

Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Dinâmica populacional da nematofauna e sua relação com doenças de solo em sistemas de sucessão de culturas com a batata (*Solanum tuberosum* L.) e prospecção da reação de plantas de cobertura a *Meloidogyne ethiopica* como componente no manejo integrado de fitonematoides

**Carlos Francisco Ragassi**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba  
2024

Carlos Francisco Ragassi  
Engenheiro Agrônomo

Dinâmica populacional da nematofauna e sua relação com doenças de solo em sistemas de sucessão de culturas com a batata (*Solanum tuberosum* L.) e prospecção da reação de plantas de cobertura a *Meloidogyne ethiopica* como componente no manejo integrado de fitonematoides

Orientador:  
Prof. Dr. **FERNANDO ANGELO PIOTTO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba  
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Ragassi, Carlos Francisco

Dinâmica populacional da nematofauna e sua relação com doenças de solo em sistemas de sucessão de culturas com a batata (*Solanum tuberosum* L.) e prospecção da reação de plantas de cobertura a *Meloidogyne ethiopica* como componente no manejo integrado de fitonematoides / Carlos Francisco Ragassi. - - Piracicaba, 2024.

116 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Rotação de culturas 2. Manejo cultural 3. Doenças de solo 4. *Pratylenchus* spp. 5. *Meloidogyne ethiopica* 7. *Helicotylenchus* I. Título

## SUMÁRIO

RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	6
INTRODUÇÃO.....	7
Referências .....	8
1. CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO DE ESPÉCIES DE <i>Meloidogyne</i> E <i>Pratylenchus</i> ASSOCIADAS À BATATA PROVENIENTES DE ÁREA DE PIVÔ CENTRAL EM PERDIZES, REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO - MG .....	11
Resumo .....	11
Abstract.....	11
1.1. Introdução.....	12
1.2. Material e Métodos.....	13
1.3. Resultados e Discussão.....	14
1.4. Conclusões.....	17
Referências .....	17
2. CAPÍTULO 2: REAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA AO NEMATOIDE DAS GALHAS <i>Meloidogyne ethiopica</i> .....	21
Resumo .....	21
Abstract.....	21
2.1. Introdução.....	22
2.2. Material e Métodos.....	24
2.3. Resultados e Discussão.....	25
2.4. Conclusões.....	30
Referências .....	30
3. CAPÍTULO 3: DINÂMICA POPULACIONAL DA NEMATOFUNA DURANTE a SUCESSÃO DE CULTURAS E O CULTIVO DE BATATA EM CAMPO NATURALMENTE INFESTADO .....	35
Resumo .....	35
Abstract.....	35
3.1. Introdução.....	36
3.2. Material e Métodos.....	37
3.3. Resultados e Discussão.....	42
3.4. Conclusões.....	55

Referências.....	55
4. CAPÍTULO 4: RELAÇÃO ENTRE DOENÇAS DE SOLO NA CULTURA DA BATATA APÓS O CULTIVO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA.....	59
Resumo.....	59
Abstract.....	59
4.1. Introdução.....	60
4.2. Material e Métodos.....	63
4.3. Resultados e Discussão.....	65
4.4. Conclusões.....	80
Referências.....	80
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
APÊNDICES.....	87

## RESUMO

**Dinâmica populacional da nematofauna e sua relação com doenças de solo em sistemas de sucessão de culturas com a batata (*Solanum tuberosum* L.) e prospecção da reação de plantas de cobertura a *Meloidogyne ethiopica* como componente no manejo integrado de fitonematoides**

Os nematoides fitoparasitas entre outros patógenos de solo representam sérias ameaças ao cultivo da batata. No entanto, identificar a etiologia de tais patógenos, entender tais patossistemas bem como integrar medidas de controle são importantes no estabelecimento de estratégias de manejo em sistemas de produção. Nesse sentido, foram objetivos deste trabalho: a) identificar as espécies do nematoide-das-galhas e das lesões presentes em uma área de produção de batata sob pivo central no Triângulo Mineiro – MG; b) avaliar a reação de diferentes culturas de cobertura a *M. ethiopica*; c) estudar a dinâmica populacional da nematofauna em campo após o uso de culturas de cobertura durante um ciclo de sucessão (inverno-verão-inverno); e d) avaliar o efeito de coberturas sobre a ocorrência e sintomas de doenças de solo na batata cultivada em sucessão. As espécies de *Pratylenchus* foram identificadas com base em características morfológicas e morfométricas. As espécies de *Meloidogyne* foram identificadas por meio de caracterização bioquímica utilizando-se a isoenzima esterase. A área em estudo foi dividida em 18 faixas para o cultivo de nove diferentes culturas de cobertura repetidas duas vezes, no inverno 2020, estimando-se as populações dos fitonematoides (solo e raízes) antes e após cultivo de cada cobertura. Após o cultivo das plantas de cobertura, foi realizada a semeadura de milho na safra verão 2020/2021 e, em seguida, o cultivo de batata na safra inverno 2021, estimando-se ao final de cada ciclo, as populações dos fitonematoides no solo e nas raízes das plantas. Por fim, 11 genótipos de diferentes coberturas foram avaliados quanto ao fator de reprodução (FR) e reação a *M. ethiopica*, em casa de vegetação por duas vezes. Foram identificadas na área experimental as espécies *P. brachyurus*, *P. zaeae*, *M. ethiopica* (Est E3) e *M. arenaria* (Est A2). Nas avaliações da reação das coberturas a *M. ethiopica*, em casa-de-vegetação, as espécies de crotalária, *C. juncea*, *C. brevisflora*, *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* foram imunes (FR=0,00); aveia-preta, braquiária ruziziensis, crambe, milheto cvs. BRS 1501 e ADR 300, mucuna-cinza, nabo-forrageiro, rúcula cv. Nemat, sorgo cv. Ponta Negra, trigo cv. Duque e trigo-mourisco foram más hospedeiras do nematoide, comportando-se como resistentes (FR<1,00); e, mostarda cvs. Comum e Bioactive e trigo cvs. Atom e BRS 264 foram suscetíveis (FR>1,00) em pelo menos uma das avaliações. Todas as culturas de cobertura reduziram as populações de *Pratylenchus* spp. no solo, exceto o trigo cv. BRS 264. As demais reduziram as populações de *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus* sp. Os níveis populacionais dos nematoides de vida-livre no solo foram incrementados com as coberturas especialmente *Crotalaria juncea*; e, reduzidos após o primeiro ciclo de cultivo do milho. O efeito de redução dos três gêneros de nematoides fitopatogênicos estudados não persistiu para além do cultivo de milho, a não ser nos casos do trigo cv. BRS 264 e do mix crotalárias, que demonstraram decréscimo na população de *Meloidogyne* spp. durante o cultivo do milho. Já, após o cultivo de batata, houve incremento nos níveis populacionais de *Meloidogyne* spp. no solo independentemente da cultura de cobertura. Por fim, o cultivo do consórcio *C. brevisflora* + *C. ochroleuca* resultou na redução da incidência de lesões necróticas causadas por *Pratylenchus* spp. nas raízes de batata.

Palavras-chave: Rotação de culturas, Manejo cultural, Doenças de solo, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*

## ABSTRACT

**Nematofauna population dynamics, its inter-relation with soil-borne diseases in potato (*Solanum tuberosum* L.) crop succession and reaction of cover crops to *Meloidogyne ethiopica* as a component of integrated management of plant parasitic nematodes**

Phytoparasitic nematodes and other soil diseases pose serious threats to potato cultivation. The objectives of this research were (a) to identify the species of root-knot nematodes and lesion nematodes present in a potato production area in the Triângulo Mineiro – MG region; (b) to evaluate the nematofauna dynamics in the field after cover crops during a crop succession cycle; (c) to evaluate the cover crops effect on the occurrence of soil-borne disease symptoms in potatoes grown in succession; and (d) to evaluate the reaction of different cover crops to *M. ethiopica*. *Pratylenchus* species were identified through morphometric characteristics and *Meloidogyne* species were identified through biochemical characterization. The area under study was divided into 18 strips for the cultivation of nine cover crops, in a randomized complete block design, with two replications, in the 2020 winter season. Following the cover crops, corn was cultivated in the summer 2020/ 2021 and then potato was cultivated in the winter 2021. Finally, 11 cover crop genotypes were evaluated over four experiments in pots, inoculated with *M. ethiopica*. The species *P. brachyurus*, *P. zeae*, *M. ethiopica* and *M. arenaria* were identified. All cover crops reduced the population of *Pratylenchus* spp. in the soil and all of them, except wheat cv. BRS 264, reduced the population of *Meloidogyne* spp. *Helicotylenchus* sp. was reduced by all cover crops except buckwheat. The free-living nematode population was increased by cover crops, especially *Crotalaria juncea*. The free-living nematode population was reduced to less than the initial values after the first crop cycle (corn). The reduced population of phytoparasitic nematodes did not persist beyond corn cultivation, except in the cases of wheat cv. BRS 264 and the crotalaria mix, which demonstrated a decrease in the population of *Meloidogyne* spp. during corn cultivation. This effect, however, did not persist during potato cultivation, which increased the population of *Meloidogyne* spp. in the soil regardless of the cover crop. At the end of the potato cycle, all nematodes had populations higher than the initial, regardless of the cover crop used. The cultivation of the *C. brevisflora* + *C. ochroleuca* intercrop reduced the incidence of longitudinal necrotic lesions on the roots attributed to *Pratylenchus* sp. Oats, black-oats and crambe mix provided a reduction in the incidence of verticillium wilt. The use of oats as a cover crop provided a reduction in the incidence of powdery-scab on tubers. In greenhouse experiments, *Crotalaria* species presented gall index and reproduction factor (FR) values equivalent to the resistant control in all evaluations, with *C. juncea*, *C. brevisflora*, *C. spectabilis* and *C. ochroleuca* presenting FR values equal to zero (immune). Black-oats, braquiária, crambe, millet cvs. BRS 1501 and ADR 300, velvetbeans, fodder radish, arugula cv. Nemat, sorghum cv. Ponta Negra, wheat cv. Duke and buckwheat presented FR values below 1.00 (non-multiplier plants). Mustard cvs. Common and Bioactive and wheat cvs. Atom and BRS 264 presented a FR value equal to or greater than 1.00 in at least one of the evaluations, being not recommended.

Keywords: Crop rotation, Cultural practices, Soil-borne diseases, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*

## INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um alimento fundamental para a segurança alimentar nos países em desenvolvimento (FAO, 2008). No Brasil, é a segunda hortaliça de maior importância econômica, com uma área anual entre 130 e 140 mil hectares plantadas com esta espécie. Envolve cerca de cinco mil produtores e, na agricultura familiar, alguns milhares de pequenos produtores, distribuídos nos estados de MG, SP, PR, RS, GO, BA e SC (AGRIANUAL, 2019). A produção brasileira, que está em torno de quatro milhões de toneladas, serve para o abastecimento do mercado interno e concentra-se nas regiões tropical (65%) e subtropical (35%) (AGRIANUAL, 2019).

A batata é cultivada em quatro polos principais de produção no Brasil: a) Região Sudeste, em especial Triângulo Mineiro e sul do Estado de Minas Gerais e as regiões dos municípios de São João da Boa Vista e Itapetininga no Estado de São Paulo, b) região do Distrito Federal e do município de Cristalina (Goiás), c) Chapada Diamantina, municípios de Mucugê e Ibicoara (Bahia) e, d) Sul do Brasil, onde a batata é cultivada em todos os Estados, com destaque para a região metropolitana de Curitiba (município de Araucária) e municípios de Castro, Contenda e Guarapuava, no Paraná, além de diversos municípios nos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul (IBGE, 2019). A Região Sudeste destaca-se por apresentar a maior área cultivada com batata no Brasil (66.077 ha; IBGE, 2019) e a Região Centro Oeste por alcançar as mais altas produtividades do Brasil (41,6 t ha<sup>-1</sup>; IBGE, 2019).

Nos sistemas de produção de batata, numerosas doenças transmitidas pelo solo são persistentes e causam problemas recorrentes, incluindo a redução do crescimento e do vigor das plantas, a diminuição da qualidade dos tubérculos e a redução da produtividade. As doenças mais preocupantes da batata transmitidas pelo solo incluem o cancro da haste e a mancha-asfalto, ambas causadas por *Rhizoctonia solani* Kühn; a sarna comum, causada por *Streptomyces scabies* (Thaxter) Lambert & Loria; sarna pulverulenta, causada por *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh. f. sp. subterranea J. A. Toml.; mofo branco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary; sarna prateada, causada por *Helminthosporium solani* Durieu & Mont.; podridão rosa, causada por *Phytophthora erythroseptica* Pethybr, murcha-de-verticílio, causada por *Verticillium dahliae* Kleb (LARKIN; GRIFFIN; HONEYCUTT, 2010; TÖFOLI *et al.*, 2012), além dos nematoides parasitas de plantas (MACHADO; INOMOTO, 2001). A maioria destas doenças é de difícil controle e existem poucas medidas de manejo eficazes disponíveis (LARKIN; GRIFFIN; HONEYCUTT, 2010). Desta forma, uma característica da produção de batata no Brasil é a migração contínua em busca de novas áreas, livres de patógenos de solo (HONEYCUTT; CLAPHAM; LEACH, 1996).

As culturas usadas tradicionalmente em rotação nas áreas de produção de batata são hospedeiras de muitas das doenças de importância da batata, o que favorece incremento da sua população no solo (SILVA, 2009). O tratamento químico é comumente tido como uma forma eficiente de controle dessas pragas. Entretanto, o uso de agrotóxicos está sendo restringido por fatores ambientais e pela perda gradativa de efetividade (BROWN; MOJTAHEDI; SANTO, 1991), inclusive, com proibição de uso para alguns casos em que o período de carência do produto é maior que o ciclo fenológico da planta (STARR; COOK; BRIDGE, 2002).

O Triângulo Mineiro abriga uma importante indústria de processamento de batata para comercialização na forma de bastões (ou palitos) pré-fritos congelados. As áreas de produção em torno da indústria sofrem pressão por aumentar a produção de batata para atender à demanda, já que não há a possibilidade de expansão expressiva das áreas cultivadas em torno da indústria. Tendo-se em vista a restrição quanto à expansão da área de produção de batata, as formas buscadas para se alcançar a produção necessária para que a demanda da indústria seja atendida são o aumento da produtividade e a redução do período de rotação, em que a batata permanece sem ser cultivada em uma determinada



área. A redução do período de rotação, por sua vez, tem implicado em um aumento expressivo da pressão de patógenos de solo, havendo casos extremos de condenação de algumas lavouras inteiras em pivôs centrais. Esse é o caso da área que foi alvo do presente estudo.

A área em pivô central, utilizada no presente trabalho de pesquisa, apresentou, em 2019, 100% das plantas da lavoura de batata atacadas por patógenos de solo, sintomas atribuídos visualmente a *Verticillium dahliae* (murcha de verticílio), *Spongospora subterranea* (sarna pulverulenta) e nematoides (*Pratylenchus* sp. e *Meloidogyne* sp.). Avaliações preliminares realizadas a partir de tubérculos sintomáticos rebrotados remanescentes na área foram feitas nos laboratórios de Fitopatologia e de Nematologia da Embrapa Hortaliças, em Brasília-DF, em janeiro de 2020, confirmando a ocorrência de nematoides do gênero *Pratylenchus*, assim como estruturas compatíveis com *sporosori* ou *sporeballs*, característicos de *Spongospora subterranea* (TSROR *et al.*, 2019). Posteriormente, em 2021, nematoides do gênero *Meloidogyne* presentes em amostras de solo e plantas de batata atacadas por *Rhizoctonia solani* e *Verticillium dahliae* foram também identificadas no mesmo pivô.

O controle de doenças de solo em batata, via de regra, pode ser feito pelo emprego de cultivares resistentes e produtos químicos e biológicos, dependendo da disponibilidade de tecnologia para cada patógeno. Para o controle das principais doenças de solo da batata, a rotação de culturas é a medida mais amplamente recomendada (TOKESHI; BERGAMIN FILHO, 1980), cuja duração do período varia com a capacidade de sobrevivência do patógeno na ausência da planta hospedeira (LOPES; QUEZADO-SOARES, 1997). De uma forma geral, o cultivo de culturas de rotação por dois ou três anos entre dois plantios de batata é uma tática efetiva para a supressão de patógenos que apresentam limitada gama de hospedeiros ou não produzem estruturas de sobrevivência em longo prazo (POWELSON; ROWE, 2008).

Assim sendo, a possibilidade de se manter a produção de batata nas proximidades da indústria de processamento está estreitamente relacionada à utilização de esquemas de rotação de culturas capazes de suprimir populações dos patógenos de importância para a batata. Nesse sentido, o presente estudo tem por hipótese, que as restrições para produção de batata no pivô estudado, inicialmente relacionadas aos patógenos de solo *Verticillium dahliae*, *Spongospora subterranea*, *Rhizoctonia solani*, *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. podem ser manejadas pela utilização de culturas de rotação que não são boas hospedeiras ou com capacidade de supressão desses patógenos.

O presente trabalho teve, então, por objetivo principal estudar a dinâmica populacional da nematofauna em uma área de elevada incidência de nematoides, considerando a sucessão da batata com culturas de cobertura e sua relação com doenças de solo. Com base no objetivo principal, foram estabelecidos os seguintes objetivos secundários: a) caracterizar, ao nível de espécie, os nematoides-das-lesões (gênero *Pratylenchus*) e das-galhas (gênero *Meloidogyne*) presentes na área de cultivo estudada; b) avaliar a reação de diferentes culturas de cobertura ao nematoide-das-galhas *Meloidogyne ethiopica*; (c) estudar o efeito do uso de culturas de cobertura em campo na dinâmica populacional dos principais nematoides presentes; e d) avaliar o efeito das diferentes culturas de cobertura na ocorrência de sintomas de outras doenças associadas à batata cultivada em sucessão.

## Referências

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2019.
- BROWN, C. R.; MOJTAHEDI, H.; SANTO, G. S. Resistance to Columbia root-knot nematode in *Solanum* ssp. and in hybrids of *S. hoggasii* with tetraploid cultivated potato. **American Potato Journal**, v. 68, p. 445–452, 1991.
- FAO. **International Year of the Potato**. Disponível em: <<http://www.fao.org/potato-2008/en/aboutiyp/background.html>>.

- HONEYCUTT, C. W.; CLAPHAM, W. M.; LEACH, S. S. Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield, and disease incidence in potato. **American Potato Journal**, v. 73, n. 2, p. 45–61, 1996.
- IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>>.
- LARKIN, R. P.; GRIFFIN, T. S.; HONEYCUTT, C. W. Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. **Plant Disease**, v. 94, n. 12, p. 1491–1502, 2010.
- LOPES, C. A.; QUEZADO-SOARES, A. M. **Doenças bacterianas das hortaliças: diagnose e controle**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997. 70 p.
- MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Host status of eighteen vegetable crops for *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, v. 31, n. 2, p. 257–263, 2001.
- POWELSON, M. L.; ROWE, R. C. Managing diseases caused by seedborne and soilborne fungi and fungus-like pathogens. *Em:* JHONSON, D. A. **Potato Health Management**. 1. ed. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 2008. p. 183–196.
- SILVA, A. R. **Fitonematoides na cultura da batata: reação de genótipos a *Meloidogyne* spp., distribuição de espécies e caracterização dos sintomas**. 2009. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.
- STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. **Plant resistance to parasitic nematodes**. 1. ed. Wallingford: Cabi, 2002. v. 1256 p.
- TÖFOLI, J. G.; DOMIGUES, R. J.; FERRARI, J. T.; NOGUEIRA, E. M. Doenças fúngicas da cultura da batata: sintomas, etiologia e manejo. **O Biológico**, v. 74, p. 63–73, 2012.
- TOKESHI, H.; BERGAMIN FILHO, A. Doenças da batata - *Solanum tuberosum*. *Em:* GALLI, F. **Manual de fitopatologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. p. 102–140.
- TSROR, L.; ERLICH, O.; HAZANOVSKY, M.; LEBIUSH, S. Control of potato powdery scab (*Spongospora subterranea*) in Israel with chloropicrin, metam sodium or fluazinam. **Crop Protection**, v. 124, p. 104836, 2019.



## 1. CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO DE ESPÉCIES DE *Meloidogyne* E *Pratylenchus* ASSOCIADAS À BATATA PROVENIENTES DE ÁREA DE PIVÔ CENTRAL EM PERDIZES, REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO - MG

### Resumo

Os nematoides fitoparasitas representam sérios problemas ao cultivo da batata em praticamente todas as regiões do mundo onde é cultivada, tendo sido mais de 140 espécies, distribuídas em 45 gêneros, encontradas associadas aos cultivos de batata no mundo inteiro. Nas condições brasileiras, o nematoide das galhas (*Meloidogyne* sp.) e o das lesões (*Pratylenchus* sp.) são os mais frequentes e associados a danos na cultura em diferentes regiões produtoras. Porém, a adoção de táticas de manejo visando a resistência genética ou rotação de culturas depende, primeiramente, da identificação das espécies de fitonematoides que correm no local infestado. Dessa forma, foi objetivo do presente estudo, caracterizar as espécies do nematoide-das-galhas e das-lesões presentes em uma área de produção comercial de batata em pivô central do Triângulo Mineiro – MG. Amostras de solo de aproximadamente 1 kg, obtidas de quatro pontos georreferenciados da área estudada foram coletadas, sendo cada uma delas composta por dez sub-amostragens obtidas com uso de trado holandês na profundidade de 0 a 10 cm em torno do ponto georreferenciado. As amostras foram processadas em laboratório para quantificação ao nível de gênero, cuja predominância foi de *Meloidogyne* sp. e *Pratylenchus* sp. Posteriormente, plantas de tomate cv. Santa Cruz e de sorgo ‘BRS509’ foram cultivados em parte dessas mesmas amostras, em casa de vegetação, para multiplicação do inóculo e identificação das espécies de fitonematoides associadas. Decorridos 60 dias do plantio, 20 fêmeas adultas do nematoide das galhas foram retiradas das raízes de tomate de cada amostra e, a seguir, submetidas à caracterização bioquímica para identificação da(s) espécie(s) com base nos fenótipos esterásicos revelados. Já, para as amostras com plantas de sorgo, as raízes de cada planta e amostra foram processadas para extração dos espécimes de *Pratylenchus* presentes, dos quais 20 fêmeas de cada amostra foram utilizadas para montagem de lâminas não permanentes e, em seguida, observadas sob microscópio óptico para caracterização morfológica e morfométrica das respectivas espécies. Identificou-se *Meloidogyne ethiopica* Est E3, na maioria das amostras, isoladamente; e, *M. arenaria* Est A2, em apenas uma. Quanto à identificação do nematoide das lesões, detectou-se a ocorrência de *P. zeae* e *P. brachyurus* isoladamente, e, a mistura de ambas populações em uma das amostras analisadas. Essas informações darão subsídio para posteriores estudos visando o manejo dos nematoides na área de produção de batata.

Palavras-chave: *Pratylenchus brachyurus*; *Pratylenchus zeae*; *Meloidogyne ethiopica*; *Meloidogyne arenaria*; Esterase; Morfometria.

### Abstract

Phytoparasitic nematodes pose serious threats for potato cultivation in practically all regions of the world, with more than 140 species, distributed in 45 genera, being found associated with potato cultivation throughout the world. The objective of the present study was to identify the species of the root-lesion nematodes (genus *Pratylenchus*) and of the root-knot nematodes (genus *Meloidogyne*) present in a commercial potato production area in the Triângulo Mineiro – MG region, aiming to provide support for further work on the management of these nematodes. Soil samples weighing about 1 kg, obtained from five georeferenced points in the studied area, were collected, they being composed of ten sub-samples obtained using a sampling probe at 0 to 10 cm around the georeferenced point. Second instar juveniles (j<sub>2</sub>) of *Pratylenchus* from the samples were multiplied in a greenhouse and then, whenever possible, a number of 20 females from each sample were used to mount non-permanent slides and then measured under an optical microscope, obtaining 13 variables used for identification. *Meloidogyne* species were characterized through the biochemical characterization of 40 females per sample, using the esterase isoenzyme, with the females obtained after multiplication in a greenhouse. The identification of esterase

phenotypes was carried out by calculating the relative mobility of each polymorphic band in relation to the first band of the *M. javanica* pattern (Est J3). Specimens of *Pratylenchus* were recovered in three of the five samples collected, and the species *P. brachyurus* and *P. zaeae* were identified, which occurred in mixture in one of the three samples. In four, among the five georeferenced samples, *Meloidogyne* females were obtained, which enabled the identification of the species *Meloidogyne ethiopica*, in most of the samples, and *M. arenaria*, in only one of the samples, the latter coming from soil without the presence of potato roots. In this way, the root-lesion nematode species *Pratylenchus brachyurus* and *P. zaeae* were identified, as well as the root-knot nematode species *Meloidogyne ethiopica* (in greater proportion) and *M. arenaria* (in lesser proportion) in an area of potato production in the Triângulo Mineiro region – MG. This information will provide support for future studies aimed at managing nematodes in the potato production area.

Keywords: *Pratylenchus brachyurus*; *Pratylenchus zaeae*; *Meloidogyne ethiopica*; *Meloidogyne arenaria*; Esterase; Morphometry.

## 1.1. Introdução

Diferentes espécies de nematoides fitoparasitas representam sérios problemas ao cultivo da batata em diferentes regiões do globo onde essa espécie é cultivada (MEDINA, 2013). Mais de 140 espécies, distribuídas em 45 gêneros de fitonematoides, tem sido encontradas associadas aos cultivos de batata no mundo inteiro (MEDINA, 2013).

No Brasil, os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) e o das lesões (*Pratylenchus* spp.) são os mais frequentes e relacionados a danos na cultura da batata (ABBA, 2019). No entanto, nematoides-praga de importância quarentenária para o Brasil como os nematoides formadores de cistos, *Globodera pallida* e *G. rostochiensis*, o falso nematoide das-galhas, *Nacobbus aberrans* e o nematoide da podridão-da-batata, *Ditylenchus destructor* podem causar grandes perdas à bataticultura nacional dependendo da espécie e do nível de infestação da lavoura afetada (MEDINA, 2013).

Em trabalhos conduzidos por Charchar e Moita (2001), os autores verificaram que *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White), *M. javanica* (Treub) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood e *M. hapla* Chitwood foram as espécies do nematoide-das-galhas que estiveram associadas às regiões brasileiras produtoras de batata, sendo as duas primeiras, as mais frequentes. Nos últimos estudos sobre a ocorrência do gênero *Meloidogyne* realizados no Brasil, *M. javanica* tem sido a espécie predominante em todas as regiões produtoras do país amostradas (MEDINA *et al.*, 2017; SILVA, 2009), muito embora *M. incognita* e *M. ethiopica*, em menor proporção, também tenham sido detectadas. A distribuição de *Meloidogyne* spp. em campos de produção de batata já foi também relatada para outras regiões do mundo. Por exemplo, Onkendi & Moleleki (2013) relataram diversas espécies de *Meloidogyne* parasitando batata na África do Sul, dentre elas *M. javanica* (23%), *M. incognita* (23%), *M. arenaria* (17%), *M. enterolobii* (14%), *M. chitwoodi* (3%), *M. hapla* (1%), além de outras espécies não identificadas de *Meloidogyne* (19%). De acordo com Silva (2009), os principais sintomas são a formação de elevado número de galhas e de protuberâncias nos tubérculos denominadas de “empipocamentos”, os quais, além de terem o aspecto visual afetado inviabilizando sua comercialização, tendem a apodrecer rapidamente no solo ou em armazenamento.

Em levantamentos do nematoide das lesões realizados no Brasil, registra-se a ocorrência de *P. brachyurus*, *P. penetrans*, *P. coffeae* e *P. zaeae*, sendo a ocorrência da primeira a mais frequente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do País (LIMA-MEDINA; GOMES; GONZAGA, 2014; SILVA, 2009). Plantas de batata severamente afetadas por *Pratylenchus* apresentam lesões necróticas longitudinais nas raízes; e, em infecções severas nos tubérculos, podem ser observadas lesões em forma de pontos, conhecidas como pintas, que evoluem para pintas maiores e necróticas causando sérios prejuízos (LIMA-MEDINA; GOMES; GONZAGA, 2014; SILVA, 2009). Ademais, várias espécies

vegetais cultivadas e plantas daninhas são hospedeiras de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* sp., o que requer a identificação correta das espécies para implementação de medidas de manejo de forma integrada com a resistência genética e a rotação/sucessão de culturas com espécies más hospedeiras dos nematoides que ocorrem no local afetado. Em relação ao gênero *Meloidogyne*, a identificação das espécies, por meio de métodos bioquímicos utilizando-se padrões eletroforéticos de isoenzimas tem demonstrado que as principais espécies do nematoide das galhas podem ser identificadas com o uso de proteínas, com maior precisão, caracterizando essa técnica como uma ferramenta excelente e rápida para o uso na taxonomia do gênero *Meloidogyne* (CARNEIRO; ALMEIDA; QUÉNHERVÉ, 2000). Em relação ao gênero *Pratylenchus*, caracteres morfoanatómicos e morfométricos são utilizados na determinação das espécies com auxílio de microscópio óptico e, ocasionalmente, por microscopia eletrônica de varredura, conjuntamente com chave biométrica (CASTILLO; VOVLAS, 2007).

Nesse sentido, foi objetivo do presente estudo, identificar ao nível de espécie, os nematoides-das-galhas (gênero *Meloidogyne*) e os nematoides-das-lesões (gênero *Pratylenchus*) presentes em uma área de produção em pivô central destinado à produção de batata no Triângulo Mineiro – MG, visando dar subsídio a trabalhos posteriores de manejo desses nematoides.

## 1.2. Material e Métodos

Amostras de solo de aproximadamente 1 kg, obtidas de quatro pontos georreferenciados da área estudada foram inicialmente coletadas, sendo cada uma delas composta por dez sub-amostragens obtidas com uso de trado holandês na profundidade de 0 a 10 cm em torno do ponto georreferenciado. A seguir, alíquotas de 250 cm<sup>3</sup> solo das diferentes amostras de solo foram submetidas à extração de fitonematoides (JENKINS, 1964) para identificação da nematofauna (MAI; MULLIN, 1996) presente, cujos gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* e *Helicotylenchus* foram os mais frequentes.

Subsequentemente, para identificação da espécie de *Meloidogyne*, tomateiros cv. Santa Cruz foram cultivados por 60 dias em parte das amostras de solo coletadas em vaso, separadamente, em casa de vegetação. Decorridos os 60 dias, 20 fêmeas individuais adultas branco leitosas foram extraídas das raízes do tomateiro de cada amostra, e, a seguir, submetidas à eletroforese em placas de gel de poliacrilamida 7% (CARNEIRO; ALMEIDA, 2001a) para caracterização bioquímica da espécie utilizando-se a isoenzima esterase. Fêmeas de *M. javanica* (Est J3) foram incluídas como padrão para cálculo da mobilidade relativa (RM) das bandas esterásticas identificadas.

A identificação dos fenótipos foi realizada por meio do cálculo da mobilidade relativa (Rm) de cada banda polimórfica em relação à primeira banda de *M. javanica* (Est J3). Os fenótipos enzimáticos foram identificados por uma letra e um número que corresponderam, respectivamente, à inicial do nome específico, juntamente com o número de bandas (EISENBACK; HIRSCHMANN-TRIANTAPHYLLOU, 1991). A ocorrência dos diferentes fenótipos observados foi expressa em percentual.

