 3	-0,25 ^{ns}	-1,64**	4,83 ^{ns}	692,08**	0,69*	0,00 ^{ns}
FRTS 2 vs. FRTS 3	-2,83*	-1,25**	-10,03*	377,50 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,33 ^{ns}
FRT 1 vs. FRT 2 e FRT 3	-1,42 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,25 ^{ns}	-164,00 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,25 ^{ns}
FRT 2 vs. FRT 3	-0,17 ^{ns}	-1,31**	-3,03 ^{ns}	-163,67 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,50 ^{ns}
FRS 1 vs. FRS 2 e FRS 3	2,33*	1,49**	4,89 ^{ns}	-739,58*	-0,74*	-0,58*
FRS 2 vs. FRS 3	6,83**	2,98**	25,99**	-1489,17**	-1,49**	-1,17**
Grande Nine						
Tratamentos vs. Testemunha	4,12**	1,10 ^{ns}	3,10 ^{ns}	695,27**	0,70 ^{ns}	- ¹
FR vs. FRTS, FRT e FRS	-3,83**	-2,28**	-9,24*	628,41*	0,63 ^{ns}	0,57**
FRTS vs. FRT e FRS	-4,67**	-1,03*	-19,22**	-44,06 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,53**
FRT vs. FRS	1,33**	-0,42 ^{ns}	-10,58**	-75,11 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
FRTS 1 vs. FRTS 2 e FRTS 3	-3,33**	-2,34**	0,36 ^{ns}	479,17 ^{ns}	0,48 ^{ns}	-0,17 ^{ns}
FRTS 2 vs. FRTS 3	-5,67**	-1,99*	-3,76 ^{ns}	496,67 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,33**
FRT 1 vs. FRT 2 e FRT 3	0,92 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,66 ^{ns}	-145,50 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,25 ^{ns}
FRT 2 vs. FRT 3	1,50 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,50 ^{ns}	281,00 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,17 ^{ns}
FRS 1 vs. FRS 2 e FRS 3	3,42**	1,91*	15,19**	-367,08 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,50*
FRS 2 vs. FRS 3	4,83**	2,98**	32,20**	-1482,50**	-1,48**	-1,00**

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. FR = FOC + *R. similis*; FRTS = FOC + *R. similis* + *T. asperellum* + sisal; FRT = FOC + *R. similis* + *T. asperellum*; FRS = FOC + *R. similis* + sisal. 1, 2 e 3 = aplicação aos 20, 40 e 60 dias após o plantio, respectivamente. ¹ contraste não estimável.

Para a percentagem de necrose dos rizomas os melhores tratamentos foram obtidos com a utilização *T. asperellum* (T6, T7, T8) e resíduo de sisal (T9, T10, T11) para as cultivares Prata Anã e Grand Nine (Tabelas 3 e 4).

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos no que se referem aos intervalos de aplicação, tanto nos de *T. asperellum* quanto nos tratamentos com aplicação de resíduo de sisal.

Tabela 4. Estimativas dos contrastes para as variáveis altura de planta (AP), peso da parte aérea (PA) e peso da raiz (PR), contagem de nematoides (CN), fator de reprodução (FR) e percentagem de necrose do rizoma (NCR), para as cultivares de bananeira BRS Princesa e Maçã avaliadas em função dos tratamentos com FOC, *R. similis*, *T. asperellum* e resíduo de sisal. Cruz das Almas, 2018.

Contraste	AP	PA	PR	CN	FR	NCR
BRS Princesa						
Tratamentos vs. Testemunha	4,89**	1,37*	4,98 ^{ns}	122,33**	0,12 ^{ns}	- ¹
FR vs. FRTS, FRT e FRS	-0,81 ^{ns}	0,56 ^{ns}	5,59 ^{ns}	-101,66*	-0,10 ^{ns}	0,84**
FRTS vs. FRT e FRS	-4,21**	-1,08**	-5,55 ^{ns}	-56,24 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}
FRT vs. FRS	0,20 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	2,45 ^{ns}	3,68*	0,00 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
FRTS 1 vs. FRTS 2 e FRTS 3	2,25*	-0,33 ^{ns}	-4,64 ^{ns}	-96,25*	-0,10 ^{ns}	0,50 ^{ns}
FRTS 2 vs. FRTS 3	-4,50**	-1,10 ^{ns}	-3,73 ^{ns}	49,17 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,67*
FRT 1 vs. FRT 2 e FRT 3	-0,87 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	5,38 ^{ns}	133,25 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,20 ^{ns}
FRT 2 vs. FRT 3	1,60 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-6,77 ^{ns}	-19,00 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
FRS 1 vs. FRS 2 e FRS 3	0,73 ^{ns}	0,53 ^{ns}	2,27 ^{ns}	-33,83 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}
FRS 2 vs. FRS 3	-0,13 ^{ns}	0,78 ^{ns}	3,28 ^{ns}	-235,67 ^{ns}	-0,23*	-0,80*
Maçã						
Tratamentos vs. Testemunha	5,20**	-0,33 ^{ns}	9,01 ^{ns}	270,65**	0,27*	- ¹
FR vs. FRTS, FRT e FRS	-5,78**	-1,40 ^{ns}	-11,10*	-108,13 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,36 ^{ns}
FRTS vs. FRT e FRS	-3,01*	0,30 ^{ns}	-2,52 ^{ns}	93,22 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,21 ^{ns}
FRT vs. FRS	2,56**	0,02 ^{ns}	7,16**	-43,17 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}
FRTS 1 vs. FRTS 2 e FRTS 3	-8,42**	-5,12**	-16,48**	-350,42*	-0,35*	0,50 ^{ns}
FRTS 2 vs. FRTS 3	-5,83*	-6,70**	-16,66**	-199,17 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,67*
FRT 1 vs. FRT 2 e FRT 3	-2,52 ^{ns}	2,21 ^{ns}	6,19 ^{ns}	140,42 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,58*
FRT 2 vs. FRT 3	-0,03 ^{ns}	0,53 ^{ns}	2,86 ^{ns}	-5,83 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,17 ^{ns}
FRS 1 vs. FRS 2 e FRS 3	4,17 ^{ns}	0,23 ^{ns}	10,32 ^{ns}	-164,33 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
FRS 2 vs. FRS 3	4,33 ^{ns}	3,74*	2,68 ^{ns}	-91,67 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,30 ^{ns}

