



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

BRUNO EDUARDO ALVES BARROS

MOBILIDADE DE *Pratylenchus coffeae* EM COLUNAS SEGMENTADAS
SUBMETIDAS A FLUXOS DE ÁGUA E ESTÍMULOS VEGETAIS

RECIFE – PE
2018

BRUNO EDUARDO ALVES BARROS

**MOBILIDADE DE *Pratylenchus coffeae* EM COLUNAS SEGMENTADAS
SUBMETIDAS A FLUXOS DE ÁGUA E ESTÍMULOS VEGETAIS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Conservação de água e solo

ORIENTADORA: Profa. Dra. Elvira Maria Regis Pedrosa

RECIFE - PE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

B277m Barros, Bruno Eduardo Alves.
Mobilidade de *Pratylenchus coffea* em colunas segmentadas submetidas a fluxos de água e estímulos vegetais / Bruno Eduardo Alves Barros. – Recife, 2018.
40 f.: il.

Orientadora: Elvira Maria Regis Pedrosa.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências e apêndices.

1. Azadirachta indica 2. *Dioscore cayennensis* 3. Nematóide das lesões radiculares I. Pedrosa, Elvira Maria Regis, orient. II. Título

CDD 630

BRUNO EDUARDO ALVES BARROS

**MOBILIDADE DE *Pratylenchus coffeae* EM COLUNAS SEGMENTADAS
SUBMETIDAS A FLUXOS DE ÁGUA E ESTÍMULOS VEGETAIS**

APROVADO EM ____ / ____ / ____

Profa. Dra. Elvira Maria Regis Pedrosa
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
ORIENTADORA

Dra. Patrícia Ângelo de Barros
Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE
MEMBRO

Prof. Dr. Ênio Farias França e Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE
MEMBRO

Profa. Dra. Andrea Chaves Fiuza
Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina - UFRPE
MEMBRO

A meus pais, Francisco Ednaldo e Damiana Rita Alves, e aos meus irmãos Juliane Rafaela, Thales Demetrius e Bruna Lee Zandra.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus, pois sem Ele eu não teria conseguido alcançar este sonho. Por me dar sabedoria para buscar todas as conquistas permitidas por Ti. Pela proteção e benção concedida a mim todos os dias. Pela força e coragem para enfrentar os desafios da vida.

Agradeço aos meus pais por serem pilares na minha vida, por me conduzirem no caminho certo, pelo apoio e fé em minhas decisões. Agradeço pela minha família em geral por me aconselharem na minha jornada, em especial aos meus irmãos pelo amor e carinho e por sempre acreditarem na minha força de vontade.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE e, em especial, ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola pelo apoio. E ao laboratório de Fitonematologia, e a toda sua equipe por ter permitido a realização das análises.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A professora Elvira Pedrosa e toda equipe do laboratório de Fitonematologia pelo apoio e incentivo que recebi ao longo da minha caminhada e pela oportunidade e confiança que me foi concedida na pesquisa.

Aos amigos de pós-graduação por serem exatamente como são, por terem marcado a minha vida tão grandemente e de uma forma tão especial. A vocês, Adiel Felipe, Pedro Henrique, Gebson Pinheiro, Jhon Lennon, Douglas Alberto, Frederico Lins, Fernanda Andrade, Sirleide Menezes, Dayane Lima, Valentin Ruben, Andrey Thyago e Fred Mikhail. E aos demais que eu conheci durante o período que passei no curso. O meu muito obrigado pela amizade e apoio.

Aos amigos de trabalho, por todo o apoio e conhecimento na realização do experimento: Carmem Abade, Mariana David, Alain, Rezanio, Thais Vicente e Patrícia Barros.

Agradeço a todos os meus professores que sempre me ofereceram os melhores ensinamentos e a todos, que de alguma forma contribuíram para minha formação, desde a infância até os dias de hoje. Deixo o meu muito OBRIGADO!

“Por mais longa que seja a caminhada, o mais importante é dar o primeiro passo.”

Vinicius de Moraes

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	13
2.1. Geral	13
2.2. Específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. Nematoides.....	14
3.2. <i>Pratylenchus coffeae</i>	14
3.3. Umidade do solo no desenvolvimento de nematoides	16
3.4. Influência da textura na mobilidade dos nematoides	17
3.5. Efeito da temperatura no desenvolvimento dos nematoides	18
3.6. Mobilidade dos fitonematoides	19
3.7. Planta hospedeira.....	20
3.8. Planta antagônica.....	21
3.9. Movimento de água no solo	22
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1. Local de pesquisa	23
4.2. Obtenção das populações de <i>P. coffeae</i>	23
4.3. Obtenção de iscas de inhame e nim	24
4.4. Condução do experimento.....	24
4.5. Colunas sem fluxo de água.....	25
4.6. Colunas com fluxo de água	26
4.7. Análise estatística.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6. CONCLUSÕES	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema de extração de *Pratylenchus coffeae* em funil de Baermann..... 23
- Figura 2.** Esquema de utilização do dispositivo experimental para avaliar o movimento de *Pratylenchus coffeae* em estágio juvenil e adulto em colunas não saturadas preenchidas com areia lavada. 26
- Figura 3.** Esquema de utilização do dispositivo experimental para avaliar o movimento de *Pratylenchus coffeae* em estádios juvenil e adulto em colunas de areia lavada submetidas a fluxo de água..... 27
- Figura 4.** Distribuição de juvenis e adultos de *Pratylenchus coffeae* em função da direção e tipo de isca em colunas de areia lavada sem fluxo de água cinco dias após a injeção do nematoide. Coluna com isca de túberas picotadas de inhame da costa (A); Coluna com isca de folhas picotadas de nim (B); Coluna com iscas picotadas de túberas de inhame e folhas de nim (C); Coluna testemunha sem isca (D). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as quatro condições de isca pelo teste X^2 a 0.01% de probabilidade..... 28
- Figura 5.** Distribuição de juvenis e adultos de *P. coffeae* em colunas de areia lavada após fluxo de água de $3 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ com cinco dias após a injeção de nematoides. Entrada do fluxo (+), saída do fluxo (-). Coluna com iscas de túberas picotadas de inhame (A); Coluna com isca de folhas picotadas de Nim (B); Coluna testemunha sem isca (C). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as três condições de isca pelo teste X^2 a 0.01% de probabilidade..... 31
- Figura 6.** Distribuição de juvenis e adultos de *P. coffeae* em colunas de areia lavada após fluxo de água de $7 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ com cinco dias após a injeção de nematoides. Entrada do fluxo (+), saída do fluxo (-). Coluna com iscas de túberas picotadas de inhame (A); Coluna com isca de folhas picotadas de Nim (B); Coluna testemunha sem isca (C). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as três condições de isca pelo teste X^2 a 0.01% de probabilidade..... 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas da areia lavada.....	25
Tabela 2. Quantidade de nematoides encontrados na água de drenagem coletada ao final de cada coluna.	32

RESUMO

Conhecido como nematoides de lesão radiculares, as espécies de *Pratylenchus* induzem doenças em plantas causando severos danos às culturas agrícolas. Entender o comportamento desse parasita no solo é fundamental para uma maior eficiência das práticas de manejo. No presente estudo, a mobilidade de *P. coffeae* foi avaliada em colunas de solo, com e sem fluxo de água ($3 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ e $7 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$), sob estímulo de cascas de túberas de inhame da costa (*Dioscorea cayennensis*), uma planta atrativa boa hospedeira, e de folhas picotadas de nim (*Azadirachta indica*), uma planta antagônica. A mobilidade do nematoide foi monitorada em colunas segmentadas confeccionadas em resina acrílica, preenchidas com areia lavada e com uma das extremidades exposta às iscas. Cinco dias após a infestação do solo nas colunas sem e com fluxo de água, a mobilidade de *P. coffeae* foi afetada ($P < 0,01$) pelo tipo de isca. De modo geral, a maioria dos nematoides permaneceu no interior da coluna. O fluxo de água foi capaz de lixiviar parte dos indivíduos para a extremidade de saída da coluna (sentido negativo), embora colunas com folhas de nim tenham lixiviado mais nematoides. Na presença de cascas de inhame, *P. coffeae* resistiu ao fluxo de $3 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ enquanto em colunas sem iscas os nematoides foram capazes de resistir a ambos os fluxos.

Palavras-Chave: *Azadirachta indica*, *Dioscorea cayennensis*, nematoide das lesões radiculares.

ABSTRACT

The root lesion nematodes, *Pratylenchus* spp., induce diseases in plants resulting in severe damage to the crops. Understanding the parasite compartment in soil is essential for a higher efficiency of management strategies. In this study the mobility of *P. coffeae* was evaluated in columns of soil with and without water flow ($3 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ and $7 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$), under the stimulus of slices of yam (*Dioscorea cayennensis*), an attractive host plant, and pieces of neem (*Azadirachta indica*) leaves, an antagonistic plant host. The nematode mobility was monitored on segmented columns made of acrylic resin, filled with washed sand and with one end exposed to the baits. Five days after soil infestation in the columns without and with water flow, the mobility of *P. coffeae* was affected ($P < 0,01$) by the type of bait. In general, most of the nematodes remained within the spine. The water flow was able to leach part of the individuals to the outlet end of the column (negative direction), but columns with neem leaves leached more nematodes. In the presence of yam barks, *P. coffeae* was able to withstand the flow of $3 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$, however in columns without baits the nematodes resist both flows.

Keywords: *Azadirachta indica*, *Dioscorea cayennensis*, root lesion nematode.

1. INTRODUÇÃO

Conhecido como os nematoides das lesões radiculares, as espécies de *Pratylenchus* são parasitos obrigatórios, vivendo internamente em órgãos vegetais subterrâneos, a exemplo de raízes, rizomas e túberas, quase sempre com uma passagem no solo através dos filmes de água, na qualidade de migrantes (GOULART, 2008).

