

**HÉLLEN PATRÍCIA DANTAS DEIFELD**

**MANEJO DA SOJA LOUCA II: HOSPEDABILIDADE DE *Aphelenchoides besseyi* EM CULTURAS DE ROTAÇÃO E SUCESSÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Wânia dos Santos Neves

Coorientador: Izumy Pinheiro Doihara

**VIÇOSA - MINASGERAIS  
2021**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

D324m  
2021 Deifeld, Hellen Patricia Dantas, 1993-  
Manejo da soja louca II : hospedabilidade de  
*Aphelenchoides besseyi* em culturas de rotação e sucessão /  
Hellen Patricia Dantas Deifeld. – Viçosa, MG, 2021.  
25 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Wânia dos Santos Neves.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 23-25.

1. *Glycine max* - Doenças e pragas. 2. Nematoda em plantas. 3. *Aphelenchoides besseyi* - Populações. 4. Rotação de cultivos agrícolas. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. II. Título.

CDD 22. ed. 633.3496

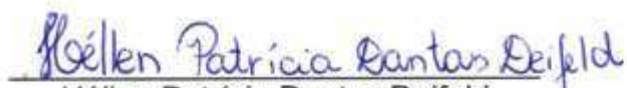
**HÉLLEN PATRÍCIA DANTAS DEIFELD**


**MANEJO DA SOJA LOUCA II: HOSPEDABILIDADE DE *Aphelenchoides besseyi* EM CULTURAS DE ROTAÇÃO E SUCESSÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de abril de 2021.

Assentimento:

  
Héllen Patrícia Dantas Deifeld  
Autora

  
Wânia dos Santos Neves  
Orientadora

A Deus por me fazer chegar até aqui.

Aos meus pais, razão da minha existência  
e motivo da minha vitória.

Ao meu esposo, meu parceiro de  
caminhada.

Ao meu filho, meu amor maior.

À minha família, sem vocês eu jamais  
conseguiria.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me guia, abençoa todos os meus passos e me dá força e coragem para enfrentar todas as provações da vida. Por Ele e para Ele são todas as glórias.

À minha família pelo apoio, incentivo, refúgio e fortaleza. Em especial: aos meus pais, Heriberto de Sousa Dantas e Maria Eny Gonçalves Dantas, que são meus exemplos, meu alicerce; à meus irmãos Hilberto Gonçalves Dantas e Haline Cristina Gonçalves Dantas de Almeida, pelos conselhos e puxões de orelha e aos meus sobrinhos que sempre me propiciam momentos de descontração.

Ao meu esposo, Jhonatan Alex Deifeld, que sempre esteve segurando minha mão, me ajudando a seguir e incentivando nunca desistir. Obrigada por permanecer comigo, aguentar meus surtos quando achava que nada ia dar certo e por me ajudar a enxergar que na verdade tudo ia dar certo. Não tenho palavras suficientes para lhe agradecer por todo o auxílio que me deste durante essa trajetória e principalmente durante o desenvolvimento desse projeto.

Ao meu filho, Benício Dantas Deifeld, que me acompanhou durante metade dessa jornada e veio ao mundo antes que esse processo terminasse. Não foram dias fáceis, mas conseguimos.

À minha orientadora, professora Wânia dos Santos Neves, pelo auxílio, orientação, compreensão e paciência, principalmente nesses últimos meses que não foram tão fáceis.

À minha coorientadora, professora Izumy Doihara, por me acompanhar desde a graduação, ser tão solícita, paciente e me passar a paz que necessito em certos momentos.

Aos professores do mestrado, todos sempre muito queridos e aqui representado pelo professor Marcelo Picanço, por sempre ajudar, ensinar, ouvir e incentivar a darmos sempre o nosso melhor.

A todos os demais envolvidos no mestrado, representados por: Mateus Chediak, por sua compreensão, paciência e ajuda, muito obrigada por tudo; e Elizeu Farias, que é uma pessoa essencial para todos os alunos desse mestrado, sempre solícito e disposto a ajudar e sanar qualquer dúvida.

Aos meus companheiros de turma, Vinicius, Gil, Aline e Ariane, minhas companheiras de quarto, estudo, angústia e fofoca. E aos demais colegas que

tivemos o prazer de ter aula juntos, da turma anterior (aqui representados por seu representante de turma Perseu) e da turma seguinte (representados por seu representante de turma Caio).

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação, conviver com professores tão capacitados e fazer amigos especiais.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**Muito obrigada a todos.**

## RESUMO

DEIFELD, Hellen Patrícia Dantas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2021. **Manejo da soja louca II: Hospedabilidade de *Aphelenchoides besseyi* em culturas de rotação e sucessão.** Orientadora: Wânia dos Santos Neves. Coorientadora: Izumy Pinheiro Doihara.