¹ ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; FR: FOC + *R. similis*; FRTS: FOC + *R. similis* + *T. asperellum* + sisal; FRT: FOC + *R. similis* + *T. asperellum*; FRS: FOC + *R. similis* + sisal. 1, 2 e 3: aplicação aos 20, 40 e 60 dias após o plantio, respectivamente.² Contraste não estimável.

Recomenda-se que em estudos futuros envolvendo a interação entre diversos fatores, sejam realizados ensaios preliminares para definição da época ótima de aplicação dos tratamentos.

Na Figura 3 é apresentado o mapa de calor baseado no índice de doença interno. Os tratamentos com uso de *T. asperellum* (FRT) apresentaram os melhores resultados quando comparados aos demais tratamentos.

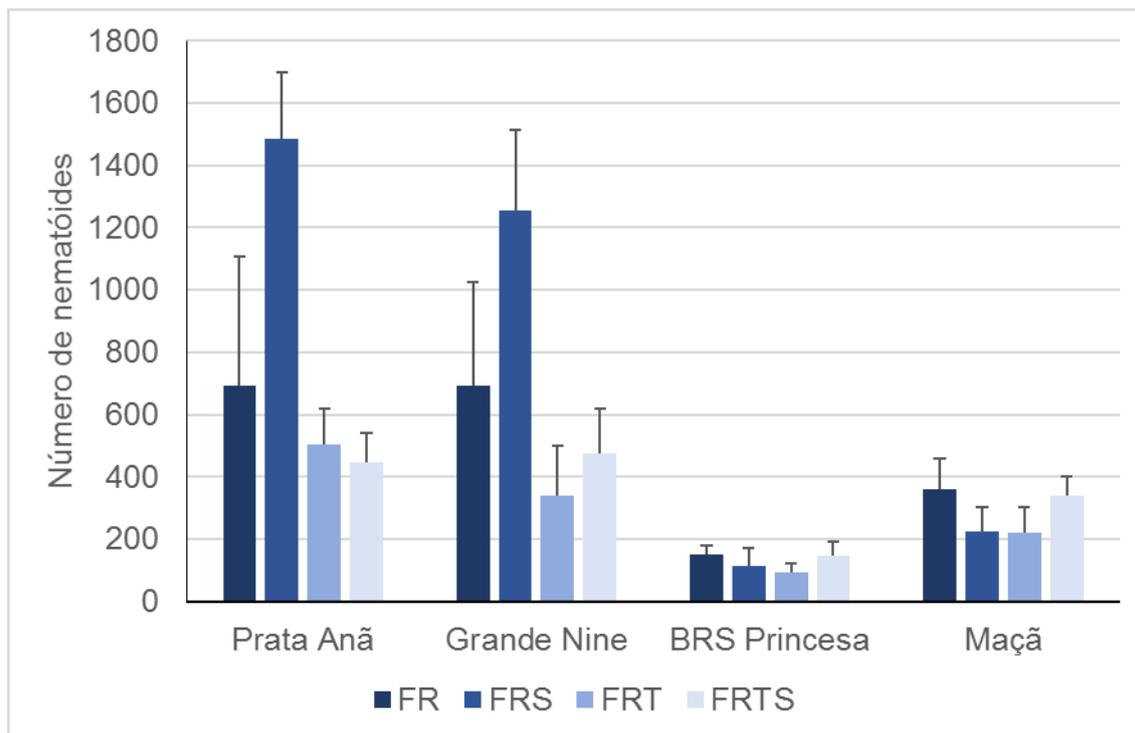


Figura 2. Valores médios e erros padrões da média para o número de nematoides em função dos tratamentos com FOC, *R. similis*, *T. asperellum* e resíduo de sisal em função das variedades Prata Anã, Grande Nine, BRS Princesa e Maçã. FR = FOC + *R. similis*. FRS = FOC + *R. similis* + sisal. FRT = FOC + *R. similis* + *T. asperellum*, FRTS = FOC + *R. similis* + *T. asperellum* + sisal.