Paralelamente, em vasos contendo parte das amostras coletadas, efetuou-se o plantio de sorgo (*Sorghum bicolor*) cultivar BRS 506 em casa de vegetação (25 ± 5°C) para multiplicação do nematoide das lesões. Decorridos 90 dias, procedeu-se a extração de fitonematoides das raízes de sorgo (COOLEN; D'HERDE, 1972). A partir das suspensões obtidas, foram montadas lâminas temporárias (TIHOHOD, 1993) para observações morfológicas e mensurações microscópicas em 20 fêmeas de *Pratylenchus* sp. tomadas ao acaso de cada amostra cujos espécimes foram examinados e fotodocumentados em um sistema de aquisição de imagens, que consistiu em uma câmera de vídeo (Leica DFC 295) acoplada ao microscópio óptico (Leica DM 1000), nas objetivas de 20X e 40X e na objetiva de

imersão de 100X, e a um microcomputador, utilizando o software LAS Core, versão 3.7. Para tanto, foram analisadas características morfológicas e morfométricas descritas na Tabela 1 (GONZAGA, 2006) para identificação das espécies presentes nas amostras.

Plantas de batata cv. Asterix com galhas nas raízes cultivada no inverno de 2021 provenientes dos mesmos quatro pontos georreferenciados foram observadas. A seguir, amostras de plantas com tais sintomas foram coletadas nesses mesmos pontos, sendo as raízes de cada amostra, lavadas, picadas e inseridas junto a raízes de mudas de tomate cv. Santa Cruz mantidos em vasos de 1,5 L com solo esterilizado. Decorridos 50 dias, observaram-se galhas nas raízes de tomateiro de todas as amostras, das quais foram retiradas 20 fêmeas individuais adultas branco leitosas e, a seguir, foram submetidas à eletroforese para identificação da(s) espécie(s) conforme descrito anteriormente (CARNEIRO; ALMEIDA, 2001a).

### **1.3. Resultados e Discussão**

Foram identificadas duas espécies do nematoide das galhas e duas espécies do nematoide das lesões na área estudada (Tabelas 1 e 2). Os espécimes de *Pratylenchus* foram recuperados em três dos quatro pontos amostrados na área de produção estudada. De acordo com os dados da caracterização morfológica e morfométrica apresentados na Tabela 1, identificaram-se as espécies *Pratylenchus brachyurus* e *P. zae* ocorrendo em 100% das amostras P219 e P031, respectivamente, e, uma população mistas de ambas as espécies com predominância da segunda em P039, cujas principais diferenças morfométricas estão apresentadas na mesma Tabela 1.

**Tabela 1.** Mensurações morfométricas ( $\mu\text{m}$ ), características morfológicas, proporções e identificações/proporções de espécies do nematoide-das-lesões do gênero *Pratylenchus* em amostras provenientes de área de pivô central cultivada com batata na região do Triângulo Mineiro – MG).

Características <sup>1</sup>	Amostras				
	P219	P039	P131	P104	
Comprimento do corpo (L, $\mu\text{m}$ )	595,67 ( $\pm 154,19$ )	572,57	552,21 ( $\pm 156,79$ )	539,28 ( $\pm 77,95$ )	-
Máxima largura do corpo (ML, $\mu\text{m}$ )	28,99 ( $\pm 16,09$ )	30,23	26,64 ( $\pm 13,0$ )	24,93 ( $\pm 9,0$ )	-
Estilete (St, $\mu\text{m}$ )	19,06 ( $\pm 2,02$ )	19,12	14,72 ( $\pm 1,72$ )	14,71 ( $\pm 2,58$ )	-
Comprimento do esôfago ( $\mu\text{m}$ )	78,98 ( $\pm 16,89$ )	140,82	116,13 ( $\pm 35,24$ )	116,68 ( $\pm 38,83$ )	-
Comprimento da cauda ( $\mu\text{m}$ )	34,28 ( $\pm 7,43$ )	29,62	31,68 ( $\pm 11,47$ )	30,52 ( $\pm 13,59$ )	-
Largura ao nível anal (LA, $\mu\text{m}$ )	15,77 ( $\pm 6,88$ )	17,42	15,46 ( $\pm 8,75$ )	14,80 ( $\pm 4,11$ )	-
Número de anéis labiais	2	2	3	3	-
V (%)	85,35 ( $\pm 2,32$ )	84,74	71,95 ( $\pm 3,37$ )	72,17 ( $\pm 3,37$ )	-
a <sup>2</sup>	21,03 ( $\pm 6,16$ )	18,94	20,98 ( $\pm 7,04$ )	21,82 ( $\pm 7,31$ )	-
B	7,53 ( $\pm 0,45$ )	4,07	4,77 ( $\pm 1,38$ )	4,64 ( $\pm 1,18$ )	-
C	17,36 ( $\pm 0,7$ )	19,33	17,52 ( $\pm 7,13$ )	17,85 ( $\pm 7,52$ )	-
c <sup>2</sup>	2,21 ( $\pm 0,5$ )	1,7	2,08 ( $\pm 0,79$ )	2,07 ( $\pm 0,95$ )	-
Formato bulbos basais do estilete	esférico	esférico	achatado	achatados	-
Formato da cauda	hemisférico	hemisférico	agudo	agudo	-
Espécies identificadas	<i>P. brachyurus</i>	<i>P. brachyurus</i>	<i>P. zeae</i>	<i>P. zeae</i>	-
Proporção na amostra (%)	100	5	95	100	-

<sup>1</sup>Medições realizadas conforme Gonzaga (2006); <sup>2</sup>parâmetros obtidos a partir de proporções entre medidas do corpo de nematoide do gênero *Pratylenchus*, sendo os parâmetros (a) o comprimento do corpo dividido pela maior largura; (b) o comprimento do corpo dividido pelo comprimento do esôfago; (c) o comprimento do corpo dividido pela cauda; e (c') o comprimento da cauda dividido pela largura do corpo na região anal.

Já, para a ocorrência do nematoide das galhas, detectou-se sua presença em todas amostras coletadas na área, onde identificou-se *M. ethiopica* com o fenótipo esterástico típico E3 (Rm: 0,91, 1,06, 1,20) em P131, P219 e P104; e, de *M. arenaria* com o fenótipo esterástico A2 (Rm: 1,2, 1,3), em P039 (Tabela 2).



**Tabela 2.** Espécies de nematoide-das-galhas (*Meloidogyne*) identificadas por meio de fenótipos esterásicos e suas proporções em amostras de solo e de batata\* coletadas em campo destinado à cultura da batata na região do Triângulo Mineiro – MG.

Amostras	Espécies identificadas	Fenótipos de esterase	Proporção na amostra (%)
P131*	<i>Meloidogyne ethiopica</i>	E3	100
P219	<i>Meloidogyne ethiopica</i>	E3	100
P039	<i>Meloidogyne arenaria</i>	A2	100
P104	<i>Meloidogyne ethiopica</i>	E3	100

Já nas amostras provenientes de raízes de batata com galhas inoculadas em tomateiro, observaram-se sintomas apenas na amostra P104, cujas bandas de esterase evidenciadas no gel permitiram a observação do fenótipo E3 (Rm: 0.91, 1.06, 1.20), típico de *M. ethiopica*, confirmando assim, a ocorrência dessa espécie parasitando batata na área estudada.

Embora Medina et al. (2014) tenha detectado apenas *P. brachyurus* nas amostras coletadas nos estados do RS, SC e PR, outras espécies como *P. coffeae* e *P. penetrans* também tem sido associadas à cultura da batata no País (SILVA, 2009). Em estudo anterior da distribuição e frequência do gênero *Pratylenchus* em batata no Brasil, Silva & Santos (2007) verificaram a predominância de *P. brachyurus* sobre as demais espécies, nas regiões Centro–Oeste, Sudeste e Sul, ocorrendo em 70% das amostras coletadas em São Paulo e 60% do Triângulo Mineiro. Apesar da ocorrência de *P. zae* nas amostras de solo e de sua associação com a batata (FERRAZ, 1999), testes de patogenicidade precisariam ser feitos na cultura para avaliação de danos potenciais, uma vez que existe apenas referência a *P. brachyurus* e *P. penetrans* como espécies impactantes na cultura, em nossas condições.

Mesmo *P. brachyurus* sendo uma espécie cosmopolita, sua ocorrência parece estar mais associada a regiões tropicais e subtropicais de países como Brasil, Venezuela, África do Sul, Estados Unidos da América, dentre outros (CHARCHAR, 1997). Com base nas análises de isoenzimas das fêmeas caracterizadas bioquimicamente no presente estudo, foi identificado, na maior parte das amostras provenientes de solo e raízes, assim como na única amostra proveniente de galhas de batata, o fenótipo de esterase E3 de *M. ethiopica*, sendo o caráter mais útil para a diferenciação de rotina de *M. ethiopica* de outras espécies de nematoide das galhas, visto que é espécie-específico (CARNEIRO et al., 2004).

No Brasil, *M. ethiopica* foi relatado pela primeira vez em 2000 em plantas de quivi (*Actinida deliciosa*), no estado do Rio Grande do Sul (CARNEIRO et al., 2004; CARNEIRO; ALMEIDA; QUÉNHERVÉ, 2000). A seguir, esse mesmo fenótipo foi relatado em diferentes Estados e em várias culturas como soja (CASTRO; LIMA; CARNEIRO, 2003), cana-de-açúcar (BELLÉ et al., 2017), feijão-comum, fumo e plantas daninhas tais como corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*), azedinha (*Oxalis corniculata*) e guanxuma (*Sida rhombifolia*) (BELLÉ et al., 2020).

*M. ethiopica* é considerado importante no Brasil em várias hortaliças, frutíferas e culturas anuais, sendo um nematoide de grande polifagia, motivo pelo qual foi inserido na lista de alerta da EPPO-2011 (para o país), assim como para o Chile e o Continente Africano. No Brasil, *M. ethiopica* ocorre em diversas hortaliças, como tomate, yacon (CARNEIRO; ALMEIDA, 2005), batata (LIMA-MEDINA; GOMES; GONZAGA, 2014), mandioquinha- salsa (PINHEIRO et al., 2013), além de poder parasitar e se multiplicar em outras hortaliças como, couve, brócolis, pepino, repolho, berinjela, abóbora e abobrinha (CARNEIRO et al., 2014).

Embora não tenha sido detectada a infecção de *M. arenaria* em raízes de batata do presente estudo, Medina et al. (2014) detectou a ocorrência do fenótipo Est A2 em duas amostras provenientes do Rio Grande do Sul. Esta espécie já foi encontrada na cultura da batata em vários Estados brasileiros do Sul, Sudeste e Centro-oeste

(CHARCHAR, 1997; GOMES; SOUZA, 2003); porém, em frequência menor comparada às espécies *M. javanica* e *M. incognita* (CHARCHAR; MOITA, 2001). Medina et al. (2014) detectou pela primeira vez a presença de *M. ethiopica* em batata no Brasil, em uma amostra das cultivares Ágata e Caesar provenientes do município de Contenda – PR. Além disso, este mesmo autor verificou que as principais cultivares de batata plantadas no Brasil hospedam esta espécie de nematoide-das-galhas, sendo ‘Eliza’, moderadamente resistente, ‘Ana’, ‘Bel’, ‘Agata’ e ‘Catucha’ moderadamente suscetíveis, ‘Clara’, ‘Asterix’, ‘Cris’ e ‘Cota’ suscetíveis e ‘Caesar’ altamente suscetível (MEDINA *et al.*, 2014). Medina *et al.* (2017), analisando a distribuição de espécie de *Meloidogyne* em batata coletadas em áreas produtoras nos três Estados da Região Sul do Brasil, verificou a ocorrência de *Meloidogyne javanica* Est J3, *M. javanica* Est J2, *M. javanica* Est J2a, *M. incognita* Est I2, *M. arenaria* Est A2 e *M. ethiopica* Est E3, sendo *M. javanica* a espécie predominante (97,9%).

#### 1.4. Conclusões

As espécies de nematoides-das-lesões *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaeae*, assim como as espécies de nematoides-das-galhas *Meloidogyne ethiopica* (em maior proporção) e *M. arenaria* (em menor proporção) foram identificadas na área de produção de batata estudada na região do Triângulo Mineiro – MG, cuja ocorrência de *M. ethiopica* foi confirmada como nematoide-praga em batata. Essas informações dão subsídio para posteriores estudos visando o manejo dos nematoides na área de produção de batata.

#### Referências

- ABBA. Quem define as variedades de batata no Brasil? **Batata Show**, p. 1–33, 2019.
- BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; KUHN, P. R.; CARNEIRO, R. M. D. G.; LIMA-MEDINA, I.; GOMES, C. B. First report of *Meloidogyne ethiopica* parasitizing sugarcane in Brazil. **Plant Disease**, v. 101, n. 4, p. 635–635, 2017.
- BELLÉ, C.; RAMOS, R. F.; BALARDIN, R. R.; NORA, D. D.; KASPARY, T. E. Host weed species range of *Meloidogyne ethiopica* whitehead (Tylenchida: Meloidogynidae) found in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 156, n. 3, p. 979–985, 2020.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 35–44, 2001.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Registro de *Meloidogyne ethiopica* Whitehead em plantas de yacon e tomate no Distrito Federal no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 285–288, 2005.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A.; QUÉNHERVÉ, P. Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. populations. **Nematology**, v. 2, n. 6, p. 645–654, 2000.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; CORREA, V. R.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M.; DEIMI, A. M.; CASTAGNONE-SERENO, P.; KARSSSEN, G. *Meloidogyne luci* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitising different crops in Brazil, Chile and Iran. **Nematology**, v. 16, n. 3, p. 289–301, 2014.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; RANDIG, O.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M. Additional information on *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968 (Tylenchida: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitising kiwi fruit and grape-vine from Brazil and Chile. **Nematology**, v. 6, n. 1, p. 109–123, 2004.
- CASTILLO, P.; VOVLAS, N. **Pratylenchus (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management**. Leiden-Boston: Brill, 2007. 530 p.

- CASTRO, J. M. C.; LIMA, R.; CARNEIRO, R. M. D. G. Variabilidade isoenzimática de populações de *Meloidogyne* spp. proveniente de regiões brasileiras produtoras de soja. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 1–12, 2003.
- CHARCHAR, J. M. Nematoides associados a cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) nas principais regiões de produção do Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 49–60, 1997.
- CHARCHAR, J. M.; MOITA, A. W. Resistência de genótipos de batata a *Meloidogyne javanica*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 535–540, 2001.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. 1. ed. Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 1972. v. 177 p.
- EISENBACK, J. D.; HIRSCHMANN-TRIANANTAPHYLLOU, H. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species and races. Em: NICKLE, W. R. **Manual of Agricultural Nematology**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 191–274.
- FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus* - os nematoides das lesões radiculares. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 7, p. 157–195, 1999.
- GOMES, C. B.; SOUZA, R. M. Doenças causadas por nematoides. Em: GOMES, C. B.; SOUZA, R. M. **O cultivo de batata na região Sul do Brasil**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. p. 321–349.
- GONZAGA, V. **Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação in vitro das seis espécies mais comuns de *Pratylenchus Filipjev*, 1936 que ocorrem no Brasil**. 2006. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for extracting nematode from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692–692, 1964.
- LIMA-MEDINA, I.; GOMES, C. B.; GONZAGA, V. Caracterização de espécies do nematoide das lesões em batata na região sul do Brasil e reação de genótipos a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, v. 44, n. 1, p. 101–106, 2014.
- MAI, W. F.; MULLIN, P. G. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**. 1. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1996. 271 p.
- MEDINA, I. L. **Levantamento e caracterização do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) e das lesões (*Pratylenchus* spp.) em batata no sul do Brasil e estudo da Patogenicidade em *Solanum* spp.** 2013. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.
- MEDINA, I. L.; COILA, V. H. C.; GOMES, C. B.; PEREIRA, A. S.; NAZARENO, N. R. X. Ocorrência de *Meloidogyne ethiopica* no Paraná e reação de cultivares de batata ao nematoide das galhas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 482–485, 2014.
- MEDINA, I. L.; GOMES, C. B.; CORREA, V. R.; MATTOS, V. S.; CASTAGNONE-SERENO, P.; CARNEIRO, R. M. D. G. Genetic diversity of *Meloidogyne* spp. parasitising potato in Brazil and aggressiveness of *M. javanica* populations on susceptible cultivars. **Nematology**, v. 19, n. 1, p. 69–80, 2017.
- ONKENDI, E. M.; MOLELEKI, L. N. Detection of *Meloidogyne enterolobii* in potatoes in South Africa and phylogenetic analysis based on intergenic region and the mitochondrial DNA sequences. **European Journal of Plant Pathology**, v. 136, n. 1, p. 1–5, 2013.
- PINHEIRO, J. B.; MADEIRA, N. R.; CARVALHO, A. D. F.; PEREIRA, R. B.; AGUIAR, F. M. Nematoides na cultura da mandioquinha-salsa. **Circular Técnica - Embrapa Hortaliças**, v. 121, p. 1–20, 2013.

SILVA, A. R. **Fitonematoides na cultura da batata: reação de genótipos a *Meloidogyne* spp., distribuição de espécies e caracterização dos sintomas**. 2009. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 1993. v. 1372 p.



## 2. CAPÍTULO 2: REAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA AO NEMATOIDE DAS GALHAS

### *Meloidogyne ethiopica*

#### Resumo

A rotação de culturas é uma das técnicas de manejo mais efetivas para o controle de fitonematóides, sendo necessário conhecer as plantas má-hospedeiras ou não-hospedeiras do nematoide-alvo, para que sejam utilizadas nesta estratégia de manejo. Nesse sentido, foi objetivo deste estudo, avaliar a reação de diferentes culturas de cobertura à espécie do nematoide-das-galhas *Meloidogyne ethiopica*. Foram avaliados 11 genótipos das coberturas verdes de verão: *Crotalaria breviflora*, *C. spectabilis* semente comercial, *C. spectabilis* semente salva do produtor, *C. juncea*, *C. ochroleuca*, capim braquiária (*Urochloa ruziziensis*), milheto (*Pennisetum glaucum*) cultivares BRS1501 e ADR 300, mucuna-cinza (*Mucuna aterrima*), sorgo-forrageiro (*Sorghum bicolor*) cv. BRS Ponta Negra e trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*); e, nove genótipos de inverno: aveia preta (*Avena strigosa*) cv. Embrapa 29, crambe (*Crambe abyssinica*), mostarda (*Brassica juncea*) cvs. Bioactive e Comercial, nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*) cv. Al 1000, rúcula (*Eruca sativa*) cv. Nemat e trigo (*Triticum aestivum*) cvs. Atom, BRS 264 e Duque. Dois experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado em casa de vegetação, utilizando-se vasos de 1,5 L de capacidade, com nível de inóculo de 5000 ovos + juvenis de segundo estágio (J<sub>2</sub>) e 10000 ovos + J<sub>2</sub>. As avaliações de Índice de Galhas (IG) e Fator de Reprodução (FR) foram realizadas 65 dias após a inoculação, considerando-se como resistentes, aquelas espécies ou cultivares cujo nematoide apresentou FR < 1,0 e IG < 3,0, imunes as que apresentaram FR = 0,0 e IG < 2,0 e suscetíveis aquelas com valores de IG ≥ 3,0 e FR ≥ 1,0. As cultivares de tomateiro 'Rutgers' e 'Nemadoro' foram utilizadas como padrão de suscetibilidade e resistência, respectivamente. Aveia-preta, braquiária ruziziensis, crambe, milheto cvs. BRS 1501 e ADR 300, mucuna-cinza, nabo-forrageiro, rúcula cv. Nemat, sorgo cv. Ponta Negra, trigo cv. Duque e trigo-mourisco foram resistentes a *M. ethiopica* em ambos os experimentos. Todas as espécies de crotalária (*C. juncea*, *C. breviflora*, *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*) comportaram-se como imunes a *M. ethiopica* e não diferiram da testemunha resistente. Já, as Mostardas cvs. Comum e Bioactive e trigo cvs. Atom e BRS 264 foram suscetíveis e com valores de FR ≥ 1,00 no maior nível de inóculo, não sendo, portanto, recomendadas para esquemas de rotação visando redução da população de *M. ethiopica* no solo.

Palavras-chave: Rotação de culturas; Manejo cultural; Doenças de solo; Resistência; *Meloidogyne ethiopica*; *Crotalaria*.

#### Abstract

Crop rotation is one of the most effective management techniques for controlling phytonematodes, and it is necessary to know which plants are bad hosts or non-hosts of the target nematode, so that they can be used in this management strategy. The objective of this study was to evaluate the reaction of different cover crops to the root-knot nematode species *Meloidogyne ethiopica*. Eleven genotypes of summer cover crops were evaluated: *Crotalaria breviflora*, *C. spectabilis* commercial seed, *C. spectabilis* seed harvested by the producer, *C. juncea*, *C. ochroleuca*, palisade grass (*Urochloa ruziziensis*), pearl millet (*Pennisetum glaucum*) cultivars BRS1501 and ADR 300, velvetbean (*Mucuna aterrima*), forage sorghum (*Sorghum bicolor*) cv. BRS Ponta Negra and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and 9 genotypes of winter plants: black oat (*Avena strigosa*) cv. Embrapa 29, crambe (*Crambe abyssinica*), mustard (*Brassica juncea*) cultivars Bioactive and Comercial, fodder radish (*Raphanus sativus*) cv. Al 1000, arugula (*Eruca sativa*) cv. Nemat and wheat (*Triticum aestivum*) cultivars Atom, BRS 264 and Duque. Two experiments (winter and summer) were carried out in a completely randomized design in a greenhouse, using 1.5 L pots, with an inoculum level of 5000 eggs + second stage juveniles (J<sub>2</sub>) (winter) and 10000 eggs + J<sub>2</sub> (summer). Gall Index (GI) and Reproduction Factor (FR) assessments were carried out 65 days after inoculation, genotypes being considered resistant when FR < 1.0 and IG < 3.0, immune when FR = 0.0 and IG < 2.0 and susceptible when IG ≥ 3.0 and FR ≥ 1.0. The tomato cultivars 'Rutgers' and 'Nemadoro' were used respectively as susceptibility and resistance standards. *Crotalaria* species presented

GI and FR values equivalent to the resistant control in all evaluations, *C. juncea*, *C. brevisflora*, *C. spectabilis* and *C. ochroleuca* consistently presenting a FR value equal to zero, which classifies them as immune to *M. ethiopica*. Black oats, palisade grass, crambe, pearl millet cvs. BRS 1501 and ADR 300, velvetbean, fodder radish, arugula cv. Nemat, sorghum cv. Ponta Negra, wheat cv. Duke and buckwheat presented FR values below 1.00 in all experiments, they being classified as resistant. Mustard cvs Comum and Bioactive and wheat cvs. Atom and BRS 264 presented a FR value equal to or greater than 1.00 in at least one of the evaluations, and are not recommended as rotation crops aimed at reducing the population of *M. ethiopica* in the soil.

Keywords: Crop rotation; Cultural practices; Soil-borne diseases; *Resistance*; *Meloidogyne ethiopica*; *Crotalaria*.

## 2.1. Introdução

Ações voltadas para a agricultura visando o uso e o manejo sustentáveis dos recursos naturais, como práticas conservacionistas do solo, aumentaram nas últimas décadas. O sistema plantio direto e a rotação de culturas são manejos que elevam os teores de matéria orgânica, melhorando as condições químicas, físicas e biológicas do solo (CUNHA *et al.*, 2015). A adoção dessas estratégias contribui para reduzir o potencial de infecção de fitopatógenos, tais como os nematoides, sendo a rotação de culturas com plantas má-hospedeiras e/ou antagonistas uma das práticas mais eficientes para o manejo de nematoides fitoparasitas, pois podem promover a redução das populações, além de poderem ser utilizadas como adubos verdes (CUNHA *et al.*, 2015).

*Meloidogyne ethiopica* Whitehead (1968) é considerada uma das espécies de nematoide de maior importância econômica em todo o mundo, por ser polífago e altamente virulento. No Brasil, o primeiro registro de *M. ethiopica* foi parasitando as raízes de kiwi (*Actinidia deliciosa* Chevaler) (CARNEIRO *et al.*, 2003). Posteriormente, *M. ethiopica* foi encontrada associada a numerosas culturas agrícolas de importância, como tomate (*Solanum lycopersicum* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merrill), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), melão (*Cucumis melo* L.), yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepp. *Solanum esculentum* (BELLÉ *et al.*, 2016, 2017; CARNEIRO *et al.*, 2003; LIMA *et al.*, 2009); e, também, batata (*Solanum tuberosum*) (MEDINA, 2013).

A rotação de culturas é um dos métodos mais eficazes para o controle de nematoides nas áreas destinadas à agricultura (GABRIEL *et al.*, 2018). Apesar disso, são poucas as informações existentes a respeito da hospedabilidade das principais culturas de cobertura comercialmente disponíveis à espécie de nematoide-das-galhas *M. ethiopica*.

Três espécies de aveia, a branca (*Avena sativa*), a amarela (*A. byzantina*) e a preta (*A. strigosa*), são adaptadas ao clima frio moderado e muito utilizadas como coberturas vegetais em toda a região Sul do Brasil, além dos estados de São Paulo (sul, sudeste e sudoeste) e Mato Grosso do Sul (sul), em sucessão com soja e milho (BORGES; MACHADO; INOMOTO, 2010). No estado do Rio Grande do Sul, a aveia-preta é uma das principais espécies de cobertura verde e formação de pastagens no período do inverno (TERRA LOPES *et al.*, 2009). As aveias branca e amarela, embora se prestem como coberturas vegetais, são mais plantadas para a produção de grãos e forragem (BORGES *et al.*, 2009). Relativamente ao aspecto fitossanitário, as aveias podem contribuir para a redução da densidade populacional de nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.), pois várias cultivares e linhagens apresentam fatores de reprodução muito baixos para *M. incognita* (CARNEIRO; ALMEIDA; GIORIA, 2006; MORITZ; SIMÃO; CARNEIRO, 2003). Já para aveia-preta, todas as cultivares avaliadas por Gabriel *et al.* (2018) se comportaram como resistentes a *M. ethiopica*, sendo o fator de reprodução de 0,03 a 0,85 verificado entre as cultivares avaliadas (GABRIEL *et al.*, 2018).

Plantas forrageiras conhecidas como braquiárias [gênero *Urochloa*; sinonímia *Brachiaria* (Trin.) Griseb.] são algumas das plantas mais utilizadas para a formação de palhada em sistema plantio direto (SILVA *et al.*, 2018). Essas plantas, na sua maioria, são supressoras dos nematoides-das-galhas, porém são boas hospedeiras de *Pratylenchus brachyurus* (INOMOTO; MACHADO; ANTEDOMÊNICO, 2007). A resistência a *Meloidogyne* spp. nas braquiárias pode ocorrer pela inibição da penetração, envolvendo o efeito tóxico dos exsudados sobre os juvenis de segundo estágio (J<sub>2</sub>) na rizosfera, além do hospedeiro não reconhecer o elicitador introduzido em seus tecidos pelo nematoide (CUNHA *et al.*, 2015). Além do manejo de *Meloidogyne* spp., em áreas que adotam o sistema integração lavoura-pecuária, alguns atributos encontrados em *Urochloa ruziziensis* podem ser destacados, tais como a tolerância a elevadas temperaturas, seu fácil estabelecimento, elevada produção de fitomassa e formação de poucas touceiras, facilitando seu manejo (CUNHA *et al.*, 2015).

Plantas da família *Brassicaceae* são muito utilizadas como culturas de cobertura para o combate das doenças de solo, pois liberam compostos biologicamente ativos em decorrência da quebra das células, dentre eles, isotiocianatos, nitrilos, epitionitrilos e tiocianatos (DALLAVALE *et al.*, 2020). Apesar de serem consideradas como potencialmente eficazes para o manejo de nematoides, as plantas de cobertura da família *Brassicaceae* podem ser parasitadas por uma ampla gama de nematoides (FOURIE *et al.*, 2016). Ou seja, há um grande número de espécies de *Brassicaceae* resistentes, assim como há também um grande número de espécies suscetíveis a nematoides (FOURIE *et al.*, 2016). Porém, é necessário, o conhecimento da reação da espécie de *Brassicaceae* em relação a nematoides alvo como *M. ethiopica* por exemplo, visto que a realização de biofumigação pode ser improdutiva caso a cultura utilizada seja hospedeira à referida praga (FOURIE *et al.*, 2016).

O gênero *Crotalaria* pertence à família *Fabaceae* e contém cerca de 550 espécies (WANG; SIPES; SCHMITT, 2002). Inúmeras pesquisas utilizando plantas do gênero *Crotalaria* para controle de *Meloidogyne* spp. foram publicadas. *C. juncea* já foi previamente relatada como má-hospedeira ou até mesmo como não-hospedeira de *M. enterolobii*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. exigua* e, em menor grau, a *M. hapla* (BUI; DESAEGER, 2022). *C. spectabilis* já foi reportada como resistente a *M. javanica*, *M. incognita* (raças 1, 2, 3 e 4) e *M. exigua* (INOMOTO *et al.*, 2006; SILVA; CARNEIRO, 1992) e, também, como má-hospedeira (resistente) de *M. ethiopica* (FR= 0,35) (LIMA *et al.*, 2009). Rosa *et al.* (2013) avaliando a reação de diversas espécies de *Crotalaria* a *M. javanica*, verificou valores de FR variando de 0,20 para *C. spectabilis* a 1,78 para *C. ochroleuca*; já as espécies *C. juncea*, *C. spectabilis* e *C. breviflora* apresentaram valores de FR inferiores a 1,00, e foram resistentes; porém, *C. mucronata* e *C. ochroleuca* foram suscetíveis ao nematoide (FR>1,00) (ROSA *et al.*, 2013).

O milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown], espécie pertencente à família *Poaceae*, é uma planta anual, originária das savanas africanas, de crescimento cespitoso e ereto, com ciclo em torno de 130 dias (NICOLE, 2017). Gabriel *et al.* (2018) avaliando a resistência do milheto a três espécies de *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. javanica* e *M. ethiopica*) e, Santos & Ruano (1987) à *M. incognita* e *M. javanica*, verificaram que a cultura foi resistente a todas espécies estudadas. Porém, vários estudos têm demonstrado que a resistência ou suscetibilidade do milheto varia em função das cultivares e das espécies de nematoide (LIMA *et al.*, 2009; SILVA; CARNEIRO, 1992).

Quatro espécies de mucuna, *Mucuna aterrima*, *M. cinerea*, *M. deeringiana* e *M. pruriens* foram avaliadas por Lima *et al.* (2009) quanto à reação a *M. ethiopica*; porém, apenas mucuna-preta (*Mucuna deeringiana*) foi considerada resistente. Já, a mucuna-cinza (*M. aterrima*) foi considerada moderadamente resistente, apresentando FR= 1,95 (LIMA *et al.*, 2009); ao passo que sua reação a *M. javanica* foi considerada como resistente ou suscetível a *M. javanica* em um dos experimentos conduzidos (ROSA; WESTERICH; WILCKEN, 2013), o que os autores atribuíram a uma possível variabilidade existente na composição das sementes.