O fitonematoide *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 vem causando danos à cultura da soja no Brasil desde 2005. Esse fitonematoide impede a planta de completar seu ciclo reprodutivo, não atingindo o estágio de plena maturação e gerando grande prejuízo ao produtor. A rotação de cultura é muito eficaz para o manejo populacional de nematoides. Entretanto, há certa resistência dos produtores quanto à sua implementação, já que a maioria das espécies de plantas não hospedeiras de nematoides não oferece retorno econômico direto ao produtor. Assim, este trabalho tem como objetivo identificar uma forma de manejo para controle populacional de *A. besseyi*, estabelecendo um sistema de rotação com cultivares que ofereçam algum retorno ao produtor. O trabalho foi realizado nas safras de 2018/2019 e 2019/2020, utilizando cinco cultivares: milho variedade 30F35, milho variedade P4285; feijão-caupi (BRS Guariba), milheto (BRS 1502) e sorgo (BRS 310). Em 2019, foram coletadas quatro plantas por parcela, incluindo solo da rizosfera e raízes, asextrações realizadas em folha, grão, nó, raiz e solo em cada cultivar analisado. Foram verificados o efeito das cultivares e do local de sobre a densidade de *A. besseyi* no ano de 2019, além do efeito da cultura, extração e da interação cultura: extração. Em 2020, a área foi cultivada com soja (BRS Paragominas), também foram coletadas quatro plantas por parcela asextrações realizadas em folha, grão, nó, raiz e solo. Uma segunda análise foi realizada para verificar o efeito do ano agrícola (2019 e 2020) e do local de extração dos espécimes de nematoide sobre a densidade de *A. besseyi*. Observou-se que a densidade populacional de *A. besseyi*, em 2020, foi menor nas áreas anteriormente cultivadas com milheto, sorgo e milho P4285 e maior nas áreas anteriormente cultivadas com feijão e milho 30F35. Conclui-se que o cultivo de milheto, sorgo e milho P4285, em área infestada com *A. besseyi* mantém a população do nematoide em baixas densidades quando a soja é cultivada em sucessão, sendo assim indicados para

rotação ou sucessão com soja em áreas infestadas com *A. besseyi*. O cultivo de feijão-caupi e milho 30F35 não devem ser recomendados para rotação de cultura com a soja em áreas infestadas pelo nematoide.

**Palavras-chave:** *Glycinemax*. Nematóide de parte aérea. Nível populacional. Rotação de cultura.

## ABSTRACT

DEIFELD, Hellen Patrícia Dantas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2021. **Crazysoybean II management: Hospitality of *Aphelenchoides besseyi* in rotation and succession cultures**. Advisor: Wânia dos Santos Neves. Co-advisor: Izumy Pinheiro Doihara.

The phyto-matoid *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 has been causing damage to the soybean crop in Brazil since 2005. This phyto-matoid prevents the plant from completing its reproductive cycle, not reaching the stage of full maturation and generating great damage to the producer. Crop rotation is very effective for nematode population management. However, there is some resistance from producers regarding its implementation, since most species of non-host plants of nematodes do not offer direct economic return to the producer. Thus, this work aims to identify a form of management for population control of *A. besseyi*, establishing a rotation system with cultivars that offer some return to the producer. The work was carried out in the 2018/2019 and 2019/2020 harvests, using five cultivars: corn variety 30F35, corn variety P4285; cowpea (BRS Guariba), millet (BRS 1502) and sorghum (BRS 310). In 2019, four plants per plot were collected, including rhizosphere soil and roots, the extractions performed on leaf, grain, knot, root and soil in each cultivar analyzed. The effect of cultivars and location on the density of *A. besseyi* in 2019 was verified, in addition to the effect of culture, extraction and the interaction culture: extraction. In 2020, the area was cultivated with soybeans (BRS Paragominas), four plants per plot were also collected, the extractions carried out in leaf, grain, knot, root and soil. A second analysis was carried out to verify the effect of the agricultural year (2019 and 2020) and the place of extraction of nematode specimens on the density of *A. besseyi*. It was observed that the population density of *A. besseyi*, in 2020, was lower in areas previously cultivated with millet, sorghum and corn cv. P4285 and higher in areas previously cultivated with beans and corn cv. 30F35. It is concluded that the cultivation of millet, sorghum and corn cv. P4285, in an area infested with *A. besseyi* keeps the nematode population in low densities when soybeans are grown in succession, thus being indicated for rotation or succession with soy in areas infested with *A. besseyi*. The

cultivation of cowpea and corn cv. 30F35 should not be recommended for crop rotation with soy in areas infested by the nematode.

**Keywords:** *Glycine max.* Aerial part nematode. Population level. Crop rotation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Densidades de *Aphelenchoides besseyi* em amostras extraídas de diferentes porções (folha, grão, nó, raiz e solo) de feijão-caupi, milheto, milho cv. P4285, milho cv. 30F35 e sorgo. Na figura são representados os valores médios e intervalos de confiança a 95% de probabilidade (IC<sub>95</sub>). Médias cujos IC<sub>95</sub> se sobrepõem não diferem entre si.....19

Figura 2. Densidades de *Aphelenchoides besseyi* em amostras extraídas de diferentes porções (folha, grão, nó, raiz e solo) das culturas em dois anos agrícolas (2019 e 2020). Os dados de 2019 são referentes a extrações realizadas em feijão-caupi, milheto, milho cv. P4285, milho cv. 30F35 e sorgo e os de 2020 referentes a extrações realizadas em soja. Na figura são representados os valores médios e intervalos de confiança a 95% de probabilidade (IC<sub>95</sub>). Médias cujos IC<sub>95</sub> se sobrepõem não diferem entre si.....21