No Nordeste brasileiro, *P. coffeae* foi reportado pela primeira vez por Moura e Monteiro (1995) em inhame da costa (*Dioscorea cayennensis* Lam) provocando sintomas semelhantes aos da doença “casca preta”, originalmente causada pelo endoparasito migrador *Scutellonema bradys* (Steiner & Le Hew) Andrassy. A doença é caracterizada por uma camada de tecidos necrosados, de coloração negra, cuja intensidade torna-se maior quando a temperatura de armazenamento das túberas mantém-se entre 24 a 31 °C, que favorece o aumento populacional do nematoide no interior da túbera e a incidência de organismos oportunistas.

Vários mecanismos estão sendo usados para um melhor controle contra ataques de nematoides em plantas. A utilização de plantas antagônicas, que agem como repelentes aos nematoides, juntamente em esquemas de rotação ou plantio consorciado tem se mostrado uma alternativa bastante atrativa (FERRAZ e FREITAS, 2008). Entretanto, um melhor entendimento do comportamento desse parasita no solo é fundamental para uma maior eficiência das práticas de manejo.

A mobilidade dos nematoides é um fator importante para o grau de infecção no hospedeiro. Nematoides do gênero *Pratylenchus* são móveis no solo e no interior das raízes da planta hospedeira, movendo-se nos filmes de água que cobrem as partículas de solo, movimentando-se através de espaços de poros. Permanecem migradores durante todo o ciclo de vida e movimentam-se ativamente no solo até atingir o sistema radicular, podendo retornar ao solo (AGRIOS, 1997; FERRAZ e MONTEIRO, 1995).

Em comparação com as texturas, solos arenosos contribuem para uma maior severidade dos danos, pois favorecem uma maior mobilidade dos nematoides através do filme de água em relação aos solos argilosos (PINHEIRO et al., 2012).

As temperaturas adequadas para o desenvolvimento e reprodução dos nematoides das lesões radiculares estão em torno de 20-30°C e temperaturas superiores a 40°C e inferiores a 5°C podem ter efeitos letais sobre os nematoides, dependendo do tempo de exposição (TIHOHOD, 1993; PINHEIRO et al., 2013).

2. OBJETIVO

2.1. Geral

Estudar a mobilidade de *P. coffeae* em colunas de solo com e sem fluxo de água e o estímulo de plantas atrativas boas hospedeiras e de plantas antagônicas.

2.2. Específicos

- Determinar a mobilidade de *P. coffeae* no solo em condições de fluxos de água diferentes;
- Avaliar se o estímulo de cascas de túberas de inhame da costa e de folhas picotadas de nim afetam a mobilidade de *P. coffeae* no solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Nematoides

Os nematoides são vermes cilíndricos, sendo a forma do corpo, embora variável, referida comumente como filiforme, ou seja, em forma de fio. São animais aquáticos, que podem ser encontrados nos oceanos e mares, nas coleções de água doce e no filme ou película de água existente entre as partículas de solo. Na verdade, podem ocorrer em variados ambientes naturais, desde que neles haja umidade suficiente para a sobrevivência. Segundo os hábitos alimentares, os nematoides podem ser divididos em três grupos: os de vida livre; os zooparasitas ou parasitas de animais; e os fitoparasitas ou parasitas de plantas, ou ainda, fitonematoides. A maioria dos fitonematoides tem tamanho microscópico, variando o comprimento do corpo de 0,2 a 3,0 mm; algumas exceções – como espécies dos gêneros *Longidorus*, *Paralongidorus* e *Tubixaba* – podem chegar a 10-12 mm, as fêmeas no geral são maiores que os correspondentes machos (FERRAZ e BROWN, 2016).

Certas espécies desenvolveram uma habilidade particular de subsistir sob umidade muito baixa por períodos relativamente longos, num estado de repouso, quase sem dispêndio de energia, retomando as atividades normais quando expostas de novo a ambientes favoráveis. Isso pode ocorrer também com os nematoides parasitas de plantas, havendo espécies que sobrevivem em sementes (de arroz, a exemplo de *Aphelenchoides besseyi*) ou em outros órgãos vegetais armazenados a seco por diversas semanas ou até durante meses (na "palha" de bulbilhos de alho, como *Ditylenchus dipsaci*) (FERRAZ e BROWN, 2016).

Embora faltem dados precisos sobre os danos causados e as perdas resultantes para determinadas culturas em diversas áreas geográficas. Não obstante, estimativa de perda anual global devida a fitonematoides contida em artigo publicado em 2011 dava conta de que tal valor já excedia a 80 bilhões de dólares americanos, o que, segundo alguns especialistas, ainda representa montante abaixo do verdadeiro (FERRAZ e BROWN, 2016).

3.2. *Pratylenchus coffeae*

Conhecido como os nematoides das lesões radiculares, *Pratylenchus* spp. são parasitos obrigatórios, vivendo internamente em órgãos vegetais subterrâneos a exemplo de raízes, rizomas e túberas, quase sempre com uma passagem no solo através

dos filmes de água, na qualidade de migrantes (GOULART, 2008). O gênero *Pratylenchus* compreende atualmente 97 espécies consideradas válidas pela maioria dos autores estando distribuídas mundialmente, parasitando ampla gama de espécies e variedades de plantas cultivadas e não cultivadas (HANDOO et al., 2008).

Quedas na produtividade que se acentuam ao longo dos anos podem indicar também a ocorrência de pratilenquídeos em áreas sob suspeita de ataque. A intensidade dos danos causados em culturas anuais, e obviamente das perdas decorrentes, costuma mostrar estreita correlação com o nível populacional inicial (P_i) do nematoide, como já verificado para várias interações e em diferentes países. Ao redor do mundo, perdas devidas a pratilenquídeos têm sido estimadas em 10 a 80%, dependendo de diversos fatores. (FERRAZ e BROWN, 2016).

O ciclo de vida é formado pelo ovo, quatro estádios juvenis e a forma adulta, a exceção do primeiro estágio (J1), a infecção pode ocorrer por qualquer estágio juvenil e pelos adultos (FERRAZ, 1999). A eclosão dos juvenis é influenciada pela temperatura e ocorre sem a necessidade de estímulos das raízes das plantas, embora alguns exsudatos radiculares estimulem a eclosão (KARSSSEN e MOENS, 2006).

A espécie *Pratylenchus coffeae* foi observado pela primeira vez na Indonésia em raízes de café por Zimmermann (1898) e, desde então, passou a ser relatado como fitopatígeno de alta capacidade de causar danos para a rosácea em questão, em vários países produtores, principalmente em Barbados, Congo, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Índia, Jamaica, Madagascar, Malásia, Martinica e Filipinas (VILLAIN et al., 2000).

Este nematoide é provavelmente um organismo nativo dos países banhados pelo Pacífico, especialmente do litoral, do qual pode ter sido disseminado por meio de materiais oriundos de plantações infectadas (NGUYEN, 2010). Bem distribuídos em diversas regiões do Brasil, com intensificação de cultivos (safrinha, safra irrigada). São mundialmente conhecidos como um dos maiores problemas em culturas de grande importância econômica, como, por exemplo, soja, milho, algodão, feijão, café, cana-de-açúcar, além de diversas forrageiras, hortaliças e fruteiras (GOULART 2008).

No Nordeste do Brasil *P. coffeae* foi reportado pela primeira vez por Moura e Monteiro, (1995), em inhame da costa provocando sintomas semelhantes aos da doença “casca preta”, originalmente causada pelo endoparasito migrador *Scutellonema bradys*. A doença é caracterizada por uma camada de tecidos necrosados, de coloração negra, cuja intensidade torna-se maior quando a temperatura de armazenamento das túberas

mantém-se entre 24 a 31 °C, que favorece o aumento populacional do nematoide no interior da túbera, favorecendo também a incidência de organismos oportunistas.

3.3. Umidade do solo no desenvolvimento de nematoides

A umidade do solo é um fator determinante para a sobrevivência dos nematoides, onde o solo com 70% a 80% da capacidade de campo representa condição ótima e necessária para a realização de vários processos vitais observando que os níveis populacionais de *Pratylenchus*, normalmente diminuem em épocas secas e aumentam quando a umidade do solo está alta (OLTHOF, 1971; TOWNSHEND, 1987; GOULART, 2008).

A umidade do solo exerce grande influência sobre a dinâmica da nematofauna e qualquer mudança no conteúdo de água do solo afeta a mobilidade e a densidade populacional dos nematoides (GRIFFITHS e CAUL, 1993). Song et al. (2016) relataram que o aumento da quantidade de água pode favorecer os microambientes no solo para o desenvolvimento dos nematoides. Cardoso et al. (2015) comprovaram que não só a umidade como também outros fatores do solo influenciam a abundância de nematoides parasitos de planta no solo.

Estudando a dinâmica temporal da comunidade de nematoides em cana-de-açúcar em condição de baixa umidade do solo, Vicente et al. (2016) relataram que a umidade do solo exerce influência sobre as espécies de *Pratylenchus*, *Acrobeles*, *Criconematidae*, *Helicotylenchus* e *Trichodorus* no período antes do plantio da cultura.

Com o objetivo de caracterizar a flutuação populacional do nematoide *Rotylenchulus reniformis* em solo cultivado com algodoeiro, Asmus e Ishimi (2009) observaram que a umidade do solo não exerceu efeito significativo sobre a população de *R. reniformis* no solo nas profundidades analisadas. No entanto, Gantait et al. (2006), analisando flutuação das populações de nematoides associadas às bananeiras no distrito de Medinipur, Bengala Ocidental, Índia, observaram correlação significativa e positiva ($r = 0,821$) entre a umidade e a densidade populacional de *R. reniformis*, na profundidade de 0,0–0,2 m.

De acordo com Feldmesser et al. (1960), *Pratylenchus* tem a capacidade de sobreviver por longos períodos em condições de baixa umidade no solo. Embora a condição de baixa umidade possa reduzir a atividade e o nível populacional desses

patógenos, nem todos são mortos e a sobrevivência pode ser garantida por anidrobiose (MAI et al., 1968).

Analisando sobrevivência de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes substratos, com baixo teor de umidade, Neves et al. (2012) verificaram que 35 a 73% da população sobreviveu aos 30 dias, quando a perda de umidade era lenta, no entanto, quando a perda de umidade no solo era mais rápida, a sobrevivência do nematoide reduziu para 7 a 13% no mesmo período. Crowe e Madin, (1975) ressaltaram que a baixa sobrevivência dos nematoides no solo são decorrentes da perda de umidade rápida, podendo ser resultado da rápida desidratação do nematoide.