O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma planta herbácea, da família *Poaceae*. As plantas podem variar de 40 cm a 4 m de altura e apresentam intenso perfilhamento, possuindo ciclo de cultivo de 100 a 160 dias (HOFFMANN, 2016). O sorgo contém uma substância denominada dhurrina, um metabólito secundário nos tecidos foliares que pode ser convertido em um composto volátil altamente tóxico conhecido como cianeto de hidrogênio (HCN), que apresenta propriedade nematicida (PAUDEL; WAISEN; WANG, 2021). Desta forma, tem sido usado como cultura bio-fumigante para controlar fitonematoídeos e, em particular, os nematoídeos-das-galhas. No entanto, existe variabilidade em relação às variedades de sorgo quanto à capacidade de multiplicar os nematoídeos-das-galhas (PAUDEL; WAISEN; WANG, 2021).

O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) pertencente à família *Polygonaceae*, é uma espécie especialmente difundida na zona temperada da Eurásia, muitas vezes cultivada como uma cultura de cobertura (KALINOVA; VRCHOTOVA; TRISKA, 2007). O trigo mourisco é uma cultura muito interessante como adubo verde. Pode produzir quantidades significativas de matéria seca. Quando incorporado ao solo, o material vegetal se decompõe rapidamente, disponibilizando nitrogênio e constituintes minerais para a cultura seguinte. A matéria orgânica resultante melhora a condição física e a capacidade de retenção de água do solo (OPLINGER *et al.*, 2013). Al-Rehiyani & Hafez (1998) avaliaram espécies e cultivares de adubos verdes, incluindo as cultivares Kendo, Prego, Rondo e Tardo de trigo mourisco, quanto à capacidade de suprimir *Meloidogyne chitwoodi* raça 2 e *Pratylenchus neglectus*. Todas as quatro cultivares de trigo mourisco foram mal- ou não-hospedeiras de *M. chitwoodi*; e, somente 'Tardo' foi má-hospedeira de *P. neglectus*.

Algumas culturas comerciais, tais como o trigo, que poderiam ser utilizadas em um sistema de rotação de culturas visando a redução da população de *M. ethiopica* no solo, muitas vezes apresentam resultados contraditórios na literatura quanto ao efeito redutor na população de nematoídeos no solo (BRIDA *et al.*, 2017). Sendo assim, é necessário que seja feito um estudo da reação dessas plantas, para posterior recomendação de utilização em esquemas de rotação. Dessa forma, foi objetivo deste estudo, avaliar a reação de diferentes espécies de plantas de cobertura com potencial para utilização em esquemas de rotação visando seu futuro uso para o manejo de *M. ethiopica* em áreas de cultivo de batata infestadas.

## 2.2. Material e Métodos

Os experimentos foram realizados em casa-de-vegetação e no Laboratório de Nematologia na Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, nos períodos de julho a setembro de 2022 e de dezembro de 2022 a fevereiro de 2023. O isolado de *M. ethiopica* utilizado no presente estudo foi proveniente de uma população coletada em área de pivô central destinado à produção de alho na região do Distrito Federal, cuja identificação e purificação foi conduzida no Laboratório de Fitopatologia e Nematologia da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas-RS, conforme polimorfismo das bandas esterásticas típicas para o fenótipo E3, correspondente a essa espécie (CARNEIRO; ALMEIDA, 2001b). Para produção do inóculo, ovos e juvenis de 2º estágio (J<sub>2</sub>) de *M. ethiopica* foram extraídos dos sistemas radiculares das plantas de tomate após 60 dias de cultivo inoculadas previamente, em casa de vegetação, segundo a metodologia de Hussey & Barker (1973) modificada por Boneti & Ferraz (1981), cuja suspensão obtida foi recolhida em um béquer para contagem e calibração do inóculo para uso nos experimentos.

Foram estudadas 20 espécies ou cultivares de plantas de cobertura. As plantas estudadas foram aveia-preta cultivar Embrapa 29 (*Avena strigosa*), braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), crambe (*Crambe abyssinica*), *Crotalaria breviflora*, *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* (semente comercial e semente "salva" utilizada por produtores), milho

(*Pennisetum glaucum*) cultivares BRS 1501 e ADR 300, mostarda (*Brassica oleracea*) cultivares Bioactive e Comum, mucuna-cinza (*Mucuna aterrima*), nabo-forageiro (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) cultivar Cati AL 1000, rúcula (*Eruca sativa*) cv. Nemat, sorgo (*Sorghum bicolor*) cultivar BRS Ponta Negra, trigo (*Triticum aestivum*) cultivares Atom, BRS 264 e Duque e trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) cultivar IPR 91 'Baili'. Primeiramente, as plantas de cobertura foram semeadas em bandejas de poliestireno e transplantadas 30 dias após a semeadura para vasos com capacidade de 1,5 litros contendo uma mistura 1:1 de solo e areia autoclavada. As testemunhas resistente e suscetível a *M. ethiopica*, tomate das cultivares 'Rutgers' e 'Nemadoro', respectivamente, foram também transplantadas para vasos com solo esterilizado. Os experimentos foram instalados em casa-de-vegetação no delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições.

Cerca de cinco dias após o transplante das mudas para os vasos, as plantas foram inoculadas com uma suspensão de 5.000 ou 10.000 ovos e eventuais  $J_2$  de *M. ethiopica* (População inicial =  $P_i$ ), distribuindo-se a suspensão previamente obtida (HUSSEY; BARKER, 1973) em torno do colo das plantas. Decorridos 60 dias após a inoculação, a parte aérea das plantas foi retirada, as raízes foram retiradas dos vasos e, em seguida, submergidas em água para a retirada do excesso da mistura de cultivo. Em seguida, foi realizada a avaliação do índice de galhas (IG), determinado por uma escala de 1 a 5 (1 = raiz sem galhas; 2 = raiz com até 10 galhas pequenas; 3 = raiz com até 50 galhas pequenas; 4 = raiz com mais de 50 galhas pequenas e até 10 galhas grandes; e 5 = raiz com mais de 50 galhas pequenas e mais de 10 galhas grandes), de acordo com Charchar et al. (2003). A variável sintomatológica IG foi avaliada para auxiliar na interpretação dos resultados de fator de reprodução (FR).

Ao final da avaliação de IG, as raízes foram processadas para a extração de ovos e outros estádios de desenvolvimento dos nematoides, de acordo com a técnica de Hussey e Barker (1973). Após a extração, foi quantificado o número total de ovos e  $J_2$  (População final =  $P_f$ ) com auxílio de uma câmara de Peters ao microscópio óptico sob aumento de 100x. Baseando-se na relação entre  $P_f$  e  $P_i$ , em número, foi estimado o fator de reprodução do nematoide (FR), considerando-se como resistentes, aqueles genótipos cujo nematoide apresentou  $FR < 1,0$  e  $IG < 2,0$ , imunes os que apresentaram  $FR = 0,0$  e  $IG = 1,0$  e suscetíveis aqueles com valores de  $IG \geq 2,0$  e  $FR \geq 1,0$  (OOSTENBRINK, 1966). A seguir, os valores de IG e FR foram submetidos à ANOVA, e, as médias dos tratamentos agrupadas entre si pelo teste de agrupamento de Scott e Knott.

### 2.3. Resultados e Discussão

De acordo com os resultados observados na Tabela 3, as quatro espécies do gênero *Crotalaria* estudadas ao longo dos quatro experimentos (*Crotalaria breviflora*, *C. juncea*, *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*), formando um grupo separado, apresentaram  $IG \leq 1,17$  nas raízes e  $FR = 0,00$  em ambos experimentos, comportando-se como imune ao nematoide, semelhante à reação da testemunha resistente (tomateiro 'Nemadoro'). Já as plantas da família *Poaceae* estudadas, aveia-preta, braquiária ruziziensis, milheto (cultivares BRS 1501 e ADR 300), sorgo, trigo cultivar Duque e trigo mourisco apresentaram IG entre 1 e 2,67, e valores de FR associados ao nematoide entre 0,04 e 0,72, caracterizando-se como resistentes a *M. ethiopica*, também, independentemente do inóculo. No entanto, embora as cultivares Atom e BRS 264 de trigo tenham se comportado como resistentes no experimento com o menor nível de inóculo, na repetição do estudo com 10.000 espécimes, foram observados valores de FR mais elevados ( $1,4 < FR < 2,98$ ) e IG entre 1 e 1,18, comportando-se como suscetíveis ao nematoide à semelhança dos valores de FR de ambas as cvs. de mostarda testadas ( $3,17 < IG < 3,8$  e  $FR < 7,25$ ), não diferindo estatisticamente do tomateiro suscetível 'Rutgers' ( $P \geq 0,05$ ).

A resistência da crotalária ao nematoide das galhas tem sido observada em vários estudos corroborando, em geral, com os resultados aqui observados (Tabela 3). *C. juncea* já foi previamente relatada como má-hospedeira ou

até mesmo como não-hospedeira (imune) de *M. enterolobii*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. exigua* e, em menor grau, a *M. hapla* (BUI; DESAEGGER, 2022). *C. spectabilis* já foi reportada como resistente a *M. javanica*, *M. incognita* (raças 1, 2, 3 e 4) e *M. exigua* (INOMOTO *et al.*, 2006; SILVA; CARNEIRO, 1992) e, também, como má-hospedeira ou resistente a *M. ethiopica* (LIMA *et al.*, 2009). Rosa *et al.* (2013) avaliando a reação de diversas espécies de crotalária a *M. javanica*, verificou que a *C. ochroleuca* e *C. mucronata* foram suscetíveis ao nematoide; e, as espécies *C. juncea*, *C. spectabilis* e *C. breviflora* comportaram-se como resistentes a *M. javanica*. Da mesma forma, Marla *et al.* (2008) verificou que diferentes populações de *C. juncea* coletadas em diversas partes do mundo, além do Brasil, comportaram-se como resistentes a *M. incognita*. Outros autores, tais como McSorley (1999) também reportaram *C. juncea* como sendo altamente resistente, porém não imune a diferentes espécies de *Meloidogyne*.

**Tabela 3.** Reação de plantas de cobertura a *Meloidogyne ethiopica* em dois níveis de inóculo sob condições controladas (casa-de-vegetação).

Coberturas vegetais	Período junho a setembro 2022 (5000 espécimes de <i>M. ethiopica</i> por planta)			Período dezembro 2022 a fevereiro 2023 (10000 espécimes de <i>M. ethiopica</i> por planta)				Reação <sup>4</sup>
	Índice de Galhas	Fator de Reprodução		Índice de Galhas	Fator de Reprodução			
Aveia preta	1 <sup>ns</sup>	0,04**	c <sup>3</sup>	1**	f <sup>3</sup>	0,16**	g <sup>3</sup>	resistente
Braquiária ruziziensis	1	0	d	1	g	0	h	imune
Crambe	1	0,08	c	-	-	-	-	resistente
<i>C. breviflora</i>	1	0	d	1	g	0	h	imune
<i>C. juncea</i>	1	0	d	1	g	0	h	imune
<i>C. ochroleuca</i>	1	0	d	1	g	0	h	imune
<i>C. spectabilis</i> (semente)	1,17	0,01	d	1	g	0	h	imune
<i>C. spectabilis</i> (salva)	1	0	d	1	g	0	h	imune
Milheto cv. BRS 1501	1	0,37	b	1	e	0,55	f	resistente
Milheto cv. ADR 300	1	0,3	b	1	f	0,72	f	resistente
Mostarda cv. Bioactive	-	-	-	3,8	b	-	-	suscetível
Mostarda cv. Comum	-	-	-	3,17	b	7,25	b	suscetível
Mucuna cinza	1	0,22	b	-	-	-	-	resistente
Nabo forrageiro	2,17	0,62	b	2,17	e	0,57	f	resistente
Rucula cv. Nemat	-	-	-	2	f	0,06	g	resistente
Sorgo	1,5	0,18	b	1	f	0,13	g	resistente
Tomate cv. Nemadoro	1	0	d	1,17	g	0	h	imune
Tomate cv. Rutgers	4,33	4,53	a	5	a	9,89	a	suscetível
Trigo cv. Atom	1,17	0,28	b	1,67	c	2,98	d	suscetível
Trigo cv. BRS 264	1	0,24	b	3	d	1,4	e	suscetível
Trigo cv. Duque	1	0,2	b	1,83	d	0,78	e	resistente
Trigo mourisco	2,67	0,26	b	-	-	-	-	resistente
CV(%) <sup>1</sup>	19,36	32,69		16,04		34,71		

\*\*diferença significativa entre os valores médios por meio do teste F (P<0,01), <sup>ns</sup>diferença não significativa (P<0,05); <sup>1</sup>coeficiente de variação (%) calculado com base nos valores transformados para  $2\sqrt{x}$ ; <sup>3</sup>letras diferentes indicam agrupamentos de médias distintos pelo teste Scott-Knott (P<0,05); <sup>4</sup>reação considerando fator de reprodução (OOSTENBRINK, 1966) igual ou superior a 1,00 como suscetível e menor que 1,00 como resistente.

Nos dois experimentos realizados neste estudo, *Crotalaria juncea*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e *C. breviflora* reagiram como imunes a *M. ethiopica*. No entanto, Lima *et al.* (2009), avaliando a reação de *C. juncea* e *C. ochroleuca* e mucuna-cinza (*Mucuna aterrima*) a *M. ethiopica*, consideraram tais genótipos como moderadamente resistentes, porém, os valores de FR, naquele trabalho (3,71, 2,70 e 1,95, respectivamente), ultrapassaram o limite de 1,0, estipulado como limiar para a caracterização da espécie como suscetível, conforme mencionado no próprio trabalho. De forma semelhante a esse estudo, Rosa *et al.* (2013) também verificou reação distinta de mucuna-cinza a *M. javanica*, observou resistência em um dos experimentos realizados e suscetibilidade ao nematoide em outro, porém ambos realizados com inóculo de 5.000 espécimes.

A resistência da aveia-preta a *M. ethiopica*, observada no presente estudo, também foi verificada por Gabriel *et al.* (2018) em outras cinco cultivares, resultados estes corroborados por Lima *et al.* (2009). Já, em outros estudos, verificou-se reação diferenciada dessa cobertura a outras espécies do nematoide das galhas. Carneiro *et al.* (1998) verificou imunidade da cultura a *M. javanica*. No entanto, para *M. incognita*, os resultados são variáveis. Carneiro *et al.* (2006) verificou reação da aveia preta a *M. incognita* em casa de vegetação. Porém, na mesma condição, Silva (1992), ao testar a reação de dez genótipos de aveia preta à mesma espécie, verificou que, enquanto todos reduziram a densidade populacional da raça 1 de *M. incognita*, seis deles aumentaram os valores da raça 2, nove a da raça 3, e, cinco da raça 4, resultados que indicam variação na reação das aveias pretas conforme o genótipo da planta e a raça do nematoide (BORGES *et al.*, 2009), conforme já observado por Asmus *et al.* (2005) para *M. incognita* e *M. javanica* em outros estudos. No entanto, os autores usaram apenas um nível de inóculo (5.000 ovos + J<sub>2</sub> por planta). Resistência de cultivares de aveia-preta a *M. incognita* já foi verificada em outros trabalhos. Além do mais, por ser adaptada a climas frios, a aveia preta é uma das coberturas vegetais mais utilizadas nos Estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (BORGES *et al.*, 2009).

As cultivares de milho avaliadas no presente estudo ('ADR 300' e 'BRS 1501') apresentaram resistência a *M. ethiopica* e não se observou diferença entre os níveis de resistência apresentados pelas duas cultivares em ambos os experimentos. Asmus *et al.* (2005) relataram a cultivar BRS 1501 de milho como suscetível a *M. incognita* raça 2 e 4. Além disso, Inomoto *et al.* (2008) relataram que essa mesma cultivar é hospedeira moderada a altamente favorável a *M. javanica*. Discordando destes resultados, Gabriel *et al.* (2018) relatou resistência de milho a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. ethiopica* e Santos e Ruano (1987) relataram resistência de milho para *M. incognita* e *M. javanica*. Já, Lima *et al.* (2009) verificou reação moderadamente resistente a *M. ethiopica* para a cultivar de milho ADR 500 usando o menor nível de inóculo testado no referido trabalho.

A resistência do sorgo cv. 'Ponta Negra' a *M. ethiopica* observada nesse estudo, pode ser confirmada em outros resultados, tais como a imunidade observada por Lima *et al.* (2009) para a cultivar Sara a *M. ethiopica*. A imunidade do sorgo cv. 'Sara' foi também observada para *M. javanica* e *M. incognita* em condições de campo (CARNEIRO; CARVALHO; KULCZYNSKI, 1998). Rodriguez-Kábana *et al.* (1991) observou que a rotação de soja com sorgo aumentou a produtividade e foi eficaz no controle de diversos nematoides, entre eles *M. arenaria*. Por outro lado, *M. incognita* já foi relatado parasitando a cultura do sorgo, para a qual se evidenciou uma grande variabilidade entre as cultivares existentes quanto à suscetibilidade (OLIVEIRA; ASMUS, 2018) assim como também para *M. javanica* (ASMUS *et al.*, 2005; BRIDA *et al.*, 2017).

As plantas da família *Brassicaceae* estudadas, nabo-forrageiro, crambe, mostarda (cultivares Bioactive e Comum) e rúcula cultivar Nemat apresentaram resultados contrastantes quanto à resistência a *M. ethiopica*. Mostarda cultivares Bioactive e Comum apresentaram suscetibilidade a *M. ethiopica* independentemente do nível de inóculo, sendo os maiores valores de FR encontrados com o maior nível de inóculo. No entanto, em outro estudo, avaliando-se a

reprodução de *M. javanica* em três cultivares de batata, Schafer (2015) verificou menores valores de FR com os maiores níveis de inóculo. Por outro lado, crambe e Rúcula comportaram-se como resistentes a *M. ethiopica*, embora tenham apresentado galhas em um dos experimentos (verão). A cultivar de rúcula avaliada é descrita como resistente para *M. graminicola* (DALLAVALE *et al.*, 2020). Conforme observações de Curto *et al.* (2016), os autores sumarizaram que a cultivar de rúcula estudada também foi eficaz na redução da população de *M. incognita* no solo.

Embora tenha sido demonstrada a variação na reação das brássicas a *Meloidogyne* spp. em diversos estudos (FOURIE *et al.*, 2016), plantas da família *Brassicaceae* são muito utilizadas como culturas de cobertura para o combate a doenças de solo, pois liberam compostos biologicamente ativos em decorrência da quebra das células, dentre eles, isotiocianatos, nitrilos, epitionitrilos e tiocianatos (DALLAVALE *et al.*, 2020). Quando a liberação desses compostos ocorre, os nematoides são atingidos pelas substâncias voláteis e, desta forma, não são capazes de completar o seu ciclo de vida dentro das raízes dessas plantas ou são mortos durante o estágio j<sub>2</sub> no solo (DALLAVALE *et al.*, 2020).

Além da resistência do trigo-mourisco a *M. ethiopica*, essa cobertura tem sido cultivada devido às suas propriedades nutricionais, nutracêuticas e medicinais (FERREIRA *et al.*, 2023). O Brasil é o sétimo maior produtor mundial, com 66.000 toneladas produzidas em 2018 (FERREIRA *et al.*, 2023). O trigo sarraceno também é valorizado por sua adaptabilidade como cultura de cobertura, em campos de grãos e especialmente em campos altamente infestados por nematoides (FERREIRA *et al.*, 2023). No entanto, em áreas infestadas por *M. incognita* deve-se restringir o seu cultivo em função de sua suscetibilidade a essa espécie do nematoide das galhas (FERREIRA *et al.*, 2023).

A testemunha de resistência (Tomate cv. Nemadoro) apresentou o resultado de resistência esperado, ou seja, Fator de Reprodução (FR) igual a 0,00, assim como ausência completa de galhas. A testemunha de suscetibilidade (Tomate cv. Rutgers) apresentou valores de IG (4,33 a 5,00) também dentro do esperado; porém, os valores de FR obtidos ao longo dos experimentos foram consistentemente inferiores ao esperado considerando-se a reação do Tomate cv. Rutgers ao gênero *Meloidogyne* de uma forma geral. Ainda assim, os valores de FR apresentados pelo Tomate cv. Rutgers confirmaram a suscetibilidade do genótipo, assim como a viabilidade do inóculo e a existência de condições experimentais adequadas à multiplicação do isolado de *M. ethiopica* estudado.

O sistema de cultivo de batata, predominantemente irrigado em pivôs centrais, e com rotações ineficientes, tem levado à acumulação de diversos problemas fitossanitários associados ao solo, o que tem reduzido a produtividade e a qualidade dos tubérculos produzidos, chegando a inviabilizar o cultivo em algumas áreas (ABBA, 2019). A cultura da batata é cultivada em apenas uma parte do ano na maioria das regiões produtoras, exceções ocorrendo para as regiões da Chapada Diamantina (Bahia) e Região Sul do Brasil, que chegam a cultivar o ano inteiro (ABBA, 2019), o que torna possível a utilização de plantas de cobertura em alternância com a cultura da batata, em especial nas épocas chuvosas nas regiões de cultivo mais quentes. Por outro lado, recomendam-se rotações de, pelo menos, três anos para auxiliar no controle de doenças de solo na cultura da batata, sendo que até mesmo cinco anos de rotação podem ser muito pouco para o controle de determinadas doenças (HARRISON; SEARLE; WILLIAMS, 1997). Nesse sentido, diversas das culturas de cobertura avaliadas no presente estudo, tanto com adaptação ao inverno, quanto ao verão, se mostraram como opções para o cultivo em esquemas de sucessão ou rotação com a cultura da batata em áreas infestadas pelo nematoide-das-galhas, *M. ethiopica*, preferindo-se, quando possível, usar genótipos de batata com menor suscetibilidade ao nematoide.

## 2.4. Conclusões

As espécies de *Crotalaria* avaliadas (*C. juncea*, *C. breviflora*, *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*) se mostraram imunes a *M. ethiopica* e aveia-preta, braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), crambe, milho cvs. BRS 1501 e ADR 300, mucuna-cinza, nabo-forrageiro, rúcula cv. Nemat, sorgo cv. Ponta Negra, trigo cv. Duque e trigo-mourisco apresentaram resistência a essa espécie de nematoide das galhas, independentemente do inóculo, podendo ser utilizadas em esquemas de sucessão ou rotação para redução da população de *M. ethiopica* no solo. Por outro lado, a mostarda das cultivares Comum e Bioactive e o trigo das cultivares Atom e BRS 264 apresentaram suscetibilidade e com maiores valores de FR no maior nível de inóculo, não sendo recomendados para esquemas de sucessão ou rotação visando redução da população de *M. ethiopica* no solo.

## Referências

- ABBA. Quem define as variedades de batata no Brasil? **Batata Show**, p. 1–33, 2019.
- AL-REHIAYANI, S.; HAFEZ, S. Host status and green manure effect of selected crops on *Meloidogyne chitwoodi* race 2 and *Pratylenchus neglectus*. **Nematropica**, v. 28, p. 213–230, 1998.
- ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M.; SAZAKI, C. S. S.; FERRAZ, M. A. Reação de algumas culturas de cobertura utilizadas no sistema plantio direto a *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 47–51, 2005.
- BELLÉ, C.; KASPARY, T. E.; SCHMITT, J.; KUHN, P. R. *Meloidogyne ethiopica* and *Meloidogyne arenaria* parasitizing *Oxalis corniculata* in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 11, n. 1, p. 24–26, 2016.
- BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; KUHN, P. R.; CARNEIRO, R. M. D. G.; LIMA-MEDINA, I.; GOMES, C. B. First report of *Meloidogyne ethiopica* parasitizing sugarcane in Brazil. **Plant Disease**, v. 101, n. 4, p. 635–635, 2017.
- BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 553, 1981.
- BORGES, D. C.; ANTEDOMÊNICO, S. R.; SANTOS, V. P.; INOMOTO, M. M. Reação de genótipos de *Avena* spp. a *Meloidogyne incognita* raça 4. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 1, p. 24–28, 2009.
- BORGES, D. C.; MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Reação de aveias a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n. 3, p. 178–181, 2010. Disponível em: <www.sbfito.com.br>.
- BRIDA, A. A. L.; CORREIA, E. C. S. S.; CASTRO, B. M. C.; ZANUNCIO, J. C.; WILCKEN, S. R. S. Oat, wheat, and sorghum genotype reactions to *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*. **Journal of Nematology**, v. 49, n. 4, p. 386–389, 2017.
- BUI, H. X.; DESAEGER, J. A. Host suitability of summer cover crops to *Meloidogyne arenaria*, *M. enterolobii*, *M. incognita* and *M. javanica*. **Nematology**, v. 24, n. 2, p. 171–179, 2022.
- CARNEIRO, R. G.; MORITZ, M. P.; MÔNACO, A. P. do A.; LIMA, A. C. C.; SANTIAGO, D. C. Reação de cultivares de aveia às raças 1 e 3 de *Meloidogyne incognita* e a *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 281–285, 2006.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, v. 25, p. 35–44, 2001.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A.; GIORIA, R. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentão resistentes aos nematoides de galhas no Estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, v. 30, p. 81–86, 2006.

- CARNEIRO, R. M. D. G.; CARVALHO, F. L. C.; KULCZYNSKI, S. M. Seleção de plantas para o controle de *Mesocriconema xenoplax* e *Meloidogyne* spp. através de rotação de culturas. **Nematologia Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 41–48, 1998.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; GOMES, C. B.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M.; MARTINS, I. Primeiro registro de *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968, em plantas de quivi no Brasil e reação em diferentes plantas cultivadas. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 151–158, 2003.
- CHARCHAR, J. M.; GONZAGA, V.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; REIS, N. V. B.; ARAGÃO, F. A. S. Reações de cultivares de tomate à infecção por população mista de *Meloidogyne* incognita raça 1 e *M. javanica* em estufa plástica e campo. **Nematologia Brasileira**, v. 27, p. 49–54, 2003.
- CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; CHIAMOLERA, F. M.; CARMEIS FILHO, A. C. D. A.; SOARES, P. L. M.; LEMOS, L. B.; VENDRAMINI, A. R. Ocorrência de nematoides e produtividade de feijoeiro e milho em função de sistemas de cultivo sob plantio direto. **Nematropica**, v. 45, n. 1, p. 34–42, 2015.
- CURTO, G.; DALLAVALLE, E.; MATTEO, R.; LAZZERI, L. Biofumigant effect of new defatted seed meals against the southern root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. **Annals of Applied Biology**, v. 169, n. 1, p. 17–26, 2016.
- DALLAVALLE, E.; CURTO, G.; SANTI, R.; MATTEO, R.; LAZZERI, L. Host status of plant species with nematicidal activity. **Redia**, v. 103, p. 147–151, 2020.
- FERREIRA, R. J.; SILVA, E. M.; NASCIMENTO, D. D.; SANTOS, L. B.; TRIGO, V. A.; NOGUEIRA, G. P.; VARGAS, P. F.; HARAKAVA, R.; SOARES, P. L. M. First report of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, infecting buckwheat, *Fagopyrum esculentum*, in the state of São Paulo, Brazil. **Plant Disease**, v. 107, n. 2, p. 585–585, 2023.
- FOURIE, H.; AHUJA, P.; LAMMERS, J.; DANEEL, M. Brassicacea-based management strategies as an alternative to combat nematode pests: a synopsis. **Crop Protection**, v. 80, p. 21–41, 2016.
- GABRIEL, M.; KULCZYNSKI, S. M.; BELLÉ, C.; KIRSCH, V. G.; CALDERAN-BISOGNIN, A. Reação de gramíneas forrageiras a *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, v. 48, n. 2, p. 155–163, 2018.
- HARRISON, J. G.; SEARLE, R. J.; WILLIAMS, N. A. Powdery scab disease of potato - A review. **Plant Pathology**, v. 46, n. 1, p. 1–25, 1997.
- HOFFMANN, E. K. **Uso de milheto, sorgo e braquiária como forragem no período seco do ano em integração lavoura e pecuária na região amazônica**. 2016. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2016.
- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v. 57, p. 1025–1028, 1973.
- INOMOTO, M. M.; ANTEDOMÊNICO, S. R.; SANTOS, V. P.; SILVA, R. A.; ALMEIDA, G. C. Avaliação em casa de vegetação do uso de sorgo, milheto e crotalária no manejo de *Meloidogyne javanica*. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 2, p. 125–129, 2008.
- INOMOTO, M. M.; MACHADO, A. C. Z.; ANTEDOMÊNICO, S. R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 341–344, 2007.
- INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; BELUTI, D. B.; MACHADO, A. C. Z. Reação de seis adubos verdes a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia brasileira**, v. 30, n. 1, p. 39–44, 2006.
- KALINOVA, J.; VRCHOTOVA, N.; TRISKA, J. Exudation of allelopathic substances in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 16, p. 6453–6459, 2007.



- LIMA, E. A.; MATTOS, J. K.; MOITA, A. W.; CARNEIRO, R. G.; CARNEIRO, R. M. D. G.; LIMA, E. A.; MATTOS, J. K.; MOITA, A. W. Host status of different crops for *Meloidogyne ethiopica* control. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 152–157, 2009.
- MARLA, S. R.; HUETTEL, R. N.; MOSJIDIS, J. Evaluation of *Crotalaria juncea* populations as hosts and antagonistic crops to manage *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchus reniformis*. **Nematropica**, v. 38, n. 2, p. 155–162, 2008.
- MCSORLEY, R. Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. **Journal of Nematology**, v. 31, n. SUPPL. 4, p. 619–623, 1999.
- MEDINA, I. L. **Levantamento e caracterização do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) e das lesões (*Pratylenchus* spp.) em batata no sul do Brasil e estudo da Patogenicidade em *Solanum* spp.** 2013. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.
- MORITZ, M. P.; SIMÃO, G.; CARNEIRO, R. G. Reação de aveia a *Meloidogyne incognita* raças 1 e 3, e a *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 211–214, 2003.
- NICOLE, L. R. **Plantas de cobertura e qualidade do solo na região dos Tabuleiros Costeiros.** 2017. Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.
- OLIVEIRA, C. S. S.; ASMUS, G. L. Reação de cultivares de sorgo sacarino a *Meloidogyne javanica*, *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus*. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 4, p. 68–73, 2018.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen Landbouwhogeschool**, v. 66, p. 1–46, 1966.
- OPLINGER, E. S.; OELKE, E. A.; BRINKMAN, M. A.; KELLING, K. A. Buckwheat. **Alternative Field Crops Manual**, v. 1, p. 4–6, 2013.
- PAUDEL, R.; WAISEN, P.; WANG, K. H. Exploiting the innate potential of sorghum/sorghum–sudangrass cover crops to improve soil microbial profile that can lead to suppression of plant-parasitic nematodes. **Microorganisms**, v. 9, n. 9, 2021.
- RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; ROBERTSON, D. G.; WEAVER, C. F.; WELLS, L. Rotations of bahiagrass and castorbean with peanut for the management of *Meloidogyne arenaria*. **Journal of Nematology**, v. 23, p. 658–661, 1991.
- ROSA, J. M. O.; WESTERICH, J. N.; WILCKEN, S. R. S. Reprodução de *Meloidogyne javanica* em olerícolas e em plantas utilizadas na adubação verde. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 2, p. 133–141, 2013.
- SANTOS, M. A.; RUANO, O. Reação de plantas usadas como adubos verdes a *Meloidogyne incognita* raça 3 e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 11, p. 184–197, 1987.
- SCHAFER, J. T. **Nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*) na cultura da batata: período de cultivo e dinâmica populacional, qualidade dos tubérculos e alterações histopatológicas em diferentes genótipos.** 2015. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- SILVA, J. F. V. Reação de genótipos de aveia preta (*Avena strigosa* L.) às raças 1, 2, 3 e 4 de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 6–10, 1992.
- SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, R. G. Reação de adubos verdes de verão e de inverno às raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v. 16, p. 11–18, 1992.
- SILVA, R. A.; NUNES, N. A.; SANTOS, T. F. S.; IWANO, F. K. Efeito da rotação e sucessão de culturas no manejo de nematoides da soja em área arenosa. **Nematropica**, v. 48, n. 2, p. 198–206, 2018.
- TERRA LOPES, M. L.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T.; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. P. C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem

de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1499–1506, 2009.

