



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

**EFICIÊNCIA DE NEMATICIDAS QUÍMICOS,
BIONEMATICIDAS E EXTRATOS VEGETAIS NO
CONTROLE DE *Pratylenchus brachyurus* EM SOJA**

Barbara Vieira de Brito Pereira
Eng^a. Agrônoma

URUTAÍ – GOIÁS
2020

BARBARA VIEIRA DE BRITO PEREIRA

**EFICIÊNCIA DE NEMATICIDAS QUÍMICOS, BIONEMATICIDAS E EXTRATOS
VEGETAIS NO CONTROLE DE *Pratylenchus brachyurus* EM SOJA**

Orientador: Prof^a. Dr^a. Gleina Costa Silva Alves

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GO
2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

P436e Pereira, Barbara
 Eficiência de nematicidas químicos, bionematicidas
 e extratos vegetais no controle de *Pratylenchus*
 brachyurus em soja. / Barbara Pereira;orientadora
 Gleina Costa Silva Alves. -- Urutaí, 2020.
 38 p.

 Dissertação (em Mestrado Profissional em Proteção
 de Plantas) -- Instituto Federal Goiano, Campus
 Urutaí, 2020.

 1. nematoide das lesões radiculares. 2.
 mortalidade. 3. tratamento de sementes. 4. *Glycine*
 max. I. Costa Silva Alves, Gleina, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional – Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Barbara Vieira de Brito Pereira

Matrícula: 201810267000513

Título do Trabalho: Eficiência de nematocidas químicos, bionemáticos e extratos vegetais no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 24/04/2020.

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, 24/04/2020.
Local Data

Barbara V. de Brito Pereira

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Gosta

Assinatura do(a) orientador(a)

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Eficiência de nematicidas químicos, bionematicidas e extratos vegetais no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja.

AUTORA: Barbara Vieira de Brito Pereira

Dissertação defendida e aprovada como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Proteção de Plantas.

Banca Examinadora:



Prof.^a Dra. Gleina Costa Silva Alves (orientadora)
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Prof. Dr. Derblai Casaroli
Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia

Urutaí - GO, 19 de fevereiro de 2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, ao meu pai Raimundo G. de Brito, minha mãe Helena V. da Costa, ao meu irmão Hudson V. de Brito e ao meu esposo Gabriel W. M. Pereira.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força, sabedoria e inspiração durante toda a minha caminhada.

À minha família por toda força, motivação, carinho, suporte, e amor durante toda esta trajetória.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí pela formação ofertada e oportunidade de realização do mestrado.

Ao Laboratório de Nematologia Agrícola do IF Goiano – Campus Urutaí pelo suporte nas análises nematológicas, em especial aos alunos Otávio Xavier e Débora Silva.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás pela concessão da bolsa de estudos para o Mestrado.

À professora Dra. Gleina Costa Silva Alves pela orientação e contribuição para minha formação profissional e acadêmica.

Ao agrônomo Gabriel Pereira pela colaboração técnica e auxílio na condução do experimento em campo.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, em especial à Jéssica Furlan e Amanda Vieira pela amizade e convivência.

Ao sojicultor Adair José Menegol e a MZ Consultoria e Agricultura de Precisão na pessoa do Derli pela concessão da área experimental no município de Vilhena-RO e todo suporte fornecido para implantação do experimento.

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------|-----|
| RESUMO..... | vi |
| ABSTRACT | vii |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 3. OBJETIVOS..... | 9 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 10 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 14 |
| 6. CONCLUSÕES | 22 |
| REFERÊNCIAS | 23 |

RESUMO

A avaliação comparativa de diferentes estratégias de controle permite ao sojicultor ter parâmetros para determinar o manejo mais eficaz e com menor custo, garantindo a rentabilidade da cultura. Os nematicidas químicos, apesar de apresentarem alto custo de aquisição, são eficientes para a redução populacional do *Pratylenchus brachyurus*, principalmente na fase inicial da planta o que beneficia o arranque inicial da cultura. Os bionematicidas são produtos biológicos de menor custo com boa eficiência, porém necessita do estabelecimento do agente biológico no meio para início do efeito reducional na população. O uso de plantas antagonistas na forma de extratos vegetais não é amplamente difundido na cultura da soja, contudo o estudo da eficiência das substâncias nematicidas advindas do seu metabolismo irá conduzir a obtenção de novas estratégias de manejo. Neste sentido, o objetivo deste trabalho consistiu na avaliação comparativa da ação de nematicidas químicos, bionematicidas e extratos vegetais de Nim e Fedegoso no controle de *P. brachyurus* na cultura da soja, bem como na análise benefício/custo destes métodos de controle. O experimento foi conduzido em lavoura comercial em Vilhena-RO cedida pelo produtor rural Adair Menegol. Esta área é naturalmente infestada com *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus dihystra* e *P. brachyurus*, durante a safra 2018/2019. Os tratamentos adotados foram abamectina (125 mL/100 kg de sementes), imidacloprido+tiodicarbe (700 mL/100 kg de sementes), *Bacillus subtilis* (4 mL p.c./kg de sementes), *Purpureocillium lilacinus* (0,25 kg p.c./100 kg sementes), torta de Nim (429 kg/ha), óleo de Nim (457 mL/100 kg de sementes), extrato etílico de Fedegoso (660 mL a 20%/100 kg de sementes) e a testemunha. As avaliações foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a emergência, onde foram avaliadas as variáveis nematológicas (número de nematoide no solo e na raiz) e de desenvolvimento da planta (altura, biomassa fresca e seca de parte aérea, biomassa fresca de raiz). No *software* R os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade, e as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Scott-Knott e de Friedman. A abamectina propiciou redução significativa de 85,19% da população de *P. brachyurus* aos 30 DAE. A aplicação de imidacloprido+tiodicarbe também conferiu efeito redutor da população atrelado ao maior desenvolvimento da planta aos 30 e 90 dias após emergência (DAE) da planta. Os produtos biológicos não obtiveram resultados expressivos. A torta de nim promoveu maior desenvolvimento da planta associada à redução de 24,86%, 47,69% e 83,02% da população do nematoide, respectivamente aos 30, 60 e 90 DAE. O uso de óleo de nim teve comportamento similar à torta de nim, porém sua eficiência foi reduzida aos 90 DAE. O extrato etílico de fedegoso proporcionou maior desenvolvimento da planta e redução populacional apenas na primeira avaliação. Contudo, este tratamento resultou na maior produtividade com incremento significativo de 494,44 kg ha⁻¹ em relação à testemunha. Os tratamentos com extrato etílico de fedegoso e imidacloprido+tiodicarbe promoveram maior desenvolvimento da cultura associada a maior produtividade. Sendo assim, a abamectina é recomendada em áreas de alta infestação para redução imediata da população de *P. brachyurus*. Os tratamentos com extrato etílico de fedegoso e imidacloprido+tiodicarbe apresentaram comportamento similar e podem ser bem empregados na cultura da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*, nematoide das lesões radiculares, mortalidade, tratamento de sementes.

ABSTRACT

The comparative evaluation of different control strategies allows the soybean farmers to have parameters to determine the most effective management and with lower cost, ensuring the profitability of the crop. Chemical nematicides, despite having a high acquisition cost, are efficient for the population reduction of *Pratylenchus brachyurus*, mainly in the initial phase of the plant, which benefits the initial harvesting of the crop. Bionematicides are less costly biological products with good efficiency, but they need the establishment of the biological agent in the environment to start the reductive effect in the population. The use of antagonistic plants in the form of plant extracts is not widespread in soybean culture, however the study of the efficiency of nematicidal substances from their metabolism will lead to the achievement of new management strategies. In this sense, the objective of this work was to comparatively evaluate the action of chemical nematicides, bionematicides and plant extracts of *Senna obtusifolia* and neem in the control of *P. brachyurus* in soybean crop. The experiment was conducted in a commercial field in Vilhena-RO, granted by rural producer Adair Menegol. This area is naturally infested with *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus dihystrera* and *P. brachyurus*, during the 2018/2019 harvest. The treatments adopted were abamectin (125 mL / 100 kg of seeds), imidacloprid + thiodicarb (700 mL / 100 kg of seeds), *Bacillus subtilis* (4 mL pc / kg of seeds), *Purpureocillium lilacinus* (0.25 kg pc / 100 kg seeds), Neem cake (429 kg / ha), Neem oil (457 mL / 100 kg of seeds), ethyl Extract of *S. obtusifolia* (660 mL at 20% / 100 kg of seeds) and the control. The evaluations were performed at 30, 60 and 90 days after emergence, where the nematological and plant development variables were evaluated. In software R, the data were submitted to the normality and homogeneity test, and the treatment means were compared using the Scott-Knott and Friedman tests. Abamectin provided a significant reduction of 85.19% in the population of *P. brachyurus* at 30 DAE. The application of imidacloprid + thiodicarb also conferred a reducing effect on the population linked to the greater development of the plant at 30 and 90 days after emergence (DAE) of the plant. The biological products did not obtain expressive results. The neem cake promoted greater plant development associated with a reduction of 24.86%, 47.69% and 83.02% of the nematode population, respectively at 30, 60 and 90 DAE. The use of neem oil had a similar behavior to neem cake, but its efficiency was reduced to 90 DAE. The ethyl Extract of *S. obtusifolia* provided greater plant development and population reduction only in the first evaluation. However, this treatment resulted in greater productivity with a significant increase of 494.44 kg ha⁻¹ in relation to the control. The treatments with ethyl Extract of *S. obtusifolia* and imidacloprid + thiodicarb promoted greater development of the culture associated with greater productivity. Therefore, abamectin is recommended in areas of high infestation to immediately reduce the population of *P. brachyurus*. The treatments with ethyl Extract of *S. obtusifolia* and imidacloprid + thiodicarb presented similar behavior and can be well used in soybean culture.