3.4. Influência da textura na mobilidade dos nematoides

A textura do solo é um dos principais fatores que influenciam a distribuição de *Pratylenchus*, solos arenosos ou de textura média favorecem a maioria das espécies, e quando aliada a umidade adequada, mesmo na ausência do hospedeiro, esses nematoides podem sobreviver em solo úmido por mais de oito meses (AGRIOS, 2004).

Outro fator que, também, contribuiu para aumentar os danos por esse nematoide, foi a semeadura da soja em solos com textura arenosa (>15% argila). Nesse tipo de solo, a soja fica mais vulnerável ao parasitismo de nematoides das lesões radiculares, sobretudo em anos com má distribuição de chuvas (DIAS et al., 2008).

A textura do solo influencia na porosidade e na capacidade de retenção de água pelo solo que interferem no comportamento e no potencial de dano dos nematoides. É um importante fator que afeta tanto a produtividade das culturas quanto as comunidades de nematoides parasitas de plantas. O tipo de solo influencia a gravidade de danos de vários nematoides (YONG, 1992; ROCHA et al., 2006). Solos arenosos contribuem para uma maior severidade dos danos, pois favorecem uma maior mobilidade dos nematoides através do filme de água em relação aos solos argilosos (PINHEIRO et al., 2012).

Analisando o efeito da textura do solo sobre a população dos nematoides formadores de galhas, *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* em soja, Rinaldi et al. (2014) verificaram que solos intermediários (com 17 a 56% de argila) foram mais favoráveis para a formação e desenvolvimento de galhas para *M. incognita* e para *M. javanica* solos com textura arenosa mostraram-se mais favoráveis à multiplicação de nematoides.

Estudando a migração e reprodução do *M. incognita* em duas texturas de solo, Rocha et al. (2016) observaram que a mortalidade do juvenil de segundo estágio (J2) foi sempre menor na areia do que o solo de argila, independentemente do tipo de plantio (semeado ou transplantado diretamente).

Monitorando dinâmica populacional de nematoides associados a um sistema de cultivo tradicional na Amazônia peruana, Arévalo et al. (2007) observaram que em solos arenosos as espécies de *Meloidogyne* apresentaram maior mobilidade e infectividade nas plantações tradicionais de cacau.

Avaliando a influência do fluxo de água na mobilidade de nematoides em diferentes níveis de densidade e textura do solo, Barros et al. (2016) concluíram que em solo argiloso o movimento dos nematoides em ambas as condições, vivos e mortos, foi praticamente nulo, diferenciando dos solos de textura média e areia que favoreceram o movimento das espécies *P. coffeae*, *M. incognita* e *M. enterolobii*.

3.5. Efeito da temperatura no desenvolvimento dos nematoides

As temperaturas adequadas para o desenvolvimento e reprodução dos nematoides das lesões radiculares estão em torno de 20-30°C e temperaturas superiores a 40°C e inferiores a 5°C podem ter efeitos letais sobre os nematoides, dependendo do tempo de exposição (TIHOHOD, 1993; PINHEIRO et al., 2013).

Estudando o controle de nematoides das galhas através da solarização do solo em sacos plásticos, Santos et al. (2006) notaram uma grande diminuição na população de nematoide na raiz do tomateiro com o uso do saco plástico (transparente). Os autores verificaram que 5 dias de exposição ao sol, chegando a temperaturas acima de 40°C, foi capaz de erradicar o patógeno.

A temperatura é um fator importante na multiplicação e desenvolvimento dos nematoides. Ao analisar o efeito da temperatura na multiplicação celular, no desenvolvimento embrionário e na eclosão de J2 de *M. javanica*, Campos et al. (2008) encontraram um retardamento no desenvolvimento embrionário quando submetidos à temperatura de 5°C e 10°C em relação à temperatura constante em 28°C. Contudo, Alves e Campos (2001) encontraram um aumento significativo na reprodução de nematoides das galhas quando o solo foi aquecido à 29,3°C, em comparação as plantas mantidas em sala climatizada e casa de vegetação. Temperaturas extremas limitam a

sobrevivência dos nematoides, influenciando a sobrevivência, mobilidade e infectividade no hospedeiro (ANDALÓ et al., 2005).

Estudando a reação de genótipos de batata-doce a nematoide de galhas em condições de temperatura elevada, Chaves et al. (2013) verificaram aumento de número de galhas em temperatura média de 26°C e ressaltaram que temperaturas acima de 28°C, comuns na região Sul do Estado do Tocantins, influenciaram o aumento da população dos nematoides.

Avaliando efeito da temperatura do solo na infectividade e reprodução de *M. javanica* e *Heterodera glycines* em cultivares de soja, Campos et al. (2011) concluíram que a temperatura de 28° C aumentou a reprodução de *M. javanica*, tanto nas cultivares resistentes como na suscetível. Já, na soja infectada por *H. glycines*, o número de fêmeas, os quais indicam o sucesso de parasitismo, foram maiores na cultivar suscetível a 28° C, porém, na resistente, o número de fêmeas foram maiores na temperatura 24° C.

3.6. Mobilidade dos fitonematoides

A mobilidade dos nematoides é um fator importante para o grau de infecção no seu hospedeiro. Devido ao hábito migrador os nematoides do gênero *Pratylenchus* são móveis no solo e no interior das raízes da planta hospedeira movendo-se nos filmes de água que cobrem as partículas de solo, movimentando-se através de espaços de poros. Permanecem migradores durante todo o ciclo de vida e movimentam-se ativamente no solo até atingir o sistema radicular, podendo retornar ao solo (AGRIOS, 1997; FERRAZ; MONTEIRO et al., 1995).

No solo, possuem capacidade de se movimentar por uma distância não maior que 1 a 2 m a partir da rizosfera da planta que infectam, porém muitas operações agrícolas, especialmente aquelas que envolvem trânsito de máquinas e veículos, favorecem a dispersão mais acentuada desses fitonematoides no campo. A migração ativa no solo ocorre somente quando a umidade, a textura e a temperatura do solo são favoráveis (WALLACE, 1973; CASTILLO; VOVLAS, 2007).

O movimento do *Pratylenchus brachyurus* no solo é bastante restrito, movendo-se somente em pequenas distâncias. Sendo assim, a disseminação deste patógeno é realizada por meio de implementos agrícola, pelo trânsito humano e animal, escoamento de água da chuva ou da irrigação (TIHOHOD, 2000).

A utilização de medidas de controle para nematoides pode afetar o movimento de *Pratylenchus* spp. Barbosa et al. (2010), estudando efeitos de resíduos vegetais sobre *P. coffeae*, relatou que todos os tratamentos reduziram a mobilidade dos J2 quando comparados com incubação em água em qualquer período de exposição. Entretanto, a exposição dos J2 por 24 horas revelou toxicidade diferente dos tratamentos, além de reduzir ainda mais a mobilidade em qualquer extrato estudado.

Estudando efeito do fluxo de água, estímulo vegetal e volume de poros do solo na mobilidade de *P. coffeae*, Francilino et al. (2017) evidenciou que o tipo de raiz utilizado como atrativo e repelente influenciou significativamente a mobilidade de *P. coffeae* nas colunas de solo sem fluxo de água após cinco dias da injeção do nematoide.

3.7. Planta hospedeira

O inhame *Dioscorea cayennensis* é reconhecidamente como uma das hortaliças mais cultivada no Brasil, em sistema de agricultura familiar, desempenhando importante papel sócio econômico no Nordeste do Brasil, especialmente nos Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia e Maranhão, considerados os maiores produtores (OLIVEIRA et al., 2010). A espécie é produtora de túberas alimentícias de alto valor nutricional, ricas em vitaminas do complexo “B” e amido, com baixa percentagem de gordura (OLIVEIRA et al., 2006).

O inhame (*Dioscorea* spp.) é uma cultura de importância econômica e social nas regiões tropicais, incluindo o nordeste do Brasil que produziu 38.256 toneladas em 2006 (IBGE, 2013). A área plantada com inhame tem crescido nessa região graças à demanda para exportação, contudo os produtores não têm conseguido atingir as metas das empresas de comércio exterior principalmente pela baixa qualidade do produto devido a problemas de ordem fitossanitária (MOURA, 2005).

O inhame (*Dioscorea* spp.) é uma monocotiledônea da família Dioscoreaceae, uma planta produtora de túberas altamente energéticas e rica em vitaminas do complexo B, carboidratos, amidos, minerais e apresenta um baixo teor de gorduras (SANTOS, 2005). Por se tratar de uma cultura altamente susceptível a ataques e infestações de fitonematoides, a cultura sofre sérios problemas econômicos. O ataque do *Pratylenchus* spp. causa uma doença conhecida como “casca preta” que atinge as células da túbera chegando a uma profundidade de 1-2 cm, podendo ocasionalmente ser mais profundo (KWOSEH et al., 2002).

As perdas na cultura do inhame podem variar de 20% a 30%, a depender da espécie presente na área de cultivo (COOK, 1991).

3.8. Planta antagônica

Vários mecanismos podem ser utilizados no manejo integrado de fitonematoides. A utilização de plantas antagônicas que agem como repelentes aos nematoides juntamente em esquemas de rotação ou plantio consorciado tem se mostrado uma alternativa bastante atrativa. Algumas delas são capazes de fixar nitrogênio da atmosfera e todas fornecem expressivos volumes de matéria orgânica, aumentando a atividade de fungos antagonistas e melhorando as características gerais do solo (FERRAZ e FREITAS, 2008).

Pertencente à família Meliaceae, o nim (*Azadirachta indica*), árvore indiana conhecida há mais de 5.000 anos, apresenta atividade contra mais de 400 espécies de pragas (MARTINEZ, 2002). O óleo de nim apresenta efeito repelente a muitos organismos e suas folhas possuem propriedades antivirais e antibacterianas (BAUMER, 1983), bem como contra insetos, fungos, protozoários e nematoides (SCHUMUTTERER, 1990).