WANG, K.-H. H.; SIPES, B. S.; SCHMITT, D. P. Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. **Nematropica**, v. 32, n. 1, p. 35–57, 2002.

WHITEHEAD, A. G. Taxonomy of Meloidogyne (Nematoda: Heteroderidae) with descriptions of four new species. **Transactions of the Zoological Society of London**, v. 31, p. 263–401, 1968.



### 3. CAPÍTULO 3: DINÂMICA POPULACIONAL DA NEMATOFUNA DURANTE A SUCESSÃO DE CULTURAS E O CULTIVO DE BATATA EM CAMPO NATURALMENTE INFESTADO

#### Resumo

Os fitonematoides representam sérios problemas nas regiões de cultivo de batata. O presente estudo teve como objetivo avaliar a dinâmica populacional da nematofauna após o uso de culturas de cobertura em campo durante um único ciclo de rotação, em uma área comercial de produção de batata na região do Triângulo Mineiro – MG. A área de um pivô central naturalmente infestada com nematoides *Pratylenchus zaeae*, *P. brachyurus*, *Meloidogyne ethiopica*, *M. arenaria* e *Helicotylenchus* sp. teve uma de suas metades dividida em 18 faixas para o cultivo de nove diferentes culturas de cobertura (uma única espécie vegetal ou mix) repetidas em duas faixas, sorteadas no delineamento blocos casualizados, com duas repetições (blocos). As coletas em campo foram realizadas no momento da implantação das culturas de cobertura e no momento final imediatamente antes da roçagem (106 a 108 dias após a semeadura). A seguir houve cultivo de milho em área total no pivô e, em seguida, nas mesmas parcelas, foi efetuado plantio de batata cv. Asterix, procedendo-se a amostragem e coleta de solo para obtenção da população inicial dos nematoides, sendo que, aos 80 dias após o plantio, a área foi novamente amostrada. Todas as culturas de cobertura, assim como os tratamentos com os mix de culturas, proporcionaram redução da população de *Pratylenchus* spp. no solo, em média, 70,51% após um ciclo de cultivo. Para *Meloidogyne* spp., todas as culturas de cobertura, exceto trigo cv. BRS 264, suprimiram, em média, 35,16% do nematoide no solo. Já o cultivo do trigo cv. BRS 264 resultou num incremento do nível populacional de *Meloidogyne* spp. em 137,12%. Avaliando-se o efeito das coberturas sobre *Helicotylenchus* sp., para a maioria dos tratamentos, houve redução populacional do nematoide de 55,29% em média; ao passo que o cultivo de trigo mourisco incrementou em 32,50% os níveis populacionais do nematoide no solo. Já, as densidades populacionais dos nematoides de vida-livre foram incrementadas pelas culturas de cobertura, em média, 480,13%, em que o cultivo crotalária júncea resultou no maior aumento (>1.568,38%); no entanto, após o primeiro ciclo de cultivo com o milho, houve redução das populações de nematoides desse grupo. Com relação aos nematoides fitopatogênicos, o efeito de redução proporcionado pelas culturas de cobertura não persistiu para além do primeiro ciclo de cultivo subsequente (milho), a não ser nos casos do trigo cv. BRS 264 e do mix crotalárias para *Meloidogyne* spp., que demonstraram decréscimo na população durante o cultivo do milho. Porém, esse efeito não persistiu durante o cultivo de batata, havendo aumento dos níveis populacionais do nematoide das galhas, das lesões e de *Helicotylenchus* sp. no solo, independentemente da cultura de cobertura utilizada anteriormente em sucessão, resultando em aumentos de 378,51%, 383,95% e 122,19%, respectivamente. O incremento das populações de nematoides fitopatogênicos ao final de um único ciclo de sucessão demonstra que os esquemas de sucessão propostos não foram efetivos em manter as populações de nematoides fitopatogênicos em níveis aceitáveis no solo, e que aumentos expressivos dessas populações são esperados ao final desses ciclos de sucessão.

Palavras-chave: Rotação de culturas; Manejo cultural; Doenças de solo; *Pratylenchus*; *Meloidogyne*; *Helicotylenchus*.

#### Abstract

Plant-parasitic nematodes cause serious damages in potato-growing regions. The present study evaluated the nematofauna dynamics following the use of cover crops in the field during a single rotation cycle, in a commercial potato production area in the Triângulo Mineiro – MG region. The area of a central pivot naturally infested with the nematodes *Pratylenchus zaeae*, *P. brachyurus*, *Meloidogyne ethiopica*, *M. arenaria* and *Helicotylenchus* sp. had one of its halves divided into 18 parts for the cultivation of nine different cover crops, following a randomized complete-block design, with two replications. Field samplings were carried out at the time of the cover crops seeding and at the final moment sampling before mowing (106 to 108 days after sowing). The potato crop was sampled to obtain the initial nematode population and, then, 80 days after planting. All cover crops, as well as the crop mixes

evaluated, were effective in reducing the population of *Pratylenchus* spp. in the soil, on average, 70.51% after a cultivation cycle of 105 days. For *Meloidogyne* spp., all cover crops, except wheat cv. BRS 264, were able to reduce the nematode population in the soil, on average, 35.16%. Wheat cv. BRS 264 provided an increase in the population of *Meloidogyne* spp. of 137.12%. *Helicotylenchus* sp. was reduced by all cover crops except buckwheat. The reduction in the population of *Helicotylenchus* sp. was on average 55.29% for the nematode-reducing cover crops and the population increase was 32.50% for buckwheat. The population of free-living nematodes was increased by cover crops, on average 480.13%, with the increase value obtained for sunn hemp being superior (1,568.38%). The population of free-living nematodes, however, was reduced to less than the initial values during the first cultivation cycle with the corn crop. Regarding plant-parasitic nematodes, the reduction effect provided by the cover crops did not persist beyond the first subsequent crop cycle (corn), except for wheat cv. BRS 264 and the crotalária mix for *Meloidogyne* spp., which demonstrated a decrease in population during corn cultivation. However, this effect did not persist during potato cultivation, which increased the population of *Meloidogyne* spp. in the soil regardless of the cover crop. At the end of the potato crop, all plant-parasitic nematodes studied had populations higher than the initial population, regardless of the cover crop used. The population increase was, on average, 378.51%, 383.95% and 122.19% for *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. and *Helicotylenchus* sp., respectively. The increase in the plant-parasitic nematode populations at the end of the crop-succession cycle demonstrates that the proposed crop-succession schemes were not effective in maintaining the plant-parasitic nematode populations at acceptable levels in the soil, and that significant increases in these populations are expected at the end of the crop-succession cycles.

Keywords: Crop rotation; Cultural practices; Soil-borne diseases; *Pratylenchus*; *Meloidogyne*; *Helicotylenchus*.

### 3.1. Introdução

Os fitonematoides representam sérios problemas na maioria das regiões de cultivo de batata (ESTEVEZ; MALEITA; ABRANTES, 2015). Entre esses, os nematoides-das-galhas do gênero *Meloidogyne* causam cada vez mais prejuízos devido à sua crescente disseminação nas zonas tropicais e subtropicais (MEDINA, 2013). Em nossas condições pelo menos cinco espécies: *M. javanica*, *M. incognita*, *M. hapla*, *M. arenaria* e *M. ethiopica* já foram detectadas em cultivos de batata, sendo a primeira a mais frequente (LIMA-MEDINA; GOMES; GONZAGA, 2014; SILVA, 2009). *M. ethiopica* é considerada uma das espécies de nematoide de maior importância econômica em todo o mundo, por ser polífago e altamente virulento (LIMA *et al.*, 2009) e já foi relatado causando danos em lavoura de batata no sul do Brasil (MEDINA *et al.*, 2014).

Outro grupo de importância no Brasil é composto pelos nematoides-das-lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.) (ORLANDO *et al.*, 2020). No Brasil, *P. brachyurus*, *P. coffeae*, *P. penetrans* e *P. zeae* são as espécies de maior importância econômica para a cultura, com predominância de *P. brachyurus* sobre as demais, sendo também a espécie mais distribuída pelo País (LIMA-MEDINA; GOMES; GONZAGA, 2014; SILVA, 2009).

Apesar de não ser dada extrema importância aos prejuízos causados por *Helicotylenchus*, este gênero tem apresentado aumento populacional em praticamente todas as áreas destinadas à agricultura (KIRSCH *et al.*, 2016). Em interação com outros nematoides, como por exemplo *P. brachyurus*, *Helicotylenchus* spp. apresenta alto potencial para ocasionar danos em soja (KIRSCH *et al.*, 2016).

Os nematoides são organismos que compõem a microfauna do solo (CARES; HUANG, 2004; GOMES; HUANG; CARES, 2003) e são classificados de acordo com o hábito alimentar não somente como fitoparasitas, mas também como não parasitas de plantas (não-fitopatogênicos), também chamados nematoides-de-vida-livre. Os nematoides-de-vida-livre podem ser bacteriófagos, fungívoros, predadores de outros nematoides e onívoros; e, não

precisam se associar às plantas para sobreviver (BONGERS; BONGERS, 1998). Os fitoparasitas se alojam nas raízes, caules ou folhas das plantas e se alimentam de sua seiva. Os bacteriófagos e fungívoros se alimentam de bactérias e fungos, respectivamente, e estão indiretamente associados à decomposição e mineralização dos nutrientes do solo. Os predadores e onívoros se alimentam de nematoides de outros grupos tróficos e de outros invertebrados do solo (BONGERS, 1990; YEATES *et al.*, 1993). A importância em se avaliar, no solo, a dinâmica da população dos nematoides-de-vida-livre, em adição à avaliação dos nematoides parasitas de plantas, consiste na possibilidade de que esses primeiros atuem na supressão da população dos nematoides fitopatogênicos, agindo como predadores assim como também, importantes na ciclagem de nutrientes e outras funções essenciais do solo (CARES; HUANG, 2004; GOMES; HUANG; CARES, 2003).

Durante a maior parte do século XX, o controle de fitonematoides economicamente importantes baseou-se na aplicação de nematicidas sintéticos (FOURIE *et al.*, 2016). O desafio de controlar os nematoides, no entanto, torna-se mais difícil à medida em que os nematicidas mais tóxicos são progressivamente retirados dos mercados mundiais (FOURIE *et al.*, 2016). Por exemplo, o aldicarbe, o endosulfan e o brometo de metila, que foram utilizados para controlar nematoides e outras doenças de solo em culturas de elevado valor, em particular, já não estão disponíveis para utilização em muitos países e vários outros provavelmente seguirão o mesmo exemplo num futuro próximo (FOURIE *et al.*, 2016).

Por outro lado, a rotação de culturas com plantas más hospedeiras e/ou antagonistas é uma das práticas mais eficientes para o manejo de nematoides fitoparasitas, pois promove a redução das populações desses nematoides e pode ser utilizada como adubação verde (CUNHA *et al.*, 2015). As culturas de cobertura podem reduzir as populações de nematoides parasitas de plantas: a) agindo como uma planta não hospedeira ou má hospedeira; b) produzindo aleloquímicos, que são tóxicos ou inibidores; c) fornecendo um nicho para flora e fauna antagonistas e/ou d) servindo como armadilha para o nematoide, em que ele penetra, mas não completa seu ciclo de vida (WANG; SIPES; SCHMITT, 2002).

Dessa forma, teve-se por objetivos no presente estudo avaliar o uso de culturas de cobertura em campo durante um único ciclo de rotação, em uma área comercial de produção de batata em pivô central na região do Triângulo Mineiro – MG, buscando responder às seguintes questões: 1) quão efetiva poderiam ser as culturas de cobertura em reduzir os altos níveis populacionais de nematoides presentes no solo; 2) por quanto tempo os benefícios proporcionados se estenderiam ao longo de ciclos de culturas suscetíveis, antes que a população inicial de nematoides pudesse se restabelecer; e 3) quão efetivo seriam os esquemas de rotação compreendendo as plantas de cobertura e as culturas de interesse em manter níveis populacionais baixos e aceitáveis de nematoides no solo.

### 3.2. Material e Métodos

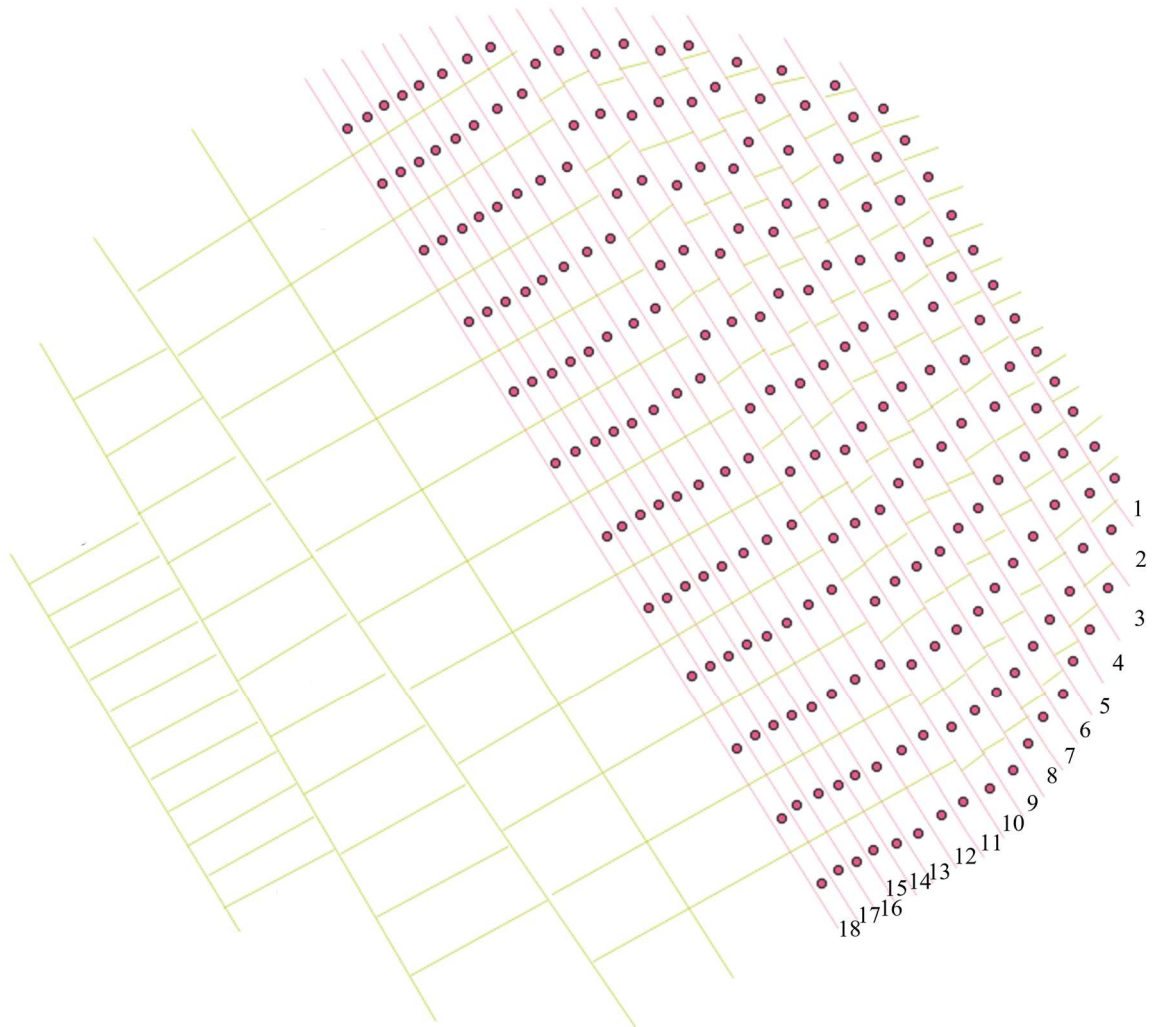
Para condução do presente estudo, utilizou-se uma área de pivô-central de 178,55 ha destinada à produção de batata, no Triângulo Mineiro-MG. O ponto central do pivô está localizado a 47,361570 W e 19,344816 S a uma altitude de 1.070 m. A topografia da região é caracterizada pela predominância de chapadas e a variação altimétrica compreende um intervalo de 760 a 1000 m (HATTORI; NAKAJIMA, 2008). O clima é caracterizado por um período chuvoso (outubro a abril), com precipitações anuais da ordem de 1.705 mm, com temperatura média anual de 19,3° C e umidade relativa média do ar de 75% (HATTORI; NAKAJIMA, 2008).

Até a instalação do experimento, a área do pivô em estudo havia sido cultivada com batata, como cultura principal, em alternância principalmente com a cultura do milho, por um período superior a 20 anos. Os últimos

registros de cultivo da área reportam o plantio de milho para semente na safra de verão 2016/2017, batata na safra de inverno de 2017, milho na safra de verão de 2017/2018, cevada na safra de inverno de 2018, milho na safra de verão 2018/2019, batata na safra de inverno de 2019 e milho consorciado com braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*) na safra de verão 2019/2020.

No ciclo de cultivo de batata realizado no inverno de 2019, uma alta incidência de plantas com sintomas de morte precoce tipicamente relacionados à murcha de verticílio, causada pelo fungo *Verticilium dahliae* foi verificada em cerca de 60% dos tubérculos colhidos, as quais apresentavam lesões profundas na casca, aparentemente relacionadas com nematoides e/ou com sarna pulverulenta (*Spongospora subterranea*). Após a colheita, no mês de janeiro de 2020, por ocasião do cultivo de milho consorciado com capim braquiária (safra de verão 2019-2020), na fase de enchimento de grãos, intensa rebrota de tubérculos remanescentes da cultura de batata da safra de inverno 2019, coletou-se uma amostra de aproximadamente de 3 kg dos tubérculos e dessas plantas para realização de análises fitopatológicas nos laboratórios de fitopatologia, nematologia e virologia da Embrapa Hortaliças, em Brasília-DF. As tentativas de isolamento de patógenos indicaram presença dos nematoides do gênero *Pratylenchus*, assim como estruturas compatíveis (*cistossori* ou *sporeballs*) com *Spongospora subterranea*. Posteriormente, nematoides do gênero *Meloidogyne* foram também observados em avaliações realizadas a partir de amostras de solo do mesmo pivô. Na primeira avaliação realizada na cultura da batata no âmbito do presente estudo, de 15 a 17/06/2021 (45 dias após o plantio), *Rhizoctonia solani* e *Verticilium dahliae* também foram identificados ocorrendo de forma abundante e bem distribuída pela área do pivô. Em continuidade aos estudos de diagnóstico realizados no âmbito da presente pesquisa, as espécies dos nematoides-das-lesões presentes na área foram identificadas por meios morfométricos (GONZAGA, 2006), indicando a presença conjunta de *Pratylenchus brachyurus* e *P. zae* e as espécies de nematoides-das-galhas foram identificadas por meio de eletroforese de isoenzimas (CARNEIRO; ALMEIDA, 2001a), indicando a presença de *Meloidogyne ethiopica* (em proporção superior) e *M. arenaria* (em proporção inferior).

Imediatamente após a colheita do milho consorciado com *U. ruziziensis*, em 20/04/2020, a área do pivô teve uma de suas metades dividida em 18 faixas para o cultivo de nove diferentes culturas de cobertura (Tabela 4) repetidas em duas faixas, sorteadas no delineamento blocos casualizados, com duas repetições (blocos). O comprimento das faixas variou de 635 m a 1.480 m, a largura de 30 m a 50 m e a área de 3,64 ha a 5,87 ha. As culturas de cobertura, compostas por uma (cultura solteira) ou mais espécies de plantas (mix de culturas), foram semeadas nas 18 faixas, cada parcela correspondendo a uma faixa (Figura 1), cada faixa composta por 12 subparcelas variando entre 3.033 e 4.892 m<sup>2</sup>, que corresponderam às subamostragens.



**Figura 1.** Pivô central, dividido em 22 faixas, sendo 18 faixas numeradas correspondentes a nove diferentes culturas de cobertura, no delineamento blocos casualizados com duas repetições.

A posição dos pontos centrais de cada amostra foi definida após a divisão de cada faixa em doze segmentos e posicionamento de um ponto georreferenciado no centro de cada segmento (Figura 1). O georreferenciamento foi realizado em campo por meio de GPS modelo Garmin GPSmap 60CSx com precisão de 3 a 5 m, utilizando-se coordenadas em UTM, sendo as linhas (Figura 1) correspondentes à delimitação entre as faixas semeadas com as diferentes culturas em 30/04/2020. A divisão das faixas foi realizada com uso do software ArcGis v. 3.14, utilizando-se como base a área do pivô georreferenciada com uso do aparelho de GPS acima descrito no formato WGS 84. Os pontos centrais de cada segmento foram então transferidos para um aparelho de GPS Garmin GPSmap 60CSx, utilizado como referência para as sucessivas coletas realizadas em campo.

Os pontos representados na Figura 1 corresponderam aos pontos centrais de cada subamostragem, ao redor dos quais cinco “sub-subamostragens” contendo solo (todas as coletas), solo + raízes (culturas de rotação) e solo + raízes + tubérculos (cultura da batata, quando presentes) foram retiradas e homogeneizadas para constituir uma amostra composta de aproximadamente 2000 g.

As coletas em campo foram planejadas de forma que as culturas de cobertura fossem amostradas no momento da semeadura/implantação (tempo zero, sem a presença de raízes), o que ocorreu de 28 a 30/04/2020, e no momento final, imediatamente antes da roçagem (106 a 108 dias após a semeadura, de 04 a 06/08/2020). A cultura da



batata, instalada em 03 de maio de 2021, foi amostrada para obtenção da população inicial de nematoides, após a realização das operações de preparo de solo (06 a 08/04/2021) e, sendo realizada novamente uma coleta aos 80 dias após o plantio (20 a 22/07/2021).

As coordenadas geográficas dos pontos de coleta foram utilizadas para que os mesmos pontos pudessem ser amostrados nas sucessivas coletas, ou seja, (a) imediatamente antes da semeadura das culturas de cobertura, (b) ao final do ciclo das culturas de cobertura, (c) após o preparo de solo para implantação da cultura da batata e (d) ao final da cultura da batata. Durante a amostragem, realizada antes da implantação das culturas de cobertura (28/04/2020) e antes do plantio da cultura da batata (05/04/2021), foi realizada coleta de solo na faixa de 0 – 10 cm de profundidade com uso de trado do tipo holandês, sendo realizadas 5 subamostragens para constituir cada amostra composta. A amostragem realizada ao final do ciclo das culturas de cobertura consistiu em coleta de solo e raízes e a coleta ao final da cultura da batata (21/07/2021; 86 DAP) consistiu em solo, raízes e tubérculos presentes em cada ponto coletado da mesma forma e nos mesmos locais amostrados, conforme metodologia utilizada nas coletas anteriores.

A partir das amostras de solo coletadas, procedeu-se a extração de nematoides por meio do método da flotação-centrifugação (JENKINS, 1964), tomando-se alíquotas de 250 cm<sup>3</sup> de solo para cada amostra composta. Os nematoides presentes nas raízes e nas cascas dos tubérculos foram extraídos por trituração seguida de flotação e centrifugação (HUSSEY; BARKER, 1973). A suspensão obtida foi utilizada para a identificação dos nematoides fitopatogênicos e de vida livre, com auxílio de uma câmara de contagem visualizada sob aumento de 100x em microscópio óptico. O número de J<sub>2</sub> obtidos por 250 cm<sup>3</sup> de solo foi utilizado para estimar a população de nematoides imediatamente anterior ao plantio da batata e, por fim, a população de nematoides presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo + 10g de raízes foi utilizada para se estimar a população de nematoides ao final (pop final= solo +raízes) da cultura da batata. A casca dos tubérculos foi também amostrada e analisada, sendo obtido o número de J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de casca, que foi posteriormente desconsiderado das análises por apresentar predominantemente resultado igual a zero. Os resultados foram expressos em número de J<sub>2</sub> /250 cm<sup>3</sup> de solo ou número de J<sub>2</sub> /10 g de raízes. Entre duas amostragens consecutivas, foi calculado o percentual de controle, considerando-se o cálculo *Porcentagem de Controle* =  $Ps/Pi \times 100 - 100$ , em que Pi correspondeu à população inicial, e, Ps, à população subsequente. Dessa forma, valores positivos de porcentagem de controle foram resultados do incremento da população e valores negativos foram resultados da redução da população.

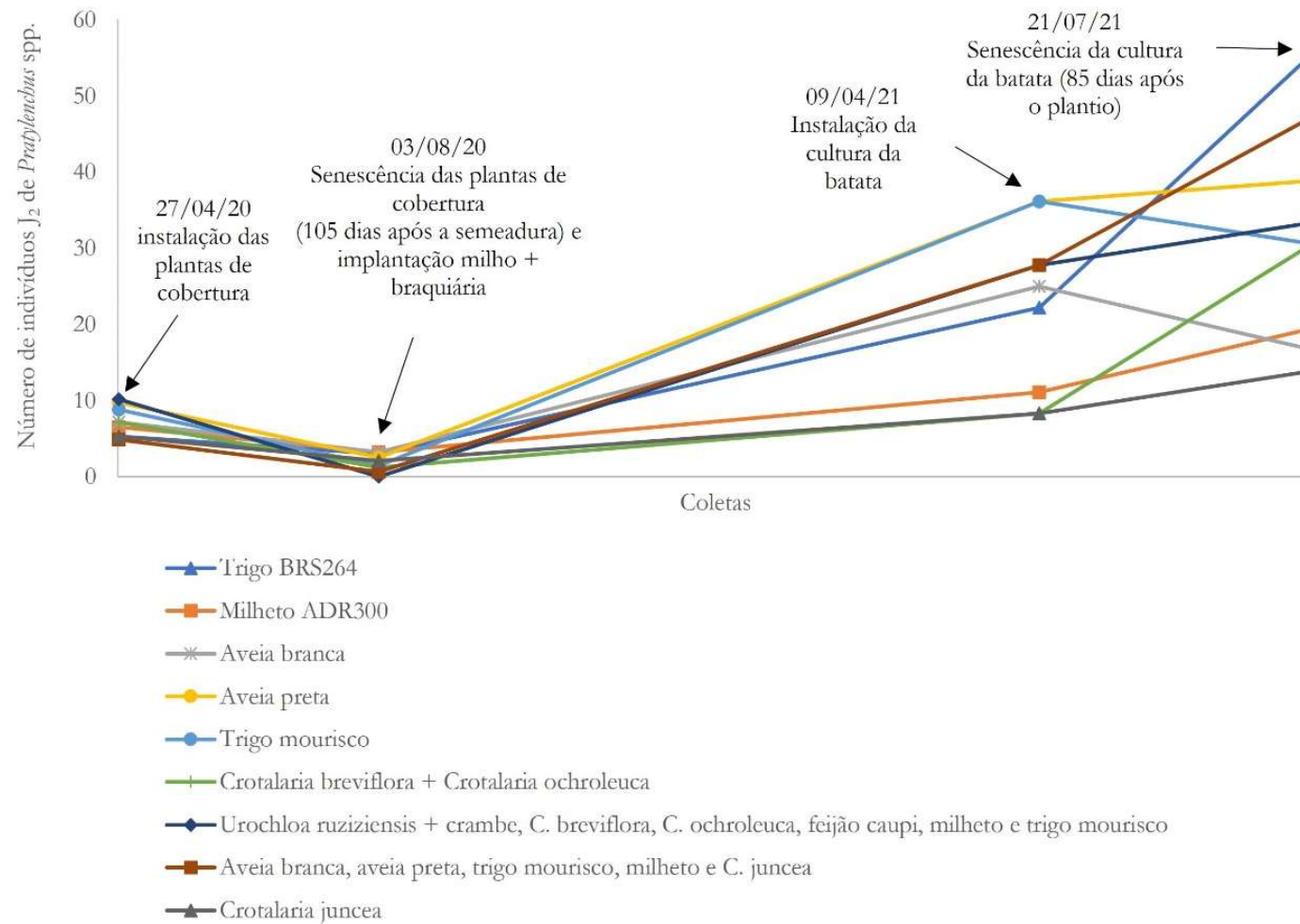
As culturas para rotação foram semeadas em 30 de abril de 2020, sendo realizado um preparo de solo com grade aradora e grade leve com nova passagem de grade leve para cobertura das sementes logo após a semeadura realizada a lanço. Foram estabelecidos nove tratamentos (Tabela 3), T1 – trigo (*Triticum aestivum* cultivar BRS 264), T2 – milho (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300), T3 – aveia branca (*Avena sativa* cv. IPR 126), T4 - aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 29), T5 – trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* cv. Comum), T6 – mix crotalárias (*Crotalaria breviflora* + *C. ochroleuca*), T7 – mix crambe (*Urochloa ruziziensis* + *Crambe abyssinica* + *Crotalaria breviflora* + *C. ochroleuca* + milho cv. ADR 300 + trigo mourisco), T8 – mix aveias (aveia branca, aveia preta, trigo mourisco, milho cv. ADR 300 e *C. juncea*) e T9 – *C. juncea*. As quantidades de sementes puras viáveis utilizadas foram: trigo cv. BRS 264 150 kg ha<sup>-1</sup>, mistura de *C. breviflora* e *C. ochroleuca* 30 kg ha<sup>-1</sup> (15 kg ha<sup>-1</sup> de cada espécie), mistura de sementes correspondente ao T7 40 kg ha<sup>-1</sup>, aveia preta 80 kg ha<sup>-1</sup>, milho 25 kg ha<sup>-1</sup>, aveia branca 100 kg ha<sup>-1</sup>, *C. juncea* 30 kg ha<sup>-1</sup>, trigo mourisco 80 kg ha<sup>-1</sup> e mistura de sementes correspondente ao T8 100 kg ha<sup>-1</sup>. O comprimento das faixas variou de 635 m a 1.480 m, a largura de 30 m a 50 m e a área de 3,64 ha a 5,87 ha.

**Tabela 4.** Culturas de cobertura distribuídas em diferentes faixas de cultivo em pivô central e respectivos pontos de coleta georreferenciados.