Key words: *Glycine max*, nematoid of root lesions, mortality, seed treatment.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o ritmo de crescimento das áreas produtoras de soja na região norte do Brasil vem sendo maior que em algumas regiões tradicionais. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) houve aumento de 177,21% de áreas cultivadas com soja na região norte, passando de 717,6 mil hectares para 1,99 milhões de hectares em sete anos. Neste mesmo período foi constatado aumento de 40,08% na região centro-oeste, 60,07% na região sudeste, 30,46% na região sul e 54,15% na região nordeste. O Estado de Rondônia é o terceiro maior produtor da região norte com produção de 1,11 milhão de toneladas de soja na safra 2018/2019 (CONAB, 2019).

A proximidade com o porto, o valor das terras e o cultivo da soja visando à recuperação de pastagens degradadas são fatores que contribuem para maior expansão desta cultura em Rondônia. Esta intensificação do cultivo de soja nos últimos anos associada à sucessão de culturas hospedeiras contribuíram para o crescimento populacional de nematoides fitopatogênicos causadores de perdas produtivas significativas na cultura. Num estudo de identificação dos nematoides presentes em cafeeiros na região central de Rondônia foi verificado a presença de espécies dos gêneros *Aphelencooides*, *Aphelenchus*, *Meloidogyne* e *Pratylenchus* (SANTIAGO *et al.*, 2005).

O *Pratylenchus brachyurus*, comumente conhecido como nematoide das lesões radiculares, causa reboleiras de plantas pouco desenvolvidas no meio da lavoura, onde são constatadas lesões necróticas nas raízes bem como a redução no sistema radicular (SANTOS *et al.*, 2015). As principais recomendações para o controle da população de *P. brachyurus* são rotação/sucessão de cultura, controle biológico e químico, e aplicação de extratos vegetais como fontes de matéria orgânica e/ou substâncias nematicidas.

A aplicação de nematicidas químicos no tratamento de sementes promove significativa redução do número de *P. brachyurus*, conforme trabalho de Ribeiro *et al.* (2014) que utilizou imidacloprido, tiodicarbe, piraclostrobina, tiofanato-metílico, fipronil, abamectina, azoxistrobina, mefenoxam, fludioxonil e thiamethoxam. Os bionematicidas são produtos biológicos compostos principalmente por fungos e bactérias que podem parasitar ovos e fêmeas de nematoides, produzir antibióticos e toxinas, e degradar exsudados radiculares (FERRAZ e BROWN, 2016). Os extratos vegetais de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) e fedegoso (*Senna obtusifolia*) vem sendo estudados pela ação nematicida dos seus

metabólitos secundários e pela sua atuação como fertilizante orgânico. A aplicação de extratos aquosos de nim após invasão de *Meloidogyne javanica* nas raízes de tomate mostrou que as substâncias nematicidas do nim foram absorvidas pelas raízes restringindo o desenvolvimento e a fecundidade dos nematoides que já haviam penetrado nas raízes (JAVED *et al.*, 2007). A aplicação em laboratório de extrato etílico da folha de fedegoso em juvenis de *M. incognita* resultou numa taxa de mortalidade de 100% nas concentrações de 15 e 20% (p/v) (OLABIYI *et al.*, 2008).

Diante do exposto é constatado que existem diferentes estratégias de controle de fitonematoides podendo ser adotados de forma isolada ou em conjunto. A avaliação comparativa de diferentes formas de controle permite ao sojicultor ter parâmetros para determinar o método mais eficaz e de menor custo, visando garantir a rentabilidade da cultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A soja é uma das mais importantes leguminosas cultivadas no mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor com 116,99 milhões de toneladas (safra 2017/2018) ficando apenas 2,52 milhões de toneladas atrás dos Estados Unidos (EMBRAPA, 2018). O grão, rico em proteínas e óleo, pode ser utilizado na alimentação humana e animal, na produção de biodiesel, lubrificantes, desinfetantes, etc. e na manufatura de muitos produtos processados ou semiprocessados (SEDIYAMA, 2009). A cultura da soja exerce papel de extrema relevância no desenvolvimento econômico brasileiro. A produção de grãos no Brasil para a safra 2018/2019 foi estimada em 241,33 milhões de toneladas pelo 11º levantamento da safra brasileira, sendo que 115,07 milhões são grãos de soja (CONAB, 2019).

Por de trás desses números robustos existem desafios fitossanitários que podem comprometer a produtividade das lavouras. Uma ampla gama de pragas, plantas daninhas e agentes fitopatogênicos vêm causando perdas consideráveis na lavoura. Dentre estes, vale salientar os nematoides fitopatogênicos que provocam danos limitantes à planta causando perda de produtividade e qualidade do grão.

Os fitonematoides são vermes predominantemente filiformes, medindo de 0,2 a 3,0 mm de comprimento, encontrados na película de água existente entre os coloides do solo. Algumas espécies podem sobreviver em sementes ou outros órgãos vegetais armazenados a seco por períodos um tanto longos em estado de repouso. O parasitismo se concentra preferencialmente do sistema radicular da planta, contudo existem algumas poucas espécies que parasitam órgãos aéreos da planta (FERRAZ e BROWN, 2016).

Diversas espécies de nematoides são frequentemente observadas na cultura da soja causando sintomas decorrentes do parasitismo no sistema radicular. No Brasil, as espécies mais prejudiciais à cultura são *Meloidogyne* spp. (nematóide de galhas), *Heterodera glycines* (nematóide de cisto da soja), *Pratylenchus brachyurus* (nematóide das lesões radiculares) e *Rotylenchulus reniformis* (nematóide reniforme) (DIAS *et al.*, 2010). A densidade populacional do fitonematóide nas raízes e a suscetibilidade da planta são fatores que determinam a intensidade dos danos destes fitoparasitas. Os danos nas raízes influenciam diretamente o rendimento e a sobrevivência da planta tendo em conta que afeta a absorção de água e nutrientes (PINHEIRO *et al.*, 2014).

Dentre os nematoides observados causando danos na cultura da soja vale destacar o

nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) que é considerado um dos principais problemas da cultura (FRANCHINI *et al.*, 2014). *P. brachyurus* é um nematoide endoparasito migrador, as lesões provocadas por este nematóide podem servir como porta de entrada para outros patógenos de solo (fungos e bactérias).

A espécie *Pratylenchus* pode penetrar o tecido vegetal em todas as suas fases (juvenil e adulto). Em condições ambientais favoráveis o ciclo de vida tem duração média de três a seis semanas. A forma de reprodução do *P. brachyurus* ocorre por partenogênese mitótica. O número de ovos varia de 70 a 120 por fêmea e são comumente liberados no interior das raízes infectadas. Após penetração nas raízes o nematoide se desloca em direção ao cilindro central onde inicia o movimento migratório inter e intracelular nas camadas mais profundas do córtex em paralelo ao eixo da raiz. Este movimento provoca colapso das células e a formação de cavidades no córtex. Desta forma as raízes infectadas apresentam lesões necróticas de coloração pardo-clara a marrom-avermelhada, e ineficiência de suas funções de absorção e transporte de nutrientes e água que provocam o aparecimento de sintomas indiretos na parte aérea (clorose e murchamento) (FERRAZ e BROWN, 2016).

O nematoide das lesões radiculares é uma espécie altamente polífaga, com diversas espécies hospedeiras como aveia, trigo, cevada, sorgo, arroz, centeio, capim napier, milho, capim braquiária, capim pangola, capim Sudão, capim-limão, capim gordura e capim Jaraguá (GRIGOLLI & ASMUS, 2014 *apud* LORDELLO & MELO FILHO, 1969). A soja e o milho permitem maior multiplicação do nematoide das lesões, como verificado por Mainardi & Asmus (2015). Isto promoveu o aumento da disseminação dos nematoides das lesões radiculares nas regiões produtoras de soja caracterizadas pela sucessão do milho safrinha após a colheita da soja.

Existem diversas recomendações de métodos de controle da população de fitonematóides, como rotação/sucessão de cultura, uso de genótipos resistentes, aplicação de fontes de matéria orgânica, uso de plantas antagonistas, controle biológico e químico aplicados de maneira integrada. Segundo Inomoto *et al.* (2006) o hábito polífago do *P. brachyurus* causa maior dificuldade no uso de genótipos resistentes e na adoção de rotação de culturas com boa rentabilidade.