Segundo Quarles (1992), extratos botânicos apresentam algumas vantagens sobre pesticidas sintéticos, tais como: eles podem oferecer novos compostos as quais pragas ainda não podem inativar; eles são menos concentrados, portanto, potencialmente menos tóxicos do que compostos puros.

Segundo Ferraz e Freitas (2008), *A. indica*, conhecida como margosa ou nim, tem chamado a atenção de muitos pesquisadores por seu uso na agricultura. Tem sido observado, principalmente nas últimas décadas, que substâncias obtidas desta planta podem afetar mais de 200 espécies de insetos e também ácaros, nematoides, fungos, bactérias.

Com objetivo identificar o nematoide associado à casca preta do inhame e avaliar o efeito de diversas dosagens in vitro de produtos alternativos no controle da casca preta do inhame, Barbosa et al. (2010) encontraram que o uso do extrato de nim proporcionou uma maior mortalidade de fitonematoides em relação aos demais tratamentos e concluíram que extrato de nim, ecolife® e manipueira se mostraram promissores para controle alternativo da doença.

Avaliando Alternativas para o manejo integrado de fitonematoides em cana-de-açúcar, Chaves et al. (2012) concluíram que as menores taxas de crescimento populacional de *Meloidogyne* spp. ocorreram nas parcelas tratadas com nim em conjunto com aldicarbe.

Estudando efeito de produtos químicos e naturais sobre o controle de *Pratylenchus* spp. e *M. javanica* em cana de açúcar, Oliveira et al. (2008) verificaram que o óleo de nim não influenciou as populações dos fitonematoides em quaisquer das épocas avaliadas. Os autores ressaltam que a quantidade de óleo utilizada no ensaio (2L ha⁻¹) pode ter sido baixa e, com isso, os níveis das substâncias com potencial nematicida foram inferiores ao necessário para a obtenção de resultados mais expressivos.

Avaliando o estímulo de materiais oriundos de plantas atrativas boas hospedeiras do nematoide e de plantas antagônicas sobre a capacidade de *P. coffeae* resistir ou ser lixiviado em colunas de solo com ou sem fluxo de água, Francilino (2016) ressaltou que o uso de fragmentos de raízes *Tagetes patula* teve efeito repelente com o fitonematoide.

3.9. Movimento de água no solo

O movimento da água ocorre em resposta a diferenças no potencial de água. O movimento ocorre de um potencial maior (menos negativo) para um potencial menor (mais negativo), representando uma integração entre a demanda atmosférica, o potencial de água no solo e a distribuição de raízes (SCOTT & GEDDES, 1979). Esse movimento é diretamente dependente das características físico-hídricas do solo e pode ser descrito pela taxa de infiltração e pela condutividade hidráulica.

A primeira equação que possibilitou a quantificação do movimento da água em meios porosos foi apresentada por Darcy (1856), onde a lei pode ser generalizada para aplicar entre dois pontos quaisquer de um meio poroso saturados contanto que a diferença de potencial total da água entre os dois pontos seja conhecida (JURY, 1991).

Darcy (1856) mediu o volume de água que fluiu por unidade de tempo em colunas preenchidas de areia saturadas com o comprimento de água e área quando uma diferença de pressão hidrostática era aplicada por ele.

Em meios porosos não saturados, a primeira modificação da equação de Darcy foi feita por Buckingham (1907), envolvendo o conhecimento de que a condutividade hidráulica depende da área do espaço poroso do solo não ocupado pelo ar, tornando-se dependente, portanto, do conteúdo de água ou do potencial mátrico do meio.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local de pesquisa

O experimento foi realizado no Laboratório de Fitonematologia pertencente ao Departamento de Agronomia da UFRPE. A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada na Cidade de Recife-PE.

4.2. Obtenção das populações de *P. coffeae*

Para a obtenção das populações de *P. coffeae*, túberas comerciais de inhame da costa infectadas pelo nematoide foram obtidas no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – CEASA, Recife - PE. As túberas de inhame foram submetidas à extração de nematoides por meio da técnica do funil de Baermann. As cascas de inhame foram colocadas sobre uma peneira forrada com lenços de papel apoiada sobre um recipiente, onde foi colocado água até que cobrisse parcialmente o fundo da peneira contendo as cascas. Devido ao hidrotropismo positivo dos nematoides, eles se movimentaram das tuberas para a água e pela ação da gravidade decantaram no fundo do recipiente (Figura 1). Transcorridas 24 horas de repouso, a água contendo juvenis e adultos de *P. coffeae* foi escoada para uma peneira de 500 mesh, em seguida a suspensão contendo os nematoides foi transferida para um Becker e acondicionada em geladeira até a contagem em microscópio.

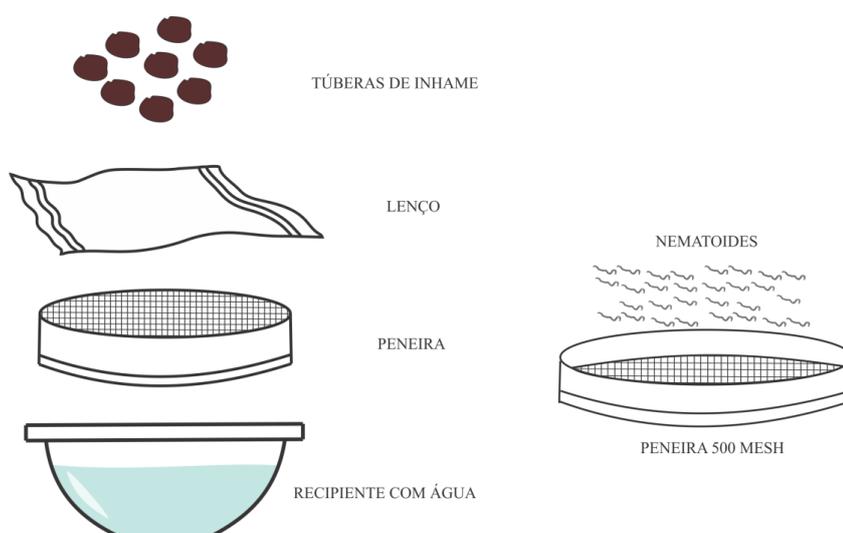


Figura 1. Esquema de extração de *Pratylenchus coffeae* em funil de Baermann.

4.3. Obtenção de iscas de inhame e nim

Túberas sadias de inhame da costa foram obtidas no comércio local da cidade de Recife. A obtenção de plantas de nim procedeu-se mediante a obtenção de mudas, que posteriormente transplantadas em vasos com capacidade de 4L em casa de vegetação. As folhas foram utilizadas quando apresentavam forma bem desenvolvida. As folhas do nim e as cascas de túberas de inhame foram picotadas separadamente para condução do experimento.

4.4. Condução do experimento

A movimentação de *P. coffeae* na fase juvenil e adulto foi estudada em colunas segmentadas confeccionadas em resina acrílica com 2,2 cm de diâmetro interno, 3,8 cm² de secção transversal, 11 cm de comprimento e volume de 41,8 cm³, preenchidas com areia lavada em função da densidade de 1,34 g cm⁻³ em máxima retenção de água no solo, com e sem fluxo de água com presença de raízes de inhame e o nim para avaliação da atração ou repulsão dos nematoides, respectivamente.

A temperatura do ambiente e do interior da coluna foi verificada ao longo do experimento com auxílio de um data logger HOBO®, marca OSENT. Onde a variação da permaneceu na faixa adequada entre 20 e 30°C para o desenvolvimento dos nematoides nos dois períodos monitorados com e sem fluxo.

A variação da umidade da areia lavada ao longo do período de estudo foi medida pelo método padrão da estufa (EMBRAPA, 2011). No experimento com fluxo as medições ocorreram até o quinto dia antes da aplicação da água, ambos os estudos apresentaram uma perda de 0,01e 0,0048 g de água nas avaliações sem e com fluxo, respectivamente.

O solo utilizado no experimento na condição de areia lavada possui textura arenosa sendo mais favorável para o desenvolvimento da população de nematoides, facilitando no movimento e parasitismo.

Foi utilizada areia lavada, esterilizada por autoclavagem sob temperatura de 120 °C à pressão de uma atmosfera, durante 2 horas, para o preenchimento das colunas. Posteriormente a areia foi seca em estufa a 65 °C por 24 horas e foram realizadas as análises granulométricas, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas da areia lavada.

Características físicas	Areia lavada
Densidade das partículas (g cm^{-3})	2,65
Densidade do solo (g cm^{-3})	1,34
Porosidade (%)	49

4.5. Colunas sem fluxo de água

Colunas segmentadas em 11 anéis de 1 cm de comprimento cada, foram utilizadas para avaliar a mobilidade de juvenis e adultos de *P. coffeae* em areia lavada sem fluxo de água. As colunas foram preenchidas com areia lavada em função da densidade ($1,34 \text{ g cm}^{-3}$). Foi adicionado anéis extras de 1 cm de comprimento, separado por uma tela ao final de cada coluna para inserção de raízes picotadas de inhame e folhas de nim onde o mesmo não entra na contagem dos 11 anéis utilizados na monitoração da mobilidade dos nematoides. Os valores positivos da coluna a partir do ponto de injeção (0 cm) indicam a movimentação dos nematoides em direção às iscas, assim como os valores negativos da coluna indicam a movimentação em direção contrária as iscas estudadas. Uma coluna sem a presença de raízes foi usada como testemunha e as demais contendo o inhame ou nim em cada extremidade da coluna (Figura 2).