Tratamento	Cultura-rotação	Faixa	Identificação do ponto de coleta georreferenciado											
T6	<i>Crotalaria breviflora</i> + <i>C. ochroleuca</i>	1	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
T8	Aveia branca, aveia preta, trigo mourisco, milho e <i>C. juncea</i>	2	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
T1	Trigo BRS 264	3	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24
T2	Milho ADR 300	4	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36
T4	Aveia preta	5	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48
T3	Aveia branca	6	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60
T7	<i>Urochloa ruziziensis</i> + crame, <i>C. breviflora</i> , <i>C. ochroleuca</i> , milho e trigo mourisco	7	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72
T9	<i>C. juncea</i>	8	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84
T5	Trigo mourisco	9	107	106	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96
T8	Aveia branca, aveia preta, trigo mourisco, milho e <i>C. juncea</i>	10	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108
T5	Trigo mourisco	11	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120
T9	<i>C. juncea</i>	12	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132
T3	Aveia branca	13	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144
T2	Milho ADR 300	14	167	166	165	164	163	162	161	160	159	158	157	156
T4	Aveia preta	15	179	178	177	176	175	174	173	172	171	170	169	168
T7	<i>U. ruziziensis</i> + crame, <i>C. breviflora</i> , <i>C. ochroleuca</i> , milho e trigo mourisco	16	191	190	189	188	187	186	185	184	183	182	181	180
T6	<i>Crotalaria breviflora</i> + <i>C. ochroleuca</i>	17	203	202	201	200	199	198	197	196	195	194	193	192
T1	Trigo BRS 264	18	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204

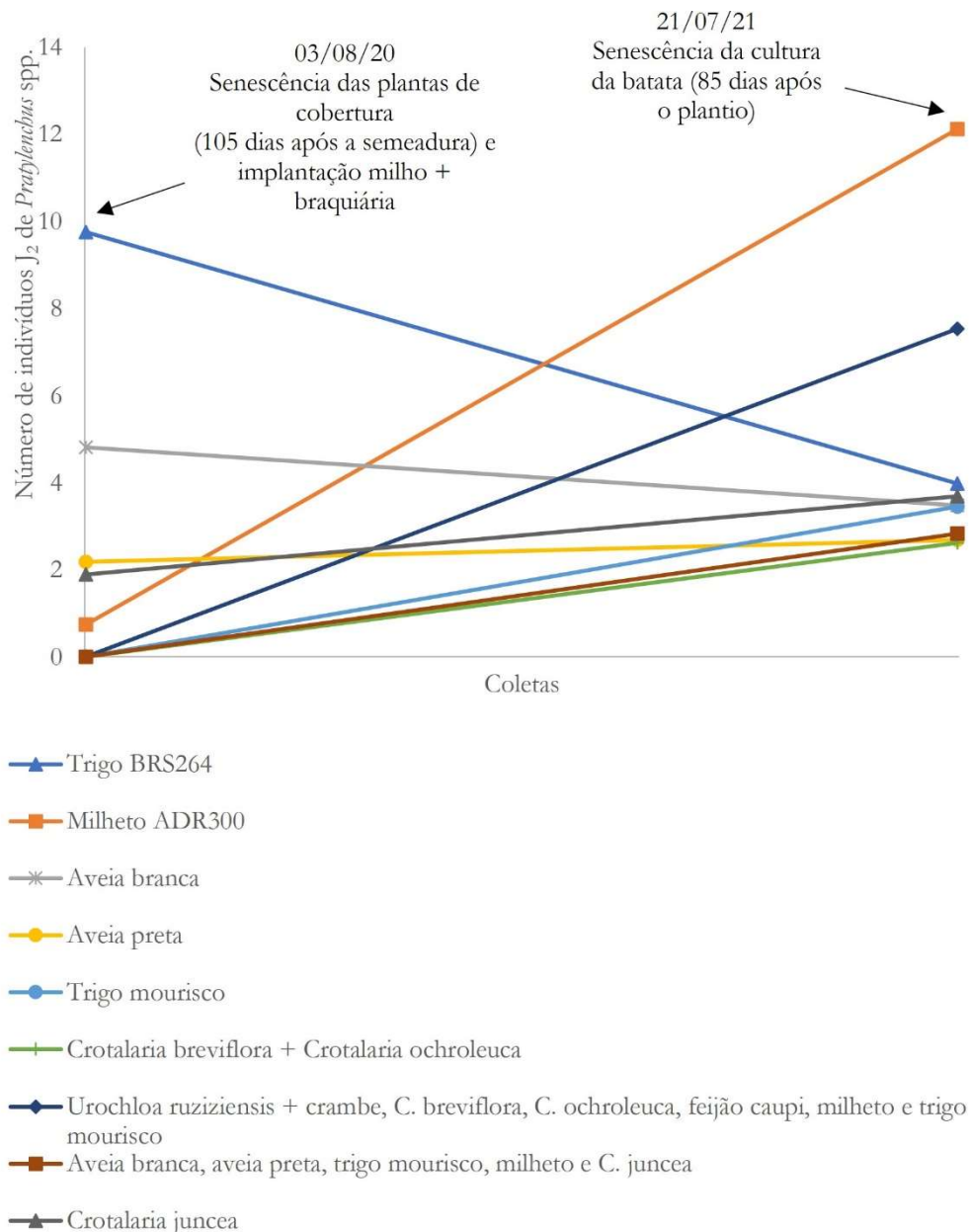
### 3.3. Resultados e Discussão

Todas as culturas de cobertura avaliadas proporcionaram redução na população de *Pratylenchus* spp. no solo 105 dias após a semeadura (Figura 2). Trigo mourisco, mix aveias, mix crambe e mix crotalárias apresentaram valores destacados na redução da população de *Pratylenchus* spp., superiores a 80% de controle (-80% de variação na população no solo). A multiplicação de *Pratylenchus* spp. ocorreu de forma extremamente acentuada durante o cultivo de milho após as culturas de cobertura, e valores da ordem de 1.000% foram observados onde antes havia sido cultivada aveia-preta, trigo-mourisco e mix aveias. Durante o cultivo de batata, houve incremento da população de *Pratylenchus* spp. nas parcelas onde haviam sido cultivadas praticamente todas as culturas de cobertura, com exceção de aveia-branca e trigo-mourisco, que apresentaram decréscimo da população (Figura 2). É possível que essas culturas apresentem algum efeito residual sobre a população de *Pratylenchus* spp. Considerando-se o ciclo completo de rotação planta de cobertura – milho – batata, aumento populacional de *Pratylenchus* spp. ocorreu independentemente da cultura de cobertura utilizada. O maior valor de incremento da população (944,36%), no entanto, foi observado para o trigo e o menor (132,17%) para a aveia (Figura 2).



**Figura 2.** Variação do número de espécimes de *Pratylenchus* spp. no solo durante cultivo de diferentes plantas de cobertura seguido por milho consorciado com braquiária e por batata em amostras de 250 cm<sup>3</sup> de solo

Houve incremento da população de *Pratylenchus* spp. entre a coleta inicial (instalação das plantas de cobertura, em 27/04/2020) e a coleta realizada no momento do plantio da batata (06/04/2021), ou seja, período que compreende o cultivo das plantas de cobertura e de milho (Figura 2). Houve uma diferença acentuada para o número de J<sub>2</sub> presentes nas raízes das plantas de cobertura (Figura 3), sendo que trigo-mourisco, mix aveias, mix crambe e mix crotalárias tenham apresentado valor numérico igual a 0,00 j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes. O número de J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes de batata foi superior a 0,00 independente do tratamento de cultura de cobertura realizado, indicando que a batata cv. Asterix hospedou a população de *Pratylenchus* spp. presente no solo (Figura 3).

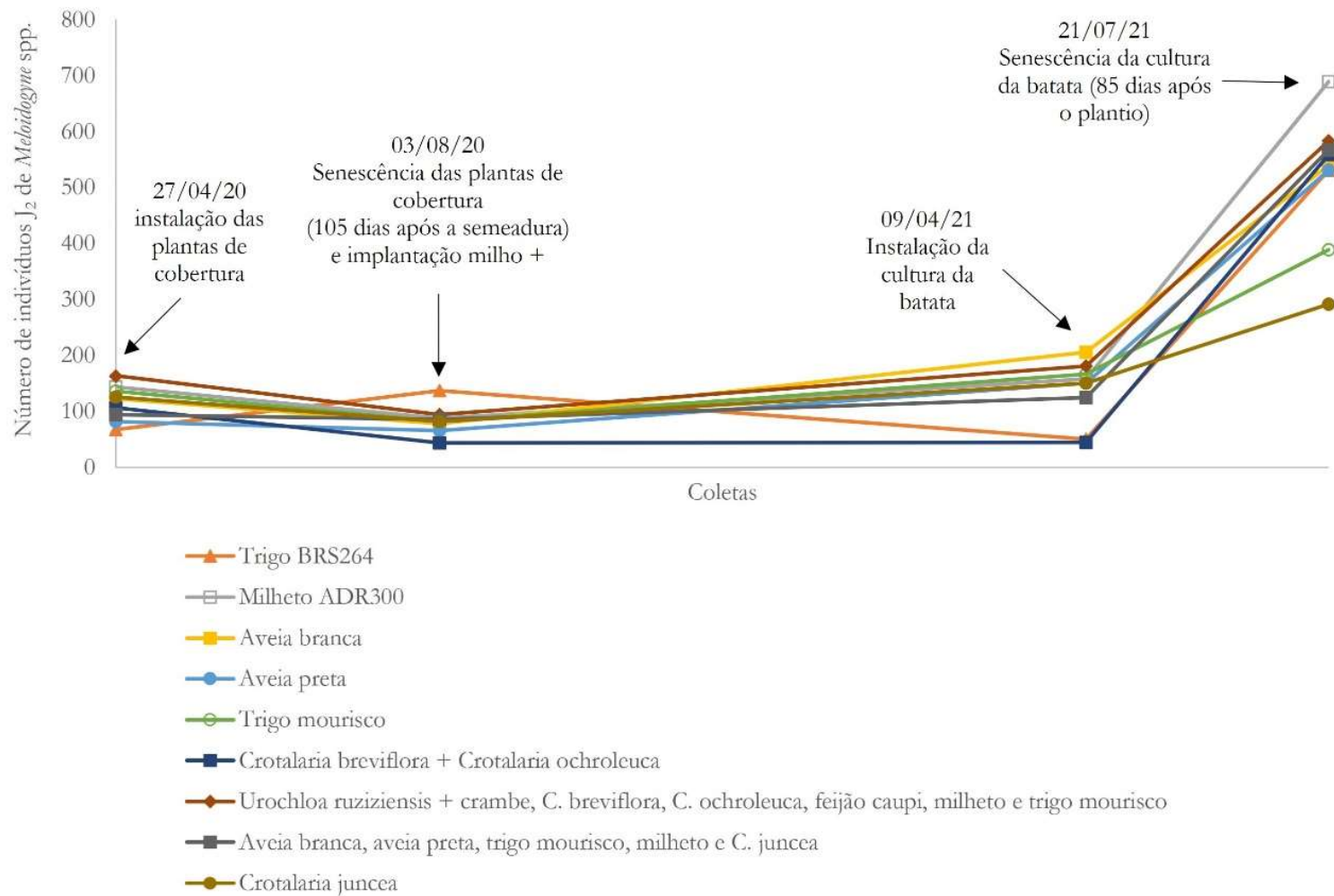


**Figura 3.** Variação do número de juvenis de segundo estágio (j<sub>2</sub>) de *Pratylenchus* spp. em raízes de diferentes plantas de cobertura e em batata cultivada posteriormente (amostras de 10 g de raízes).

A variação, no tempo, da população de *Pratylenchus* spp. no solo indicou tendência de forte aumento da população do nematoide no período entre a semeadura da planta de cobertura e o final do ciclo da batata, com destaque para aveia-preta, trigo e para o mix aveias (Figura 2). As áreas cultivadas com aveia-branca e trigo-mourisco, no entanto, apresentaram uma tendência diferente, de estabilização e decréscimo da população (Figura 2). Crotalária júncea e milho apresentaram, de forma consistente, uma população do nematoide destacadamente inferior às demais culturas ao longo de todo o período (Figura 2). O trigo apresentou um maior número de  $J_2$   $10g^{-1}$  de raízes em relação às demais plantas de cobertura, o que não correspondeu a um número superior nas raízes de batata (Figura 3). Nas raízes da batata, milho correspondeu a um valor superior de  $J_2$   $10g^{-1}$  de raízes em relação às outras culturas de cobertura (Figura 3).

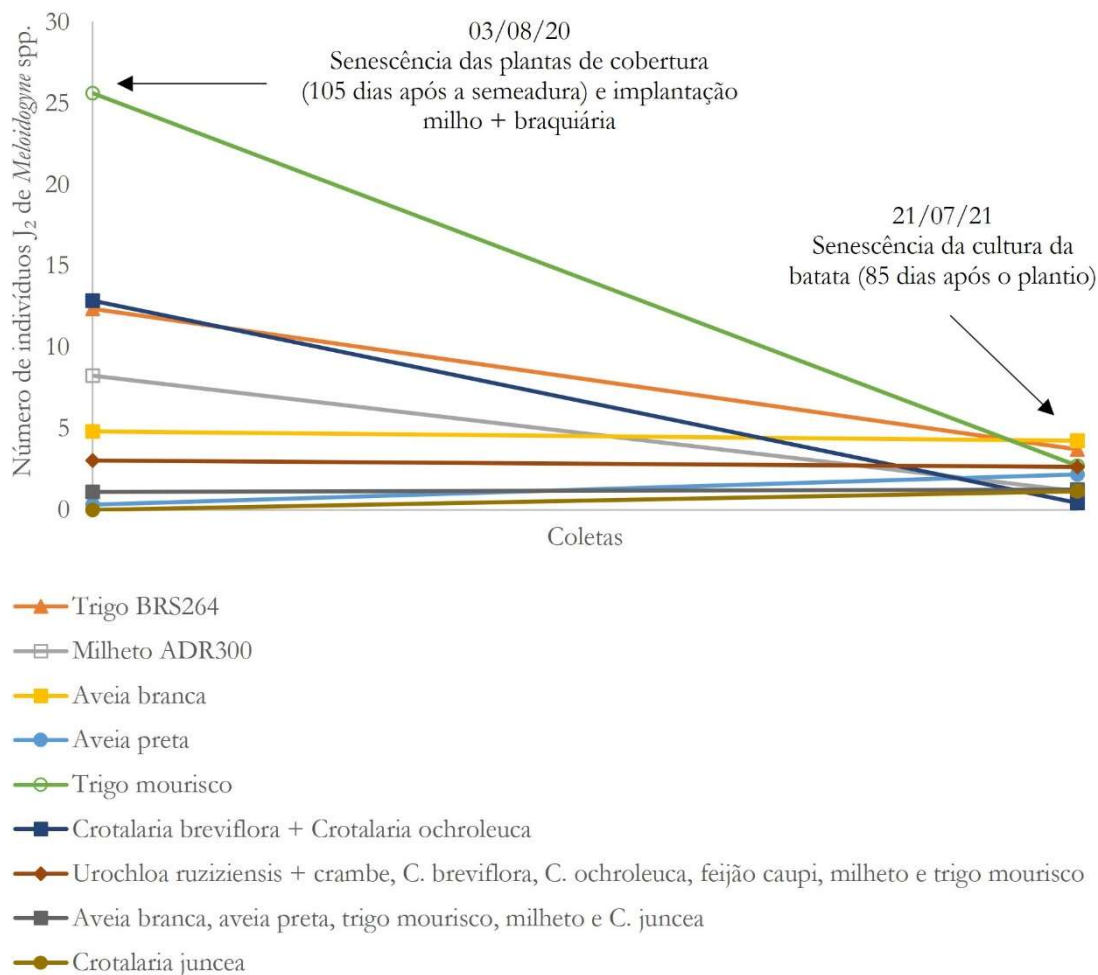
A população de *Meloidogyne* spp. no solo foi reduzida durante o cultivo de todas as plantas de cobertura estudadas, com exceção do trigo, que apresentou incremento de 102,87% no número de  $J_2$   $250\text{ cm}^{-3}$  de solo. No entanto, durante o cultivo seguinte, com a cultura do milho, foi observado aumento da população de *Meloidogyne* spp. para todas as culturas de cobertura, com exceção do trigo, e uma redução muito próxima de zero (estabilidade da população) foi observada para o mix crotalárias (Figura 4). Durante o cultivo de batata, houve incremento da população independentemente da cultura de cobertura cultivada anteriormente (Figura 4). Porém, o cultivo de milho proporcionou incremento superior na população de *Meloidogyne* spp. no solo (Figura 4), com valor extremamente alto (1.325,00%). Considerando-se o ciclo planta de cobertura – milho – batata, houve aumento na população de *Meloidogyne* spp. no solo independentemente da cultura inicialmente utilizada como cobertura. Porém, crotalária júncea e trigo mourisco chamaram a atenção por serem destacadamente inferiores em relação às demais culturas.

A variação, no tempo, da população de *Meloidogyne* spp. no solo (Figura 4) indicou tendência de forte aumento na população do nematoide no período entre a semeadura da planta de cobertura e o final do ciclo da batata. No entanto, essa tendência foi menos acentuada para as áreas que receberam crotalária júncea como cultura de cobertura (Figura 4). O cultivo do mix crotalárias (*C. breviflora* + *C. ochroleuca*) correspondeu a uma população mais baixa do nematoide no solo ao longo do tempo até o cultivo da batata, a partir de quando houve um incremento abrupto da população do nematoide (Figura 4). Crotalária júncea e trigo mourisco apresentaram, ao final do cultivo da batata, nível populacional de *Meloidogyne* spp. no solo inferior em relação às demais culturas de cobertura, enquanto milho apresentou nível superior às demais culturas (Figura 4).



**Figura 4.** Variação do número de juvenis de segundo estágio ( $J_2$ ) de *Meloidogyne* spp. no solo durante cultivo de diferentes plantas de cobertura seguido por milho consorciado com braquiária e por batata em amostras de 250 cm<sup>3</sup> de solo.

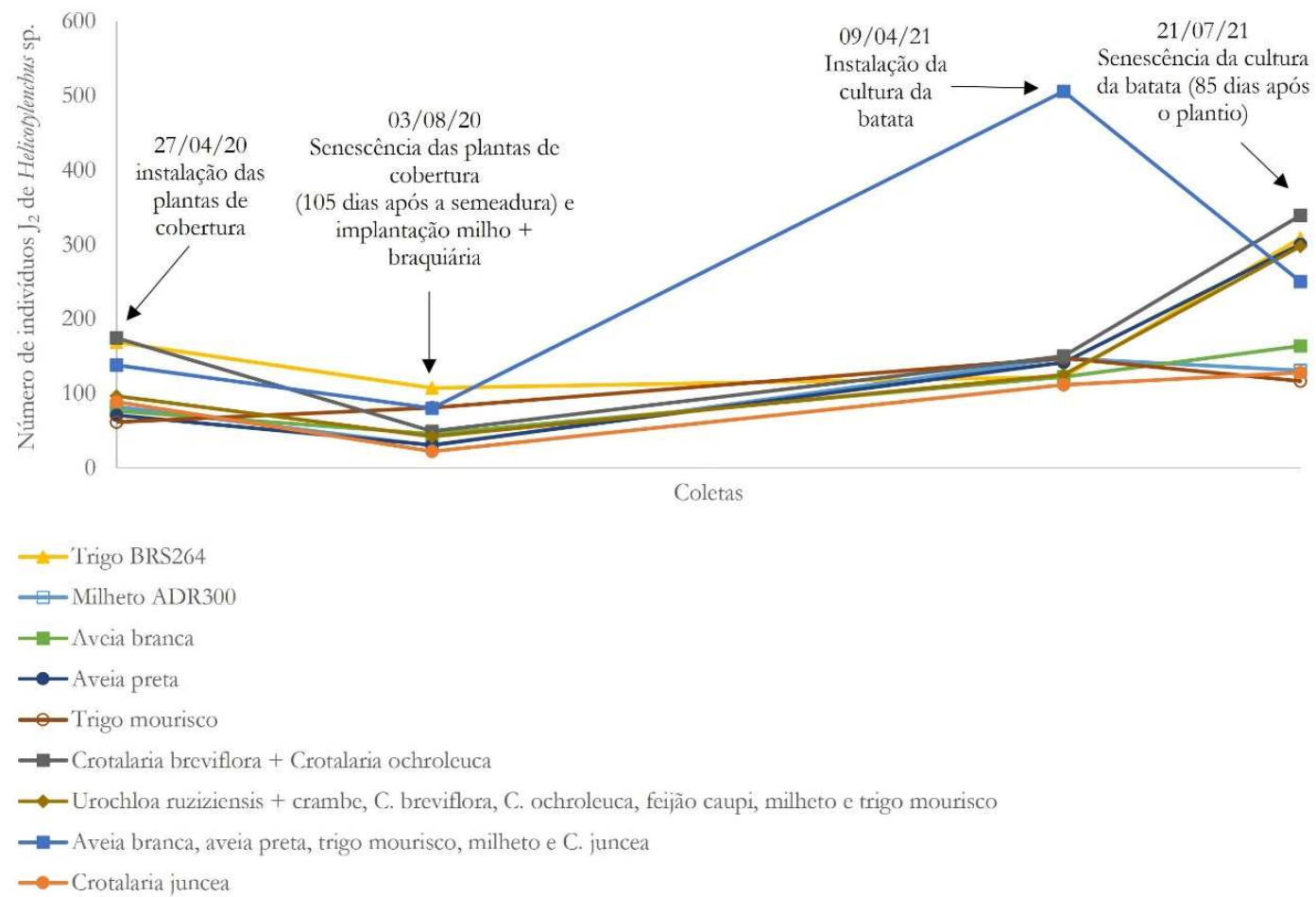
Crotalaria júncea apresentou número equivalente a  $0,00 J_2 10g^{-1}$  de raízes, indicando resistência à população de *Meloidogyne* spp. presente na área (Figura 5). Também, o número de  $J_2 10g^{-1}$  de raízes de batata não sofreu influência da cultura de cobertura utilizada.



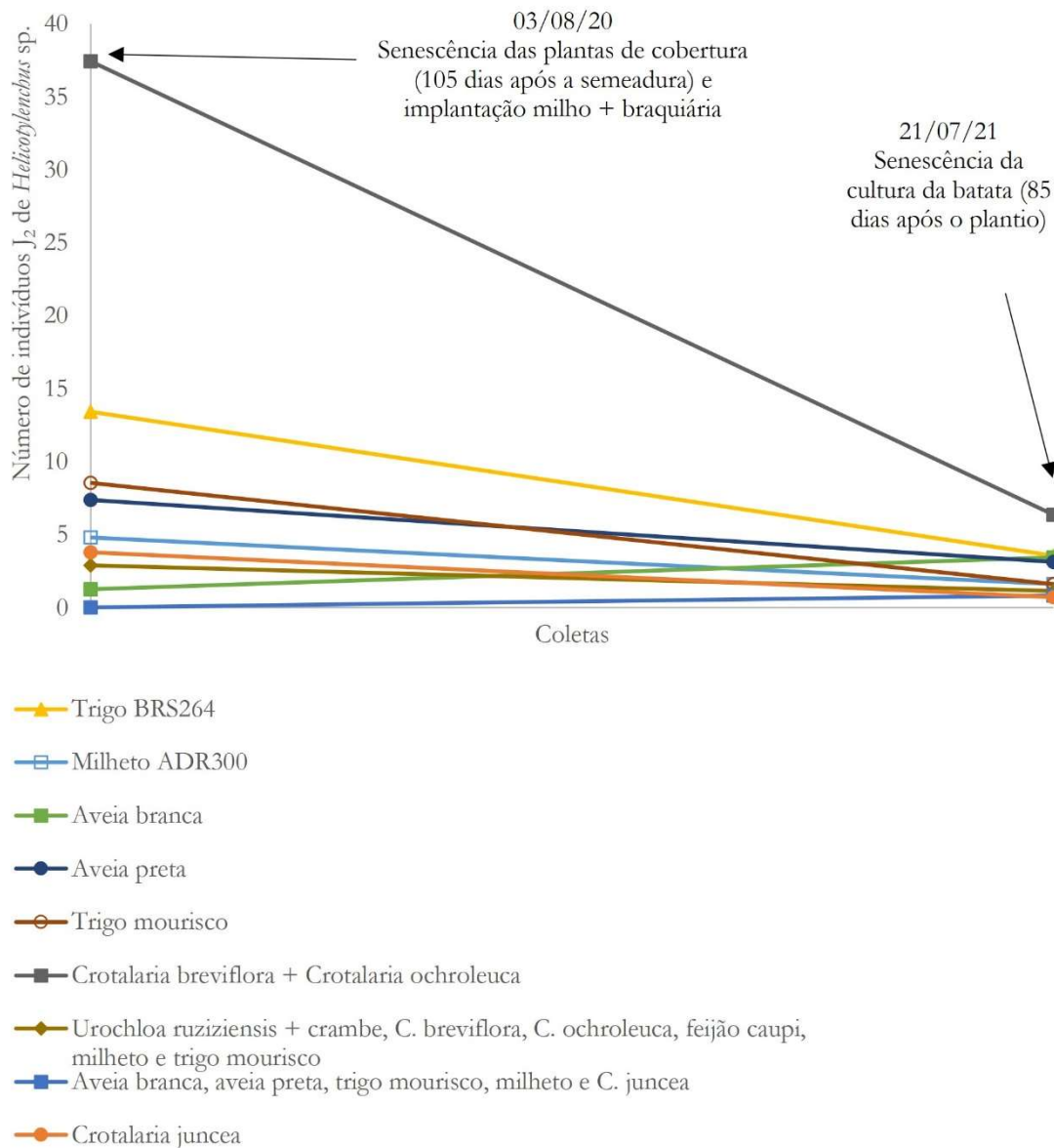
**Figura 5.** Variação do número de juvenis de segundo estágio ( $J_2$ ) de *Meloidogyne* spp. em raízes de diferentes plantas de cobertura e em batata cultivada posteriormente (amostras de 10 g de raízes).

A população de *Helicotylenchus* sp. no solo foi reduzida por todas as plantas de cobertura, com exceção do trigo mourisco, que apresentou valor positivo e superior às demais plantas de cobertura com relação à variação da população de  $J_2$  no solo (Figura 6). Ao final do cultivo das plantas de cobertura, trigo, trigo mourisco, e mix aveias apresentaram números de  $J_2$  por volume de solo superiores às demais culturas. Ao final do cultivo do milho, as parcelas onde antes havia sido cultivado o mix aveias apresentaram o maior número de  $J_2$  de *Helicotylenchus* sp. por volume de solo (Figura 6); porém, esses maiores valores não resultaram em população significativamente superior de *Helicotylenchus* sp. ao final da cultura da batata (Figura 7). Considerando-se o ciclo cultura de cobertura – milho – batata, a população de *Helicotylenchus* sp. no solo aumentou de forma equivalente independente da cultura de cobertura utilizada (Figura 6).





**Figura 6.** Variação do número de juvenis de segundo estágio ( $J_2$ ) de *Helicotylenchus* sp. no solo durante cultivo de diferentes plantas de cobertura seguido por milho consorciado com braquiária e por batata em amostras de 250 cm<sup>3</sup> de solo



**Figura 7.** Variação do número de juvenis de segundo estágio ( $J_2$ ) de *Helicotylenchus* sp. em raízes de diferentes plantas de cobertura e em batata cultivada posteriormente (amostras de 10 g de raízes).

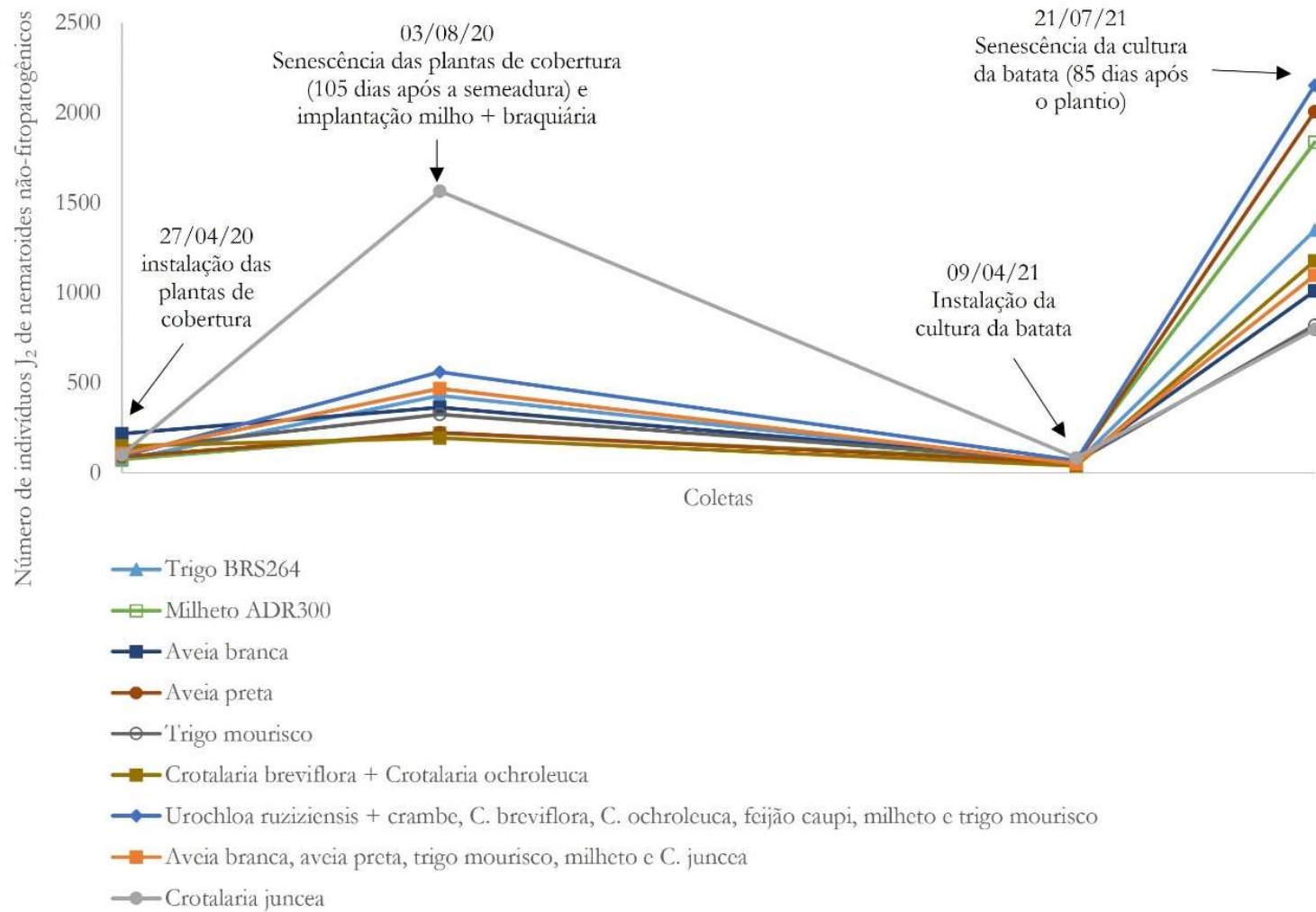
Trigo e mix crotalárias foram as plantas de cobertura que apresentaram maior número de  $J_2$   $10g^{-1}$  de raízes. Porém, esse maior número de indivíduos na raiz não se reverteu em um aumento da população de *Helicotylenchus* sp. durante o ciclo plantas de cobertura – milho, o que ocorreu acentuadamente apenas nas áreas cultivadas com o mix aveias (Figura 6). O número de  $J_2$   $10g^{-1}$  raízes foi menor na batata em relação às raízes coletadas durante o cultivo do mix crotalárias.