A superioridade dos tratamentos com *T. asperellum* (FRT e FRTS) pode ser também observada no mapa de calor para a variável área abaixo da curva do progresso da doença e índice de doença externo (Figuras 4 e 5). Devido a seu mecanismo de ação sobre ambos os patógenos aqui estudados, apresentando uma interação positiva e reduzindo a severidade das doenças.

A atividade de biocontrole pode ser aumentada quando combinada aos agentes de biocontrole como o *Trichoderma* sp., com bactérias ou outros fungos benéficos. *Trichoderma* sp. produz uma variedade de metabólitos antifúngicos, incluindo antibióticos e enzimas que degradam a parede celular, diferentes daquelas produzidas por bactérias. A ação destes metabólitos combinada com a de bactérias benéficas pode expandir o espectro no controle de patógenos (SPIEGEL; CHET, 1998).

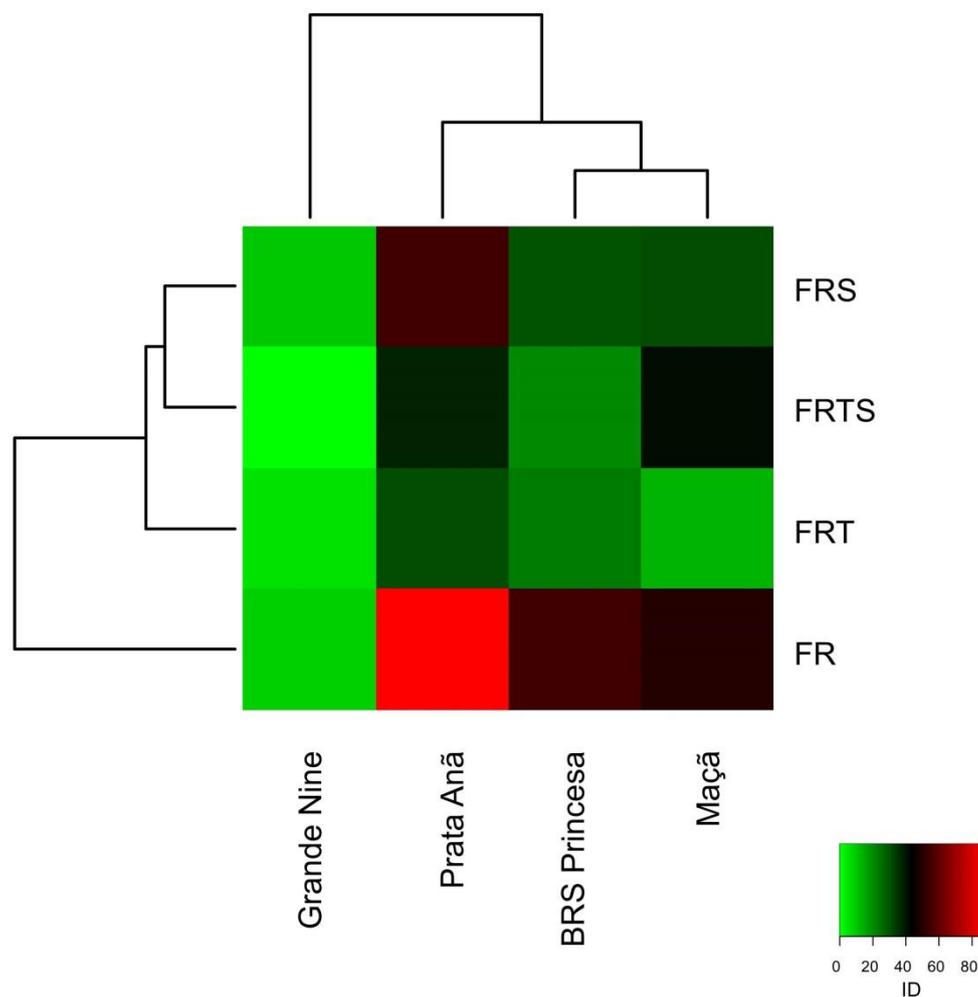


Figura 3. Mapa de calor e análise de agrupamento do índice de doença interno para as cultivares de bananeira em função dos tratamentos com FOC, *R. similis* *T. asperellum* e resíduo de sisal. FR = FOC + *R. similis*. FRS = FOC + *R. similis* + sisal. FRT = FOC + *R. similis* + *T. asperellum*. FRTS = FOC + *R. similis* + *T. asperellum* + sisal.

A ação de biocontrole de *Trichoderma* sp. associada a outros fungos ou bactérias antagonistas tem sido relatada por Siddiqui e Saukat (2003), que usaram *T. harzianum* e *Pseudomonas fluorescens* e verificaram a produção de compostos nematicidas a *Meloidogyne javanica* em tomate, 'in vitro' e em casa de vegetação.