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados das análises de modelo linear generalizado misto (GLMM), verificando o efeito da cultura (feijão-caupi, milheto, milho cv. P4285, milho cv. 30F35 e sorgo) e do local de extração dos espécimes de nematoide (em folha, grão, nó, raiz e solo) sobre a densidade de *Aphelenchoides besseyi*.....18

Tabela 2. Resultados das análises de modelo linear generalizado misto (GLMM) verificando o efeito do ano agrícola e do local extração dos espécimes de nematoide (em folha, grão, nó, raiz e solo) sobre a densidade de *Aphelenchoides besseyi* nas culturas de feijão-caupi, milheto, milho cv. P4285, milho cv. 30F35 e sorgo.....20

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
2.1. Condições experimentais.....	15
2.2. Experimentos.....	15
2.3. Análise de dados.....	16
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>22</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycinemax*) é uma oleaginosa de grande importância mundial, sendo usada na alimentação humana, de animais e em vários produtos industriais (SEDIYAMA et al. 2015, FAO 2017). Atualmente o Brasil é o maior produtor de soja do mundo. Na safra 2019/2020 a cultura teve um incremento de 3% na área plantada no Brasil com relação à safra anterior, produzindo 124,84 milhões de toneladas de soja, o que representa aumento de 4,3% (CONAB, 2020). A cultura da soja é atacada por várias pragas e doenças, incluindo o fitonematoide *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, que desde 2005 vem causando prejuízos aos sojicultores brasileiros (MEYER et al., 2017; RANULFI et al., 2018).

O nematoide *A. besseyi* se alimenta dentro ou fora da parte aérea da planta. Possui corpo cilíndrico e alongado em todas suas fases de desenvolvimento. Esse nematoide possui estrias cuticulares separadas no meio do corpo e não apresenta a região labial estriada, apresenta procorpus cilíndrico e bulbo esofágico mediano bem distinto, com aparelho valvar refrativo ligeiramente posterior ao centro. Além disso, ele apresenta cauda reta, afinando regularmente para uma extremidade estreitamente arredondada e mucro com três a quatro pontas (FORTUNER, 1970; RANULFI et al., 2018).

Esse fitonematoide causa clorose, necrose, nanismo, abortamento de flores, menor quantidade de grãos ou ainda grãos de tamanho e peso reduzidos (HUANG; HUANG, 1972; MCGAWLEY et al., 1984; MCCUISTON et al., 2007). Afeta o poder germinativo de sementes e pode reduzir a produtividade em cultivos de arroz de 10 a 71% (CHENG et al., 2013). Na soja, além de abortamento de flores e menor quantidade de grãos, também é possível observar folhas enrugadas, com coloração mais escuras, menor pilosidade e nervuras mais grossas, além da planta não completar seu ciclo reprodutivo, ficando sempre verde (MEYER et al., 2017).

*A. besseyi* é parasita de mais de 200 espécies de plantas pertencentes a 35 gêneros. Entre as plantas hospedeiras desse nematoide está o arroz (*Oryza sativa*), morango (*Fragaria ananasa*), soja e algumas plantas ornamentais. Esse fitonematoide encontra-se amplamente distribuído no mundo, estando no sul dos Estados Unidos, México, alguns países da América Central, Equador e em alguns

estados do sul, sudeste e nordeste do Brasil, na maioria dos países da África, países do sul da Europa, sul da Ásia e Norte da Austrália (HUNT; KARSSSEN, 2020).

Na região de realização deste trabalho, ao contrário dos demais estados, a janela de chuva é reduzida, ocorrendo durante seis meses do ano, de janeiro a junho. Assim, apenas uma safra pode ser implementada. Como nematoides são organismos aquáticos e para sua locomoção exigem a existência de pelo menos um filme de água no ambiente que vivem (PERRY, 1996) a época da safra é o período de maior multiplicação do nematoide. Entretanto, segundo Saeed e Roessner (1984), o *A. besseyi* pode sobreviver no solo nos restos de lavouras por meio de anidrobiose, que permite que o nematoide sobreviva no solo nas entressafras, se alimentando de restos culturais, fungos e de algumas plantas daninhas. Isso tudo acaba dificultando o manejo desse nematoide.

A rotação de culturas é uma medida de controle cultural que existe há muitos anos e consiste no cultivo de espécies vegetais, não hospedeiras do patógeno, na mesma área de cultivo e época do ano, de forma sistemática e recorrente (LIEBMAN; DYCK, 1993). Essa prática visa reduzir a população de patógenos no período entre duas culturas (BRADER, 1979). Isso ocorre pela rotação promover alternância entre cultura hospedeira e não hospedeira (LIEBMAN; DYCK, 1993), quebrando assim o ciclo de vida desses patógenos.

A rotação de cultura é muito eficaz para o manejo populacional de nematoides. Consiste em separar o nematoide da cultura hospedeira por um período de tempo suficiente para impedir o desenvolvimento de níveis populacionais prejudiciais à agricultura (ZASADA et al., 2010). Para isso, devem ser selecionadas espécies de plantas não hospedeiras, resistentes ou ambas (ROBERTS, 1993). Entretanto, há uma certa resistência dos produtores quanto à implementação da rotação de cultura, já que a maioria das culturas não hospedeiras de nematoide não oferece retorno econômico direto ao produtor. Assim, este trabalho tem como objetivo identificar um manejo para controle populacional de *A. besseyi* estabelecendo um sistema de rotação com culturas que ofereçam algum retorno econômico ao produtor.