O controle químico é uma das medidas de controle mais utilizadas para a redução da população de nematoide devido ao efeito de contato, a ação preventiva (efeito sistêmico) que confere à planta tolerância ao ataque dos fitonematoides e, também, a praticidade de aplicação

dos produtos fitossanitários (tratamento de sementes ou no sulco de plantio). No momento existem dez nematicidas registrados e três inseticidas com recomendação na bula para o controle de *P. brachyurus* no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), cujos ingredientes ativos são abamectina, dazomete, fluensulfona, metam-sódico, terbufós, tiodicarbe, imidacloprido+tiodicarbe, fluopyram, e cadusafós. Além destes produtos químicos, ainda existem registros de dezessete produtos biológicos, sendo três classificados como inseticidas microbiológicos e quatorze como nematicidas microbiológicos (AGROFIT, 2019).

O tratamento de sementes com abamectina para controle de *P. brachyurus* foi avaliado por Lopes *et al.* (2017) para população inicial de 1.000 e 6.000 espécimes. O resultado foi a redução do número de nematoides por grama de raiz em cerca de 41% e 65%, respectivamente. No trabalho de Bortolini *et al.* (2013) também foi verificada significativa redução da população de *P. brachyurus* com a utilização de abamectina e imidacloprido + tiodicarbe aplicados no tratamento de sementes. Os nematicidas possuem amplo espectro de ação, são extremamente tóxicos e persistentes, sendo um grande risco ao ambiente e ao aplicador. A aplicação concentrada no tratamento de sementes representa redução neste risco, contudo ainda existe a possibilidade de resistência dos fitonematoides aos produtos que restringe o uso deste método de controle (GUARNIERI *et al.*, 2018; SANTOS, 2010). Apesar disso, o controle químico continua sendo um recurso viável ao agricultor desde que aplicado de forma correta e recomendado em situações que justifiquem o uso. Isto porque o emprego deste tipo de controle causa redução populacional em um período de tempo suficiente para a ocorrência do bom desenvolvimento inicial da cultura e conseqüentemente maior produtividade (FERRAZ e BROWN, 2016).

O uso restrito dos nematicidas químicos impulsionaram as pesquisas e a produção de bionematicidas que são compostos principalmente por fungos e bactérias. O uso de bionematicidas é uma estratégia de manejo com um custo menor e, portanto, mais acessível ao produtor (VIEIRA *et al.*, 2017). Os microrganismos que vem se destacando nas pesquisas no controle de *P. brachyurus* são *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum*, *Bacillus methylotrophicus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, *Purpureocillium lilacinus*, *T. harzianum*, *Pochonia chlamydosporia*, *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*. No Brasil, até o momento, existem 14 nematicidas microbiológicos registrados no MAPA para controle de *P. brachyurus* (AGROFIT, 2019).

Dentro do Reino Fungi, o destaque é para o grupo de fungos parasitas de ovos e

fêmeas que são saprofitos com excelente estabelecimento na matéria orgânica do solo. Estes fungos se alimentam da quitina presente em uma das camadas da casca dos ovos e excepcionalmente podem atacar e destruir fêmeas maduras (FERRAZ e BROWN, 2016). Neste grupo as espécies *Purpureocillium lilacinum* e *Pochonia chlamydosporia*, anteriormente conhecidas por *Paecilomyces lilacinus* e *Verticillium chlamydosporium*, são as mais utilizadas no controle de fitonematoides. O fungo *P. lilacinum* foi responsável individualmente pela melhoria no crescimento do trigo e pela redução populacional do *Pratylenchus thornei* no estudo de KEPENEKCI *et al.* (2018) realizado em casa de vegetação.

As rizobactérias atuam de forma direta promovendo o crescimento da planta ou indiretamente como agente de controle biológico (FERRAZ e BROWN, 2016). Segundo Ferraz e Brown (2016) *apud* Freitas (2001), as rizobactérias produzem antibióticos e toxinas que ao serem absorvidas pelo ovo do nematoide interrompe o desenvolvimento do embrião, além de apresentar características nematostáticas que impede a penetração do nematoide na raiz. As rizobactérias realizam a degradação dos exsudados radiculares que inibem a estimulação da eclosão e a movimentação direcional às raízes, visto que os nematoides se movimentam por estímulos quimiotróficos em direção às áreas com maior concentração de exsudados. No ensaio desenvolvido por Machado e Costa (2017) em casa de vegetação foi verificado que a inoculação em sementes de soja com *Bacillus subtilis* inibiu a presença de *P. brachyurus* e seus ovos no solo e nas raízes.

O manejo com plantas antagonicas como as crotalárias, cravo-de-defunto e mucunas é um método cultural que pode até permitir a entrada no nematoide nas raízes, mas não possibilita o seu desenvolvimento (PINHEIRO *et al.*, 2015). Estas plantas possuem substâncias bioativas com efeitos antagonicos aos nematoides e podem ser utilizadas em rotação de culturas, plantio intercalar ou aplicadas como tortas ou extratos vegetais na forma de adubação verde. Neste último caso ocorre o condicionamento físico-químico do solo, a decomposição da matéria orgânica e a liberação de substâncias nematicidas (SANTOS, 2010 *apud* BADRA *et al.*, 1979).

Vários produtos derivados do nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss), como extratos de folhas e sementes, óleo e torta (resíduo da prensagem da semente para obtenção do óleo), vem sendo mundialmente estudados há vários anos pela sua atuação como fertilizante orgânico e produto de controle de várias espécies de nematoides. O nim, árvore indiana conhecida a mais de 5.000 anos, pertence à família Meliaceae, possui folhas compostas e

pequenas e frutos no formato de baga ovalada. As melhores condições para seu desenvolvimento consiste em solos com pH variando de 6,2 a 7,0, temperatura entre 21° e 32°C e precipitação anual entre 400 a 800 mm (VIANA *et al.*, 2007).

A composição química do nim foi estudada principalmente nas décadas de 70 e 80, neste período foram identificadas mais de 150 compostos químicos de várias partes da planta (VIANA *et al.*, 2007 *apud* SCHMUTTERER, 1990). Os principais elementos químicos do nim pertencem às classes dos triterpenóides, limonoídes, diterpenóides, e flavonoides (SANTOS, 2010 *apud* Thakur *et al.*, 1981). Pelo menos nove limonódes possuem ação praguicida, contudo a azadiractina é a mais potente sendo encontrada mais concentrada e acessível nas sementes e folhas do nim (MOSSINI e KEMMELMEIER, 2004).

A aplicação de extratos aquosos de nim após invasão de *Meloidogyne javanica* nas raízes de tomate resultou em redução do número de fêmeas e massas de ovos. Isto mostrou que as substâncias nematicidas do nim foram absorvidas pelas raízes restringindo o desenvolvimento e a fecundidade dos nematoides que já haviam penetrado nas raízes. Este trabalho também mostrou que os compostos do nim são translocados para várias partes da planta, mas com atividade biológica reduzida (JAVED *et al.*, 2007). A utilização do óleo de nim a 2%, em solo arenoso naturalmente infestado de *P. zae* e cultivado com cana-de-açúcar, contribuiu significativamente para a redução do nível populacional do nematoide, com redução de 56,8% (CHAVES *et al.*, 2009). A aplicação de extrato e torta de nim aos quinze dias após o plantio de inhame em vaso promoveu efeito redutor da população de *Scutellonema bradys*, principalmente nos primeiros 30 dias (BARBOSA *et al.*, 2010).

A planta *Senna obtusifolia* (L), popularmente conhecida como fedegoso, mata-pastoliso ou fedegoso-branco é uma planta perene, subarborescente e lenhosa pertencente à família Leguminosae (LORENZI, 2014). O fedegoso é uma planta daninha muito agressiva de difícil controle amplamente encontrada em áreas de cultivo intensivo, assim como em pastagens e pomares (MELO *et al.*, 2003).

Uma investigação fitoquímica qualitativa de diferentes extratos de fedegoso, pelo método ligeiramente modificado de Okerulu e Ani (2001), revelou a presença de saponinas, taninos, alcaloides, flavonoides e extrato em hexano que são conhecidos pela ação bactericida, pesticida ou fungicida na natureza. Os extratos de *S. obtusifolia* (L) avaliados naquele estudo foram obtidos com água, acetona, hexano, diclorometano (DCM) e metanol. Estes extratos demonstraram amplo espectro de atividade contra os efeitos de bactérias e fungos

(DOUGHARI *et al.*, 2008). Nos testes fitoquímicos de Santos e Silva (2010) foram identificadas a presença de taninos flobafênicos, esteroides e saponinas nos extratos aquosos de folhas e caules, já nos extratos aquosos de raízes foram identificadas a presença de fenóis, flavononóis, triterpenoides e saponinas. A aplicação em laboratório de extrato etílico da folha de fedegoso em juvenis de *M. incognita* resultou numa taxa de mortalidade de 100% nas concentrações de 15 e 20% (p/v). A análise fitoquímica do extrato revelou a presença de taninos, flavonoides e alcaloides (OLABIYI *et al.*, 2008).

3. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a eficiência de nematicidas químicos, bionematicidas e extratos vegetais no controle do nematoide da lesão radicular em lavoura de soja. Os objetivos específicos consistem em comparar a redução populacional do nematoide em diferentes fases do ciclo da cultura, comparar a resposta morfométrica da planta diante do nível da população do nematoide, determinar os índices produtivos para cada tratamento e verificar a relação benefício/custo dos tratamentos analisando custo de aplicação e produtividade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área comercial de produção de soja no município de Vilhena, localizado na região do cone sul de Rondônia, durante a safra 2018/2019 (Figura 1). A área experimental apresentava histórico de perdas produtivas de 39% devido à ocorrência de alto nível populacional de *P. brachyurus*, principalmente na safra seguinte ao plantio de *Brachiaria* sp.

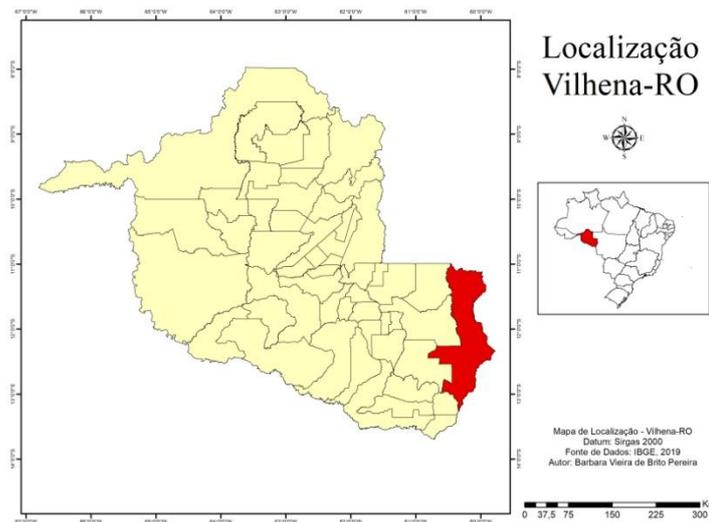


Figura 1. Mapa de localização do município de Vilhena-RO.

Inicialmente foi realizada a amostragem de solo para identificação e detecção do nível populacional inicial dos nematóides. Foram coletadas três subamostras, de 0 a 0,20-0,30 m de profundidade do solo, para composição da amostra composta. As amostras com cerca de 300 g de solo foram acondicionadas em sacos plásticos com 0,20 micras de espessura, vedadas e identificadas. Estas amostras foram imediatamente encaminhadas em embalagem de isopor via transporte terrestre para o laboratório de Nematologia Agrícola do Instituto Federal Goiano (Campus Urutaí-GO).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela foi composta por cinco linhas de seis metros de comprimento com espaçamento de 0,45 m, a distância entre parcelas foi de 1,5 m. A população de plantas da cultivar Monsoy 8644 ipro foi treze plantas por metro linear, sendo assim, cada parcela continha cerca de 390 plantas. Os tratamentos foram compostos por nematicidas químicos (abamectina e imidacloprido + tiodicarbe), bionematicidas (*Bacillus subtilis* linhagem QST

713 1,5% + *Trichoderma harzianum* IBLF006, e *Purpureocillium lilacinus* + *T. harzianum* IBLF006), extratos vegetais (torta e óleo de nim e extrato etílico da folha de fedegoso) e a testemunha. As doses dos nematicidas químicos e bionematicidas foram determinadas de acordo com a recomendação da bula. Nos tratamentos com extratos vegetais foram adotadas as doses utilizadas nos trabalhos de Santos (2010) e Olabiyi *et al.* (2008), conforme apresentado na tabela 1. Os tratamentos foram aplicados via semente, exceto a torta de nim que foi incorporada ao solo pouco antes da semeadura. Cerca de duas horas antes da semeadura foi realizado o tratamento das sementes de forma manual com a utilização de sacos plásticos com 0,20 micras de espessura.

Tabela 1. Doses dos produtos utilizados no controle de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja.

| Produtos | Doses |
|--|--|
| Abamectina | 125 mL/100 kg de sementes |
| imidacloprido + tiodicarbe | 700 mL/100 kg de sementes |
| <i>Purpureocillium lilacinus</i> | 0,25 kg p.c./100 kg sementes |
| <i>Bacillus subtilis</i> linhagem QST 713 1,5% | 4 mL p.c./kg de sementes |
| <i>Trichoderma harzianum</i> IBLF006 | 60 g/100 kg de sementes |
| Torta de Nim | 429 kg/ha (SANTOS, 2010) |
| Óleo de Nim | 457 mL a cada 100 kg de sementes (SANTOS, 2010) |
| Extrato Etílico de Fedegoso | 660 mL na concentração 20% a cada 100 kg de sementes (OLABIYI <i>et al.</i> , 2008) |

O extrato etílico de fedegoso foi preparado com as folhas da planta antes do estágio reprodutivo, conforme metodologia de Olabiyi *et al.* (2008). O método de obtenção do extrato adotado pelo autor foi maceração. As folhas foram secas ao ar livre por cerca de 30 dias até obter aspecto quebradiço para ser moído em pó fino. Após a trituração, 43 g do pó ficaram embebidos em 86 mL de álcool 95% por três dias em um pote hermeticamente fechado. Após este período, o conteúdo foi passado num filtro de papel e diluído em água na concentração de 20%.

A semeadura foi realizada em solo arenoso utilizando a cultivar Monsoy 8644 ipro caracterizada por elevado potencial produtivo, ótima adaptação a regiões de baixa altitude,

crescimento determinado, ciclo tardio, altura média de 77 cm e suscetibilidade a *P. brachyurus*, *H. glycines*, *M. javanica* e *M. 12ncógnita*.

As avaliações de densidade populacional de *P. brachyurus* foram realizadas com a coleta de amostras de solo e de raízes das plantas aos 30, 60 e 90 dias após a emergência (DAE). Nestas avaliações foram coletadas três subamostras de solo e de raiz em cada parcela, e encaminhadas ao laboratório de Nematologia Agrícola do IF Goiano (Urutaí-GO) para a realização da extração de nematoide do solo pelo método de Jenkins (1964) e a extração da raiz pelo método de Coolen & D'Herde (1972). A técnica de flotação e centrifugação de Jenkins (1964) consiste em agitar o solo com água, verter a suspensão agitada sobre o conjunto de peneira de 150 *mesh* sobreposta à outra de 500 *mesh*. O material retido na peneira de 500 *mesh* é centrifugado na velocidade de 1.700 rpm por cinco minutos. O sobrenadante é descartado e adicionado sacarose no tubo de centrifuga que após agitação passa por nova centrifugação na mesma velocidade por um minuto. O processo é finalizado após verter o sobrenadante na peneira de 500 *mesh*, onde é feita lavagem com água de torneira e recolhimento dos espécimes. Na extração de nematoides na raiz pelo método de Coolen & D'Herde (1972) as raízes lavadas são trituradas com água de torneira em liquidificador de pelo menos 300 W de potência por um minuto, a suspensão é vertida sobre o conjunto de peneira de 20 *mesh* sobreposta à outra de 500 *mesh*. A suspensão retida na peneira de 500 *mesh* é coletada em um tubo de centrífuga onde é adicionado um cm³ de caolin (pó de cerâmica) e centrifugado durante cinco minutos. A partir desse ponto é realizado o mesmo processo da técnica de Jenkins (1964): descarte de sobrenadante, adição de sacarose, nova centrifugação, lavagem na peneira de 500 *mesh* e recolhimento do material biológico.

A identificação e quantificação populacional foram realizadas utilizando a câmara de Peters no microscópio ótico. Concomitante às avaliações nematológicas, também foram feitas coletas para avaliações de crescimento da cultura (altura de planta, fitomassa fresca da raiz e da parte aérea e fitomassa seca da parte aérea) com a coleta amostral de três plantas por parcela. A altura de planta foi definida como o comprimento em centímetros do colo da planta até o ponto de inserção da folha mais alta. Para medição da fitomassa fresca da raiz foi realizada previamente a lavagem das mesmas para a total retirada de solo. Após pesagem da parte aérea fresca, as plantas amostradas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada a cerca de 70 °C para secagem e posterior pesagem.

A produtividade foi avaliada com a colheita de cinco metros da linha central de cada

parcela. As plantas de soja foram trilhadas na Embrapa Rondônia – Campo Experimental de Vilhena utilizando uma trilhadora estacionária acionada por motor elétrico. Em seguida foram realizadas a limpeza, a pesagem dos grãos e aferição da umidade. A produtividade foi estimada em kg ha^{-1} com a umidade dos grãos corrigida para 13%. Para avaliação da relação benefício/custo foi realizado o levantamento de preço médio dos produtos fitossanitários no mercado local já incluído a taxa de frete para a propriedade, o custo de coleta e obtenção do extrato etílico de fedegoso, bem como os custos operacionais da aplicação. Estes custos foram confrontados com a rentabilidade média de cada tratamento utilizando a cotação de soja do mês de março de 2019.