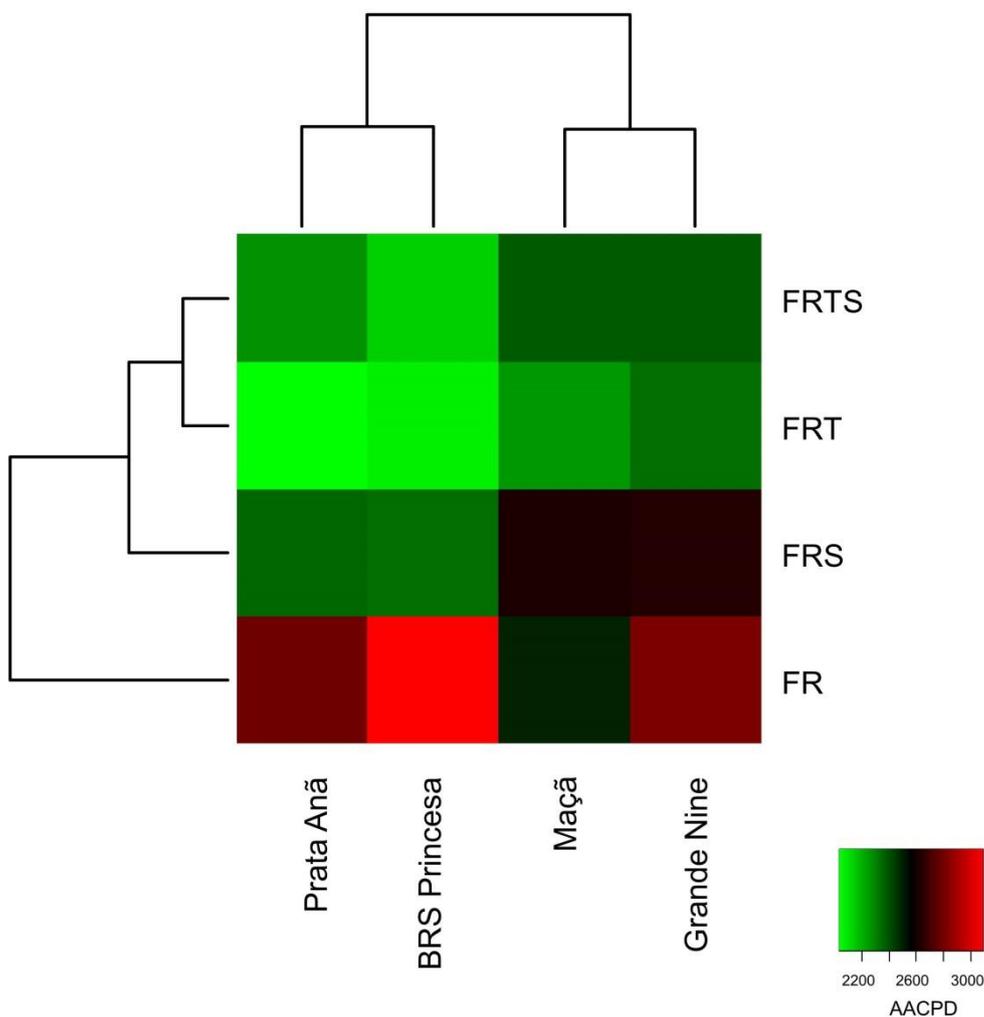


Figura 4. Mapa de calor e análise de agrupamento para a área abaixo da curva de progresso da doença para as cultivares de bananeira em função dos tratamentos com FOC, *R. similis*, *Trichoderma T. asperellum* e resíduo de sisal. FR = FOC + *R. similis*. FRS = FOC + *R. similis* + sisal. FRT = FOC + *R. similis* + *T. asperellum*. FRTS = FOC + *R. similis* + *T. asperellum* + sisal.

Santin (2008), avaliando o potencial do uso dos fungos *Trichoderma* spp. e *Paecilomyces lilacinus* no biocontrole de *Meloidogyne incognita* em feijão observou que todos os isolados de *Trichoderma* spp. apresentaram rápido crescimento micelial no teste de competição. No entanto, no ensaio de metabólitos voláteis, somente *T. harzianum* reduziu o crescimento de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*.