## 2. MATERIALEMÉTODOS

### 2.1. Condições experimentais

Este trabalho foi realizado em dois anos agrícolas, 2019 e 2020, sendo composto por duas etapas: o experimento montado em campo e a extração dos espécimes de nematoides realizadas em laboratório. O experimento foi montado na Fazenda Sitio Novo (Latitude: 03°27'55.84"S e Longitude: 43°33'36.26"O), produtora de soja, localizada no município São Benedito do Rio Preto, MA. O clima da região é classificado, segundo a classificação climática de Köppen-Gerger, do tipo Aw. A estação chuvosa está concentrada entre os meses de janeiro a junho, com precipitação pluviométrica de 1756 mm/ano, sendo março o mês com maior precipitação (356 mm), temperatura média anual de 27,2°C. As extrações do nematoide foram realizadas no laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Maranhão, Campos de Ciências Agrárias e Ambientais (Latitude: 03°43'58.02"S e Longitude: 43°19'6.39"O), localizado no município de Chapadinha – MA.

### 2.2. Experimentos

As cultivares utilizadas para rotação de cultura foram: milho cv. 30F35, milho cv. P4285, feijão-caupi (BRS Guariba), milheto (*Pennisetum glaucum* cv. BRS 1502) e sorgo (*Sorghum bicolor* cv. BRS 310). Essas cultivares e variedades foram escolhidas por serem conhecidas pelo produtores e utilizadas na região. O milho cv.30F35 é comumente utilizado na região, sendo conhecido com “milho comum”, já o milho cv. P4285 é um milho que possui baixo fator de reprodução para o nematoide *Pratylenchus brachyurus*, que é um grande problema na região. Como ainda não existem variedades com tecnologia para baixa reprodução de *A. besseyi*, o milho cv. P4285 foi selecionada para observar, se mesmo sem indicação, promove a baixa reprodução de *A. besseyi*.

Os tratamentos analisados foram o efeito das cinco cultivares na multiplicação do *A. Besseyi* com dez repetições para cada cultivar. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 10 repetições. As culturas foram semeadas de acordo com a recomendação do produtor da semente.

Cada bloco tinha 1m<sup>2</sup>, os blocos de milho tiveram 6 plantas por bloco, 2g de semente de milho e sorgo foram semeados por bloco, os blocos de feijão-caupi tinham 20 plantas e, em 2020 cada bloco foi composto por 24 plantas de soja.

Quatro plantas de cada repetição foram coletadas (incluindo raiz e solo da rizosfera) e realizadas extrações de nematoides do solo, raiz e parte aéreas (nó, folha e grão) das plantas coletadas. As extrações foram realizadas, respectivamente, pelos métodos de flotação centrífuga em solução de sacarose, conforme Jenkins (1964) e método de extração de nematoide de raiz e parte aérea, conforme Coolen; d'Herde (1972). As quatro plantas coletadas de cada repetição foram analisadas juntas, que por sua vez foram homogeneizadas e foram retiradas uma alíquota de 100cm<sup>3</sup> de solo, 10g de raízes e 10g das partes aéreas das plantas (folha, nós e grão) e foram submetidas ao processo de extração dos nematoides.

As suspensões obtidas de cada amostra de solo, raiz e parte aérea foram acondicionadas em tubos do tipo falcon, com capacidade de 70 mL e colocadas em geladeira e, posteriormente, avaliadas quanto ao número de juvenis e adultos de *A. besseyi* em microscópio de luz com auxílio de câmara de Peters. Três contagens por amostra foram realizadas, obtendo-se a média aritmética entre as contagens. Ao final da contagem, a média do resultado obtido foi multiplicada pelo volume final da suspensão obtido após extração de cada amostra, para que fosse possível obter a densidade populacional em 100cm<sup>3</sup> de solo, em 10g de raízes ou da parte aérea.

No ano de 2019, realizou-se a semeadura de milho cv. 30F35, milho cv. P4285, feijão-caupi, milho e sorgo, em março. Sessenta dias após a semeadura, em maio, foram coletadas quatro plantas de cada repetição, realizando a extração e a contagem dos nematoides. No ano de 2020 realizou-se a semeadura de soja cv. BRS Paragominas, na mesma área e com o mesmo delineamento da coleta anterior. Amostras de solo e plantas foram coletadas da mesma forma que foi realizado em 2019. A área para implementação do experimento já apresentava histórico de presença de *A. besseyi*, sendo uma área naturalmente infestada.

### **2.3. Análise de dados**

Todas as análises foram realizadas usando o software R v. 3.5.3 andRStudio v. 1.2.5001 (R Core Team, 2019). Primeiramente foi verificado o efeito das cultivares (feijão-caupi, milheto, milho cv. 30F35, milho cv. P4285 e sorgo) e do local de extração dos espécimes de nematoides (em folha, grão, nó, raiz e solo) sobre a densidade de *A. besseyi* no ano de 2019. Os dados foram analisados usando modelo linear generalizado misto (GLMM, pacote *lme4*) com distribuição binomial negativa (devido à elevada sobredispersão dos dados) e função de ligação *log*(BATES et al., 2015). O efeito da cultura, extração e da interação cultura: extração foi avaliado nesse modelo. Além disso, como os tratamentos foram distribuídos em blocos e subamostras (que poderiam apresentar condições diferentes de fertilidade de solo, por exemplo), ambos (blocos e subamostras) foram inseridos como efeitos aleatórios cruzados no intercepto.