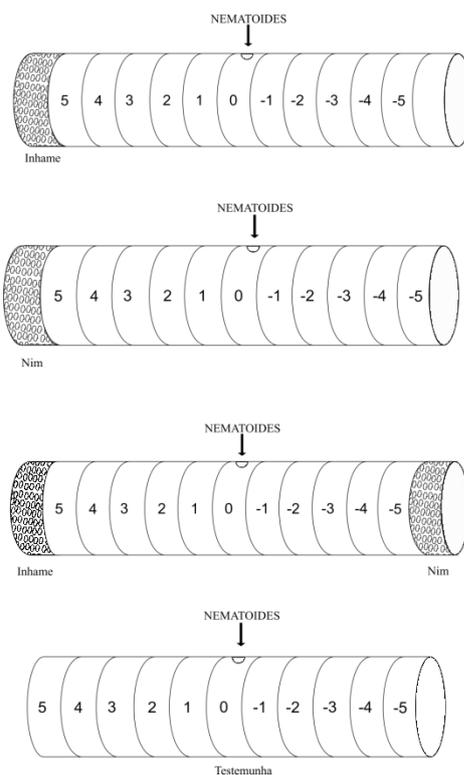


Figura 2. Esquema de utilização do dispositivo experimental para avaliar o movimento de *Pratylenchus coffeae* em estágio juvenil e adulto em colunas não saturadas preenchidas com areia lavada.

4.6. Colunas com fluxo de água

Nesta etapa as colunas segmentadas, com as mesmas características utilizadas no experimento sem fluxo, foram submetidas a um fluxo de água. Nas extremidades das colunas foram inseridas telas que permitiram a dispersão uniforme do fluxo de água ao longo da coluna e impediram que a areia escapasse pelo ponto de saída (Figura 3). Após o preenchimento foram submetidas à saturação, com água esterilizada, por 24 horas com o auxílio de um dosador de soro e posteriormente o excesso de água foi drenado a fim de que a areia lavada ficasse umidificada até sua capacidade de campo. Em seguida, as folhas do nim e cascas de inhame picotadas foram inseridas nas extremidades das colunas utilizando anéis extras, onde os mesmos não entram na contagem dos 11 anéis utilizados na avaliação do movimento dos nematoides e 1 ml de água contendo 1200 ± 100 juvenis e adultos de *P. coffeae* foram injetados no centro da coluna com auxílio de uma seringa. Transcorridos cinco dias após a injeção, uma bomba peristáltica, inserida na coluna, permitiu a passagem do fluxo de água constante com duas vazões ajustadas

para 3 e 7 $\text{cm}^3 \text{min}^{-1}$. Um tubo plástico ligado no ponto de saída conduziu o fluxo de água para frascos coletores.

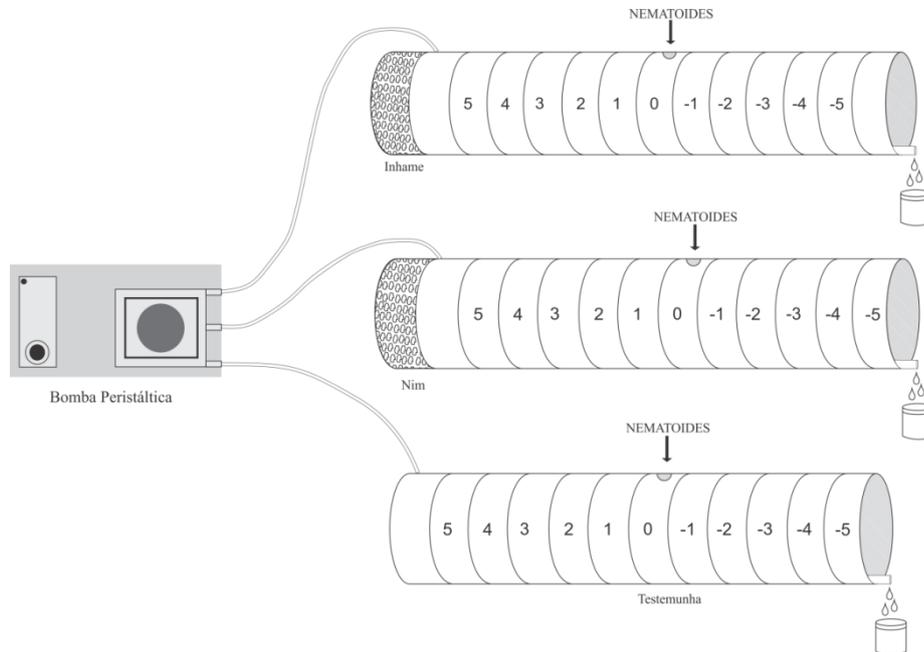


Figura 3. Esquema de utilização do dispositivo experimental para avaliar o movimento de *Pratylenchus coffeae* em estádios juvenil e adulto em colunas de areia lavada submetidas a fluxo de água.

4.7. Análise estatística

Para cada experimento houve 4 repetições onde dados foram analisados separadamente. O teste de qui-quadrado (X^2) foi aplicado para comparar as frequências de distribuição do nematoide de acordo com a direção tomada em função da isca utilizada ($P < 0,01$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, observamos que no experimento sem o fluxo de água os nematoides alteraram seus movimentos de acordo com as iscas inseridas sendo atraído e repellido em relação das mesmas (Figura 4).

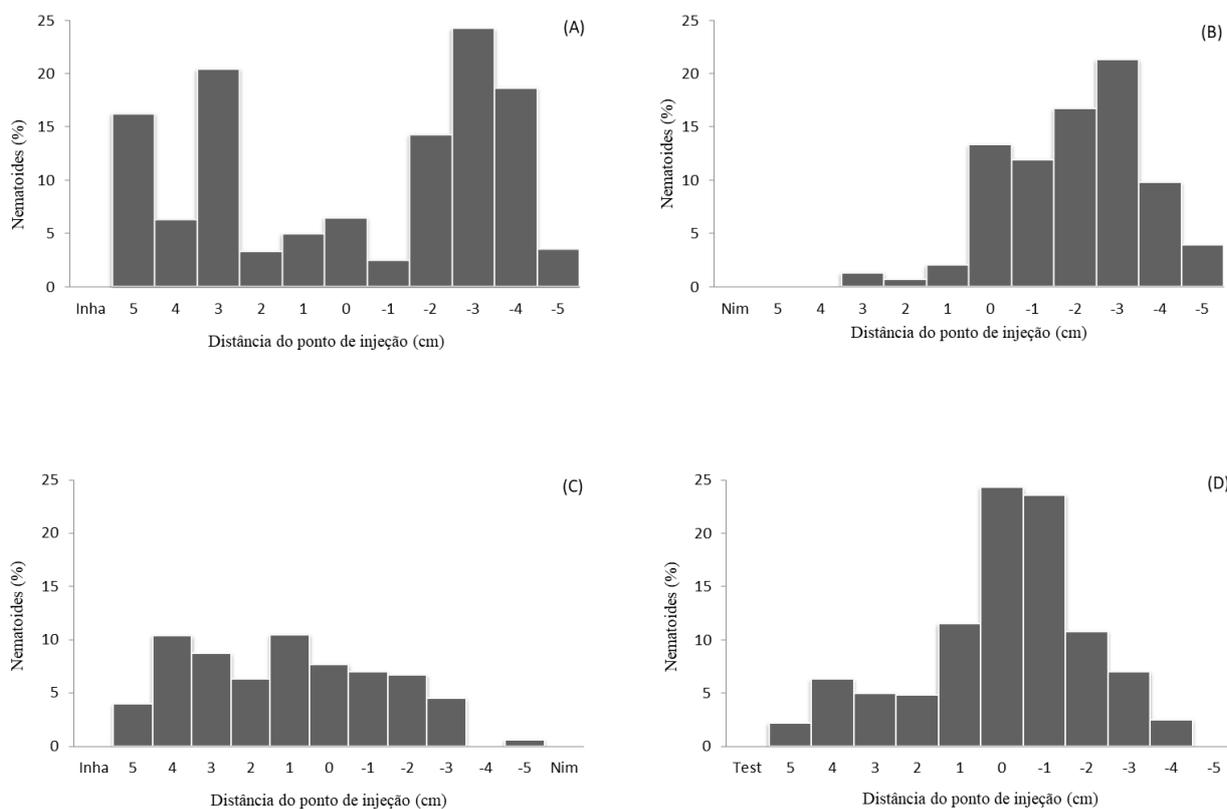


Figura 4. Distribuição de juvenis e adultos de *Pratylenchus coffeae* em função da direção e tipo de isca em colunas com areia lavada sem utilização do fluxo de água cinco dias após a injeção do nematoide. Coluna com isca de túberas picotadas de inhame da costa (A); Coluna com isca de folhas picotadas de nim (B); Coluna com iscas picotadas de túberas de inhame e folhas de nim (C); Coluna testemunha sem isca (D). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as quatro condições de isca pelo teste X^2 a 0,01% de probabilidade.

Na presença de pedaços picotados de inhame a mobilidade do nematoide foi bem distribuída apresentando espécimes em todas as distâncias na coluna de solo, 16,3% da quantidade inserida conseguiu deslocar do ponto de injeção 0 cm para a última distância 5 cm onde fica mais próximo das iscas de inhame resultando na atração do *P. coffeae* sendo o mesmo um fitonematoide da cultura do inhame causador da doença denominada casca-preta; nas posições 3 e 4 cm foram encontrados 20,5 e 6,3%

respectivamente reforçando a atração do nematoide em relação a isca utilizada já que o mesmo possui hábito migrar no solo até encontrar um sistema radicular adequado para sua alimentação.

Nas demais posições da coluna a maior quantidade de nematoide foi encontrado na -3 cm com 24,3% (sentido contrário das iscas de Inhame), fato que pode estar atrelado ao número de dias após a injeção de juvenis e adultos de *P. coffeae*, resultando em uma distribuição dos mesmos por toda a coluna segmentada (Figura 4A).

Por outro lado, a coluna preenchida com areia lavada juntamente com iscas de folhas picotadas de nim influenciou no movimento dos nematoides migrando-os para o sentido contrário às iscas já que essa planta pode afetar mais de 200 espécies de insetos e também ácaros, nematoides, fungos, bactérias (FERRAZ e FREITAS, 2008). Na Figura 4B grande parte dos *P. coffeae* concentraram nas posições -3 e -2 cm com 21,3 e 16,7% respectivamente, resultando na ação das folhas do nim em repelir os nematoides distribuindo-os até as últimas seções da coluna com 9,8 e 3,9% na -4 e -5 cm após os 5 dias de injeção. Segundo Baumer (1983), as folhas de nim possuem propriedades antivirais e antibacterianas bem como contra insetos, fungos, protozoários e nematoides (SCHUMUTTERER, 1990). Francilino et al. (2017) estudando o efeito do fluxo de água, estímulo vegetal e volume de poros do solo na mobilidade de *P. coffeae*, evidenciou que com o estímulo de raízes de *Tagetes patula*, após cinco dias, a maioria dos nematoides migrou em sentido negativo as raízes e ressaltou que esse fato pode estar atribuído as raízes de *Tagetes* que possuem compostos com atividades nematicidas que são liberados.