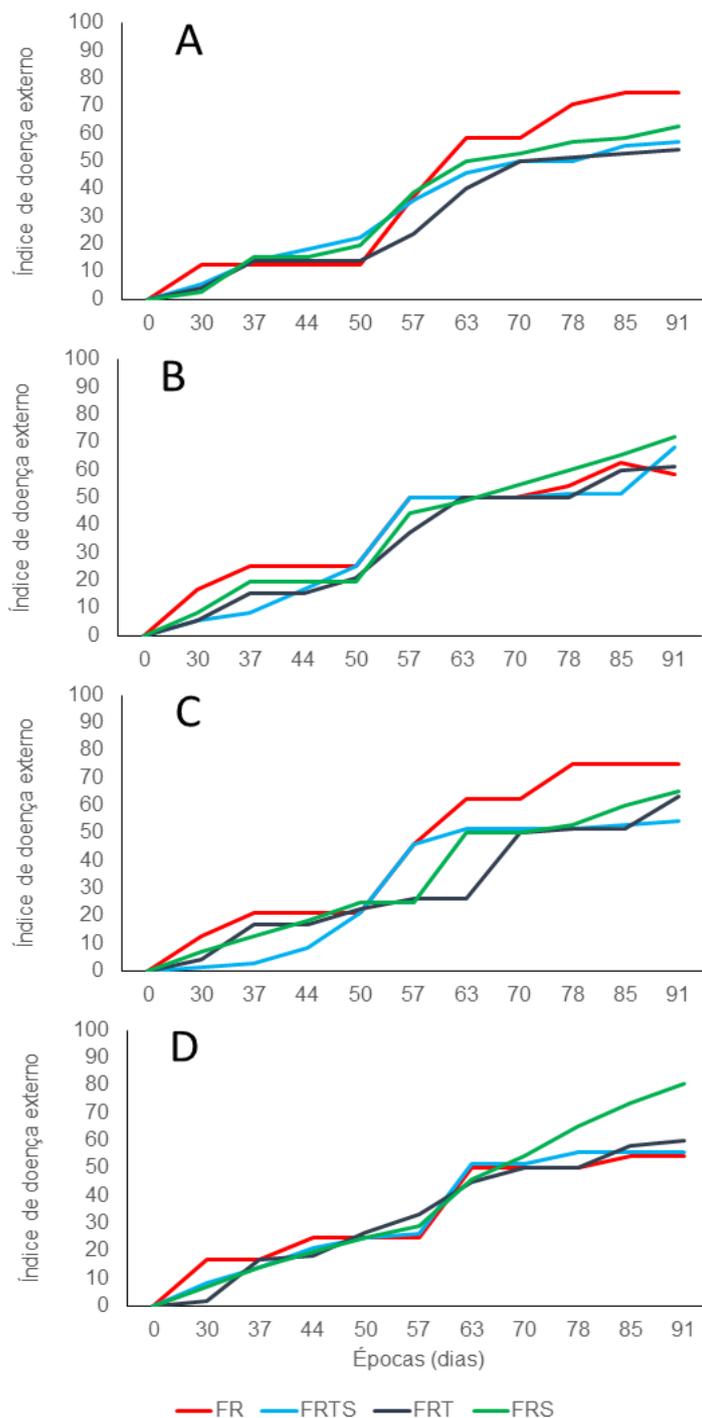


Figura 5. Índices de doença externo para as cultivares de bananeira Prata Anã (A), Grande Nine (B), BRS Princesa (C) e Maçã (D) em função dos tratamentos para as cultivares em função dos tratamentos com FOC, *R. similis*, *T. asperellum* e resíduo de sisal. FR = FOC + *R. similis*. FRS = FOC + *R. similis* + sisal. FRT = FOC + *R. similis* + *T. asperellum*. FRTS = FOC + *R. similis* + *T. asperellum* + sisal.

Nas Figuras 6 e 7 são apresentados os mapas de calor para as variáveis índice de doença interno (IDI) e curva abaixo do progresso da doença (AACPD) considerando todos os tratamentos avaliados e desconsiderando as épocas de aplicação. E através desses mapas é possível visualizar os tratamentos que foi aplicado apenas o *T. asperellum* as cultivares apresentaram menos sintomas da Murcha de *Fusarium* e que quando aplicado o resíduo de sisal em conjunto com o *T. asperellum* houve aumento nos sintomas, sugerindo que o resíduo afeta o *T. asperellum* ou diminui sua ação sobre FOC.