Uma segunda análise foi realizada para verificar o efeito do ano agrícola (2019 e 2020) e do local de extração dos espécimes de nematoide (em folha, grão, nó, raiz e solo) sobre a densidade de *A. besseyi* nas cinco culturas separadamente. Os dados foram analisados usando modelos lineares generalizados misto (GLMM, pacote *lme4*) com distribuição binomial negativa e função log-link (para milheto, milho cv. 30F35, milho cv. P4285 e sorgo) e distribuição normal para a cultura do feijão-caupi. O modelo foi constituído dos efeitos fixos (ano, extração, e interação ano: extração) e efeitos aleatórios na inclinação (ano) e no intercepto (subamostra aninhada em repetição). O ano foi inserido como efeito aleatório na inclinação para levar em consideração a dependência temporal entre as médias entre as medidas em cada área devido à dependência temporal entre as avaliações. Da mesma forma que na análise anterior, blocos e subamostras foram inseridos como efeitos aleatórios no intercepto para responder por seus possíveis efeitos na variável resposta (densidade de *A. besseyi*).

Em todas as análises, os efeitos dos fatores fixos foram testados usando testes de razão de verossimilhança (função *lrtest* do pacote *lmttest*) comparando-se os modelos ajustados com modelos nulos (contendo apenas os efeitos aleatórios) (ZEILEIS; HOTHORN, 2002). Como houve efeito significativo das interações na primeira análise (cultura: extração) e na maioria dos modelos da segunda análise (ano: extração), comparações múltiplas foram realizadas entre os tratamentos formados pelas combinações dos fatores (cultura: extração na primeira análise e

ano: extração na segunda análise) ao invés de isolar cada fator. Assim, médias marginais (i.e., médias dos mínimos quadrados) e seus respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade (IC<sub>95</sub>) foram estimados usando o pacote *emmeans*(LENTH, 2020). As médias marginais foram significativamente diferentes quando seus IC<sub>95</sub> não se sobrepuseram. As figuras foram confeccionadas usando o pacote *ggplot2*(WICKHAM, 2016).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 observar que todos os efeitos da cultura e do local de extração foram menores que 0,5 e com isso foram significativos, o que fez com que os tratamentos fossem formados pela interação entre cultura e a extração.

Tabela 1. Resultados das análises de modelo linear generalizado misto (GLMM), verificando o efeito da cultura (feijão-caupi, milheto, milho cv. P4285, milho cv. 30F35 e sorgo) e do local de extração dos espécimes de nematoide (em folha, grão, nó, raiz e solo) sobre a densidade de *Aphelenchoides besseyi*.

Termo <sup>a</sup>	$\chi^2$	<i>g.l.</i>	<i>P</i>
Cultura	320,08	4	<0,001
Extração	291,66	4	<0,001
Cultura: Extração	543,72	16	<0,001

<sup>a</sup> Os dados foram submetidos a modelo linear generalizado misto (GLMM com distribuição binomial e função de ligação *log*) contendo bloco e subamostra como efeitos aleatórios [(1|bloco) + (1|subamostra)].

$\chi^2$ : Qui-quadrado, *g.l.*: Grau de liberdade.

A densidade populacional de *A. besseyi* foi maior na cultura do feijão-caupi, com relação às demais culturas (Figura 1). Na Costa Rica e no norte do Panamá, desde 1990 são observados os “amachamientos” na cultura do feijão. As plantas afetadas apresentavam sintomas e danos semelhantes aos apresentados pela soja quando acometida pelo nematoide *A. besseyi*(MORALES et al., 1999). Em 2013 foi demonstrado *A. besseyi* é o causador do “amachamiento” do feijão(CHAVES et al., 2013). Em 2020, Favoreto et al. (2021) relataram a patogenicidade de *A. besseyi* no

Brasil. Em nosso trabalho, a cultura do feijão-caupi foi mais atacado pelo nematoide, que, de forma geral, obteve grandes densidades populacionais em todas as extrações em comparação com as demais, mostrando que não só o feijão-comum é parasita, como também o feijão-caupi.

No feijão-caupi, o grão foi o local de extração com maior densidade populacional, o que também foi observado por Barrantes e Araya (2012), durante a fase de enchimento do grão, relatando ainda relataram em que a produtividade não foi impactada neste momento, pois segundo Araya (2008) *A. besseyi* não parasita as vagens.

De forma geral, o solo é o local de extração com as maiores densidades do nematoide, em todas as culturas (Figura 1). Isso ocorre pode ser explicado por que *A. besseyi* pode sobreviver no solo nos restos de lavouras por meio de anidrobiose, o que permite que o nematoide sobreviva no solo nas entreasafas (SAEED; ROESSNER, 1984).