Uma coluna foi prepara para inserir as duas iscas em cada extremidade, a fim de avaliar a atração ou afastamento do *P. coffeae* pelas iscas conjuntamente. Os resultados mostram que o nim age como repelente direcionando a migração dos nematoides para posições contrárias as folhas, já com as túberas picotadas de inhame a população foi observada em grande parte próxima a isca já que a cultura é uma boa hospedeira e susceptível a ataques desse nematoide com 10,4% na posição 4 cm (Figura 4C), Moura (2002), ressalta que no Estado de Pernambuco esse nematoide vem incidindo na cultura do inhame com uma alta predominância.

No tratamento usado como testemunha, nenhuma isca foi inserida na coluna. Pelo habito migrador, o fitonematoide promoveu uma movimentação bem distribuída em toda a coluna movimentando nos dois sentidos chegando ate as extremidades (Figura 4D), Fujimoto et al. (2010) estudando a mobilidade de juvenis de *M. incognita*

em colunas de areia sem fluxo de água observaram que ao 7º dia após a injeção da população de nematoide apresentou-se completamente distribuída para ambos os lados da coluna com número de indivíduos semelhantes em cada seção da coluna. As maiores concentrações se mantiveram próximas às posições de injeção da população de juvenis e adultos de *P. coffeae* apresentando 23,6 e 24,3% na -1 e 0 cm respectivamente, mostrando que na grande parte não houve estímulo. Francilino et al. (2017) observaram a mesma situação avaliando a movimentação do *P. coffeae* em coluna de solo onde a maioria foi encontrado próximo ao ponto de injeção, ressaltando que como não houve estímulo (positivo ou negativo) a movimentação dos nematoides foi lenta.

Com o uso de uma bomba peristáltica foi aplicada um fluxo constante de $3 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ através da coluna, e avaliado a influencia da água no movimento da população, ou seja, se ocasionava a resistência ao fluxo ou se os nematoides seriam arrastados para o ponto de saída de água. Na Figura 5A, não foi encontrado nenhum nematoide na água de drenagem da coluna. Todos permaneceram no interior da coluna. Contudo, Francilino et al. (2017) observaram que uma vazão de $5 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ foi suficiente para ocasionar o lixiviamento de juvenis e adultos de *P. coffeae* utilizando tuberas de inhame como isca. Observamos que a população se distribuiu em toda a coluna segmentada se distanciando ate a última seção -5 cm com 2,4% (29 nematoides) podendo ser devido ao fluxo que os arrastou até posições contrarias a isca que por sua vez era com pedaços picotados de inhame, porém uma grande quantidade de foi encontrada na posição 5 cm (72,3%) próximo a isca evidenciando a resistência ao fluxo.

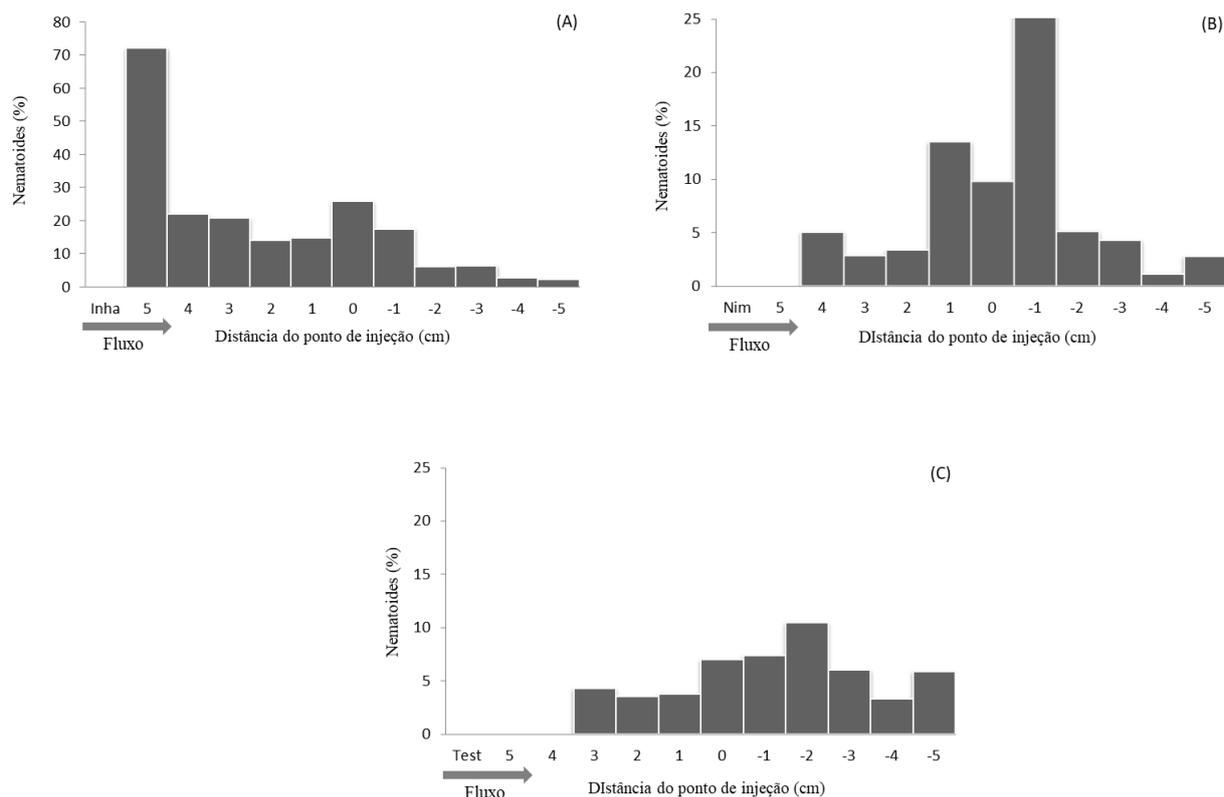


Figura 5. Distribuição de juvenis e adultos de *P. coffeae* em colunas de areia lavada após fluxo de água de $3 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ com cinco dias após a injeção de nematoides. Entrada do fluxo (+), saída do fluxo (-). Coluna com iscas de túberas picotadas de inhame (A); Coluna com isca de folhas picotadas de Nim (B); Coluna testemunha sem isca (C). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as três condições de isca pelo teste X^2 a 0,01% de probabilidade.

Colunas com presenças de nim apresentaram resultados similares ao experimento sem fluxo (Figura 4B), possivelmente por possuírem compostos naturais capazes de repelir juvenis e adultos de *P. coffeae* para o sentido negativo da coluna (contrário às iscas). Nenhum espécime foi encontrado na sessão 5 cm reforçando a ideia da ação nematicida do nim. As maiores concentrações se mantiveram nas posições próximas ao ponto de injeção 1 cm (13,5%), 0 cm (9,8%) e -1 cm (25,8%), apenas 2,8% se movimentaram até a última distância, aproximadamente 34 nematoides (Figura 5B). Após cinco dias da injeção, a aplicação do fluxo de $3 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$, foi suficiente para arrastar os nematoides até a água de drenagem coletadas ao final de cada coluna (Tabela 2), possivelmente a isca utilizada junto com o fluxo proporcionou mais facilidade para o lixiviamento de *P. coffeae*. Francilino et al. (2017) verificaram que os nematoides foram lixiviados após uma aplicação de fluxo com uma vazão de 5 ml min^{-1} , os autores

ressaltaram que possivelmente os nematoides já tinham migrado para o lado oposto as raízes (*T. patula*) antes da aplicação do fluxo pelo efeito nematicida liberado pelas raízes e após a aplicação do fluxo de água foram lixiviados facilmente.

Sem o estímulo das iscas as colunas testemunhas mostraram que a movimentação se concentrou nas distâncias próximas ao ponto de injeção, na posição -2 cm foi encontrado a maior quantidade com 10,5% totalizando 126 nematoides, nenhum nematoide foi observado nas distâncias 4 e 5 cm onde possui entrada de água fato esse pode estar atrelado a força do fluxo que os arrastou para posições mais distantes, cerca de 71 nematoides, aproximadamente 5,9%, se movimentou até a última sessão da coluna (-5 cm) porém apesar da aplicação do fluxo, toda a população permaneceu no interior da coluna resistindo ao fluxo (Figura 5C). Fujimoto et al. (2010) verificaram que os nematoides podem percorrer para poros mais estreitos no solo dificultando o arraste devido promovido pelo fluxo.

Tabela 2. Quantidade de nematoides encontrados na água de drenagem coletada ao final de cada coluna.

Água de drenagem		
Iscas	Nº Nematoides	
	Fluxo 3 ml min ⁻¹	Fluxo 7 ml min ⁻¹
Inhame	0	5
Nim	7	16
Testemunha	0	0

Somente a isca utilizada com nim proporcionou que ambos os fluxos fossem capaz de lixiviar os nematoides para a água de drenagem, totalizando 7 e 16 indivíduos nas vazões 3 e 7 cm³ min⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Para isca com inhame a população de *P.coffeae* conseguiu resistir ao fluxo de água de 3 cm³ min⁻¹ e somente o fluxo superior foi capaz de arrastar para o coletores de água ao final de cada coluna, com aproximadamente 5 juvenis e adultos, mostrando tendência de serem lixiviados com o aumento do fluxo. Barros et al. (2016) observaram que o aumento da vazão proporciona uma maior arrastes dos nematoides apresentando um maior numero de indivíduos lixiviados. Colunas sem isca apresentaram certa resistência a ambos os fluxos, não sendo encontrado nematoides na água de drenagem. Estudos mais

detalhados utilizando vazões superiores deverão ser realizados para confirmar se esses resultados permanecerão.