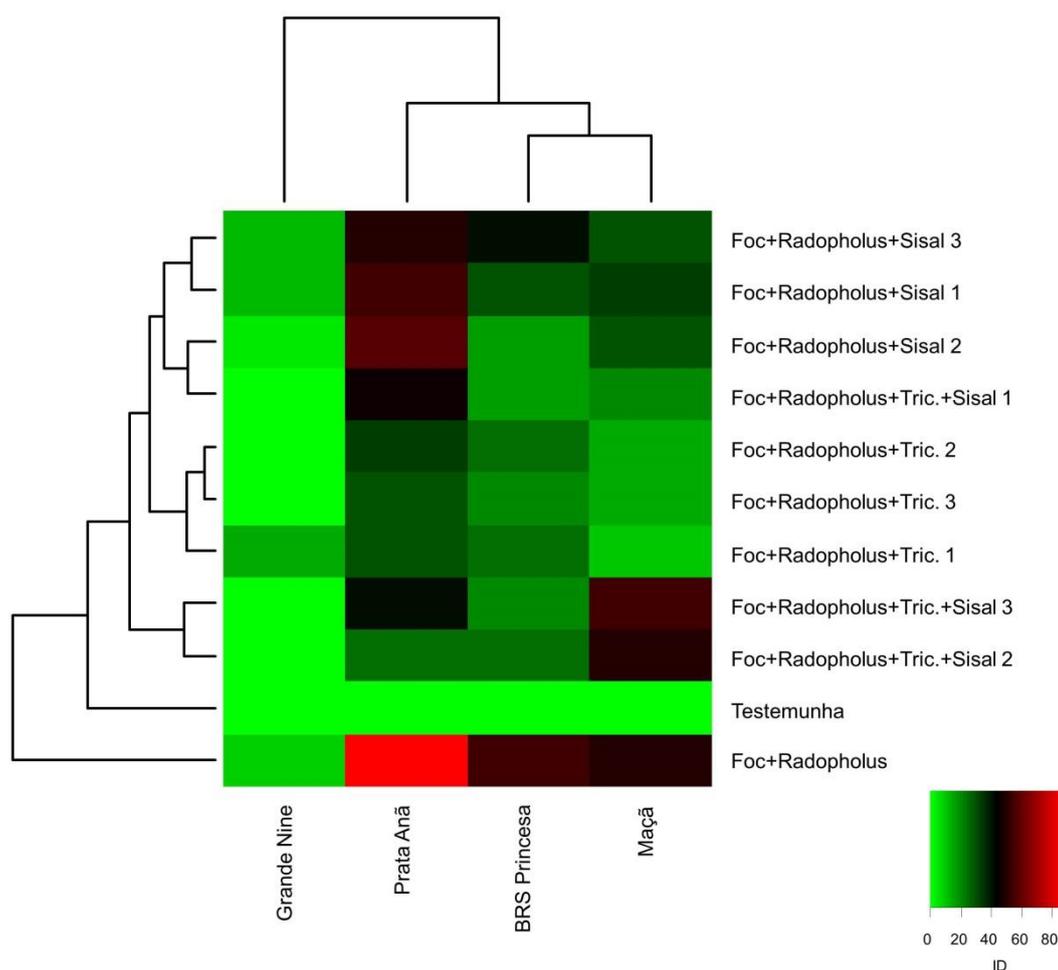


Figura 6. Mapa de calor e análise de agrupamento do índice de doença interno para as cultivares de bananeira em função dos tratamentos com FOC, *R. similis*, *T. asperellum* e resíduo de sisal. 1, 2, 3 = aplicados aos 20, 40 e 60 dias, respectivamente.

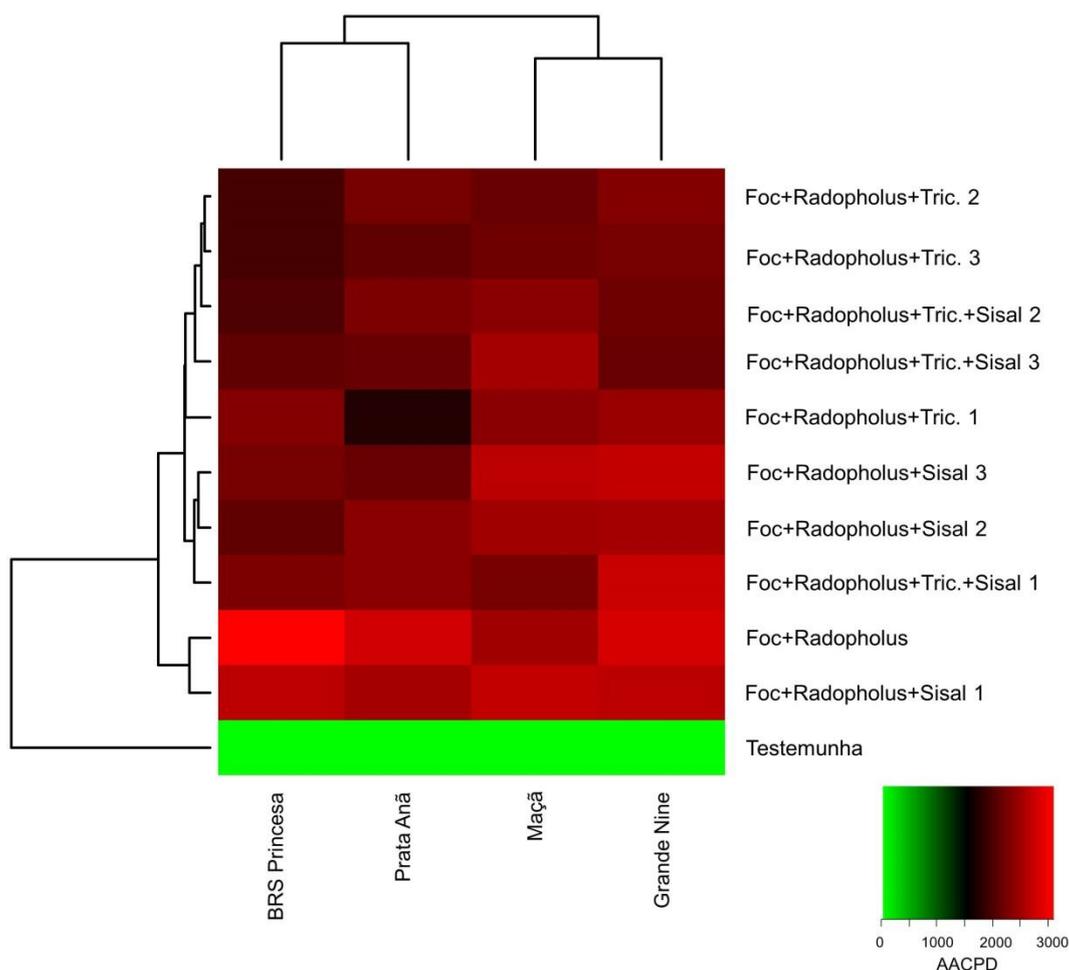


Figura 7. Mapa de calor e análise de agrupamento para a área abaixo da curva de progresso da doença para as cultivares de bananeira em função dos tratamentos com FOC, *R. similis*, *T. asperellum* e resíduo de sisal. 1, 2, 3 = aplicados aos 20, 40 e 60 dias, respectivamente.