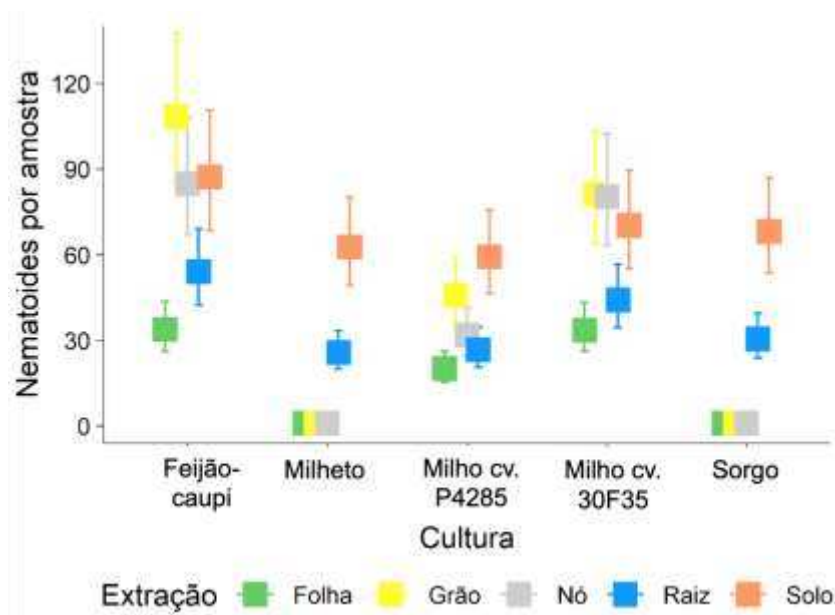


Figura 1. Densidades de *Aphelenchoides besseyi* em amostras extraídas de diferentes porções (folha, grão, nó, raiz e solo) de feijão-caupi, milheto, milho cv. P4285, milho cv. 30F35 e sorgo. Na figura são representados os valores médios e intervalos de confiança a 95% de probabilidade (IC<sub>95</sub>). Médias cujos IC<sub>95</sub> se sobrepõem não diferem entre si.

As densidades populacionais de *A. Besseyi* são praticamente nulas para milho, sorgo e milho cv. P4285, nas extrações realizadas em folha, nó e grão. Em raízes e solo, as densidades são elevadas. A elevada densidade populacional no solo, como explicada anteriormente, ocorre pelo processo de anidrobiose realizado pelo nematoide na raiz se deve ao fato do nematoide penetrar nas raízes e atingir o topo da folhagem, como sugerido por Favoreto et al. (2021).

Na tabela 2 é possível notar que as interações do ano com as extrações não foram significativas para feijão-caupi, milho cv. 30F35, milho cv. P4285. Já para milho e sorgo a interação foi significativa.

Tabela 2. Resultados das análises de modelo linear generalizado misto (GLMM) verificando o efeito do ano agrícola e do local extração dos espécimes de nematoide (em folha, grão, nó, raiz e solo) sobre a densidade de *Aphelenchoides besseyi* nas culturas de feijão-caupi, milho, milho cv. P4285, milho cv. 30F35 e sorgo.

Termo	$\chi^2$	<i>g.l.</i>	<i>P</i>
Feijão-caupi <sup>a</sup>			
Ano	16,08	1	<0,001
Extração	207,05	4	<0,001
Ano: Extração	3,17	4	0,53
Milheto <sup>b</sup>			
Ano	19,67	1	<0,001
Extração	381,02	4	<0,001
Ano: Extração	221,67	4	<0,001
Milho cv. P4285 <sup>b</sup>			
Ano	30,25	1	<0,001
Extração	314,42	4	<0,001
Ano: Extração	12,10	4	0,02
Milho cv. 30F35 <sup>b</sup>			
Ano	8,86	1	<0,001
Extração	204,17	4	<0,001
Ano: Extração	0,76	4	0,94
Sorgo <sup>b</sup>			
Ano	21,91	1	<0,001
Extração	467,57	4	<0,001
Ano: Extração	216,24	4	<0,001

<sup>a</sup>Os dados foram submetidos a modelo linear generalizado misto (GLMM com distribuição normal) contendo efeitos aleatórios na inclinação (ano) e no intercepto (subamostra aninhada em repetição) (Ano|bloco/subamostra).

<sup>b</sup>Os dados foram submetidos a modelo linear generalizado misto (GLMM com distribuição binomial e função de ligação *log*) efeitos aleatórios na inclinação (ano) e no intercepto (subamostra aninhada em repetição) (Ano|bloco/subamostra).  $\chi^2$ : Qui-quadrado, *g.l.*: Grau de liberdade.

Na figura 2 são observadas as densidades populacionais de *A. besseyi* em amostras extraídas de folha, grão, nó, raiz e solo das culturas analisadas nos dois anos agrícolas em que o estudo foi realizado (2019 e 2020). Tendo sido realizadas extrações das culturas: feijão-caupi, milho cv. 30F35, milho cv. P4285 e sorgo no ano de 2019 e, em 2020, as extrações foram realizadas da cultura da soja.