Após os cinco dias de injeção dos nematoides, a vazão da água foi aumentada para $7 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ a fim de observar a influência do fluxo sobre o arraste ou resistência dos juvenis e adultos. Na presença de cascas de túberas de inhame a população de *P. coffeae* se distribuiu em toda a coluna, cerca de 13 nematoides (1,1%), se locomovendo até a extremidade mais próxima à isca (Figura 6A). Possivelmente mais espécimes chegaram a essa sessão devido a força do fluxo.

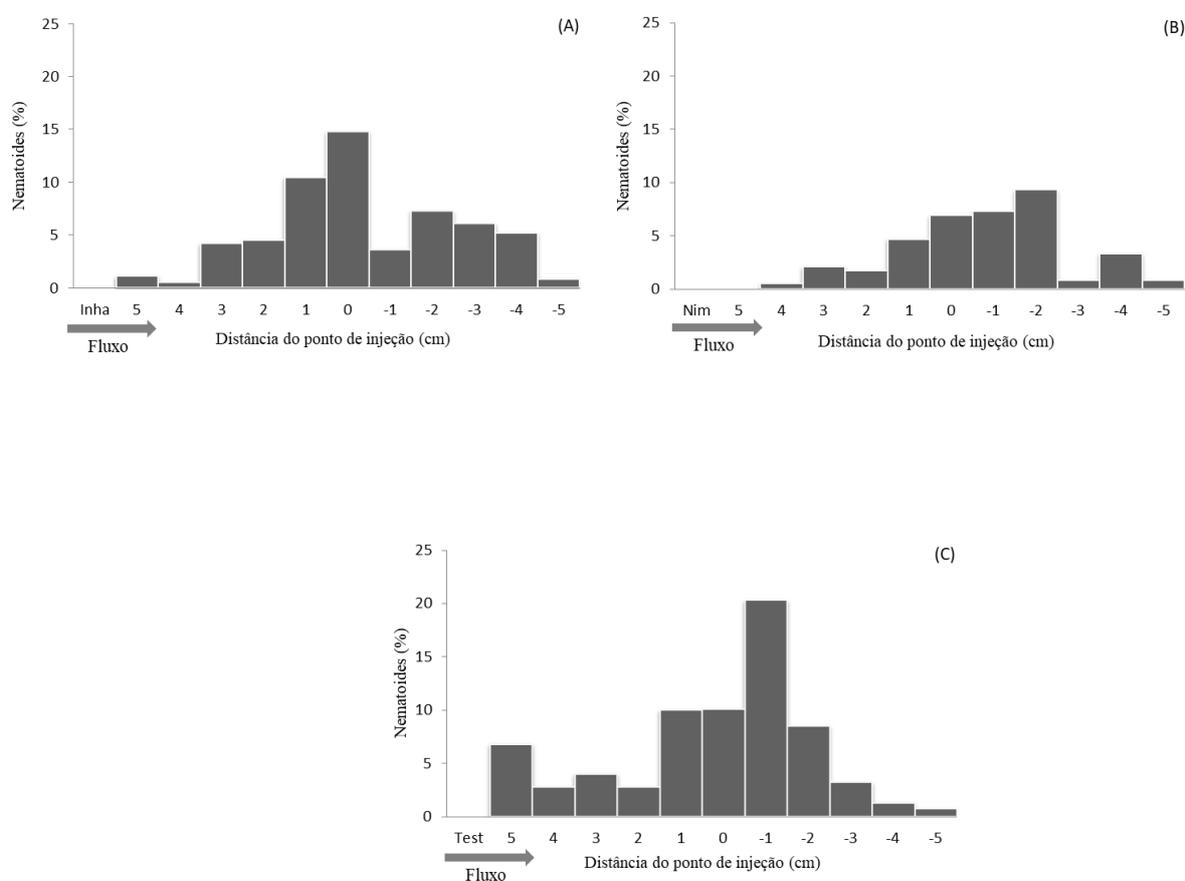


Figura 6. Distribuição de juvenis e adultos de *P. coffeae* em colunas de areia lavada após fluxo de água de $7 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ com cinco dias após a injeção de nematoides. Entrada do fluxo (+), saída do fluxo (-). Coluna com iscas de túberas picotadas de inhame (A); Coluna com isca de folhas picotadas de Nim (B); Coluna testemunha sem isca (C). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as três condições de isca pelo teste χ^2 a 0,01% de probabilidade.

Onde o fluxo não foi suficiente para lixiviar a maioria dos nematoides foi encontrada na distância 5 cm devido ao estímulo da cultura hospedeira do

fitonematoide, fazendo com que permanecessem próximos ao ponto de injeção 1 e 0, aproximadamente 10,5% (126 nematoides) e 14,8% (178 nematoides), porém o fluxo foi capaz de arrastar uma pequena parte da população para o ponto de saída da coluna sendo lixiviado até a água de drenagem como apresentado na Tabela 2.

O fluxo aplicado nas colunas com iscas de folhas picotadas de nim foi suficiente para lixiviar para distâncias afastadas da isca e conseqüentemente parte dos nematoides apareceram na água de drenagem da coluna (Tabela 2). A maior concentração de foi observada na posição -2 cm com 111 indivíduos aproximadamente 9,3% (Figura 6B). Vários trabalhos vêm sendo realizados no intuito de avaliar os efeitos nematicidas causados pelo nim, avaliando alternativas para o manejo integrado de fitonematoides em cana-de-açúcar, Chaves et al. (2012) concluíram que as menores taxas de crescimento populacional de *Meloidogyne* spp. ocorreram nas parcelas tratadas com nim em conjunto com aldicarbe. Os resultados de Barbosa et al. (2010) encontraram resultados mostraram que o uso do extrato de nim proporcionou uma maior mortalidade de fitonematoides em relação aos demais tratamentos, indicando que extrato de nim, ecolife® e manipueira seriam mostraram promissores no controle alternativo da doença.

Colunas sem isca proporcionaram uma movimentação bem distribuída apresentando nematoides em todas as distâncias da coluna segmentada a maior porcentagem foi -1 cm com 20,3% totalizando 243 indivíduos, cerca de 9 nematoides chegaram até a extremidade -5 cm, apesar da aplicação do fluxo nenhum indivíduo foi lixiviado para o ponto de saída da coluna (Tabela 2). Francilino et al. (2017) observaram que nematoides foram lixiviados com vazão de $5 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ nas colunas sem isca. Estudando dinâmica populacional de fitonematoides sob regimes de fluxo de água em colunas de solo Barros et al (2016) também constataram a mesma tendência de lixiviação de nematoides com vazão de $5 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$.

6. CONCLUSÕES

- Folhas picotadas de nim e cascas de inhame afetam a mobilidade de *P. coffeae* em areia lavada na ausência ou na presença de fluxo de 3 e 7 cm³ min⁻¹ de água;
- A presença de cascas de inhame estimula *P. coffeae* a resistir ao fluxo de vazão de 3 cm³ min⁻¹;
- Fluxos de 3 e 7 cm³ min⁻¹ de água lixiviam o *P. coffeae* em colunas com fragmentos folhas picotadas de nim;
- *P. coffeae* resistiram aos fluxos de 3 e 7 cm³ min⁻¹ de água na ausência de iscas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. Plant diseases caused by nematodes. **Plant Pathology**, San Diego: Academic Press, p. 565-597, 1997.

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**, San Diego: Academia Press, p. 851-852, 2004.

ALVES, F. R.; CAMPOS, V. P. Efeito do aquecimento do solo na resistência de plantas a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raça 3. **Nematologia brasileira**, v. 25, n. 2, p. 153-162, 2001.

ANDALÓ, V.; MOINO JUNIOR, A.; MOLINA, J. P. A.; CAVALCANTI, R. S.; CARVALHO, F. A. Efeito da temperatura e concentração na sobrevivência de nematóides entomopatogênicos em condições de armazenamento, visando seu uso no controle microbiano de pragas. **Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas**, Madrid, v. 31, n. 3, p. 253-265, 2005.

ARÉVALO, G. E.; ZUÑIGA, C. L.; BALIGAR, V.; BAILEY, B.; CANTO, M. Dinâmica poblacional de nematodos asociados al sistema de cultivo tradicional de cacao en la amazonia peruana. **Taller Pan-Amazónico sobre Biodiversidad del Suelo**, Rio Branco, Acre, Brasil, v. 26, 2007.

ASMUS, G. L.; ISHIMI, C. M. Flutuação populacional de *Rotylenchulus reniformis* em solo cultivado com algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 51-57, 2009.

BARBOSA, L. F.; AMORIM, E.P.R.; COSTA, V. K. S.; TRINDADE, R.C.P.; PEIXINHO, G.S; CRUZ, S.J.S. Efeito de resíduos vegetais sobre *Scutellonema bradys*, agente causal da casca preta do inhame (*Dioscorea* sp). **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, n. 1, p. 214-220, 2010.

BARROS, P.A.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F. E. ; MIRANDA, J. H.; ROLIM, M. M.; DAVID, M. F. L. Dinâmica populacional de fitonematoides sob regimes de fluxo de água em colunas de solo. **Nematropica**, v. 46, n. 2, p. 244-260, 2016.

BAUMER, M. **Notes on Trees and Shrubs in Arid and Semi-arid Regions**. FAO, p. 280, 1983.

BUCKINGHAM, Edgar. Studies on the movement of soil moisture. **US Dept. Agric. Bur. Soils Bull.**, v. 38, 1907.

CAMPOS, H. D.; CAMPOS, V.P.; POZZA, E.A. Efeito da temperatura na multiplicação celular, no desenvolvimento embrionário e na eclosão de juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne javanica*. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 1, p. 29-33, 2008.

CAMPOS, H. D.; SILVA, J.R.C.; CAMPOS, V.P.; SILVA, L.H.C.P.; COSTA, L. S. A. S.; SILVA, W.J.R. . Efeito da temperatura do solo na infectividade e reprodução de *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* em cultivares de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 900-907, 2011.