É importante o estudo de metabólitos voláteis, pois além de atuarem no biocontrole de patógenos de solo, como *Fusarium sp.*, estes também poderão atuar na reação de quimiotropismo do nematoide, fazendo com que este não reconheça o hospedeiro (SILVA et al., 2002).

A eficiência do resíduo de sisal no controle de nematoides é relatado por Chitwood (2002) que estudando estratégias de controle de nematoides baseadas em fitoquímicos identificou que alcaloides, saponinas e esteroides possuem efeito nematicida, o que pode explicar os resultados obtidos com o tratamento extrato

aquoso de resíduo sólido de sisal, uma vez que o sisal é uma planta rica em alcaloide, saponinas, esteroides (ZULLO et al., 1999).

Jesus et. al, (2015) relataram efeito nematicida do resíduo de sisal em *R. similis* em 99,2% “*in vitro*” no presente trabalho houve redução na população de *R. similis* na cultivares BRS Princesa 40,76% e Maçã 57,29%.

Os resultados desse trabalho evidenciaram superioridade dos tratamentos com *T. asperellum* no controle de *R. similis*. O uso do resíduo de sisal sem *T. asperellum* propiciou o aumento da população de *R. similis* para as cultivares Prata Anã e Grande Nine. Foi observado também que a utilização de *T. asperellum* isolado pode ser uma alternativa eficiente para o controle da Murcha de *Fusarium* em cultivares de bananeira com níveis de resistência moderados a alto para essa doença. Novos estudos devem ser realizados para um maior entendimento da interação dos fatores avaliados no controle de pragas na cultura da bananeira.

4. CONCLUSÃO

O uso de *T. asperellum* foi eficiente em diminuir o número de *Radopholus similis* na cultura da bananeira.

O uso do resíduo de sisal diminui a ação do *T. asperellum* quando usado em conjunto nas cultivares estudadas.

O *T. asperellum* isolado foi eficiente em diminuir no mínimo em 26,67% na cultivar Maçã e 60% na cultivar Grande nine a severidade causada pela Murcha de *fusarium*.

5. REFERÊNCIAS

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

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P. Doenças fúngicas e bacterianas. **In:** CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). *Banana: fitossanidade*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 4, p. 36-65.

COSTA, D. C.; CORDEIRO, Z. J. Nematóides. **In:** CORDEIRO, J. M. (Org.). *Banana produção: aspectos técnicos*. Frutas do Brasil, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 101-105.

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

DINESH, B. M.; RAVICHANDRA, N. G.; REDDY, B. M.; SOMASEKHARA, Y. M. Interactions between *Radopholus similis* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* causing wilt Complex on Banana. **International Journal of Advanced Research**, Indore, v. 2, n. 9, p. 976-985, 2014.

FISCHER, I. H.; BUENO, C. J. de.; MARCHI GARCIA, M. J.; ALMEIDA, A. M. Reação de maracujazeiro-amarelo ao complexo fusariose-nematoide de galha. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 223-227, 2010.

GONZÁLEZ, D. N.; CHÁVEZ, M.A.A.; GUTIÉRREZ, R.L.; CUPUL, W.C.; OCHOA, J.M.; VELASCO, E.G. Suitability of *Cordyceps bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for biological control of *Cosmopolites sordidus* (Germar)(Coleoptera: Curculionidae) in an organic Mexican banana plantation: laboratory and field trials. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 125, n. 1, p. 73-81, 2018.

JESUS, F. N.; DAMASCENO, J. C. A.; BARBOSA, D. H. S. G.; MALHEIRO, R.; PEREIRA, J. A.; SOARES, A. C. F. Control of the banana burrowing nematode

using sisal extract. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 2, p. 783 - 791, 2015.

KUBO, R. K.; MACHADO, A. C. Z.; OLIVEIRA, C. M. G. Nematoides fitoparasitos da bananeira. **In: NOGUEIRA, E. M. C.; ALMEIDA, I. M. G.; FERRARI, J. T.; BERIAM, L. O. S. (Ed.). Bananicultura: manejo fitossanitário e aspectos econômicos e sociais da cultura. São Paulo: Instituto Biológico, 2013. v. 1, cap. 8, p. 136-163.**

LICHTEMBERG, L. A.; LICHTEMBERG, P. S. F. Avanços na bananicultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. especial, p. 39-36, 2011.

MONTEIRO, J. DA. M. D. 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. 2012.

PEREIRA, C. O. F. **Estudo da patogenicidade e controle biológico de *Fusarium sp.* com *Trichoderma sp.*** Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade de Caxias do Sul. 2009. 89f.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: Maio de 2018.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, 2006.

ROCHA, L.S. **Manejo Integrado da Murcha de *Fusarium* em bananeira.** 2016. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.

SANTIN, R.C.M. **Potential use of *Trichoderma spp.* and *Paecilomyces lilacinus* fungus in the biocontrol of *Meloidogyne incognita* in *Phaseolus***

vulgaris. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT® 9.22 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010. 8460 p. Disponível em: <<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/PDF/default/statug.pdf>>. Acesso em: 23 de maio de 2018.

SHEN, Z.; WANG, B.; LV, N.; SUN, Y.; JIANG, X.; LI, R.; SHEN, G. Effect of the combination of bio-organic fertiliser with *Bacillus amyloliquefaciens* NJN-6 on the control of banana Fusarium wilt disease, crop production and banana rhizosphere culturable microflora. **Biocontrol science and technology**, v. 25, n. 6, p. 716-731, 2015.