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett. Para a análise de variância e comparação de médias dos tratamentos utilizou-se teste de Scott-Knott, com 5% de nível de significância. Os dados de produtividade foram comparados por meio da utilização dos intervalos de confiança a 95%. Além disso, foi realizado estudo de análise de componentes principais para as variáveis nematológicas e de desenvolvimento da planta. Todo estudo estatístico foi realizado no *software* R versão 3.5.3 (R Development Core Team, 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população inicial de *Pratylenchus brachyurus* nas amostras de solo coletadas cinco dias antes do plantio foi de 150 nematoides a cada 100 cm³ de solo. Esta baixa população é atribuída ao hábito endoparasita deste nematoide, ou seja, na ausência de hospedeiro a população do nematoide entra no período de latência. Na safra de soja anterior (2017/2018) foi realizado pelo produtor amostragem nematológica em toda propriedade. A amostragem das raízes de soja no talhão do experimento indicou uma população de 2487 nematoides a cada 10 g de raiz.

Na análise de componentes principais (ACP), para as variáveis nematológicas e de desenvolvimento da planta, foram encontrados dois componentes principais (CP1 e CP2). Estes dois componentes principais somados retiveram 69,99%, 88,27% e 84,68%, da variação total do conjunto de variáveis originais aos 30, 60 e 90 DAE, respectivamente.

O CP1 da avaliação aos 30 DAE mostrou correlação entre as variáveis: número de *P. brachyurus* na raiz (NPR), fitomassa seca de parte aérea (FSPA) e fitomassa fresca de parte aérea (FFPA), considerando correlação expressiva maior ou igual a 0,5. As variáveis FSPA e FFPA foram diretamente correlacionadas e agiram de forma oposta à variável NPR. Desta forma o aumento do número de *P. brachyurus* na raiz promove redução do desenvolvimento da parte aérea da planta de soja. As variáveis NPR e ALT (altura de planta) apresentaram correlações expressivas e inversas no CP2 da avaliação aos 30 DAE, ou seja, com o aumento do número de nematoide na raiz tem-se maior crescimento da planta na fase inicial da cultura.

Na avaliação aos 60 DAE houve correlação em todas variáveis todas as variáveis no CP1. As variáveis relacionadas ao crescimento da planta foram diretamente correlacionadas entre elas e inversamente com a variável nematológica. Sendo assim, aos 60 DAE ainda é verificada a influência negativa do aumento da densidade populacional do *P. brachyurus* sob o crescimento das plantas de soja. No CP2, as variáveis relevantes foram ALT, FFPA e FFR, sendo FFPA e FFR diretamente correlacionadas entre si e atuando de forma oposta à variável ALT.

Aos 90 DAE, no CP1 apenas a variável FSPA não foi relevante. As variáveis ALT, FFPA e FFR são diretamente correlacionadas entre si e inversamente com a variável NPR. A alta densidade populacional de *P. brachyurus* provoca danos nas raízes pela movimentação do nematoide reduzindo o seu volume (FERRAZ e BROWN, 2016), por isto a maior correlação

da variável FFR. No CP2, as variáveis ALT e FSPA foram inversamente correlacionadas com a variável FFPA, as demais variáveis não foram relevantes.

O Biplot é uma representação bidimensional dos dados baseado na matriz de correlações que permite analisar os tratamentos diante das variáveis avaliadas. Os vetores representam as variáveis e os tratamentos são identificados pelos números: 1 – Testemunha, 2 – abamectina, 3 – imidacloprido + tiodicarbe, 4 – *P. lilacinus* + *T. harzianum*, 5 – *B. subtilis* + *T. harzianum*, 6 – Torta de Nim, 7 – Óleo de Nim, 8 – Extrato Etílico de Fedegoso (Figura 2).

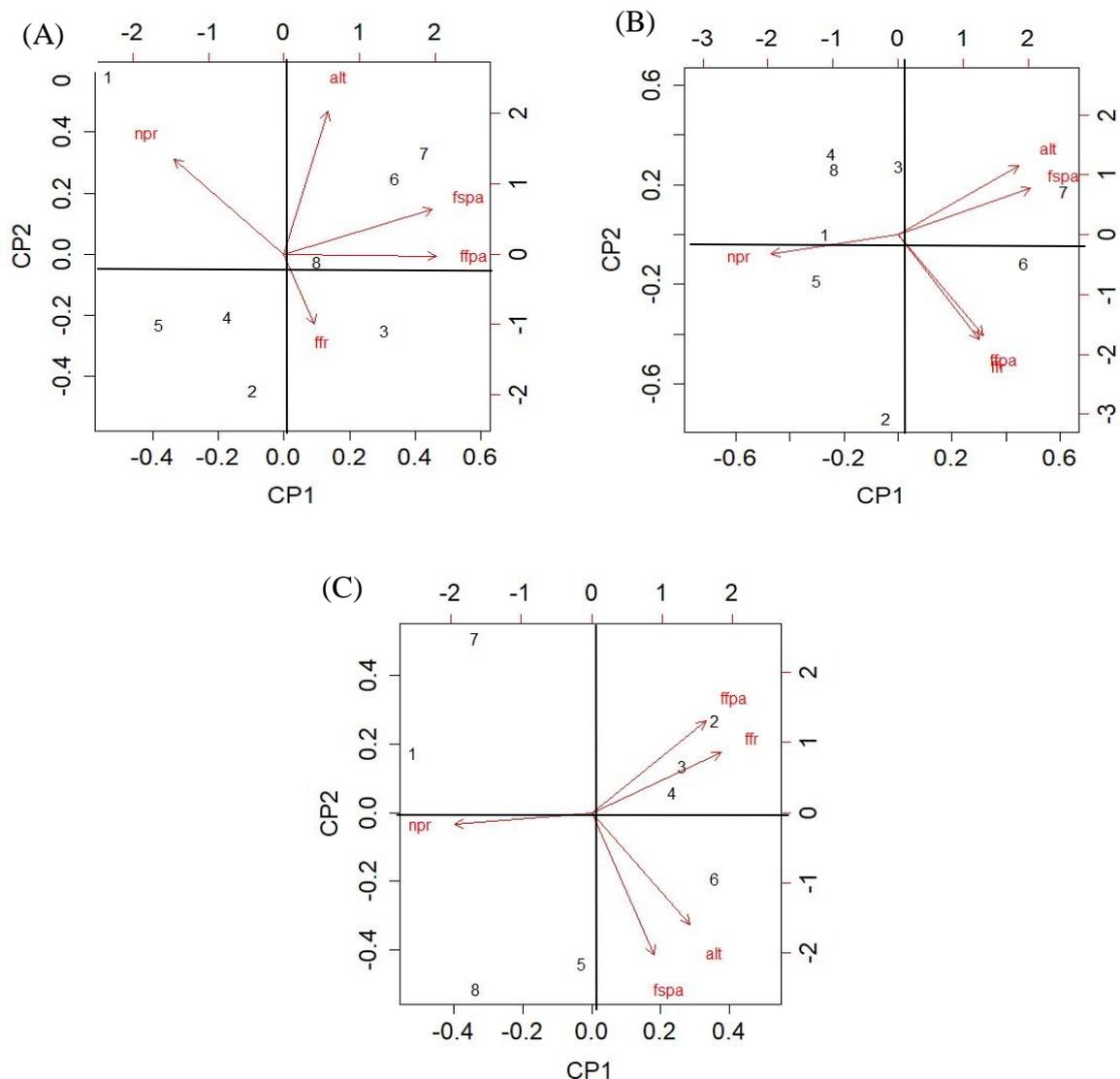


Figura 2. Biplot da análise de componentes principais (ACP) das variáveis NPR – número de *P. brachyurus* na raiz, ALT – altura de planta, FSPA – fitomassa seca de parte aérea, FFPA – fitomassa fresca de parte aérea e FFR – fitomassa fresca de raiz e dos tratamentos (1 – Testemunha, 2 – abamectina, 3 – imidacloprido + tiodicarbe, 4 – *P. lilacinus* + *T. harzianum*, 5 – *B. subtilis* + *T. harzianum*, 6 – Torta de Nim, 7 – Óleo de Nim, 8 – Extrato Etílico de Fedegoso), aos 30 (A), 60 (B) e 90 DAE (C).

O Biplot da figura 2-A, referente às avaliações aos 30 DAE, aponta que a testemunha apresentou maior multiplicação de *P. brachyurus* e índices de ALT. Além disso, mostrou os menores índices de FSPA e FFPA. Os tratamentos com imidacloprido + tiodicarbe, torta de nim, óleo de nim e extrato etílico de fedegoso permitiram menor desenvolvimento do nematoide e maiores índices de FSPA E FFPA. Os demais tratamentos não apresentaram bons índices para todas as variáveis.

Aos 60 DAE o Biplot (Figura 2-B) mostra que a testemunha e o tratamento com o *B. subtilis* + *T. harzianum* tiveram maior multiplicação de *P. brachyurus* (NPR) e menores índices de desenvolvimento da planta (ALT, FSPA, FFPA e FFR). De forma oposta, os tratamentos com torta de nim e óleo de nim permitiram menor multiplicação do nematoide e maiores índices de crescimento da planta. O uso do abamectina resultou em menor ALT e maiores índices de FFPA e FFR.

Analisando o Biplot da figura 2-C, referente à avaliação aos 90 DAE, observa-se que os tratamentos abamectina, imidacloprido + tiodicarbe, *P. lilacinus* + *T. harzianum* e torta de nim foram os que apresentaram maiores índices de ALT, FFPA e FFR e simultaneamente menor desenvolvimento de *P. brachyurus* nas raízes (NPR). Comportamento oposto foi verificado na testemunha e nos tratamentos com óleo de nim e extrato etílico de fedegoso. O uso de *B. subtilis* + *T. harzianum* promoveu maiores índices de FSPA e ALT e menor índice de FFPA.