A variação no tempo da população de *Helicotylenchus* sp. no solo (Figura 6) indicou tendência de forte aumento da população do nematoide no período entre a sementeira da planta de cobertura e o final do ciclo da batata para a maioria das culturas de cobertura. No entanto, a tendência foi de diminuição da população, ao final do ciclo da batata, para o mix aveias e para o trigo mourisco (Figura 6). As áreas onde antes havia sido cultivado o mix aveias apresentaram um incremento abrupto da população de *Helicotylenchus* sp. ao final da cultura do milho (Figura 6), seguido por uma redução, também abrupta, durante o cultivo da batata (Figura 6). Ao final do ciclo da batata, mix crotalárias,

trigo, aveia-preta, mix crambe e mix aveias apresentaram população visualmente superior do nematoide em relação às demais culturas (Figura 6).

O número de J<sub>2</sub> de *Helicotylenchus* spp. 10g<sup>-1</sup> raízes foi inferior na batata em relação a praticamente todas as plantas de cobertura, com exceção da aveia e do mix aveias, que haviam apresentado os menores números de J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> raízes durante o cultivo das plantas de cobertura (Figura 7). A redução, observada nas raízes da batata, ocorreu de forma muito acentuada para o trigo e, principalmente, para o mix crotalárias, os quais haviam apresentado os maiores números de J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> raízes durante o cultivo das plantas de cobertura (Figura 7).

O número de nematoides não-fitopatogênicos (nematoides de vida-livre) sofreu aumento no solo em decorrência do cultivo de todas as culturas utilizadas como planta de cobertura (Figura 8). Crotalaria júncea proporcionou uma taxa de incremento, assim como uma população, ressaltadamente superior de nematoides de vida-livre no solo ao final do cultivo das plantas de cobertura (Figura 8). Durante o cultivo do milho, a população de nematoides de vida-livre sofreu redução independentemente da cultura de cobertura utilizada; porém, os maiores valores tanto em relação à população final quanto em relação à redução da população ocorreram para crotalaria júncea. A população de nematoides de vida-livre sofreu expressivo incremento durante o cultivo da batata, da ordem de 1.000%, e as maiores populações foram observadas nas áreas onde antes havia sido cultivada aveia preta, milheto e mix crambe (Figura 8). Considerando-se o ciclo planta de cobertura – milho – batata, aumento expressivo na população de nematoides de vida-livre ocorreu para todos os tratamentos principalmente para as parcelas em que houve o cultivo de aveia preta, milheto e mix crambe (Figura 8).



**Figura 8.** Variação do número de nematoides de vida livre no solo durante cultivo de diferentes plantas de cobertura seguido por milho consorciado com braquiária e por batata em amostras de 250 cm<sup>3</sup> de solo.

A variação da população de nematoides de vida-livre no solo ao longo do tempo apresentou tendência bastante similar entre todas as plantas de cobertura, ilustrando bem a redução ocorrida durante o cultivo do milho (Figura 8). Porém, a tendência observada ao longo do tempo nas parcelas com crotalária júncea se diferenciou das demais plantas de cobertura, em razão do aumento muito destacado na população desses nematoides ocorrido durante o cultivo da planta de cobertura. Apesar do incremento ocorrido durante o cultivo da batata, a população de nematoides de vida-livre no solo ao final do ciclo de cultivo não atingiu os altos valores obtidos durante o cultivo da planta de cobertura (Figura 8).

Entre as plantas de importância econômica, o milho é a principal espécie utilizada em sucessão e/ou rotação de culturas. Além de gerar renda para a manutenção dos custos da propriedade, tem como objetivo a redução do nível populacional do nematoide de cisto (*Heterodera glycines* Ichinoe) e do nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira). Porém, esta estratégia de manejo possibilita o aumento populacional de *Pratylenchus* (CUNHA *et al.*, 2015). Apenas uma fração do material genético comercial atualmente disponível já foi avaliada quanto à multiplicação de *Pratylenchus* e, em geral, os híbridos mais produtivos multiplicam esse nematoide (CUNHA *et al.*, 2015).

A capacidade de multiplicar *P. brachyurus* por diferentes espécies vegetais tem sido extensivamente estudada em casa de vegetação (DEBIASI *et al.*, 2016), e os trabalhos indicam que *Crotalaria spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca* são espécies redutoras da população de *P. brachyurus*, com fatores de reprodução iguais ou próximos de zero. O mix crotalárias estudado no presente trabalho, composto pelas espécies *C. breviflora* e *C. ochroleuca* confirma este resultado, apresentando redução expressiva no número de J<sub>2</sub> de *Pratylenchus* spp. no solo (redução de 82,45% na população) (Figura 2), assim como a total ausência desse nematoide nas raízes dessas plantas de cobertura (Figura 3). Alguns produtores utilizam a rotação de culturas com leguminosas em áreas tradicionalmente cultivadas com cana-de-açúcar, porque as leguminosas aumentam os teores de nutrientes no solo. *C. juncea* é a espécie mais utilizada nessas rotações devido ao seu alto rendimento (SANTANA-GOMES *et al.*, 2019). O sistema de rotação cana-crotalária-cana utilizado em solo naturalmente infestado com uma mistura de *P. zaeae* e *P. brachyurus*, no município de Goianésia-GO, reduziu as populações de nematoides em aproximadamente 48% e manteve essas populações em níveis relativamente mais baixos por mais tempo - aproximadamente 4 meses – em comparação com outros sistemas avaliados (SANTANA-GOMES *et al.*, 2019). As densidades populacionais de *P. coffeae* na cultura do chá foram suprimidas pela crotalária (WANG; SIPES; SCHMITT, 2002). No entanto, *P. zaeae* pode penetrar nas raízes de *C. breviflora*, *C. spectabilis*, *C. retusa* e *C. juncea*, e *P. brachyurus* pode penetrar nas raízes de *C. juncea* e *C. spectabilis* a uma taxa menor do que em *Sorghum bicolor*, padrão de suscetibilidade para *Pratylenchus* (WANG; SIPES; SCHMITT, 2002). Rosa *et al.* (2004) descobriram que o cultivo de *C. juncea* aumentou as populações de *P. zaeae* e Silva *et al.* (1989) observaram que *P. zaeae* se multiplicou em *C. breviflora*. Diferentes níveis de suscetibilidades a *Pratylenchus* e *Helicotylenchus* spp. também foram observados entre as espécies de crotalária.

Aveia-preta (*Avena strigosa*) e trigo (*Triticum aestivum*) também são considerados hospedeiros desfavoráveis (fator de reprodução – FR <1) de *Pratylenchus* (DEBIASI *et al.*, 2016). No presente estudo, aveia-preta e trigo também reduziram a população de *Pratylenchus* spp. no solo, em 73,77 e 43,05%, respectivamente (Figura 2). Em um experimento realizado por Debiasi *et al.* (2016), as menores populações de *P. brachyurus* foram observadas nos tratamentos *C. spectabilis*, alqueive mecânico, *C. ochroleuca*, *C. juncea*, pousio e *C. spectabilis* + milho, com redução de aproximadamente 75% em relação à testemunha, que consistiu em aplicação de nematicida químico. No presente estudo, além do mix crotalárias ter apresentado efeito redutor de *Pratylenchus* spp. no solo (redução de 82,45%, Figura 2), também, *C. juncea* em cultivo solteiro reduziu a população deste nematoide, em mais de 60% (Figura 2). O principal mecanismo envolvido na supressão dos nematoides pelas crotalárias é a capacidade que estas plantas apresentam de

atuar como armadilhas, ou seja, de permitir a penetração nas suas raízes, nas fases juvenis, e de impedir o desenvolvimento subsequente do nematoide (DEBIASI *et al.*, 2016). Além desse mecanismo, as plantas de crotalária acumulam metabólitos secundários com ação nematocida nas raízes, parte aérea e sementes, como o alcaloide pirrolizidínico denominado monocrotalina (DEBIASI *et al.*, 2016). Além disso, a baixa relação C:N das crotalárias possibilita a rápida decomposição da fitomassa, o que acelera a proliferação de microorganismos nematófagos (ARAUJO *et al.*, 2023). Efeitos antagônicos das crotalárias foram demonstrados por Wang *et al.* (2002), no qual se verificou que essas plantas impedem a multiplicação de juvenis, sugerindo que esse fenômeno pode estar relacionado ao metabólito secundário monocrotalina, presente nas crotalárias (SILVA *et al.*, 2018).

Trabalhos realizados em casa de vegetação mostraram que alguns genótipos de milho apresentam baixos valores de fator de reprodução (FR) para *P. brachyurus* (DEBIASI *et al.*, 2016; INOMOTO, 2011; INOMOTO; ASMUS, 2010; MACHADO *et al.*, 2007). Os resultados obtidos no estudo realizado por Debiasi *et al.* (2016) mostraram que milho cultivar ADR 300 não foi eficiente para reduzir a densidade populacional de *P. brachyurus*, em comparação ao controle químico, observação também corroborada por Costa *et al.* (2014). No trabalho de Silva *et al.* (2018), as parcelas onde o milho (cv. ADR 300) foi instalado após a soja e o milho, a densidade populacional do nematoide no solo foi bem superior aos tratamentos que receberam braquiária depois da soja e milho, apesar de não ter sido observada diferença estatística. No presente estudo, o cultivo de milho cv. ADR 300 reduziu a população de *Pratylenchus* spp. no solo a menos de 50% da população inicial (Figura 2), demonstrando ser uma cultura de cobertura recomendável para a redução da população de *Pratylenchus* spp. presente na área estudada.

O manejo do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.), seja por meio da rotação de culturas ou outras estratégias de manejo, é desafiador devido à sua alta taxa de fecundidade chegando, por exemplo, de 292 a 845 ovos por fêmea, o que proporciona uma capacidade de recuperar e estabelecer altos níveis populacionais rapidamente assim que uma planta hospedeira favorável é inserida no sistema de produção (MCSORLEY, 2011). A agressividade em genótipos suscetíveis aliada à presença de condições favoráveis ao patógeno durante boa parte do ano em clima tropical faz como que um único juvenil de segundo estágio de *M. javanica* 250 cm<sup>-3</sup> de solo, no plantio, seja suficiente para causar danos às culturas suscetíveis (SANTO; O'BANNON, 1981). O aumento dos nematoides-das-galhas para níveis prejudiciais foi particularmente grave quando duas culturas hospedeiras foram cultivadas em sucessão no mesmo ano (MCSORLEY, 2011). O rápido acúmulo foi observado mesmo em culturas hortaliças que tinham apenas 2-2,5 meses de duração. Os níveis de nematoides após algumas culturas de rotação efetiva recuperaram para níveis semelhantes aos da rotação com soja suscetível (MCSORLEY, 2011). No presente estudo, este efeito de incremento rápido da população de *Meloidogyne* spp. foi claramente ilustrado durante o cultivo do milho seguido por batata (Figura 4), duas culturas que se mostraram suscetíveis à população de *Meloidogyne* spp. presente na área estudada. Apesar da redução da população observada durante o cultivo da maioria das culturas de cobertura, de até 59,12% da população de *Meloidogyne* spp. no solo, o aumento da população do nematoide chegou a 164,28% durante o cultivo do milho e 1.325,00% durante o cultivo da batata (Figura 4). Diversos estudos demonstraram que *Crotalaria* suprimiu *Meloidogyne* spp. mais efetivamente que nematicidas químicos, porque a cultura-de-cobertura continuou a suprimir o desenvolvimento da população do nematoide após uma cultura hospedeira ser plantada (WANG; SIPES; SCHMITT, 2002) Este efeito persistente, no entanto, não foi observado no presente estudo para *C. juncea*, dado o aumento observado na população do nematoide, de 82,68% durante o cultivo do milho. Por outro lado, o incremento populacional ocorrido durante o cultivo de milho antecedido pelo mix crotalárias, de apenas 2,33%, pode ter sido influenciado pelo efeito residual mencionado por Wang *et al.* (2002). Durante o cultivo da batata, no entanto, o incremento da população de *Meloidogyne*

spp. nas áreas onde antes havia sido cultivado o mix crotalárias foi extremamente alto, de 1.325,00%, o que indica o enfraquecimento ou extinção do efeito residual supostamente observado durante o cultivo do milho.

Inúmeras pesquisas utilizando plantas do gênero *Crotalaria* para controle de *Meloidogyne* spp. foram publicadas (SILVA, 2009). *C. juncea* já foi previamente relatada como mal-hospedeira ou até mesmo como não-hospedeira a *M. enterolobii*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. exigua* e, em menor grau, a *M. hapla* (BUI; DESAEGER, 2022). *C. spectabilis* já foi reportada como resistente a *M. javanica*, *M. incognita* (raças 1, 2, 3 e 4) e *M. exigua* (INOMOTO *et al.*, 2006; SILVA; FERRAZ; SANTOS, 1990; SILVA; CARNEIRO, 1992). *C. juncea*, assim como o mix crotalárias (*C. ochroleuca* + *C. breviflora*) estudados no presente trabalho reduziram a população de *Meloidogyne* spp. no solo, em 34,67% e 59,12%, respectivamente.

No estudo realizado por Claudius-Cole *et al.* (2015), as populações de *Scutellonema*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* e *Aphelenchoides* aumentaram sob o cultivo de *C. juncea* e *C. ochroleuca*, enquanto foi observada uma redução na população de outros nematoides, especialmente *Meloidogyne*. Os autores recomendaram não utilizar espécies de *Crotalaria* como culturas de cobertura para reduzir a população de *Pratylenchus* ou *Scutellonema* (CLAUDIUS-COLE; FAWOLE; ASIEDU, 2015). Silva *et al.* (2022) atribuiu a alta população de *Helicotylenchus* spp. nas raízes de soja cultivada após rotação com *C. ochroleuca* ao favorecimento desta espécie de cultura de cobertura à multiplicação do nematoide. De forma semelhante, Claudius-Cole *et al.* (2015) observou alta reprodução de *Helicotylenchus* spp. em esquemas de rotação com a presença de *C. ochroleuca*. Corroborando com tais dados presentes na literatura, diversas espécies de *Crotalaria*, incluindo *C. juncea*, foram consideradas boas hospedeiras de *Helicotylenchus* spp. por Bui e Desaegeer (2022). Contrastando com essas informações, no presente estudo, tanto *C. juncea* quanto o consórcio entre *C. ochroleuca* e *C. breviflora* reduziram a população de *Helicotylenchus* sp. no solo em mais de 70% (Figura 6), demonstrando serem culturas recomendáveis para o manejo deste nematoide.

Várias gramíneas, como milho, sorgo, trigo, aveia e centeio são boas hospedeiras de *Helicotylenchus dihystera* (MACHADO; VENZKE FILHO; INOMOTO, 2000). A reprodução desse nematoide em milheto já foi relatada variando entre 2,6 e 26,3 (MACHADO; VENZKE FILHO; INOMOTO, 2000). As gramíneas, ou plantas da família Poaceae estudadas no presente trabalho, reduziram a população de *Helicotylenchus* na área estudada em 36,61% a 75,24%, indicando serem recomendáveis para este manejo.

*C. juncea* é uma espécie que recebe atenção devido ao fato de apresentar inúmeras propriedades como adubo verde, além de seu potencial de reduzir a erosão do solo e incrementar os níveis de nutrientes em solos com baixo teor de matéria orgânica (MARLA; HUETTEL; MOSJIDIS, 2008). Além disso, *C. juncea* é má hospedeira para muitos dos nematoides fitoparasitas (KHANAL; HARSHMAN, 2022) e, também, é capaz de incrementar o número de nematoides de vida livre no solo (MARLA; HUETTEL; MOSJIDIS, 2008). No presente estudo, o cultivo de *C. juncea* resultou num incremento da população de nematoides de vida-livre no solo de 1.564,77%, destacadamente superior às demais culturas de cobertura, que também proporcionaram incremento da população de nematoides de vida-livre, porém em uma taxa inferior, de 132,07% a 607,55% (Figura 8).

A população de nematoides de vida-livre foi incrementada pelas culturas de cobertura, em média 480,13%. A população de nematoides de vida-livre, no entanto, foi reduzida a valores inferiores aos iniciais após o primeiro ciclo de cultivo com a cultura do milho. Desta forma, observou-se que, para nenhuma das plantas de cobertura, o efeito de incremento da população de nematoides de vida-livre persistiu para além do primeiro cultivo subsequente. Com relação aos nematoides fitopatogênicos estudados (*Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus* sp.), o efeito de redução proporcionado pelo cultivo da cultura de cobertura não persistiu para além do primeiro ciclo de cultura cultivado subsequentemente, a não ser nos casos do trigo cv. BRS 264 e do mix crotalárias para *Meloidogyne* spp., que

demonstraram decréscimo durante o cultivo do milho realizado subsequentemente. No entanto, esse efeito não persistiu durante o cultivo de batata, que incrementou a população de *Meloidogyne* spp. no solo independentemente da cultura de cobertura utilizada, igualando a população desse nematoide para todas as culturas de cobertura estudadas.

Ao final da cultura de batata, todos os nematoides fitopatogênicos estudados apresentaram populações superiores à população inicial independentemente da cultura de cobertura utilizada. O incremento da população foi, em média, de 378,51%, 383,95% e 122,19% para *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus* sp., respectivamente. A ocorrência de incremento das populações de nematoides fitopatogênicos ao final do ciclo de rotação cultura de cobertura – milho – batata, assim como a magnitude dos valores de incremento observados, demonstram que os esquemas de rotação propostos não são efetivos em manter as populações de nematoides fitopatogênicos em níveis aceitáveis no solo, e que aumentos muito expressivos dessas populações são esperados ao final desses ciclos de rotação.

### 3.4. Conclusões

As culturas de cobertura, assim como os mix de culturas de cobertura foram eficazes em reduzir a população de *Pratylenchus* spp. no solo. Para *Meloidogyne* spp., todas as culturas de cobertura, exceto trigo cv. BRS 264, foram capazes de reduzir a população do nematoide no solo. *Helicotylenchus* sp. foi reduzido por todas as culturas de cobertura, exceto trigo mourisco. A população de nematoides de vida-livre foi incrementada pelas culturas de cobertura, sendo o valor do incremento obtido para crotalária júncea destacadamente superior. Nenhuma das plantas de cobertura apresentou efeito persistente de redução de nematoides no solo, exceto nos casos do trigo cv. BRS 264 e mix crotalárias, que apresentaram decréscimo na população de *Meloidogyne* spp. durante o cultivo do milho realizado subsequentemente. Todos os nematoides fitopatogênicos apresentaram populações superiores à população inicial ao final do ciclo de rotação de culturas, independentemente da cultura de cobertura utilizada, demonstrando que os esquemas de rotação propostos não foram efetivos em manter as populações de nematoides fitopatogênicos em níveis aceitáveis no solo, e que aumentos expressivos dessas populações são esperados ao final desses ciclos de rotação.

### Referências

- ARAUJO, F. G.; TEIXEIRA, S. J. C.; SOUZA, J. C.; ARIEIRA, C. R. D. Cover crops and biocontrol agents in the management of nematodes in soybean crop. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 2, p. 243–250, 2023.
- BONGERS, T. The maturity index : an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, v. 83, n. 1, p. 14–19, 1990.
- BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**, v. 10, n. 3, p. 239–251, 1998.
- BUI, H. X.; DESAEGER, J. A. Host suitability of summer cover crops to *Meloidogyne arenaria*, *M. enterolobii*, *M. incognita* and *M. javanica*. **Nematology**, v. 24, n. 2, p. 171–179, 2022.
- CARES, J. E.; HUANG, S. P. The role of nematodes in maintaining soil fertility. **BGBD Bi-annual Newsletter of eht TSBF-CIAT**, v. 1, p. 14–16, 2004.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 35–44, 2001.



- CLAUDIUS-COLE, A. O.; FAWOLE, B.; ASIEDU, R. Population changes of plant-parasitic nematodes associated with cover crops following a yam (*Dioscorea rotundata*) crop. **Tropical Plant Pathology**, v. 40, n. 3, p. 193–199, 2015.
- COSTA, M. J. N.; PASQUALLI, R. M.; PREVEDELLO, R. Efeito do teor de matéria orgânica do solo, cultura de cobertura e sistema de plantio no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 1, p. 63–70, 2014.
- CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; CHIAMOLERA, F. M.; CARMEIS FILHO, A. C. D. A.; SOARES, P. L. M.; LEMOS, L. B.; VENDRAMINI, A. R. Ocorrência de nematoides e produtividade de feijoeiro e milho em função de sistemas de cultivo sob plantio direto. **Nematropica**, v. 45, n. 1, p. 34–42, 2015.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1720–1728, 2016.
- ESTEVES, I.; MALEITA, C.; ABRANTES, I. Root-lesion and root-knot nematodes parasitizing potato. **European Journal of Plant Pathology**, v. 141, n. 2, p. 397–406, 2015.
- FOURIE, H.; AHUJA, P.; LAMMERS, J.; DANEEL, M. Brassicacea-based management strategies as an alternative to combat nematode pests: a synopsis. **Crop Protection**, v. 80, p. 21–41, 2016.
- GOMES, G. S.; HUANG, S. P.; CARES, J. E. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybeans fields. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 258–266, 2003.
- GONZAGA, V. **Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação in vitro das seis espécies mais comuns de *Pratylenchus Filipjev*, 1936 que ocorrem no Brasil**. 2006. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.
- HATTORI, E. K. O.; NAKAJIMA, J. N. A família Ateraceae na Estação de Pesquisa e Desenvolvimento Ambiental Galheiro, Perdizes, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 59, n. 4, p. 687–749, 2008.
- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v. 57, p. 1025–1028, 1973.
- INOMOTO, M. M. Avaliação da resistência de 12 híbridos de milho a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 5, p. 308–312, 2011.
- INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Host status of graminaceous cover crops for *Pratylenchus brachyurus*. **Plant Disease**, v. 94, n. 8, p. 1022–1025, 2010.
- INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; BELUTI, D. B.; MACHADO, A. C. Z. Reação de seis adubos verdes a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia brasileira**, v. 30, n. 1, p. 39–44, 2006.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for extracting nematode from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692–692, 1964.
- KHANAL, C.; HARSHMAN, D. Evaluation of summer cover crops for host suitability of *Meloidogyne enterolobii*. **Crop Protection**, v. 151, p. 105821, 2022.
- KIRSCH, V. G.; KULCZYNSKI, S. M.; GOMES, C. B.; BISOGNIN, A. C.; GABRIEL, M.; BELLÉ, C.; LIMA-MEDINA, I. Caracterização de espécies de *Meloidogyne* e de *Helicotylenchus* associadas à soja no rio grande do sul. **Nematropica**, v. 46, n. 2, p. 197–208, 2016.
- LIMA, E. A.; MATTOS, J. K.; MOITA, A. W.; CARNEIRO, R. G.; CARNEIRO, R. M. D. G.; LIMA, E. A.; MATTOS, J. K.; MOITA, A. W. Host status of different crops for *Meloidogyne ethiopica* control. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 152–157, 2009.

- LIMA-MEDINA, I.; GOMES, C. B.; GONZAGA, V. Caracterização de espécies do nematoide das lesões em batata na região sul do Brasil e reação de genótipos a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, v. 44, n. 1, p. 101–106, 2014.
- MACHADO, A. C. Z.; MOTTA, L. C. C.; SIQUEIRA, K. M. S.; FERRAZ, L. C. C. B.; INOMOTO, M. M. Host status of green manures for two isolates of *Pratylenchus brachyurus* in Brazil. **Nematology**, v. 9, n. 6, p. 799–805, 2007.
- MACHADO, A. C. Z.; VENZKE FILHO, S. P.; INOMOTO, M. M. Reprodução de fitonematoides identificados em uma área de plantio direto em três espécies de gramíneas. **Nematologia Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 173–177, 2000.
- MARLA, S. R.; HUETTEL, R. N.; MOSJIDIS, J. Evaluation of *Crotalaria juncea* populations as hosts and antagonistic crops to manage *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchus reniformis*. **Nematropica**, v. 38, n. 2, p. 155–162, 2008.
- MCSORLEY, R. Overview of organic amendments for management of plant-parasitic nematodes, with case studies from Florida. **Journal of Nematology**, v. 43, n. 2, p. 69–81, 2011.
- MEDINA, I. L. **Levantamento e caracterização do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) e das lesões (*Pratylenchus* spp.) em batata no sul do Brasil e estudo da Patogenicidade em *Solanum* spp.** 2013. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.
- MEDINA, I. L.; COILA, V. H. C.; GOMES, C. B.; PEREIRA, A. S.; NAZARENO, N. R. X. Ocorrência de *Meloidogyne ethiopica* no Paraná e reação de cultivares de batata ao nematoide das galhas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 482–485, 2014.
- ORLANDO, V.; GROVE, I. G.; EDWARDS, S. G.; PRIOR, T.; ROBERTS, D.; NEILSON, R.; BACK, M. Root-lesion nematodes of potato: Current status of diagnostics, pathogenicity and management. **Plant Pathology**, v. 69, n. 3, p. 405–417, 2020.
- ROSA, R. C. T.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Efeitos do uso de *Crotalaria juncea* e carbofuran em fitonematóides ectoparasitos de cana-de-açúcar. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 447–449, 2004.
- SANTANA-GOMES, S. M.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; BIELA, F.; RAGAZZI, M.; BALDISERA, S. S.; SCHWENGBER, R. P. Planting different crops in succession to manage *Pratylenchus zeae* in sugarcane. **Nematropica**, v. 49, p. 63–70, 2019.
- SANTO, G. S.; O'BANNON, J. H. Effect of soil temperature on the pathogenicity and reproduction of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* on Russet Burbank potato. **Journal of Nematology**, v. 13, n. 4, p. 483–486, 1981.
- SILVA, A. R. **Fitonematoides na cultura da batata: reação de genótipos a *Meloidogyne* spp., distribuição de espécies e caracterização dos sintomas.** 2009. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.
- SILVA, G. S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Resistência de espécies de *Crotalaria* a *Pratylenchus brachyurus* e *P. zeae*. **Nematologia brasileira**, v. 13, p. 81–86, 1989.
- SILVA, G. S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Efeito de *Crotalaria* spp. sobre *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* raça 3 e *M. exigua*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 15, p. 94–96, 1990.
- SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, R. G. Reação de adubos verdes de verão e de inverno às raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v. 16, p. 11–18, 1992.
- SILVA, R. A.; NUNES, N. A.; SANTOS, T. F. S.; IWANO, F. K. Efeito da rotação e sucessão de culturas no manejo de nematoides da soja em área arenosa. **Nematropica**, v. 48, n. 2, p. 198–206, 2018.

- SILVA, R. G.; PACHECO, L. P.; ONO, F. B.; KAPPES, C.; ZANCANARO, L.; SILVA, R. A. Crop succession and rotation with surface liming on nematode management and soybean yield. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 57, p. e02695, 2022.
- WANG, K.-H. H.; SIPES, B. S.; SCHMITT, D. P. Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. **Nematropica**, v. 32, n. 1, p. 35–57, 2002.
- YEATES, G. W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIEVA, S. S. Feeding habits in soil nematode families and genera: an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, n. 3, p. 315–331, 1993.

#### 4. CAPÍTULO 4: RELAÇÃO ENTRE DOENÇAS DE SOLO NA CULTURA DA BATATA APÓS O CULTIVO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA

##### Resumo

As doenças de solo causam problemas persistentes nas áreas de produção de batata. Nesse sentido, teve-se por objetivo, no presente estudo, avaliar a ocorrência de sintomas de doenças de solo em plantio de batata previamente submetido ao cultivo de diferentes coberturas vegetais, estudando-se, também, as interações entre doenças de solo e as populações de nematoides presentes na área. Nove tratamentos compostos de coberturas verdes foram avaliados: T1 – trigo (*Triticum aestivum* cultivar BRS 264), T2 – milheto (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300), T3 – aveia branca (*Avena sativa* cv. IPR 126), T4 - aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 29), T5 – trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* cv. Comum), T6 – mix crotalárias (*Crotalaria breviflora* + *C. ochroleuca*), T7 – mix crambe (*Urochloa ruziziensis* + *Crambe abyssinica* + *Crotalaria breviflora* + *C. ochroleuca* + milheto cv. ADR 300 + trigo mourisco), T8 – mix aveias (aveia branca, aveia preta, trigo mourisco, milheto cv. ADR 300 e *C. juncea*) e T9 – *C. juncea*. Após o cultivo das plantas de cobertura, foi conduzida a semeadura do milho e, na sequência, o plantio de batata, sendo aos 80 dias após, amostras de solo e de plantas coletadas nos diferentes tratamentos para avaliação dos níveis populacionais dos fitonematoides no solo, raízes e tubérculos, e, da ocorrência de sintomas por estes e outros patógenos na parte aérea, raízes e tubérculos da cultura estabelecida. O cultivo do consórcio *C. breviflora* + *C. ochroleuca* resultou na redução da incidência de lesões necróticas nas raízes tradicionalmente associadas ao ataque dos nematoides-das-lesões (*Pratylenchus* sp.). No tratamento com aveia branca, aveia-preta e mix crambe, observou-se redução na incidência de murcha-de-verticílio (*Verticillium dahliae*). A utilização de aveia branca como planta de cobertura proporcionou redução na incidência de sarna-pulverulenta (*Spongospora subterranea*) nos tubérculos. O nível populacional do nematoide-espiralado (*Helicotylenchus* spp.) correlacionou-se com a incidência de nódulos nas raízes causados por *S. subterranea* quando trigo ou mix crambe foram cultivados como culturas de cobertura, o que indica a necessidade de condução de estudos mais específicos nesse patossistema.

Palavras-chave: *Spongospora subterranea*; *Rhizoctonia solani*; *Verticillium dahliae*; *Pratylenchus*; *Meloidogyne*; *Helicotylenchus*.

##### Abstract

Soil-borne diseases cause persistent damages in potato production areas. The present study aimed to evaluate the effect of using cover crops in the field on the occurrence of symptoms of soil-borne diseases in potatoes grown in succession, also studying the possible correlations between soil-borne diseases and the nematode population. Nine crop rotation treatments were carried out, T1 – wheat (*Triticum aestivum* cultivar BRS 264), T2 – millet (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300), T3 – white oat (*Avena sativa* cv. IPR 126), T4 - black oat (*Avena strigosa* cv. Embrapa 29), T5 – buckwheat (*Fagopyrum esculentum* cv. Comum), T6 – mix crotalárias (*Crotalaria breviflora* + *C. ochroleuca*), T7 – mix crambe (*Urochloa ruziziensis* + *Crambe abyssinica* + *Crotalaria breviflora* + *C. ochroleuca* + millet cv. ADR 300 + buckwheat), T8 – mix oats (white oats, black oats, buckwheat, millet cv. ADR 300 and *C. juncea*) and T9 – *C. juncea*. After the cover crops were cultivated, corn was cultivated and, following corn, potatoes were planted, which were evaluated 80 days after planting for the nematode population in the soil, roots and tubers and occurrence of symptoms in the aboveground part, roots and tubers of the potato plant. Cultivation of the *C. breviflora* + *C. ochroleuca* intercrop reduced the incidence of longitudinal necrotic lesions on the roots, traditionally attributed to the root-lesion nematode (*Pratylenchus* sp.) attack. Oat, black oat and the crambe mix reduced the incidence of verticillium wilt. The use of oat as a cover crop provided a reduction in the incidence of powdery scab on tubers. The population level of the spiral nematode (*Helicotylenchus* spp.) was correlated with the incidence of root nodules caused by *S. subterranea*.

when wheat or the mix crambe were grown as cover crops, suggesting that this nematode may interact with powdery scab of the potato.