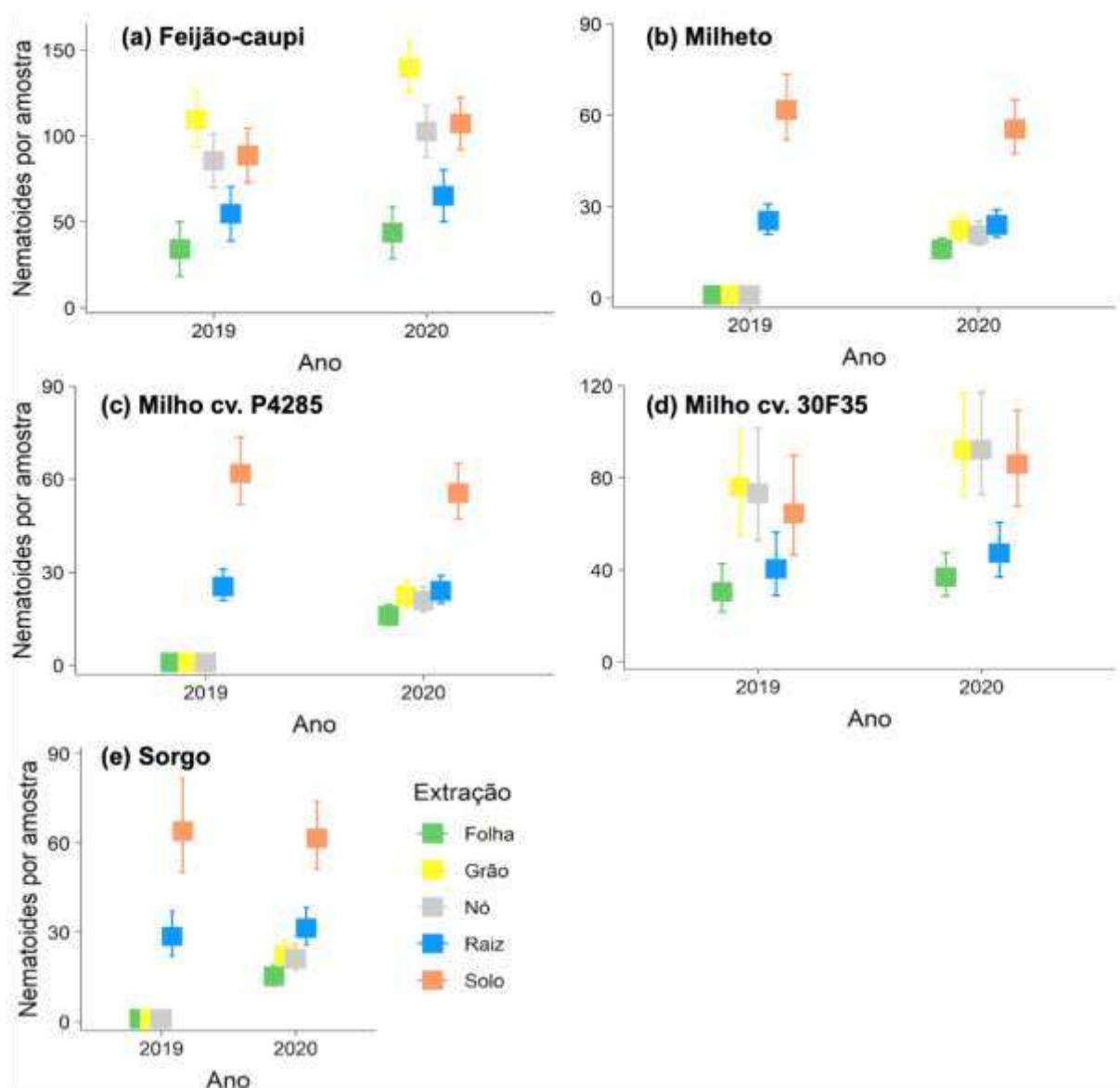


Figura 2. Densidades de *Aphelenchoides besseyi* em amostras extraídas de diferentes porções (folha, grão, nó, raiz e solo) das culturas em dois anos agrícolas (2019 e 2020). Os dados de 2019 são referentes a extrações realizadas em feijão-caupi, milheto, milho cv. P4285, milho cv. 30F35 e sorgo e os de 2020 referentes a extrações realizadas em soja. Na figura são representados os valores médios e intervalos de confiança a 95% de probabilidade (IC<sub>95</sub>). Médias cujos IC<sub>95</sub> se sobrepõem não diferem entre si.

A densidade populacional de *A. besseyi* em soja foi menor em parcelas onde milheto, sorgo e milho cv. P4285 foram cultivados no ano anterior. Andrade et al. (2019), também relataram que o cultivo de sorgo não resultou em altas densidades do nematoide na cultura da soja na safra seguinte.

As áreas cultivadas com milho cv. 30F35 e feijão-caupi, que tiveram suas densidades altas em 2019, continuaram com as maiores densidades em 2020, quando cultivadas com soja. O feijão-comum é hospedeiro do *A. besseyi* há alguns anos, por estudos realizados por Chaves et al. (2013) e, no Brasil, em estudos realizados por Favoreto et al. (2021). Andrade et al. (2019), relataram que o cultivo da soja em sucessão ao milho pode ser uma alternativa em potencial para o manejo de *A. besseyi*. Esses resultados diferem dos encontrados nesse estudo, onde o milho comum apresentou elevadas densidades populacionais do nematoide durante seu cultivo e na sucessão com soja.