De maneira geral, a ACP mostrou que a testemunha propiciou maior densidade da população do *P. brachyurus* e por isto a cultura não se desenvolveu tão bem. A incorporação da torta de nim foi o único tratamento que promoveu redução populacional e bom crescimento da planta de soja ao longo de todo ciclo da cultura. O tratamento com óleo resultou em bom desenvolvimento da planta para a maioria das variáveis analisadas aos 30 e 60 DAE. Após esse período a eficiência foi reduzida, provavelmente pela degradação das moléculas com propriedades nematicidas. O extrato etílico de fedegoso apresentou bons resultados de crescimento da planta e redução do número de nematoides nas raízes apenas na primeira avaliação. Corroborando o trabalho de Freitas *et al.* (2019) que constatou, *in vitro*, redução da taxa de mortalidade de *P. brachyurus* à medida que aumenta o tempo de exposição ao extrato. O uso de imidacloprido + tiodicarbe no tratamento de sementes permitiu bom crescimento da planta e menor desenvolvimento populacional aos 30 e 90 DAE.

A aplicação de abamectina no tratamento de sementes promoveu a menor densidade

populacional de *P. brachyurus* aos 30 DAE com redução de 85,19% em relação à testemunha (Figura 3). A abamectina, produzida a partir da fermentação natural da bactéria *Streptomyces avermitilis*, pertencente ao grupo químico das Avermectinas com características acaricida, inseticida e nematicida. A alta redução populacional do nematoide nos primeiros 30 dias da cultura é atribuída ao efeito de choque promovido pelo seu mecanismo de ação que ocorre nos canais de cloro controlados pelo ácido gama-aminobutírico (GABA) e principalmente naqueles controlados pelo ácido glutâmico. Esta molécula provoca a hiperpolarização da membrana plasmática pelo aumento do fluxo de cloro nas sinapses nervosas, causando a paralisia e morte do nematoide (SYNGENTA, 2019). O trabalho de Lopes *et al.* (2017) constatou a eficiência da abamectina na redução do número de nematoides/g de raiz de soja no seu experimento conduzido em casa de vegetação com dois níveis de população inicial (1000 e 6000 espécimes por vaso). Na avaliação aos 90 DAE este tratamento apresentou nível de controle intermediário.

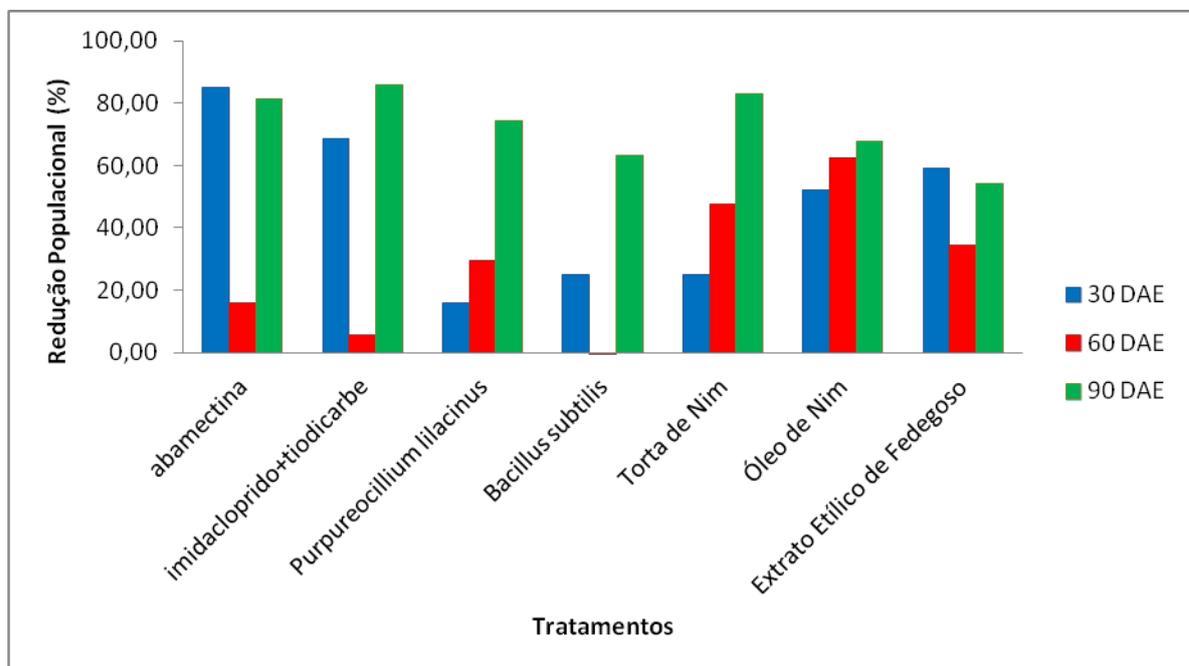


Figura 3. Percentual de controle da densidade populacional de *P. brachyurus* nas raízes de solo em relação à testemunha.

O uso de imidacloprido+tiodicarbe promoveu controle intermediário da população de *P. brachyurus* aos 30 DAE. Neste tratamento foi verificado o controle populacional em relação à testemunha de 68,49% (Figura 3). Em avaliação do número total de *P. brachyurus* nas raízes de soja aos 48 dias após a semeadura (DAS), Guarnieri *et al.* (2018) também não

verificou em campo diferença estatística entre a aplicação de tiodicarbe via tratamento de sementes e a testemunha. Contudo, no experimento em vaso foi verificada redução da população de *P. brachyurus* nas raízes aos 43 DAS.

O tratamento com *P. lilacinus* + *T. harzianum* causou redução em relação à testemunha de 16,12% da população de *P. brachyurus* nas raízes da soja aos 30 DAE. Entretanto, aos 90 DAE este tratamento resultou em menor população do nematoide na raiz com redução em relação à testemunha de 74,29%, sendo estatisticamente diferente da mesma. De acordo com Bueno *et al.* (2016), o controle biológico envolve o mecanismo da densidade recíproca, onde uma população é regulada por outra para manutenção do equilíbrio natural. Diferente do controle químico, o controle biológico não apresenta efeito imediato, sendo necessária a consolidação do agente biológico no meio para efetiva redução populacional do patógeno. Em experimento realizado em casa de vegetação, Oliveira *et al.* (2019) não verificaram na avaliação aos 60 DAE o efeito nematicida (baixo fator de reprodução - FR) de *P. lilacinum* no controle de *P. brachyurus*. Porém na avaliação aos 120 DAE este produto biológico apresentou melhor eficiência de controle, com redução de 86,9% da população do nematoide. Bortolini *et al.* (2013) constataram baixa eficiência do *P. lilacinum* no controle de *P. brachyurus*, contudo não indicaram a rejeição do tratamento visto que houve redução do FR em relação à testemunha.

Conforme apresentado na Figura 3, a aplicação de *B. subtilis* + *T. harzianum* resultou em redução populacional nas raízes aos 30 DAE de 25,18%. Na avaliação de final de ciclo (90 DAE) verificou-se comportamento intermediário deste tratamento com redução populacional de 63,35%. O potencial dessa bactéria no controle de *P. brachyurus* foi avaliado por Machado e Costa (2017). Eles constataram que diferentes concentrações de *B. subtilis* adotadas promoveram ação nematicida tanto *in vitro* quanto em casa de vegetação. Entretanto, Higaki e Araújo (2012) não verificaram redução significativa da população de *P. brachyurus* nas raízes de algodoeiros tratados via semente com *B. subtilis*. Este experimento foi realizado em casa de vegetação utilizando solo coletado em Luiz Eduardo Magalhães-BA naturalmente infestado de *Rotylenchulus reniformis* e *P. brachyurus*.

A incorporação de torta de nim no solo promoveu um percentual de controle de 24,86% aos 30 DAE. A azadiractina, substância com potencial nematicida presente no Nim indiano, possui curto período de persistência no ambiente (meia-vida de 19 dias a 25° C). A degradação desta substância varia de acordo com a temperatura e a presença de luz solar

(SANTOS, 2010 *apud* STARK & WALTER, 1995). O efeito da torta de nim verificado aos 30 DAE pode ter sido prejudicado pela incorporação manual, onde é possível que o produto tenha ficado na parte mais superficial do solo. Desta forma, boa parte da azadiractina ficou mais exposta à radiação solar e maior temperatura. Aos 90 DAE este tratamento resultou em 83,02% de controle em relação à testemunha. Sendo a torta de nim um resíduo orgânico, este efeito aos 90 DAE pode ser entendido como consequência do aumento da matéria orgânica no solo. Costa *et al.* (2014) verificaram diminuição da multiplicação de *P. brachyurus* em área com maior teor de matéria orgânica cultivada com soja. Além disso, a torta de nim promove melhoria na fertilidade do solo, visto que apresenta macronutrientes em sua composição, essenciais para o desenvolvimento radicular (SANTOS, 2010).