Keywords: *Spongospora subterranea*; *Rhizoctonia solani*; *Verticillium dahliae*; *Pratylenchus*; *Meloidogyne*; *Helicotylenchus*.

#### 4.1. Introdução

A batata é uma hortaliça de origem Sul-Americana que foi incorporada à alimentação europeia pelos colonizadores espanhóis no século XVI. Essa cultura foi amplamente estudada e melhorada para as condições edafoclimáticas da Europa (FAO, 2008) e, posteriormente, introduzida na região Sul do Brasil, onde se popularizou e se expandiu para outras regiões brasileiras à medida que novas fronteiras agrícolas foram abertas. O mercado brasileiro é limitado na diversidade de formas e de tipos de batatas ofertadas aos consumidores, que, com raras exceções, só tem as opções oriundas das cultivares estrangeiras, Agata e Asterix. A primeira, representa 90% do mercado fresco e, embora apresente potencial produtivo elevado e excelente aparência de tubérculo, não apresenta qualidade culinária e versatilidade de uso, além de vida curta de prateleira e suscetibilidade ao esverdeamento. Asterix, também de propósito restrito, é indicada para fritura (ABBA, 2019). Ambas as cultivares apresentam problemas de adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras, exigindo aporte intensivo de insumos, elevando os riscos e o custo de produção, além de serem bastante sensíveis à ocorrência de temperaturas elevadas durante o cultivo (KNEIB, 2019).

Além dos problemas de ocorrência de temperaturas elevadas e baixa amplitude térmica, que limitam a produção e a expansão das áreas e períodos de produção no Brasil, o sistema de cultivo, predominantemente irrigado em pivôs centrais, e com rotações de culturas inadequadas, tem levado ao acúmulo de problemas fitossanitários (ABBA, 2019). As doenças de solo causam problemas persistentes nas áreas de produção de batata. Dentre eles, a redução do crescimento e do vigor das plantas, a diminuição da qualidade dos tubérculos, além da perda de produtividade. As doenças de solo mais preocupantes para a batata incluem podridões nas hastes e raízes e mancha-asfalto no tubérculo, causados por *Rhizoctonia solani* Kühn; sarna pulverulenta, causada por *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh. f. sp. subterranea J. A. Toml.; murcha de verticílio, causada por *Verticillium dahliae* Kleb, além dos danos causados pelos nematoides parasitas de plantas (MACHADO; INOMOTO, 2001). Essas doenças são de difícil controle e existem poucas medidas eficazes disponíveis para seu manejo (LARKIN; GRIFFIN; HONEYCUTT, 2010).

Os nematoides-das-galhas, gênero *Meloidogyne*, causam cada vez mais prejuízos à cultura da batata devido à sua crescente disseminação nas zonas tropicais e subtropicais (MEDINA *et al.*, 2017). Os sintomas causados por esse grupo, em plantas de batata, geralmente estão associados à redução da massa fresca da parte aérea, amarelecimento foliar e murchamento nas horas mais quentes do dia. No sistema radicular, observa-se elevado número de galhas e formação de protuberâncias nos tubérculos denominadas de “empipocamentos”, os quais, além de terem o aspecto visual afetado inviabilizando sua comercialização, tendem a apodrecer rapidamente no solo ou em armazenamento (SILVA, 2009). Além disso, plantas debilitadas em função do parasitismo do nematoide podem se tornar mais vulneráveis a outros patógenos como *Ralstonia solanacearum*, *Verticillium dahliae* e *Rhizoctonia solani* (MEDINA *et al.*, 2013).

Outro grupo de nematoides de importância para a batata no Brasil é composto pelos nematoides-das-lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.) (ORLANDO *et al.*, 2020). Estes organismos são endoparasitas migradores com impacto econômico mundial sobre várias culturas importantes, incluindo a batata, cujas principais espécies fitoparasitas são *P.*

*penetrans*, *P. neglectus*, e *P. scribneri* as quais afetam negativamente a produtividade e a qualidade dos tubérculos (ORLANDO *et al.*, 2020). Além dos danos diretos às raízes, a infecção pelo nematoide-das-lesões-radiculares pode predispor os tecidos parasitados a infecções secundárias por outros patógenos. Adicionalmente, a infecção concomitante pelo nematoide-das-lesões e por outros patógenos transmitidos pelo solo pode evoluir para complexos sinérgicos de doenças, resultando em interações que aumentam os danos às culturas (CASTILLO; VOVLAS, 2007).

*Helicotylenchus* spp., conhecido também como nematoide espiralado, possui uma ampla gama de hospedeiros, como arroz, batata, cana-de-açúcar, amendoim, milho, sorgo, soja, banana, uva, trigo, manga, morango, feijão, tomate, algodão, café e pimenta, além de possuir mais de 160 espécies dentro do gênero, sendo estas ecto- e semiendo-parasitárias com ampla distribuição mundial, que parasitam diversas culturas agrícolas (BRÜCHER *et al.*, 2019; KIRSCH *et al.*, 2016; RIASCOS-ORTIZ *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2023; SUBBOTIN *et al.*, 2011). Apesar de não ser dada extrema importância em relação aos prejuízos causados na produção das diversas culturas, o gênero *Helicotylenchus* tem apresentado aumento populacional em praticamente todas as áreas destinadas à agricultura, alertando os pesquisadores quanto à condução de novos estudos acerca da sua importância econômica (KIRSCH *et al.*, 2016; MACHADO; SILVA; FERRAZ, 2019). Apesar de não proporcionar danos severos à maioria das culturas, mesmo quando em altas populações, potencial patogênico e redutor de crescimento e desenvolvimento, podendo acarretar redução no rendimento de grãos, já foi observado em soja e milheto (MACHADO; SILVA; FERRAZ, 2019).

A sarna pulverulenta, causada por *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* (Sss), é uma das principais doenças da batata, causando redução na qualidade e no valor comercial tanto de tubérculos sementes quanto de tubérculos para consumo *in natura* no mundo todo (TSROR *et al.*, 2020a, 2020b). Esta doença não mostra nenhum sintoma na parte aérea das plantas; seus efeitos são restritos aos estolões e às raízes. A infecção do tubérculo se evidencia, inicialmente, na forma de pústulas marrons arroxeadas com 0,5 a 2,0 mm de diâmetro, estendendo-se para os lados dentro da periderme e formando uma lesão protuberante na casca do tubérculo. A presença do patógeno faz com que as células da planta hospedeira aumentem de tamanho e se dividam forçando o rompimento da periderme, o que leva à formação das lesões protuberantes circundadas pela periderme elevada. As lesões gradualmente se escurecem e secam deixando suaves depressões repletas de uma massa pulverulenta de estruturas marrons escuras do patógeno denominadas “sporeballs” ou “cistossórios”, circundadas pelas bordas elevadas da periderme rompida (BURNETT, 1991). Além dos sintomas nos tubérculos, a infecção das raízes e estolões da planta de batata por Sss pode resultar na formação de nódulos e galhas. Tais nódulos e galhas se desenvolvem a partir de pequenos pontos necróticos e possuem diâmetro de 1 a 10 mm (BURNETT, 1991).

O fungo fitopatogênico *Rhizoctonia solani* Kühn ataca a cultura da batata causando cancro do caule, mancha asfáltica e deformações nos tubérculos, entre outros sintomas como rachaduras na pele dos tubérculos (EDIN *et al.*, 2019). Os sintomas causados por *R. solani* são observados nas partes da planta abaixo e acima do solo em duas fases: infecção das plantas em crescimento (cancro do caule) e infecção dos tubérculos com a formação de escleródio (manchas pretas em alto relevo, também chamadas de manchas asfálticas). A mancha asfáltica, que é o sinal mais característico da doença, desenvolve-se em período tardio durante o ciclo da cultura e é caracterizada pela formação de escleródios pretos irregulares de vários tamanhos no tubérculo. Em infecções graves, os tubérculos podem ficar malformados e rachados. Os sintomas de cancro do caule, que ocorrem no início do ciclo da cultura, incluem lesões necróticas nas pontas dos brotos que podem inibir ou retardar a emergência, levando a falhas e irregularidades no estande (população) de plantas. Lesões marrons, secas e geralmente profundas também podem se desenvolver nos caules, estolões e raízes. Os sintomas acima do solo incluem clorose e arroxamento das folhas. Em infecções graves, pequenos tubérculos aéreos verdes podem ser formados no caule acima do solo (TSROR, 2010). Os efeitos da

interação entre *R. solani* e nematoides na produção de tubérculos de batata não são muito bem estudados. Porém, já foi relatado que *P. penetrans* influencia a patogenicidade de *R. solani* (BJÖRSELL; EDIN; VIKETOFT, 2017; EDIN *et al.*, 2019).

Duas espécies de *Verticillium* estão envolvidas na doença conhecida como murcha-de-verticílio da batata, *V. albo-atrum* Reinke & Berthold e *V. dahliae* Kleb. *Verticillium albo-atrum* não ocorre no Brasil; porém, em termos mundiais, é o principal patógeno envolvido no complexo causador da morte prematura da batata, especialmente nas áreas de produção mais frias do planeta, em que as temperaturas no verão raramente excedem a faixa de 21° a 24° C. Por outro lado, *Verticillium dahliae* predomina nas localidades em que as temperaturas médias são mais altas (LI *et al.*, 2019). A doença causa murcha vascular nas plantas hospedeiras bloqueando os elementos do xilema e interrompendo o movimento da água (YELLAREDDYGARI; GUDMESTAD, 2017). Os sintomas típicos na batata incluem murcha, clorose e necrose progredindo a partir da base da planta (YELLAREDDYGARI; GUDMESTAD, 2017).

A doença denominada morte prematura da batata (MPB, ou “potato early dying”) resulta na senescência antecipada da parte aérea da planta e pode limitar a produtividade em até 50% (LA MONDIA, 2006). Embora o fungo *Verticillium* spp. seja o principal patógeno envolvido na MPB, outros patógenos normalmente ocorrem de forma associada no desenvolvimento da doença, constituindo o que é chamado de “complexo causador da doença”. Nesse sentido, diversos estudos realizados no Estado de Ohio (EUA) e em Israel demonstraram o envolvimento do nematoide-das-lesões-radiculares (*Pratylenchus* spp.) na MPB (ROWE, 1985a). La Mondia (2006) demonstrou que *P. penetrans* pode proporcionar aumento expressivo na severidade da doença. A interação sinérgica entre ambos pode acarretar sintomas até mesmo quando as populações dos patógenos são muito baixas para individualmente os causarem (MACGUIDWIN; ROUSE, 1990). Esses últimos autores realizaram o primeiro trabalho que comparou a evolução da doença na presença conjunta dos dois patógenos em comparação à presença dos patógenos isoladamente. Tais autores observaram que a presença dos patógenos individualmente não provocou expressão de sintomas em intensidade superior aos controles não inoculados. Por outro lado, os sintomas mais evidentes ocorreram quando *P. penetrans* e *V. dahliae* estiveram presentes em conjunto (LA MONDIA, 2006). Assim, o uso de culturas de rotação como estratégia de manejo da MPB deveria ser levar em consideração a associação entre os dois patógenos (LA MONDIA, 2006). Porém, mesmo que se saiba que o nematoide das-lesões-radiculares contribui para o complexo causador da MPB, pouco se sabe sobre o efeito da rotação ou sucessão de culturas com espécies vegetais más/não-hospedeiras ou antagonistas, no controle efetivo da MPB (LA MONDIA, 2006).

Diante da dificuldade de controle das doenças de solo nas áreas de produção de batata, no Brasil, a produção, especialmente de tubérculos destinados ao consumo *in natura*, tem apresentado uma característica migratória, ou seja, de mudança contínua das áreas de produção em busca de áreas ainda não infestadas por patógenos causadores de doenças de solo (HONEYCUTT; CLAPHAM; LEACH, 1996). No entanto, a distância em relação às indústrias de processamento impõe limitações quanto à mudança de áreas para produção de batata para fins industriais. Diante deste cenário, a possibilidade de se manter a produção de batata nas proximidades das indústrias está estreitamente relacionada à utilização de esquemas de rotação de culturas capazes de suprimir populações dos patógenos de relevância para a batata. As rotações de cultura têm sido utilizadas com o intuito de se promover aumento da fertilidade e da estabilidade da estrutura do solo, melhoria da gestão da água e redução da erosão. Porém, tanto para a batata como para muitas outras culturas, as rotações são essenciais para manter a produtividade das culturas e reduzir o acúmulo de agentes patogênicos e de doenças de solo, que podem devastar culturas cultivadas por vários anos consecutivos (LARKIN; GRIFFIN; HONEYCUTT, 2010).

Dessa forma, no presente estudo adotou-se, por hipótese, que as restrições para a produção de batata na área estudada, inicialmente relacionadas a *Verticillium dahliae*, *Spongospora subterranea*, *Rhizoctonia solani*, *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. e *Helicotylenchus* sp., poderiam ser manejadas pela utilização de culturas de rotação más hospedeiras desses patógenos. Nesse sentido, teve-se por objetivo deste trabalho avaliar o efeito do uso de culturas de cobertura na ocorrência de doenças de solo na batata cultivada em sucessão, estudando-se, também, as possíveis correlações entre esses problemas fitossanitários e os fitonematoides presentes na área.

## 4.2. Material e Métodos

O presente estudo foi conduzido sob um pivô central em área de 178,55 ha destinada à produção de batata, na região do Triângulo Mineiro – MG. O ponto central do pivô está localizado a 47,361570 W e 19,344816 S a uma altitude de 1.070 m. O clima é caracterizado por um período chuvoso (outubro a abril), com precipitações anuais da ordem de 1.705 mm, temperatura média anual de 19,3° C e umidade relativa média do ar de 75% (HATTORI; NAKAJIMA, 2008).

A área do pivô em estudo havia sido cultivada com batata, como cultura principal, em alternância principalmente com a cultura do milho, por um período superior a 20 anos. Os registros do histórico de cultivo na área relatam cultivo de milho para semente na safra de verão 2016/2017, batata na safra de inverno de 2017, milho na safra de verão de 2017/2018, cevada na safra de inverno de 2018, milho na safra de verão 2018/2019, batata na safra de inverno de 2019 e milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* na safra de verão 2019/2020.

No ciclo de cultivo de batata realizado no inverno de 2019, uma alta incidência de plantas com sintomas relacionados a doenças de solo foi observada. Em estimativa realizada pelos técnicos responsáveis pela produção, 100% das plantas apresentavam sintomas de morte precoce iniciando-se em apenas um lado da planta, tipicamente relacionados à doença murcha de verticílio, causada pelo fungo *Verticillium dahliae* e cerca de 60% dos tubérculos colhidos apresentavam lesões profundas na casca, aparentemente relacionadas com nematoides e/ou com sarna pulverulenta (*Spongospora subterranea*). Posteriormente, no mês de janeiro de 2020, a presença de nematoides dos gêneros *Pratylenchus* e *Meloidogyne*, assim como de *Spongospora subterranea* foi confirmada nos laboratórios de fitopatologia e nematologia da Embrapa Hortaliças em Brasília-DF. Além disso, em julho de 2021, aos 60 dias após o plantio da batata, *Verticillium dahliae* e *Rhizoctonia solani* também foram confirmados ocorrendo de forma distribuída e homogênea na área do pivô (Israel Nardin, comunicação pessoal).

Em 20/04/2020, o pivô teve uma de suas metades dividida em 18 faixas para o cultivo de nove diferentes culturas de cobertura repetidas em duas faixas, sorteadas no delineamento blocos casualizados com duas repetições. As culturas de cobertura, compostas por uma (cultura solteira) ou mais espécies de plantas (mix de culturas), foram semeadas em 30/04/2020 nas 18 faixas, cada parcela correspondendo a uma faixa.

A posição dos pontos centrais de cada amostra foi definida após a divisão de cada faixa em doze segmentos e posicionamento de um ponto georreferenciado no centro de cada segmento. As 18 faixas foram determinadas em campo por meio de GPS modelo Garmin GPSmap 60CSx com precisão de 3 a 5 m, utilizando-se coordenadas em UTM, e corresponderam à delimitação entre as faixas semeadas com as diferentes culturas. A divisão das faixas foi realizada com uso do software ArcGis v. 3.14, utilizando-se como base a área do pivô georreferenciada com uso do aparelho de GPS acima descrito no formato WGS 84. Os pontos centrais de cada segmento foram então transferidos para aparelho de GPS, utilizado como referência para todas as coletas realizadas neste campo.



As culturas para rotação foram semeadas em 30 de abril de 2020, sendo realizado um preparo de solo com grade aradora e grade leve com nova passagem de grade leve para cobertura das sementes logo após a semeadura realizada a lanço e, aos 108 dias após a semeadura, em 06/08/2020, as culturas de cobertura foram encerradas por meio de roçagem da parte aérea. Nove tratamentos de culturas para rotação foram realizados, T1 – trigo (*Triticum aestivum* cultivar BRS 264), T2 – milheto (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300), T3 – aveia branca (*Avena sativa* cv. IPR 126), T4 - aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 29), T5 – trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* cv. Comum), T6 – mix crotalárias (*Crotalaria breviflora* + *C. ochroleuca*), T7 – mix crambe (*Urochloa ruziziensis* + *Crambe abyssinica* + *Crotalaria breviflora* + *C. ochroleuca* + milheto cv. ADR 300 + trigo mourisco), T8 – mix aveias (aveia branca, aveia preta, trigo mourisco, milheto cv. ADR 300 e *C. juncea*) e T9 – *C. juncea*. As quantidades de sementes puras viáveis utilizadas foram: trigo cv. BRS 264 150 kg ha<sup>-1</sup>, mistura de *C. breviflora* e *C. ochroleuca* 30 kg ha<sup>-1</sup> (15 kg ha<sup>-1</sup> de cada espécie), mistura de sementes correspondente ao T7 40 kg ha<sup>-1</sup>, aveia preta 80 kg ha<sup>-1</sup>, milheto 25 kg ha<sup>-1</sup>, aveia branca 100 kg ha<sup>-1</sup>, *C. juncea* 30 kg ha<sup>-1</sup>, trigo mourisco 80 kg ha<sup>-1</sup> e mistura de sementes correspondente ao T8 100 kg ha<sup>-1</sup>. O comprimento das faixas variou de 635 m a 1.480 m, a largura de 30 m a 50 m e a área de 3,64 ha a 5,87 ha. Para o presente estudo, não foram consideradas as amostragens para a determinação da população inicial de nematoides na instalação das plantas de cobertura e da batata. Tais amostragens foram consideradas apenas no Capítulo 3. Neste estudo, foi considerada apenas a determinação da população de nematoides em solo e raízes realizada na cultura da batata aos 80 dias após o plantio.

A cultura da batata foi instalada em 03 de maio de 2021 e foi amostrada aos 80 dias após o plantio (20 a 22/07/2021). A amostragem, realizada ao final da cultura da batata, consistiu em solo, raízes e tubérculos. O ponto georreferenciado correspondeu ao ponto central de cada amostragem, ao redor dos quais cinco “subamostragens” contendo solo + raízes + tubérculos foram retiradas e homogeneizadas para constituir uma amostra composta de aproximadamente 2000 g.

Os nematoides presentes nas amostras de solo foram extraídos por meio do método da flotação-centrifugação (JENKINS, 1964), tomando-se alíquotas de 500 cm<sup>3</sup> de solo para cada amostra composta. Os nematoides presentes nas raízes e nas cascas dos tubérculos foram extraídos por trituração seguida de flotação e centrifugação (HUSSEY; BARKER, 1973). A suspensão obtida após as extrações foi utilizada para a identificação dos nematoides fitopatogênicos em nível de gênero e determinação do número de juvenis de segundo estágio (J<sub>2</sub>), com auxílio de uma câmara de contagem visualizada sob aumento de 100x em microscópio óptico. O número de J<sub>2</sub> obtidos por 250 cm<sup>3</sup> de solo foi utilizado para estimar a população de nematoides no solo e a população de nematoides presentes em 10g de raízes ou e de cascas dos tubérculos foi utilizada para se estimar a população de nematoides presentes nos tecidos da planta. As principais espécies de nematoides presentes no solo foram identificadas em estudos anteriores como sendo *Meloidogyne ethiopica*, *M. arenaria*, *Pratylenchus brachyurus* e *P. zae* (Capítulo 1).

Cinco plantas de batata de cada parcela foram amostradas aos 80 dias após o plantio nos mesmos pontos georreferenciados em que as amostras de solo, raízes e tubérculos foram coletadas para a avaliação de nematoides. Todos os tubérculos de cada planta amostrada foram avaliados quanto à incidência (limiar de uma lesão típica de sarna pulverulenta por tubérculo foi considerado para determinação de uma amostra positiva) (FALLOON *et al.*, 1995) e a incidência foi expressa em porcentagem de tubérculos sintomáticos (THANGAVEL; TEGG; WILSON, 2015). Além da incidência, a severidade da sarna-pulverulenta foi também avaliada nos mesmos tubérculos (FALLOON *et al.*, 1995). As raízes das plantas amostradas, coletadas para a avaliação das doenças nos tubérculos, também foram avaliadas visualmente quanto à incidência de sarna pulverulenta, realizando-se a identificação das galhas típicas de *S. subterranea*.

A incidência de murcha de verticílio foi avaliada visualmente observando-se a parte aérea em uma fileira com 50 plantas em torno de cada ponto georreferenciado (TAYLOR; PASCHE; GUDMESTAD, 2005). E, a avaliação da incidência do sintoma mancha asfalto nos tubérculos foi realizada nas mesmas amostras coletadas para avaliação da incidência de sarna pulverulenta, conforme Edin *et al.* (2019).

### 4.3. Resultados e Discussão

Os nódulos nas raízes causados por *Spongospora subterranea*, visualmente bastante diferentes das galhas causadas pelo nematoide-das-galhas, não sofreram efeito estatisticamente significativo da cultura de cobertura utilizada (Tabela 5). A incidência de plantas apresentando pelo menos uma lesão necrótica na raiz, tradicionalmente relacionada ao nematoide-das-lesões (*Pratylenchus* spp.), foi significativamente inferior para o mix crotalárias, de 23,80%, enquanto para as outras culturas maiores valores, variando entre 47,52% e 67,66%, foram observados (Tabela 5). Plantas apresentando sintoma de murcha em apenas um dos lados da planta e das folhas, tipicamente relacionado ao ataque de *Verticillium dahliae*, ocorreram de forma menos frequente nas áreas previamente cultivadas com aveia branca, aveia-preta e com o mix crambe (incidência de 15,67% a 19,33%) (Tabela 5).

Quando avaliados os sintomas presentes nos tubérculos, apenas a incidência de sarna pulverulenta sofreu efeito da cultura de cobertura, sendo inferior para aveia (34,81%) em relação às demais culturas (incidência entre 57,38% e 74,07%) (Tabela 6). A severidade da sarna pulverulenta e a incidência de mancha asfalto nos tubérculos não sofreram efeito das plantas de cobertura, apresentando variação entre 49,77% e 76,48% para mancha asfalto e 0,28 e 0,72 para a severidade de sarna pulverulenta (Tabela 6).

**Tabela 5.** Incidência de sintomas causados por *Spongospora subterranea* (galhas) e pelo nematoide-das-lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.) em raízes de batata e de murcha-de-verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea da cultura após o cultivo de diferentes plantas de cobertura.

Tratamentos	Incidência** (%)		
	sarna pulverulenta (raiz)	lesões por nematoide (raiz)	murcha de verticílio (parte aérea)
Aveia branca	33,50	67,66 a <sup>1</sup>	15,67 b
Aveia preta	27,04	51,22 a	18,33 b
Crotalária júncea	34,84	65,68 a	22,67 a
Milheto	28,30	52,75 a	25,00 a
Trigo	13,61	49,66 a	23,00 a
Trigo mourisco	28,41	56,22 a	22,33 a
Mix aveias	19,64	47,53 a	28,67 a
Mix crambe	27,67	47,52 a	19,33 b
Mix crotalárias	10,11	23,80 b	27,67 a
Significância	ns	*	*
CV(%)	21,71	6,77	4,27

<sup>ns</sup>ausência de diferença significativa entre os valores médios por meio do teste F ( $P < 0,05$ ), \*presença de diferença significativa entre os valores médios por meio do teste F ( $P < 0,05$ ), <sup>1</sup>letras diferentes indicam agrupamentos de médias distintos pelo teste de Scott-Knott (5%), coeficiente de variação calculado com base nos dados transformados para  $\sqrt{x}$ ; \*\*incidência de plantas atacadas aos 80 dias após o plantio - 300 plantas de batata avaliadas para cada cultura de cobertura em 21/07/2021.

**Tabela 6.** Incidência de sintomas de mancha asfalto (*Rhizoctonia solani*) e incidência e severidade de sintomas de sarna pulverulenta (*Spongospora subterranea*) em tubérculos de batata cultivada após diferentes culturas de cobertura.

Tratamentos	Incidência (%)		Severidade
	mancha asfalto (tubérculo)	sarna pulverulenta (tubérculo)	(FALLOON <i>et al.</i> , 1995) sarna pulverulenta (tubérculo)
Aveia	51,85	34,81 b <sup>1</sup>	0,28
Aveia preta	76,48	65,74 a	0,62
Crotalária júncea	64,26	67,59 a	0,48
Milheto	57,04	59,93 a	0,39
Trigo	54,63	62,96 a	0,68
Trigo mourisco	52,88	65,48 a	0,46
Mix aveias	49,77	66,44 a	0,57
Mix crambe	67,13	74,07 a	0,59
Mix crotalárias	58,39	57,38 a	0,72
Significância	ns	*	ns
CV(%)	8,03	6,02	14,05

<sup>ns</sup>ausência de diferença significativa entre os valores médios por meio do teste F (P<0,05); \*diferença significativa entre os valores médios por meio do teste F (P<0,05); <sup>1</sup>letras diferentes indicam agrupamentos de médias distintos pelo teste de Scott-Knott (5%), coeficiente de variação calculado com base nos dados transformados para  $\sqrt{x}$ ; incidência de plantas atacadas aos 80 dias após o plantio - 300 plantas de batata avaliadas para cada cultura de cobertura em 21/07/2021.

As culturas do presente estudo com maior efeito supressivo sobre a murcha-de-verticílio foram gramíneas (aveia branca e aveia-preta) e as brássicas (mix crambe) (Tabela 5). Considerando-se o efeito sobre a sarna-pulverulenta, aveia foi a cultura com maior efeito supressivo (Tabela 6), em concordância com Larkin *et al.* (2010). No entanto, o mix constituído pelas espécies *Crotalaria breviflora* e *C. ochroleuca*, não mencionados por Larkin *et al.* (2010), também se destacou ao suprimir os sintomas de lesões longitudinais e ao proporcionar, juntamente com trigo, valores numericamente inferiores de incidência de nódulos nas raízes causados por *S. subterranea* (Tabela 5). As culturas e rotações que desempenham um papel ativo na redução de doenças podem ser chamadas de supressoras de doenças. Sabe-se que as gramíneas e forrageiras com extensos sistemas radiculares cultivadas como culturas de rotação ou de cobertura aumentam as populações, a atividade e a diversidade dos microrganismos, e também podem suprimir doenças. As brássicas, tais como a canola e a colza, influenciam ativamente as populações de agentes patogênicos e as comunidades microbianas (LARKIN; GRIFFIN; HONEYCUTT, 2010).

A murcha de verticílio é a doença mais devastadora, em termos econômicos, no setor de processamento de batatas fritas em palitos nos Estados Unidos da América (EUA) (YELLAREDDYGARI; GUDMESTAD, 2017). Estudos realizados no Estado de Idaho, EUA, indicaram que a murcha de verticílio pode afetar a produção em até 48% (DAVIS *et al.*, 2010b, 2010a). Devido à importância da doença, muito se tem investido para o seu controle químico por meio do ingrediente ativo metam-sódio. No entanto, o alto custo e o potencial de danos à saúde, que este fungicida apresenta, limita a continuidade de seu uso no futuro. Como resultado disso, constata-se urgente necessidade de desenvolvimento de métodos alternativos, tais como os métodos culturais abordados no presente estudo, para o

manejo da murcha-de-verticílio. Somado ao uso de cultivares resistentes e do manejo da nutrição mineral da cultura da batata, o uso de adubos verdes pode também ser uma ferramenta efetiva para o manejo da doença (DAVIS *et al.*, 2010a). O efeito supressor de determinadas plantas à murcha-de-verticílio já foi comprovado em estudos anteriores. Algumas dessas plantas, também utilizadas como adubos verdes, tais como cevada, milho, aveia branca, centeio, sorgo e trigo possuem efeito comprovado de supressão da doença (DAVIS *et al.*, 2010a). Dentre as plantas mencionadas, no entanto, apenas aveia-branca apresentou efeito supressor no presente estudo. Dessa forma, o efeito supressor da aveia branca, a aveia-preta e o mix crambe na incidência de murcha-de-verticílio verificado nesse estudo pode ser uma alternativa para mitigação de tal problema.

No presente estudo, avaliou-se a incidência de *R. solani* apenas por meio da incidência de sintomas de mancha asfalto nos tubérculos; e, considerando-se as avaliações realizadas, nenhum efeito das culturas de cobertura foi observado, conforme já relatado (Tabela 6). O fungo fitopatogênico *Rhizoctonia solani* ataca a cultura da batata causando cancro do caule, mancha asfáltica e deformações nos tubérculos, entre outros sintomas como rachaduras na pele dos tubérculos (EDIN *et al.*, 2019). A mancha asfáltica, que é o sinal mais característico da doença, desenvolve-se em período tardio durante o ciclo da cultura e é caracterizada pela formação de escleródios pretos irregulares de vários tamanhos no tubérculo (EDIN *et al.*, 2019).

A incidência de sarna pulverulenta nos tubérculos de batata foi menor somente com o pré-cultivo de aveia-branca. A severidade da sarna pulverulenta no tubérculo, assim como a incidência de nódulos nas raízes causados por *Spongospora subterranea* não sofreram efeito da cultura de cobertura utilizada. Observou-se, dessa forma, que o manejo cultural da forma que foi realizado no presente estudo demonstrou pouco potencial para combater a sarna pulverulenta. Essa é uma das principais doenças da batata, causando redução na qualidade e no valor comercial tanto de tubérculos sementes quanto de tubérculos para consumo *in natura* no mundo todo (TSROR *et al.*, 2020a, 2020b, 2020c). *Spongospora subterranea* é um patógeno de solo que persiste por décadas (VAN DE GRAAF; WALE; LEES, 2007) na forma de aglomerações de esporos dormentes (“sporosori”), que são produzidas nas lesões dos tubérculos e nas galhas das raízes (BALENDRES; TEGG; WILSON, 2017; MERZ, 2008). Em condições de alta umidade, os esporos dormentes liberam zoósporos que podem infectar a batata, além de uma gama de outras plantas hospedeiras (VAN DE GRAAF; WALE; LEES, 2007). Até mesmo níveis muito baixos de inóculo de *Spongospora subterranea* no solo conseguem desencadear sintomas expressivos desde que as condições ambientais sejam favoráveis à doença (BURNETT, 1991; VAN DE GRAAF *et al.*, 2005). Dessa forma, a liberação de um grande número de zoósporos a partir das raízes infectadas pode reduzir drasticamente a importância do inóculo inicial no solo (BURNETT, 1991). Portanto, as galhas podem ter um papel importante em termos de incrementar os níveis de inóculo do solo e, dessa forma, também o risco de ocorrência da doença (BURNETT, 1991).