SIDDIQUI, I. A.; SAUKAT, S. S. *Trichoderma harzianum* enhances the roduction of nematicidal compounds in vitro and improves biocontrol of *Meloidogyne javanica* by *Pseudomonas fluorescens* in tomato. **Letters in Applied Microbiology**, Karachi, Pakistan, v. 38, p. 169-175, 2003.

SILVA, G.S.; SOUZA, I.M.R.; CUTRIM, F.A. Efeito da incorporação de sementes trituradas de feijão de porco ao solo sobre o parasitismo de *Meloidogyne incognita* em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 412-413, 2002.

SPIEGEL, Y.; CHET, I. Evaluation of *Trichoderma* spp. as biocontrol agent against soilborne fungi and plant-parasitic nematodes in Israel. **Integrated Pest Management Reviews**, Israel, v. 3, p. 169-175,1998.)

SUNDARARAJU, P.; THANGAVELU, R. Influence of *Pratylenchus coffea* and *Meloidogyne incognita* on the Fusarium Wilt Complex of Banana. **Indian Journal of Nematology**, New Delhi, v. 39, n. 1, p. 71-74, 2009.

ZULLO, M. A. T.; AZZINI, A.; SALGADO, A. L. B.; CIARAMELLO, D. Sapogeninas esteroídicas em sisal. **Bragantia**, v. 48, n.1, p. 21-25, 1999.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados nesse trabalho demonstraram que a utilização de resíduo de sisal pode ser uma alternativa eficiente para a diminuição das populações de FOC no solo.

A utilização de *T. asperellum* pode contribuir para um melhor desenvolvimento de plantas de bananeira, além de permitir uma diminuição das populações de *Fusarium* e *R. similis* no solo.

Quando usados simultaneamente o resíduo de sisal diminuiu a ação o *T. asperellum* nas cultivares utilizadas, não justificando fazer esse tipo de combinação para controle das doenças estudadas.

Novas pesquisas relacionadas com intervalo e forma de aplicação de resíduo de sisal e *T. asperellum* devem ser realizados principalmente em estudos envolvendo a associação entre muitos fatores. O grande número de tratamentos envolvidos, podem afetar o bom entendimento dos fenômenos biológicos envolvidos e suas respectivas interações.

A busca por utilização de plantas resistentes aos danos causados pelo *Fusarium* e nematoides, associados com pesquisas de biocontrole, mostram-se como tecnologias promissoras no controle de pragas na cultura da bananeira.

ANEXOS

Anexo 1. Resumo das análises de variância para as variáveis área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) e índice de doença interno (IDI) para os experimentos 2 (plantio após a aplicação do resíduo) e 3 (aplicação do resíduo após o plantio).

FV	GL	Quadrados médios			
		AACPD2	AACPD3	IDI2	IDI3
Tratamentos	4	2712266,10**	8814468,99*	5919,23**	10969,90**
Erro	45	29168,98	79328,06	106,64	88,49
Média Geral		913,85	1609,49	40,17	58,75
CV (%)		18,69	17,50	25,71	16,01

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. 2=experimento 2 - Plantio após a aplicação do resíduo. 3=experimento 3 - Aplicação do resíduo após o plantio.

Anexo 2. Resumo das análises de variância para a variável índice de doença externo (IDE) para os experimentos 2 (plantio após a aplicação do resíduo) e 3 (aplicação do resíduo após o plantio).

FV	GL	Quadrados médios	
		IDE2	IDE3
Tratamentos	4	9853,45**	28108,15**
Erro a	45	91,23	235,66
Épocas	7	18445,83**	25568,49**
Tratamentos x Épocas	28	1205,66**	1658,96**
Erro b	315	14,53	29,71
Média Geral		19,54	32,23
CV (%)		19,51	16,91

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. 2=experimento 2 (plantio após a aplicação do resíduo). 3=experimento 3 (aplicação do resíduo após o plantio).

Anexo 3. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), peso da parte aérea (PA) e peso da raiz (PR) para cada uma das cultivares de bananeiras avaliadas. Cruz das Almas, 2018.

FV	GL	QM		
		AP	PA	PR
Prata Anã				
Tratamentos	4	50,57**	7,02*	539,96**
Resíduo	24	3,79	2,02	95,66
Média Geral		17,76	5,77	29,76
CV (%)		10,97	24,63	32,86
Grande Nine				
Tratamentos	4	42,75**	9,25**	383,60**
Resíduo	25	6,84	2,12	147,66
Média Geral		19,00	6,26	31,28
CV (%)		13,77	23,26	38,84
BRS Princesa				
Tratamentos	4	36,86**	2,37 ^{ns}	243,86 ^{ns}
Resíduo	23	7,91	1,51	118,58
Média Geral		22,86	4,27	26,17
CV (%)		12,31	28,78	41,61
Maçã				
Tratamentos	4	74,14*	27,57*	55,42 ^{ns}
Resíduo	22	23,06	7,87	66,45
Média Geral		25,07	6,85	28,43
CV (%)		19,15	40,94	28,68

** e * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} Não significativo.