O uso de óleo de nim promoveu controle populacional de 51,98% aos 30 DAE, 62,37% aos 60 DAE e 67,95% aos 90 DAE. O estudo de Rossi e Lima (2007) averiguou em campo o efeito nematicida do óleo de nim na densidade populacional de *P. brachyurus* nas raízes de cana-de-açúcar. Este resultado não foi verificado por Santos (2010) na sua avaliação aos 30 DAP que atribuiu esta resposta a não utilização de uma substância aderente à semente de soja, resultando em perda dos compostos nematicidas.

O controle da população de *P. brachyurus* na raiz pelo uso de extrato etílico de fedegoso (*Senna obtusifolia*) foi de 59,17%, 34,64% e 54,07% aos 30, 60 e 90 DAE, respectivamente. Atualmente existem poucos estudos do efeito da atividade anti-helmíntica do extrato etílico de fedegoso em nematoides. Frighetto e Zavati (1994) avaliaram, em ambiente controlado, o efeito do extrato etílico de fedegoso (*Senna occidentalis*) sobre a população de *Meloidogyne incognita*. Os autores verificaram redução de 56,9% no número total de galhas nas raízes de tomate, 35 dias após transplântio das mudas. Na avaliação *in vitro*, Freitas *et al.* (2019) constatou taxa de mortalidade do *P. brachyurus* de 60,67% e 37% maior que a testemunha após 12 e 24 horas de exposição, respectivamente.

O uso de abamectina e óleo de nim promoveram os maiores percentuais de redução populacional média em relação à testemunha ao longo do ciclo da cultura da soja, 60,80% e 60,77% respectivamente (Tabela 2). Os tratamentos alternativos com óleo de nim e extrato etílico de fedegoso apresentaram menor custo por hectare em relação aos demais tratamentos. Desta forma, o óleo de nim é o tratamento com menor custo por hectare associado com redução populacional média compatível com o tratamento que promoveu maior controle de *P. brachyurus* neste trabalho, a abamectina.

Tabela 2. Relação entre custo por hectare com a produtividade e com a redução populacional média de *P. brachyurus* em raízes de soja.

| Tratamento | Redução Populacional Média (%) | Custo (R\$ ha⁻¹) | Custo/Redução Populacional | Produtividade (sc ha⁻¹) | Custo/Produtividade |
|---|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|----------------------------|
| abamectina | 60,80 | 59,76 | 0,98 | 64,78 | 0,92 |
| imidacloprido + tiodicarbe | 53,23 | 35,33 | 0,66 | 68,46 | 0,52 |
| <i>P. lilacinus</i> + <i>T. harzianum</i> | 39,96 | 52,00 | 1,30 | 57,75 | 0,90 |
| <i>B. subtilis</i> + <i>T. harzianum</i> | 29,38 | 23,95 | 0,82 | 57,10 | 0,42 |
| Torta de Nim | 51,86 | 5190,90 | 100,09 | 65,40 | 79,37 |
| Óleo de Nim | 60,77 | 18,59 | 0,31 | 59,81 | 0,31 |
| Extrato Etílico Fedegoso | 49,29 | 17,20 | 0,35 | 72,19 | 0,24 |

Em termos produtivos, o uso de extrato etílico de fedegoso foi o único tratamento que diferenciou da testemunha na análise dos intervalos de confiança a 95% de significância (Figura 4). A produtividade média foi de 4.331,48 kg.ha⁻¹, um incremento de 494,44 kg.ha⁻¹ de grãos de soja em relação à testemunha. O tratamento com extrato etílico de fedegoso apresentou a maior rentabilidade, bem com baixa relação custo/produtividade (Tabela 2) tendo em vista que apresentou maior produtividade e se trata de um tratamento alternativo com uso de materiais simples para a sua obtenção, ou seja, baixo custo de aquisição.

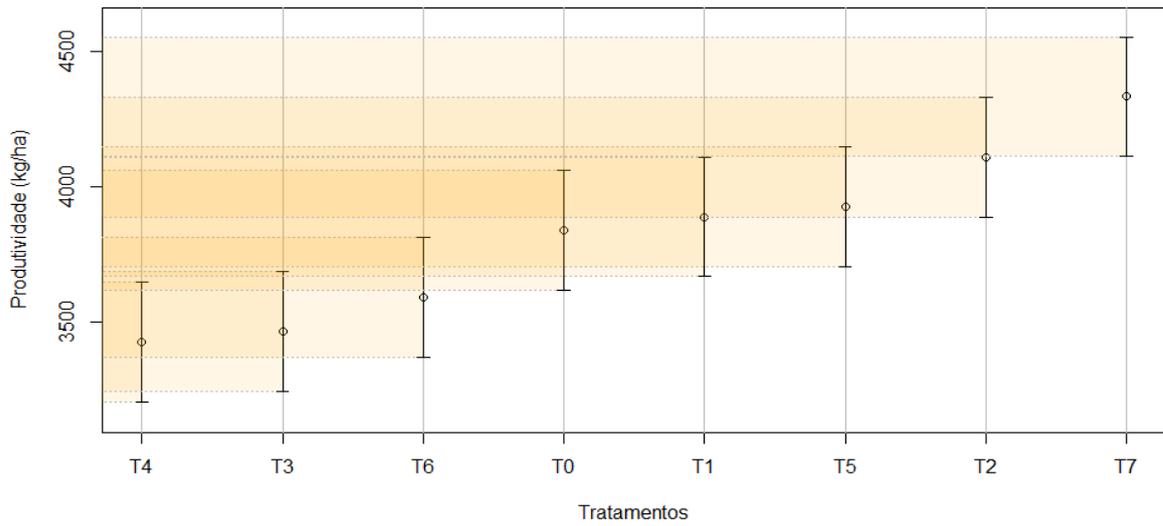


Figura 4. Intervalo de confiança da variável produtividade, em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. T0 – Testemunha, T1 – abamectina, T2 – imidacloprido + tiodicarbe, T3 – *P. lilacinus* + *T. harzianum*, T4 – *B. subtilis* + *T. harzianum*, T5 – Torta de Nim, T6 – Óleo de Nim, T7 – Extrato Etílico de Fedegoso.

6. CONCLUSÕES

A abamectina é recomendada em casos de alta infestação, onde se espera redução populacional imediata. Trata-se de um tratamento eficiente, porém seu alto custo por hectare não é compensado em altas produtividades. A utilização de agentes biológicos de controle requer associação com o método químico, principalmente em áreas de alta infestação visando garantir o arranque inicial da cultura e consolidação dos agentes biológicos.

O tratamento alternativo com óleo de nim pode ser adotado em substituição à abamectina visto que proporciona redução populacional média compatível, além de menor custo de aplicação. O uso de extrato etílico de fedegoso, neste trabalho, foi uma excelente alternativa para agricultura orgânica. Este tratamento promoveu redução populacional média de 49,29% associada a maior produtividade em condições de campo e menor custo de aplicação por hectare.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> . Acesso em 25 abr 2019.

BARBOSA, L. F.; AMORIM, E. P. R.; COSTA, V. K. S.; SILVA, J. C.; ALENCAR, L. M. C. A., SILVA, C. J. Uso de produtos alternativos no controle de nematoides na cultura do inhame (*Dioscorea* sp). Revista Raízes e Amidos Tropicais, volume 6, p. 241-247, 2010.

BRAZ, G. B. P; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J; RAIMONDI, R. T.; RIBEIRO, L. M.; GEMELLI, A.; TAKANO, H. K. Plantas daninhas como hospedeiras alternativas para *Pratylenchus brachyurus*. Summa Phytopathol., Botucatu, v. 42, n. 3, p. 233-238, 2016.

BORTOLINI, G.L.; ARAÚJO, D.V.de; ZAVISLAK, F.D.; JÚNIOR, J.R.; KRAUSE, W. Controle de *Pratylenchus brachyurus* via tratamento de sementes de soja. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17, p. 818, 2013.

CHAVES, A.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M.P.; MARANHÃO, S. R.V.L.; OLIVEIRA, M. K.R.S. Utilização de Produtos Alternativos no Manejo de Nematoides da Cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco. Nematologia Brasileira. Piracicaba-SP, Brasil. Vol. 33(3) – 2009.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Safra 2012/13 – Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-30, setembro 2013. ISSN 631.165(05). Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 04 dez 2019.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. v. 6. Safra 2018/19 – Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-45, agosto 2019. ISSN 2318-6852. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 09 set 2019.

CONFORT, P. M. S.; INOMOTO, M. M.. Evaluation of maize seed treatments for *Pratylenchus zaeae* control. NEMATOTOLOGY, v. 17, p. 667-670, 2015.

COOLEN, W. A., D'HERDE, C. J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. State Agriculture Research Center – GHENT, Belgium. 1972. p.77.

CORTE, G. D.; PINTO, F. F.; STEFANELLO, M. T.; GULART, C.; RAMOS, J. P.; BALARDIN, R. S. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de fitonematoides em soja. Ciência Rural, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1534–1540, 2014.

COSTA, M. J. N.; Machado, Alexandre Paulo. Biocontrole do fitonematoide *Pratylenchus brachyurus* in vitro e na soja em casa de vegetação por *Bacillus subtilis*. REVISTA BIOCÊNCIAS (TAUBATÉ), v. 23, p. 83-94, 2017.