#### 4. CONCLUSÕES

- O cultivo de milheto, sorgo e milho cv. P4285 em área infestada com *A. besseyi* mantém a população do nematoide em baixas densidades quando a soja é cultivada em sucessão. Assim, milheto, sorgo e milho cv. P4285 são indicadas para rotação ou sucessão com soja em área infestada com *A. besseyi*.
- Em áreas anteriormente cultivadas com feijão-caupi e milho cv. 30F35 são observadas maiores densidades populacionais do nematoide. Sendo, portanto, tais culturas multiplicadoras do nematoide *A. besseyi*, não devem ser recomendadas para realizar rotação de culturas com soja em áreas infestadas pelo nematoide.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, D. F.M. et al. Avaliação quantitativa de *Aphelenchoides besseyi* na cultura da soja em resposta a diferentes coberturas de solo e controles químicos e biológicos. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 37.2019, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2019.(Embrapa Soja. Documentos, 413). 2019
- ARAYA, C. M. **Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central**. IICA, Managua (Nicaragua), 2008.
- CHAVES-BARRANTES, Néstor Felipe; ARAYA-FERNÁNDEZ, Carlos Manuel. **Pérdidas causadas por el amachamiento del frijol (*Aphelenchoides besseyi* Christie) y reacción del germoplasma comercial al patógeno**. *Agronomía Mesoamericana*, v. 23, n. 1, p. 01-12, 2012.
- BATES, Douglas et al. **Fitting linear mixed-effects models using lme4**. *Journal of Statistical Software*, v. 67, n. 1, 2015.
- BRADER, Lou. **Integrated Pest Control in the Developing World**. *Annual Review of Entomology*, v. 24, n. 1, p. 225–254, 1979.
- CHAVES, Néstor et al. ***Aphelenchoides besseyi* Christie (Nematoda: Aphelenchoididae)**, agente causal del amachamiento del frijol común. *Tropical Plant Pathology*, v. 38, n. 3, p. 243-252, 2013.
- CHENG, Xi et al. **Molecular characterization and functions of fatty acid and retinoid binding protein gene (*Ab-far-1*) in *Aphelenchoides besseyi***. *PLoS ONE*, v. 8, n. 6, p. 1–9, 2013.
- CONAB, C. N. DE A. **Acompanhamento da safra brasileira 2019/2020 N. 12**|Setembro 2020. *Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2019/2020*, v. 7, p. 68, 2020.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**Ghent State Agriculture Research Centre, 1972.
- FAO. FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em:15 de dezembro de 2020.
- FAVORETO, Luciany et al. ***Aphelenchoides besseyi* parasitizing common bean in Brazil**. *Plant Disease*, p. PDIS-09-20-1991-SC, 2021.
- FORTUNER, Renaud. **On the Morphology of *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 and *A. siddiqii* n.sp. (Nematoda, Aphelenchoidea)**. *Journal of Helminthology*, v. 44, n. 2, p. 141–152, 1970.

HUANG, C. S.; HUANG, S. P. **Bionomics of white-tip nematode, *Aphelenchoides besseyi*** in rice florets and developing grains. Botanical Bulletin of Academia Sinica, v. 13, p. 1-10, 1972.

HUNT, D.; KARSSSEN, G. ***Aphelenchoides besseyi***. EPPO Bulletin, v. 34, n. 2, p. 303–308, 2020.

JENKINS, W. R. **A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil**. Plant Disease Reporter, v. 48, n. 9, 1964.

LENTH, Russell et al. **Emmeans**: Estimated marginal means, aka least-squares means. R package version, v. 1, n. 1, p. 3, 2018.

LIEBMAN, Matt; DYCK, Elizabeth. **Crop rotation and intercropping strategies for weed management**. Ecological applications, v. 3, n. 1, p. 92-122, 1993.

MCCUISTON, Jamie L. et al. **Conventional and PCR detection of *Aphelenchoides fragariae* in diverse ornamental host plant species**. Journal of Nematology, v. 39, n. 4, p. 343–355, 2007.

MCGAWLEY, Edward C.; RUSH, M. C.; HOLLIS, J. P. **Occurrence of *Aphelenchoides besseyi* in Louisiana rice seed and its interaction with *Sclerotium oryzae* in selected cultivars**. Journal of Nematology, v. 16, n. 1, p. 65, 1984.

MEYER, Maurício C. et al. **Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi***. Tropical Plant Pathology, v. 42, n. 5, p. 403-409, 2017.

MORALES, Francisco J. et al. **Etiología del amachamiento del frijol común en Costa Rica**. 1999.

PERRY, Roland N. **Chemoreception in plant parasitic nematodes**. Annual Review of Phytopathology, v. 34, p. 181–199, 1996.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2019.

RANULFI, Anielle C. et al. **Nutritional characterization of healthy and *Aphelenchoides besseyi* infected soybean leaves by laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS)**. Microchemical Journal, v. 141, p. 118-126, 2018.

ROBERTS, Philip A. **The future of nematology**: integration of new and improved management strategies. Journal of nematology, v. 25, n. 3, p. 383, 1993.

SAEED, M.; ROESSNER, J. **Anhydrobiosis in five species of plant associated nematodes**. Journal of nematology, v. 16, n. 2, p. 119, 1984.

SEDIYAMA, Tuneo; SILVA, Felipe; BORÉM, Alúzio. **Soja: do plantio à colheita**. UFV, 2015.

WICKHAM, H. **Ggplot2: Elegant grammar for data analysis**. Springer International Publishing. Cham, Switzerland, 2016.

ZASADA, Inga A. et al. **Managing nematodes without methyl bromide**. Annual Review of Phytopathology, v. 48, p. 311–328, 2010.

ZEILEIS, Achim; HOTHORN, Torsten. **Diagnostic checking in regression relationships**. 2002.