CARDOSO, M. S. O.; PEDROSA E. M. R.; FERRIS, H.; ROLIM, M. M.; VICENTE, T. F. S.; David, M. F. L. Comparing sugarcane fields and forest fragments: the effect of disturbance on soil physical properties and nematode assemblages. **Soil Use and management**, v. 31, n. 3, p. 397-407, 2015.

CASTILLO, P.; VOVLAS N. *Pratylenchus* (Nematoda, Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. **Nematology Monographs and Perspectives**, v. 6, p. 529, 2007.

CHAVES, A.; PEDROSA, E. M. R.; COELHO, R. S. B.; GUIMARÃES, L. M. P.; MARANHÃO, S. R. V. L.; GAMA, M. A. S. Alternativas para o manejo integrado de fitonematoides em cana-de-açúcar. **Agrária**, v. 7, n.1, p. 73-80, 2012.

CHAVES, P. P. N.; SANTOS, G. R.; SILVEIRA, M. A.; GOMES, L. A. A. ; MOMENTE, V. G.; NASCIMENTO, I. R. Reação de genótipos de batata-doce a nematóides de galhas em condições de temperatura elevada. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 1869-1877, 2013.

COOK, R. Resistance in plants to cyst and root-knot nematodes. **Agricultural Zoology Reviews**, 1991.

CROWE, J. H.; MADIN, K. A. C. Anhydrobiosis in nematodes: evaporative water loss and survival. **Journal of Experimental Zoology**, v. 193, p. 323-334, 1975.

DARCY, H. Les fontaines publiques de la Ville de Dijon. Paris, Victor Dalmont, p. 647, 1856.

DIAS, W. P. RIBEIRO, N.R.; PIVATO, A.; MOLINA, D. Avaliação da reação de genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). **XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Resumos. Rio Verde: Comigo e Embrapa Soja**, p. 137–139, 2008.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro: Embrapa, p. 306, 2011.

FELDMESSER, J. W. A.; FEDER, R. V.; REBOIS, P. C. Hutchins. Longevity of *Radopholus similis* and *Pratylenchus brachyurus* in fallow soil in the greenhouse. **Anatomical Record**, v.137, p. 355, 1960.

FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus* – os nematoides das lesões radiculares. **Revisão Anual de Patologia Agropecuária**, v. 17, p. 31-38, 1999.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R.; BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, v. 1, p. 168-201, 1995.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de Plantas: Fundamentos e Importância**. 1ª. ed. Manaus: Norma Editora, v. 1, p. 251, 2016.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. O controle de fitonematóides por plantas antagonistas e produtos naturais. **Departamento de Fitopatologia-UFV**, p. 1-17, 2008.

FRANCILINO, A. H.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F. E.; ROLIM, M. M.; CARDOSO, M. S. O.; MARANHÃO, S. R. V. L. efeito do fluxo de água, isca vegetal e volume de poros do solo na mobilidade de *Pratylenchus coffeae*. **Nematropica**, v. 47, p. 63-73, 2017.

FUJIMOTO, T., HASEGAWA, S., OTOBE, K., MIZUKUBO, T., The effect of soil water flow and soil properties on the motility of second-stage juveniles of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 1065-1072, 2010.

GANTAIT, V.V.; BHATTACHARYA, T.; CHATTERJEE, A. Fluctuation of nematode populations associated with banana plantation in Medinipur District, West Bengal, India. **Indian Journal of Nematology**, v. 36, p. 223-225, 2006.

GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematóides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008.

GRIFFITHS, B. S.; CAUL, S. Migration of bacterial-feeding nematodes, but not protozoa, to decomposing grass residues. **Biology and Fertility of Soils**, v. 15, n. 3, p. 201-207, 1993.

HANDOO, Z. A.; CARTA, L. K.; SKANTAR, A. M. Taxonomy, Morphology and Phylogenetics of Coffee-Associated Root-Lesion Nematodes, *Pratylenchus* spp. **Plant-Parasitic Nematodes of Coffee**, p. 29-50, 2008.

IBGE. Sidra- Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <http://sidra.ibge.gov.br>. Acessado em 20 março 2018.

KARSSSEN, G.; MOENS, M. Root-knot nematodes. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Eds.). **Plant nematology**. Wallingford, UK: CAB International, p.59-90. 2006.

KWOSEH, C.; PLOWRIGHT, R. A.; BRIDGE, J. The yam nematode: *Scutellonema bradys*. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIGDE, J. **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CAB International, p. 221-228, 2002.

MAI, W. F., E. J.; CAIRNS, L. R.; KRUSBERG, B. F.; LOWNSBERY, C. W.; MCBETH, D. J.; RASKI, J. N.; SASSER, I. J.; THOMASON. Principles of plant and animal pest control. Control of plant-parasitic nematodes. Washington, **National Academy of Sciences**, 1968.

MARTINEZ, S.S. **O Nim – *Azadirachta indica*: Natureza, Usos Múltiplos, Produção**. IAPAR, Londrina (PR), p.142, 2002.

MOURA, R. M. Problemas fitossanitários do inhame no Nordeste e proposta para um sistema integrado de controle. In: **SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO**, v. 2, p. 68-72, 2002.

- MOURA, R. M. Doenças do inhame da costa (*Dioscorea cayenensis*). **Manual de Fitopatologia**, v. 2, p. 415-419, 2005.
- MOURA, R. M & MONTEIRO. *Pratylenchus coffeae* on yam in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, p. 256. 1995.
- NEVES, D. L.; RIBEIRO, L. M.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; CAMPOS, H. D. ; RIBEIRO, G. C. Sobrevivência de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes substratos, com baixo teor de umidade. **Nematropica**, v. 42, p. 211-217, 2012.
- NGUYEN, T. T. **A comparative polyphasic study of 10 *Pratylenchus coffeae* populations from Vietnam**. 2010. 163 f. Tese (Doutorado) - Ghent University, Ghent, 2010.
- OLIVEIRA, A. P.; BARBOSA, L. J. N.; SILVA, S. M.; PEREIRA, W. E; SILVA, J. E. L. Qualidade do inhame afetada pela adubação nitrogenada e pela época de colheita. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.22-25, 2006.
- OLIVEIRA, F. S.; ROCHA, M. R ; DUARTE, J. B.; TEIXEIRA, R. A.; FALEIRO, V. O. Produtos químicos e naturais no controle de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne javanica* em cana-de-açúcar. **Agrociencia** v. 12, p. 31-39, 2008.
- OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, J. F.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W.E.; SANTOS, M. C. C. A; OLIVEIRA, A. N. P.; SILVA, N.V. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.277-281, 2010.
- OLTHOF, T. H. A. Seasonal fluctuations densities of *Pratylenchus penetrans* under rye-tobacco rotation in ontario. **Nematologica**, Leiden, v. 17, p. 453-459, 1971.
- PINHEIRO, J. B., RODRIGUES, C. D. S., de CARVALHO, A. D. F., & PEREIRA, R. B. **Nematoides na cultura da batata-doce**. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2012.
- PINHEIRO, J., MADEIRA, N., de CARVALHO, A. D. F., PEREIRA, R., & AGUIAR, F. **Nematoides na cultura da mandioquinha-salsa**. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2013.
- QUARLES, W. Botanical pesticides from *Chenopodium*. **IPM Practitioner**, v. 14, n. 2, p. 1-11, 1992.
- RINALDI, L. K.; NUNES, J.; MONTECELLI, T. D. N. Efeito de textura do solo sobre populações de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* em soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 7, p. 94-101, 2014.
- ROCHA, F. S.; CAMPOS, V. P.; FERNANDES, M. F. G.; MUNIZ, M. F. S. Migration and reproduction of *Meloidogyne incognita* in two soil textures. **Nematropica**, v. 46, p. 162-171, 2016.

- ROCHA, M. R.; CARVALHO, Y.; CORRÊA, G. C.; CATTINI, G. P.; RAGAGNIN, O. **Efeito da textura do solo sobre população de Heterodera glycines**, 2006.
- SANTOS, C. D. G.; CARVALHO, S. L. F.; SILVA, M. C. L. Solarização do Solo em Sacos Plásticos para o Controle dos Nematóides das Galhas, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, p. 350/03-356, 2006.
- SANTOS, E. S. **Manejo sustentável da cultura do inhame (*Dioscorea* spp.) no Nordeste do Brasil**. 2005.
- SCHUMUTTERER, H. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. **Annual Review Entomology**, 35, p. 271-298, 1990.
- SCOTT, H.D.; GEDDES, R.D. Plant water stress of soybean (*Glycine max*) and common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*): a comparison under field conditions. **Weed Science**, Champaign, v.27, n.3, p.285-289, 1979.
- SONG, M., X. Li, S, JING, L. LEI, J. WANG, S. WAN. Responses of soil nematodes to water and nitrogen additions in an old-field grassland. **Applied Soil Ecology** 102, p. 53-60, 2016.
- TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, p. 372, 1993.
- TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jabutical: FUNEP, p. 473, 2000.
- TOWNSHEND, J. L. Anhydrobiosis in *Pratylenchus penetrans* and *Tylenchorhynchus* n. SP. In cultivated soils cropped to winter rye. **Jornal of Nematology**, v. 19, p. 164-171, 1987.
- VICENTE, T. F. S., PEDROSA, E. M. R., SILVA, L. M. A., ROLIM, M. M., CASTRO, D. B., LEITAO, D. A. H. S. Dinâmica temporal da comunidade de nematoides em cana-de-açúcar em condição de baixa umidade do solo. **Nematropica**, v. 46, n. 2, p. 235-243, 2016.
- VILLAIN, L. et al. Effect of grafting and nematicide treatments on damage by root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) to *Coffea arabica* L. in Guatemala. **Nematropica**, v. 30, p. 87-100. 2000.
- WALLACE, H. R. **Nematode ecology and plant disease**, 1973.
- YOUNG, L. D. Epiphytology and life cycle. In: RIGGS, D. R; WRATHER, J. A. **Biology and management of the soybean cyst nematode**. APS, St. Paul, p. 27-36. 1992.
- ZIMMERMANN, A. De nematoden der koffiewortels. Deel I. Mededeel.'s Lands **Plantentuin (Buitenzorg)**, v. 27, p. 64, 1898.