COSTA, M. J. N.; PASQUALLI, R. M.; PREVEDELLO, R. Efeito do teor de matéria orgânica do solo, cultura de cobertura e sistema de plantio no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja. Summa Phytopathologica, v. 40, p. 63-70, 2014.

CRUZ, I. Controle biológico como ferramenta para o manejo ecológico de pragas em sistema orgânico de produção de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, v. 24, 2002, Florianópolis-SC.

DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G. E. de S. Nematoides em Soja: Identificação e Controle. EMBRAPA SOJA. Circular técnica 76. ISSN 2176-2864. Londrina, 2010.

DOUGHARI, J. H; EL-MAHMOOD, A. M.; TYOYINA, I. Antimicrobial activity of leaf extracts of *Senna obtusifolia* (L). African Journal of Pharmacy and Pharmacology. Vol. 2(1), p. 7-13, 2008.

EMBRAPA. Soja em números (safra 2017/2018) – Dados econômicos. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 12 abr 2019.

FERRAZ, L. C. C. B., BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. Sociedade Brasileira de Nematologia, 2016. 251 p.

FRANCHINI, J. C., DEBIASI, H, DIAS, W. P., RAMOS JR, E. U., SILVA, J. F. V. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 274-278.

FREITAS, A.A.; SILVA, D.Z.; FERREIRA, W.G; XAVIER, O.S.; ALVES, G.C.S. Controle de *Pratylenchus brachyurus* com extrato de *Senna occidentalis*. In: 36º CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 2019, Caldas Novas-GO. ISBN 978-85-66836-25-7.

FRIGHETTO, R. T. S.; ZAVATTI, L. M. Avaliação de espécies vegetais no controle de *Meloidogyne incognita*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 1994, Campinas. Resumos. Campinas: SBN / IAC, 1994.

GRIGOLLI, J.F.J.; ASMUS, G. L. Manejo de Nematoides na Cultura da Soja. In: LOURENÇÃO, A.L.F.; GRIGOLLI, J.F.J.; MELOTTO, A.M.; PITOL, C.; GITTI, D.C.; ROSCOE, R.. (Org.). Tecnologia e Produção Soja 2013/2014. 1ed.Curitiba: Midiograf, 2014, v. 1, p. 194-203.

GUARNIERI, C. C. O.; SOARES, P. L. M.; SILVA, T. R.; KAJIHARA, L. H.; PAES JUNIOR, R. Eficácia de tiodicarbe, cadusafós e condicionador de solo via tratamento de sementes e/ou sulco de plantio no controle de nematoides na cultura da soja. In: 35º CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 2018, Bento Gonçalves-RS. ISBN 978-85-66836-20-2.

INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; BELUTI, D. B.; MACHADO, A. C. Z. Reação de seis adubos verdes a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. Nematologia Brasileira, Brasília, v. 30, n. 1, p. 35-38, 2006.

JAVED, N.; GOWEN, S.R.; INAM-UL-HAQ, M.; ABDULLAH, K.; SHAHINA, F. Systemic and persistent effect of neem (*Azadirachta indica*) formulations against root-knot nematodes, *Meloidogyne javanica* and their storage life. Crop Protection, vol. 26, p. 911–916, 2007.

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

KEPENEKCI, I; TOKTAY, H; OKSAL, E; BOZBUĞA, R; İMREN, M. Effect of *Purpureocillium lilacinum* on Root Lesion Nematode, *Pratylenchus thornei*. Journal of Agricultural Sciences. Vol. 24 (2018), 323-328.

LOPES, A. P. M., CARDOSO, M. R., PUERARI, H. H., FERREIRA, J. C. A., DIAS-ARIEIRA, C. R. Manejo de *Pratylenchus brachyurus* em soja usando tratamento de sementes e indutor de resistência. Nematropica, vol. 47, No. 1:1-7.

LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. 379p. 7. Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2014.

MACHADO, A. P.; COSTA, M. J. N. da. Biocontrole do fitonematoide *Pratylenchus brachyurus* in vitro e na soja em casa de vegetação por *Bacillus subtilis*. Revista Biociências, Taubaté, v. 23, n. 1, p. 83-94, 2017 (ISSN 1415-7411).

MAINARDI, J. T.; ASMUS, G.L. Danos e potencial reprodutivo de *Pratylenchus brachyurus* em cinco espécies vegetais. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 2, n. 4, p. 38-47, out./dez. 2015.

MELLO, S. C. M; ÁVILA, Z. R.; ESTELLES, R. S. Efeitos da idade da planta, concentração

do inoculo e período úmido no controle de *Senna obtusifolia* por *Alternaria cassiae*. Comunicado Técnico 84. ISSN 0102-0099. Brasília, 2003.

MOSSINI, S. A. G.; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): Múltiplos Usos. Acta Farm. Bonaerense 24 (1): 139-48 (2005).

OLABIYI, T.I.; OYEDUNMADE, E.E.A.; IBIKUNLE, G.J.; OJO, O.A.; ADESINA, G.O.; ADELASOYE, K.A.; OGUNNIRAN, T.A. Chemical Composition and Bio-Nematicidal Potential of Some Weed Extracts on *Meloidogyne incognita* under Laboratory Conditions. Plant Sciences Research 1 (2): 30-35, 2008.

OLIVEIRA, K. C. L.; ARAUJO, D. V. ; MENESES, A. C. ; SILVA, J. M. E. ; TAVARES, R. L. C.. Manejo biológico de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja¹. Revista Caatinga, v. 32, p. 41-51, 2019.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B.; SUINAGA, F.A. Manejo de nematoides na cultura do tomate. EMBRAPA HORTALÍÇAS. Circular técnica 132. ISSN 1415-3033. Brasília, 2014.

PINHEIRO, J. B., SILVA, G. O., PEREIRA, R. B. Nematoides na Cultura da Batata. EMBRAPA HORTALÍÇAS. Circular técnica 143. ISSN 1415-3033. Brasília, 2015.

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

RIBEIRO, L. M., CAMPOS, H. D., DIAS-ARIEIRA, C. R., NEVES, D. L., ROBEIRO, G. C. Effect of soybean seed treatment on the population dynamics of *Pratylenchus brachyurus* under water stress conditions. Bioscience Journal 30:616-622, 2014.

ROSSI, C. E.; LIMA, C. B. . Controle alternativo de nematóides em cultura orgânica de cana-de-açúcar. Rev. Bras. Agroecologia, v.2, n.1, p. 1545-1548, 2007.

SANTIAGO, V.; FERNANDES, C. F.; CASTRO, J. M. C.; SILVA, D. S. G.; FERRO, G. O.; COSTA, R. S. C.; NUNES, A. M. L. Identificação de fitonematoides presentes em cafeeiros de diferentes Municípios do Estado de Rondônia. Comunicado Técnico 305. ISSN 0103-9458. Porto Velho, 2005.

SANTOS, T. F. S., POLIZEL, A. C., RIBEIRO, N. R., SILVA, T. J. A., GUIMARÃES, S. L. Reprodução de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes níveis de inoculo e tempo de avaliação em três cultivares de soja. NEMATROPICA Vol. 45, No. 1, 2015, p. 43-50.

SANTOS, L. C.; MACEDO, L. B. ; ROCHA, M. R. ; TEIXEIRA, R. A. ; ARAUJO, F. G. ; BARBOSA, K. A. G. ; ALVES, T. G. . Efeito de Derivados de Nim e da Casca de Café sobre *Pratylenchus brachyurus* na Cultura da Soja. In: XLII Annual Meeting ONTA / XLII Reunión Anual de ONTA, 2010, Quito. Nematropica. Gainesville, FL: ONTA, 2010. v. 40. p. 152-152.

SANTOS, J. R. B.; SANTOS, A. F. Efeito Alelopático de Extratos Aquosos de *Senna obtusifolia* (L.) H. Irwin e Barneby. Revista Floresta e Ambiente. Vol. 17(1), 2010, p. 90-97. ISSN 2179-8087.

SEDIYAMA, T. Tecnologias de produção e usos da soja. 314p. Londrina: Mecnas, 2009.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology, St. Paul, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SYNGENTA (2019) Bula de *Avicta 500 FC* (abamectina 50,0% m/v), registrado no Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA sob nº 020107. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/avicta_500_fs_4.pdf?token=1560347068> Acessado em: 15 jul 2017.

VIANA, P. A.; PRATES, H. T.; RIBEIRO, P. E. A. Uso do Extrato Aquoso de Folhas de NIM para o Controle de *Spodoptera frugiperda* na Cultura do Milho. Circular Técnica 88. Embrapa Milho e Sorgo. ISSN 1679-1150. Sete Lagoas, 2006. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490420/1/Circ88.pdf>. Acesso em 05 dez 2019.

VIEIRA, B. C.; MASCIA, R.; SOUZA, J. C.; MOREIRA, J. A. A.; ROSA, T. E. A.; ARAÚJO, F.G.; ALVES, G. C. S. Emprego de *Bacillus amyloliquefaciens* e *Trichoderma harzianum* no manejo de *Helicotylenchus* sp. na cultura da soja. In: 34º CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 2017, Vitória-ES.