O nível populacional dos nematoides *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. e *Helicotylenchus* sp. foi obtido a partir das amostras de solo e de raízes de batata para que fossem analisadas as correlações entre os níveis populacionais de nematoides e os sintomas das demais doenças estudadas. No entanto, a população de nematoides presentes na casca dos tubérculos foi desconsiderada por apresentar quase a totalidade das amostras com valor igual a zero indivíduos 10 g casca<sup>-1</sup>.

A correlação entre o nível populacional dos nematoides fitopatogênicos (*Pratylenchus* spp. x *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. x *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* spp. x *Helicotylenchus* sp.) foi altamente significativa ( $p < 0,01$ ) e positiva, quando considerada a amostragem feita independente da cultura de cobertura utilizada (Tabela 7). Apesar de significativa, essa correlação não foi de alta magnitude, variando entre 0,35 e 0,36 (Tabela 7 e Apêndice A). As Tabelas 7 – 16 apresentam apenas as correlações significativas, dentre todas as correlações testadas, que são apresentadas nos

Apêndices A – J. O nível populacional de *Meloidogyne* spp. no solo correlacionou-se negativamente com a incidência dos sintomas causados por *S. subterranea* na raiz e no tubérculo, assim como com os sintomas de mancha asfalto no tubérculo (*Rhizoctonia solani*) (Tabela 7 e Apêndice A). A incidência dos sintomas de murcha-de-verticílio ocorreu negativamente correlacionada com a incidência de sintomas de *S. subterranea* na raiz e no tubérculo e também com a incidência de mancha asfalto no tubérculo (Tabela 7 e Apêndice A). A incidência de nódulos nas raízes causados por *S. subterranea* esteve positivamente correlacionada com a incidência de lesões radiculares longitudinais atribuídas a *Pratylenchus* spp. e também com a incidência de mancha asfalto no tubérculo (Tabela 7 e Apêndice A). As lesões longitudinais nas raízes atribuídas ao nematoide-das-lesões apresentaram correlação negativa tanto com a incidência de mancha asfalto quanto de sarna-pulverulenta no tubérculo e, por fim, como era esperado, a incidência e a severidade de sarna pulverulenta nos tubérculos apresentaram-se positivamente correlacionadas (Tabela 7 e Apêndice A).

**Tabela 7.** Correlações entre o nível populacional de nematoides em solo e raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural, independentemente da cultura de cobertura cultivada anteriormente, ou seja, considerando-se todas as culturas antecessoras avaliadas.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,36	**
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,35	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,36	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,26	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,36	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,31	*
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,40	**
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,36	**
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,31	*
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,26	*
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,26	*
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,32	*
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,31	*
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,50	**

<sup>1</sup>variáveis avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (J<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; e) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; f) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; g) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; h) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; i) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.*(1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*\*) ou não significativa (ns).

Considerando-se as correlações calculadas separadamente para cada cultura de cobertura estudada, para aveia branca, o nível populacional de *Pratylenchus* spp. no solo correlacionou-se positivamente com o nível de *Meloidogyne* spp. no solo; por outro lado, essas variáveis correlacionaram-se negativamente *Meloidogyne* spp. na raiz (Tabela 8 e Apêndice B), indicando um possível antagonismo.

**Tabela 8.** Correlações entre o nível populacional de nematoides (solo + raízes) e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após aveia branca (*Avena sativa*) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,90	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,86	*

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (J<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; e) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

Para aveia preta, o nível de *Meloidogyne* spp. no solo correlacionou-se positivamente com o nível de *Pratylenchus* spp., de *Meloidogyne* spp. e de incidência de lesões longitudinais na raiz (Tabela 9 e Apêndice C) e tanto o nível de *Pratylenchus* spp. quanto de *Meloidogyne* spp. na raiz correlacionou-se positivamente com a incidência de lesões longitudinais na raiz (Tabela 9 e Apêndice C).



**Tabela 9.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após aveia-preta (*Avena strigosa*) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,99	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	0,97	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,91	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,96	**
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,89	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,89	*

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (J<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>3</sup> de solo; c) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; d) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; e) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

Para crotalaria júncea, o nível de *Meloidogyne* spp. no solo correlacionou-se negativamente com o nível de *Pratylenchus* spp. na raiz (Tabela 10 e Apêndice D). A incidência de sintomas (galhas) de *S. subterranea* correlacionou-se com a incidência de lesões longitudinais na raiz, a incidência de lesões longitudinais na raiz correlacionou-se negativamente com a severidade de sarna-pulverulenta no tubérculo, a incidência de sarna-pulverulenta no tubérculo correlacionou-se positivamente com a incidência de mancha asfalto no tubérculo e a incidência de mancha asfalto no tubérculo correlacionou-se positivamente com a severidade da sarna-pulverulenta no tubérculo (Tabela 10 e Apêndice D).

**Tabela 10.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após *Crotalaria juncea* em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,83	*
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,94	**
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,82	*
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,82	*
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,86	*

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; b) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; c) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; d) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; e) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; f) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; g) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.*(1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

Para o milho cv. ADR 300, a ocorrência de *Pratylenchus* spp. no solo correlacionou-se positivamente com o nível de *Pratylenchus* spp. na raiz e com a incidência de mancha asfalto no tubérculo e negativamente com a incidência de lesões longitudinais na raiz (Tabela 11 e Apêndice E). O nível de *Meloidogyne* spp. na raiz esteve positivamente correlacionado com a incidência de murcha-de-verticílio e a incidência de lesões longitudinais nas raízes esteve negativamente correlacionada com a incidência de mancha asfalto no tubérculo (Tabela 11 e Apêndice E). A incidência de sarna-pulverulenta e a severidade de sarna pulverulenta no tubérculo estiveram, também, positivamente correlacionadas (Tabela 11 e Apêndice E).

**Tabela 11.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após milho (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,89	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,81	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,82	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,90	*
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,98	**
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,90	*

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (J<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; c) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; d) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; e) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; f) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; g) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.*(1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*), ou não significativa (ns).

Para o trigo cv. BRS 264, utilizado como uma planta de cobertura para rotação com a batata, a ocorrência de *Pratylenchus* spp. no solo esteve positivamente correlacionada com *Meloidogyne* (Tabela 12 e Apêndice F). O nível de *Meloidogyne* spp. no solo esteve correlacionado com o nível de *Helicotylenchus* sp., também no solo, e o nível de *Helicotylenchus* sp. correlacionou-se negativamente com o nível de *Meloidogyne* spp. na raiz (Tabela 12 e Apêndice F). Nas raízes, o nível de *Pratylenchus* spp. correlacionou-se positivamente com o nível de *Meloidogyne* spp., o nível de *Meloidogyne* spp. correlacionou-se positivamente com o nível de *Helicotylenchus* sp. e o nível de *Helicotylenchus* sp. correlacionou-se positivamente com a incidência de galhas causadas por *S. subterranea* (Tabela 12 e Apêndice F). Também, a incidência e a severidade de sarna pulverulenta nos tubérculos estiveram positivamente correlacionadas (Tabela 12 e Apêndice F).

**Tabela 12.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS 264) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,94	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,86	*
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,86	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,81	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	0,83	*
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,84	*
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,97	**

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (J<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; e) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; f) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; h) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; i) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.*(1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

Para trigo-mourisco, o nível de *Pratylenchus* spp. esteve positivamente correlacionado com o nível de *Helicotylenchus* sp., ambos no solo (Tabela 13 e Apêndice G). Nas raízes, o nível de *Meloidogyne* spp. esteve negativamente correlacionado com a incidência de lesões longitudinais típicas do nematoide-das lesões e a incidência de galhas de *S. subterranea* na raiz esteve positivamente correlacionada com a incidência de mancha asfalto nos tubérculos (Tabela 13 e Apêndice G).

**Tabela 13.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,86	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,92	**
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,81	*

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (J<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Helicotylenchus* sp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; d) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; e) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; f) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*), ou não significativa (ns).

Para o mix crambe, o nível de *Meloidogyne* spp. esteve positivamente correlacionado com o nível de *Helicotylenchus* sp., ambos no solo, e, também, com o nível de *Pratylenchus* spp. na raiz (Tabela 14 e Apêndice H). O nível de *Helicotylenchus* sp. no solo esteve positivamente correlacionado com a incidência de lesões longitudinais na raiz (Tabela 14 e Apêndice H) e o nível de *Helicotylenchus* sp. na raiz esteve correlacionado a incidência de galhas causadas por *S. subterranea* na raiz (Tabela 14 e Apêndice H).

**Tabela 14.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após consórcio de plantas de cobertura constituído por capim braquiária (*Urochloa ruziziensis*), crambe (*Crambe abyssinica*), *Crotalaria breviflora*, *C. ochroleuca*, feijão caupi (*Vigna unguiculata*), milho (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300) e trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,88	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,99	**
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,93	*
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,95	*

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; b) nível *Helicotylenchus* sp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes, j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastas apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

Para o mix aveias (Tabela 15 e Apêndice I), o nível de *Meloidogyne* spp. no solo esteve positivamente correlacionado com o nível de *Meloidogyne* spp. na raiz, porém negativamente correlacionado com a incidência de sarna-pulverulenta no tubérculo. O nível de *Pratylenchus* na raiz esteve negativamente correlacionado tanto com a incidência de lesões longitudinais na raiz quanto com a incidência de sarna-pulverulenta no tubérculo. A incidência e a severidade da sarna-pulverulenta no tubérculo estiveram positivamente correlacionadas (Tabela 15 e Apêndice I).

**Tabela 15.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após consórcio de plantas de cobertura constituído por aveia (*Avena sativa*), aveia-preta (*Avena strigosa*), *Crotalaria juncea* e milho (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	0,93	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,86	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,82	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,86	*
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,90	*
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,84	*

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; b) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; c) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes J<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; d) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; e) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; f) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; g) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.*(1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

Para o mix crotalárias (Tabela 16 e Apêndice J), o nível de *Pratylenchus* spp. no solo correlacionou-se positivamente com a incidência de sarna-pulverulenta no tubérculo e o nível de *Helicotylenchus* sp. correlacionou-se positivamente com a incidência de lesões longitudinais na raiz.

**Tabela 16.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após consórcio de plantas de cobertura constituído por *Crotalaria breviflora* e *C. ochroleuca* em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,82	*
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,88	*

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (J<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Helicotylenchus* sp. no solo: número de espécimes J<sub>2</sub> 250 cm<sup>3</sup> de solo; c) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; d) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

Algumas correlações positivas entre o nível populacional dos nematoides fitopatogênicos tanto no solo quanto nas raízes foram observadas no presente estudo, diferente do que foi observado por Fontana *et al.* (2015). Naquele estudo, observou-se que o incremento da população de *Pratylenchus zaeae* ou de *Meloidogyne incognita* causava redução na capacidade de reprodução do outro gênero (FONTANA *et al.*, 2015). Postulou-se, em tal trabalho, que, por serem endoparasitos migradores e terem como característica destruir as radículas e as raízes onde são encontradas as fêmeas de *Meloidogyne* spp. se alimentando, os nematoides-das-lesões-radiculares acabam provocando a morte das fêmeas de *Meloidogyne* spp., uma vez que são parasitos obrigatórios e dependem das radículas/raízes vivas e sadias (FONTANA *et al.*, 2015).

A doença denominada morte prematura da batata (MPB, tradução livre do inglês “potato early dying”) resulta na senescência antecipada da parte aérea da planta e pode limitar a produtividade em até 50% (LA MONDIA, 2006). Embora o fungo *Verticillium* spp. seja o principal patógeno envolvido na MPB, outros patógenos normalmente ocorrem de forma associada no desenvolvimento da doença, constituindo o que é chamado de “complexo causador da doença”. Nesse sentido, diversos estudos realizados no Estado de Ohio (EUA) e em Israel demonstraram o envolvimento do nematoide-das-lesões-radiculares (*Pratylenchus* spp.) na MPB (BOWERS *et al.*, 1996; MARTIN; RIEDEL; ROWE, 1982; POWELSON; ROWE, 1993; RIEDEL; ROWE, 1985; ROWE, 1985b, 1985a; ROWE; POWELSON, 2002). Não foi observada, também, correlação positiva entre os níveis populacionais de *Pratylenchus* spp. no solo e nas raízes e a incidência de murcha-de-verticílio, como era de se esperar a partir dos relatos existentes sobre o complexo da doença morte prematura da batata.

A relação sinérgica entre *Meloidogyne* spp. e *Rhizoctonia solani*, já relatada anteriormente por outros estudos (BJÖRSELL; EDIN; VIKETOFT, 2017; EDIN *et al.*, 2019), também não foi evidenciada pelas análises de correlação realizadas, com a ressalva de que apenas uma das fases da doença, ou seja, a mancha asfalto no tubérculo, foi avaliada no presente estudo. Apesar de existirem relatos da ocorrência da interação, os seus efeitos na produção de batata não são muito bem estudados. Outras espécies de nematoides que interagem com *R. solani* são os nematoides do cisto da batata, *Globodera rostochiensis* e *Globodera pallida* (BJÖRSELL; EDIN; VIKETOFT, 2017), que felizmente ainda não foram relatados no Brasil. Na soja, altas densidades de nematoides da lesão radicular (*Pratylenchus* spp.) e de nematoides do gênero *Tylenchorhynchus* foram observados em reboleiras no campo apresentando sintomas graves causados por *R. solani* (EDIN *et al.*, 2019).



De forma interessante, a correlação entre a população de *Helicotylenchus* sp. na raiz e a incidência de nódulos, na raiz, causados por *S. subterranea* foi positiva para as culturas de cobertura trigo (Tabela 12) e mix crambe (Tabela 14), o que pode ser indicativo de uma possível interação favorecendo a doença. Também, a população de *Helicotylenchus* sp. no solo esteve correlacionada positivamente com a incidência de lesões nas raízes nos tratamentos com o mix crambe (Tabela 14) e com o mix crotalárias (Tabela 16), o que pode indicar participação deste nematoide na causa dos sintomas tradicionalmente atribuídos a *Pratylenchus* spp. Estudos mais aprofundados precisariam ser realizados para confirmar a capacidade de *Helicotylenchus* sp. de provocar sintomas de lesões radiculares em batata, ou, até mesmo, avaliar se a ocorrência de lesões causadas por *Pratylenchus* spp. poderiam estar favorecendo o parasitismo de *Helicotylenchus* spp. em batata.

#### 4.4. Conclusões

O cultivo do consórcio *C. brevisflora* + *C. ochroleuca* reduz a incidência de lesões necróticas nas raízes causadas por *Pratylenchus* spp.. Aveia branca, aveia-preta e o consórcio constituído por *Urochloa ruziziensis*, *Crambe abyssinica*, *Crotalaria brevisflora*, *C. ochroleuca*, milheto cv. ADR 300 e trigo mourisco (mix crambe) proporcionam redução na incidência de murcha-de-verticílio. A utilização de aveia como planta de cobertura proporciona redução na incidência de sarna-pulverulenta nos tubérculos. A ocorrência do nematoide-espinalado (*Helicotylenchus* spp.) no solo está positivamente correlacionado com a incidência de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) da batata nas raízes quando trigo ou mix crambe são cultivados como culturas de cobertura previamente em sucessão.

#### Referências

- ABBA. Quem define as variedades de batata no Brasil? **Batata Show**, p. 1–33, 2019.
- BALENDRES, M. A.; TEGG, R. S.; WILSON, C. R. Resting spore dormancy and infectivity characteristics of the potato powdery scab pathogen *Spongospora subterranea*. **Journal of Phytopathology**, v. 165, n. 5, p. 323–330, 2017.
- BJÖRSELL, P.; EDIN, E.; VIKETOFT, M. Interactions between some plant-parasitic nematodes and *Rhizoctonia solani* in potato fields. **Applied Soil Ecology**, v. 113, p. 151–154, 2017.
- BOWERS, J. H.; NAMETH, S. T.; RIEDEL, R. M.; ROWE, R. C. Infection and colonization of potato roots by *Verticillium dahliae* as affected by *Pratylenchus penetrans* and *P. crenatus*. **Phytopathology**, v. 86, n. 6, p. 614–621, 1996.
- BRÜCHER, E.; VULETIC, E. E.; GUERRA, F. A.; DE ROSSI, R. L.; PLAZAS, M. C.; GUERRA, G. D.; MOLINA, M. G.; GABRIELA, M. M.; DOUCET, M. E. Characterization of a population of *Helicotylenchus dihystra* (COBB, 1893) sp. nov., parasitizing maize roots, in southern Córdoba, Argentina. **Nematopica**, v. 49, n. 1, p. 49–58, 2019.
- BURNETT, F. **The biology and control of powdery scab (*Spongospora subterranea*) of potatoes**. 1991. University of Aberdeen, 1991.
- CASTILLO, P.; VOVLAS, N. ***Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management**. Leiden-Boston: Brill, 2007. 530 p.

- DAVIS, J. R.; HUISMAN, O. C.; EVERSON, D. O.; NOLTE, P.; SORENSON, L. H.; SCHNEIDER, A. T. Ecological relationships of verticillium wilt suppression of potato by green manures. **American Journal of Potato Research**, v. 87, n. 4, p. 315–326, 2010a.
- DAVIS, J. R.; HUISMAN, O. C.; EVERSON, D. O.; NOLTE, P.; SORENSON, L. H.; SCHNEIDER, A. T. The suppression of Verticillium wilt of potato using corn as a green manure crop. **American Journal of Potato Research**, v. 87, n. 2, p. 195–208, 2010b.
- EDIN, E.; GULSHER, M.; FRANKO, M. A.; ENGLUND, J. E.; FLÖHR, A.; KARDELL, J.; VIKETOFT, M. Temporal interactions between root-lesion nematodes and the fungus *Rhizoctonia solani* lead to reduced potato yield. **Agronomy**, v. 9, n. 7, 2019.
- FALLOON, R. E.; VILJANEN-ROLLINSON, S. L. H.; COLES, G. D.; POFF, J. D. Disease severity keys for powdery and downy mildews of pea, and powdery scab of potato. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 23, n. 1, p. 31–37, 1 mar. 1995.
- FAO. **International Year of the Potato**. Disponível em: <<http://www.fao.org/potato-2008/en/aboutiyp/background.html>>.
- FONTANA, L. F.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; MATTEI, D.; SEVERINO, J. J.; BIELA, F.; ARIEIRA, J. D. O. Competition between *Pratylenchus zeae* and *Meloidogyne incognita* on sugarcane. **Nematropica**, v. 45, n. 1, p. 1–8, 2015.
- HATTORI, E. K. O.; NAKAJIMA, J. N. A família Ateraceae na Estação de Pesquisa e Desenvolvimento Ambiental Galheiro, Perdizes, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 59, n. 4, p. 687–749, 2008.
- HONEYCUTT, C. W.; CLAPHAM, W. M.; LEACH, S. S. Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield, and disease incidence in potato. **American Potato Journal**, v. 73, n. 2, p. 45–61, 1996.
- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v. 57, p. 1025–1028, 1973.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for extracting nematode from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692–692, 1964.
- KIRSCH, V. G.; KULCZYNSKI, S. M.; GOMES, C. B.; BISOGNIN, A. C.; GABRIEL, M.; BELLÉ, C.; LIMA-MEDINA, I. Caracterização de espécies de *Meloidogyne* e de *Helicotylenchus* associadas à soja no rio grande do sul. **Nematropica**, v. 46, n. 2, p. 197–208, 2016.
- KNEIB, R. B. **Variabilidade genética, respostas fisiológicas e morfoagronômicas para tolerância ao calor em batata**. 2019. Universidade Federal de Pelotas, 2019.
- LA MONDIA, J. A. Management of lesion nematodes and potato early dying with rotation crops. **Journal of Nematology**, v. 38, n. 4, p. 442–448, 2006.
- LARKIN, R. P.; GRIFFIN, T. S.; HONEYCUTT, C. W. Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. **Plant Disease**, v. 94, n. 12, p. 1491–1502, 2010.
- LI, H.; WANG, Z.; HU, X.; SHANG, W.; SHEN, R.; GUO, C.; GUO, Q.; SUBBARAO, K. V. Assessment of resistance in potato cultivars to Verticillium wilt caused by *Verticillium dahliae* and *Verticillium nonalfalfae*. **Plant Disease**, v. 103, n. 6, p. 1357–1362, 1 jun. 2019.
- MACGUIDWIN, A. E.; ROUSE, D. I. Role of *Pratylenchus penetrans* in the potato early dying disease of Russet Burbank potato. **Phytopathology**, v. 80, n. 10, p. 1077, 1990.
- MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Host status of eighteen vegetable crops for *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, v. 31, n. 2, p. 257–263, 2001.

- MACHADO, A. C. Z.; SILVA, S. A.; FERRAZ, L. C. C. B. **Métodos em nematologia agrícola**. 1. ed. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2019. 184 p.
- MARTIN, M. J.; RIEDEL, R. M.; ROWE, R. C. *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus penetrans*: interactions in the early dying complex of potato in Ohio. **Phytopathology**, v. 72, n. 6, p. 640–644, 1982.
- MEDINA, I. L. **Levantamento e caracterização do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) e das lesões (*Pratylenchus* spp.) em batata no sul do Brasil e estudo da Patogenicidade em *Solanum* spp.** 2013. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.
- MEDINA, I. L.; GOMES, C. B.; CORREA, V. R.; MATTOS, V. S.; CASTAGNONE-SERENO, P.; CARNEIRO, R. M. D. G. Genetic diversity of *Meloidogyne* spp. parasitising potato in Brazil and aggressiveness of *M. javanica* populations on susceptible cultivars. **Nematology**, v. 19, n. 1, p. 69–80, 2017.
- MERZ, U. Powdery scab of potato - Occurrence, life cycle and epidemiology. **American Journal of Potato Research**, v. 85, n. 4, p. 241–246, 2008.
- ORLANDO, V.; GROVE, I. G.; EDWARDS, S. G.; PRIOR, T.; ROBERTS, D.; NEILSON, R.; BACK, M. Root-lesion nematodes of potato: Current status of diagnostics, pathogenicity and management. **Plant Pathology**, v. 69, n. 3, p. 405–417, 2020.
- POWELSON, M. L.; ROWE, R. C. Biology and management of early dying of potatoes. **Annual Review of Phytopathology**, v. 31, p. 111–126, 1993.
- RIASCOS-ORTIZ, D.; MOSQUERA-ESPINOSA, A. T.; AGUDELO, F. V.; OLIVEIRA, C. M. G.; MUÑOZ-FLOREZ, J. E. An integrative approach to the study of *Helicotylenchus* (Nematoda: Hoplolaimidae) Colombian and Brazilian populations associated with *Musa* crops. **Journal of Nematology**, v. 52, p. 1–19, 2021.
- RIEDEL, R. M.; ROWE, R. C. Lesion nematode involvement in potato early dying disease. **American Potato Journal**, v. 62, p. 163–171, 1985.
- ROWE, R. C. Synergistic Interactions Between *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus penetrans* in Potato Early Dying Disease. **Phytopathology**, v. 75, n. 4, p. 412, 1985a.
- ROWE, R. C. Potato early dying - a serious threat to the potato industry. **American Potato Journal**, v. 62, p. 157–161, 1985b.
- ROWE, R. C.; POWELSON, M. L. Potato early dying: Management challenges in a changing production environment. **Plant Disease**, v. 86, n. 11, p. 1184–1193, 2002.
- SILVA, A. R. **Fitonematoides na cultura da batata: reação de genótipos a *Meloidogyne* spp., distribuição de espécies e caracterização dos sintomas**. 2009. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.
- SILVA, S. A.; CUNHA, L. S.; PESCI, R. R.; MACHADO, A. C. Z. Population dynamics of *Helicotylenchus dihystra* in cotton under greenhouse conditions. **Tropical Plant Pathology**, v. 48, n. 1, p. 90–96, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40858-022-00537-6>>.
- SUBBOTIN, S. A.; INSERRA, R. N.; MARAIS, M.; MULLIN, P.; POWERS, T. O.; ROBERTS, P. A.; VAN DEN BERG, E.; YEATES, G. W.; BALDWIN, J. G. Diversity and phylogenetic relationships within the spiral nematodes of *Helicotylenchus* Steiner, 1945 (Tylenchida: Hoplolaimidae) as inferred from analysis of the D2-D3 expansion segments of 28S rRNA gene sequences. **Nematology**, v. 13, n. 3, p. 333–345, 2011.
- TAYLOR, R. J.; PASCHE, J. S.; GUDMESTAD, N. C. Influence of tillage and method of metam sodium application on distribution and survival of *Verticillium dahliae* in the soil and the development of *Verticillium* wilt of potato. **American Journal of Potato Research**, v. 82, p. 451–461, 2005.

- THANGAVEL, T.; TEGG, R. S.; WILSON, C. R. Monitoring *Spongospora subterranea* development in potato roots reveals distinct infection patterns and enables efficient assessment of disease control methods. **PLoS ONE**, v. 10, n. 9, p. 1–18, 2015.
- TSROR, L. Biology, epidemiology and management of *Rhizoctonia solani* on potato. **Journal of Phytopathology**, v. 158, n. 10, p. 649–658, 2010.
- TSROR, L.; LEBIUSH, S.; ERLICH, O.; BLANK, L. Aerial dispersal of *Spongospora subterranea* sp. f. *subterranea*, the causal agent of potato powdery scab. **European Journal of Plant Pathology**, v. 158, n. 2, p. 391–401, 2020a.
- TSROR, L.; LEBIUSH, S.; HAZANOVSKY, M.; ERLICH, O. Control of potato powdery scab caused by *Spongospora subterranea* by foliage cover and soil application of chemicals under field conditions with naturally infested soil. **Plant Pathology**, v. 69, n. 6, p. 1070–1082, 2020b.
- TSROR, L.; SHAPIRA, R.; ERLICH, O.; HAZANOVSKY, M.; LEBIUSH, S. Characterization of weeds and rotational crops as alternative hosts of *Spongospora subterranea*, the causal agent of powdery scab in Israel. **Plant Pathology**, v. 69, n. 2, p. 294–301, 2020c.
- VAN DE GRAAF, P.; LEES, A. K.; WALE, S. J.; DUNCAN, J. M. Effect of soil inoculum level and environmental factors on potato powdery scab caused by *Spongospora subterranea*. **Plant Pathology**, v. 54, n. 1, p. 22–28, 2005.
- VAN DE GRAAF, P.; WALE, S. J.; LEES, A. K. Factors affecting the incidence and severity of *Spongospora subterranea* infection and galling in potato roots. **Plant Pathology**, v. 56, n. 6, p. 1005–1013, 2007.
- YELLAREDDYGARI, S. K. R.; GUDMESTAD, N. C. Bland-Altman comparison of two methods for assessing severity of *Verticillium* wilt of potato. **Crop Protection**, v. 101, p. 68–75, 2017.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies de nematoides-das-lesões *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaeae*, assim como as espécies de nematoides-das-galhas *Meloidogyne ethiopica* (em maior proporção) e *M. arenaria* (em menor proporção) foram identificadas na área de produção de batata estudada na região do Triângulo Mineiro – MG. A utilização de culturas de cobertura, em consórcios de espécies ou como cultura única, foi eficaz em reduzir a população de *Pratylenchus* spp. no solo. Para *Meloidogyne* spp., todas as culturas de cobertura, exceto trigo cv. BRS 264, foram capazes de reduzir a população do nematoide no solo. *Helicotylenchus* sp. foi reduzido por todas as culturas de cobertura, exceto trigo mourisco. A população de nematoides de vida-livre foi incrementada pelas culturas de cobertura, sendo o valor do incremento obtido para crotalária júncea estatisticamente superior em relação às demais. Nenhuma das plantas de cobertura apresentou efeito persistente de redução da população de nematoides no solo, exceto nos casos do trigo cv. BRS 264 e do consórcio *C. breviflora* + *C. ochroleuca*, que apresentaram decréscimo na população de *Meloidogyne* spp. durante o cultivo do milho realizado subsequentemente. Todos os nematoides fitopatogênicos apresentaram populações superiores à população inicial ao final do ciclo de rotação de culturas, independentemente da cultura de cobertura utilizada, demonstrando que os esquemas de rotação propostos não foram efetivos em manter as populações de nematoides fitopatogênicos em níveis aceitáveis no solo, e que aumentos expressivos dessas populações são esperados ao final desses ciclos de rotação. O cultivo do consórcio *C. breviflora* + *C. ochroleuca* reduziu a incidência de lesões necróticas longitudinais nas raízes tradicionalmente atribuídas a *Pratylenchus* spp. Aveia, aveia-preta e o consórcio constituído por *Urochloa ruziziensis*, *Crambe abyssinica*, *Crotalaria breviflora*, *C. ochroleuca*, milho cv. ADR 300 e trigo mourisco (mix crambe) proporcionaram redução na incidência de murcha-de-verticílio. A utilização de aveia como planta de cobertura proporcionou redução na incidência de sarna-pulverulenta nos tubérculos. O nível populacional do nematoide-espiralado (*Helicotylenchus* spp.) esteve correlacionado com a incidência de nódulos nas raízes causados por *S. subterrânea* quando trigo ou mix crambe foram cultivados como culturas de cobertura, sugerindo que este nematoide pode apresentar interação com a sarna-pulverulenta da batata. Em experimentos realizados em condições controladas (casa-de-vegetação), as espécies de crotalária apresentaram valores de índice de galhas e de fator de reprodução (FR) equivalentes ao controle resistente em todas as avaliações, sendo que *C. juncea*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca* apresentaram consistentemente valor FR igual a zero, o que as classificam como imunes a *M. ethiopica*. Aveia-preta, capim-braquiária, crambe, milho cvs. BRS 1501 e ADR 300, mucuna-cinza, nabo-forageiro, rúcula cv. Nemat, sorgo cv. Ponta Negra, trigo cv. Duque e trigo-mourisco apresentaram valores de FR inferiores a 1,00 em todos os experimentos realizados, sendo classificados como plantas não-multiplicadoras. Mostarda cvs. Comum e Bioactive e trigo cvs. Atom e BRS 264 apresentaram valor de FR igual ou superior a 1,00 em pelo menos em uma das avaliações, não sendo recomendadas para esquemas de rotação visando redução da população de *M. ethiopica* no solo.



## Apêndices

**APÊNDICE A.** Correlações entre variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural, independentemente da cultura anterior.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,36	**
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,35	**
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,04	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,09	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,06	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,23	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,08	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,17	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,18	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,12	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,17	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,21	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,36	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,39	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,19	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	0,19	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,09	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,03	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,26	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,14	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,36	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,31	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,17	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,27	*
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,02	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,02	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,13	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,21	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,11	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,03	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,02	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,11	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,03	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,03	ns

continua...



continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,02	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,12	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	-0,04	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,13	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,14	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,04	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,14	ns
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,05	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,08	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,03	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,11	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,23	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,09	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,10	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,05	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,08	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,02	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,09	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,12	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,09	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,11	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,16	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,12	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,08	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,03	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,03	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,07	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,11	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,11	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,40	**
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	-0,01	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,14	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,36	**
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,31	*
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,26	*
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,07	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,26	*

continua...

continuação

incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,08	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,03	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,32	*
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,31	*
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,10	ns
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,50	**
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,22	ns

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes, h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste t a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

**APÊNDICE B.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após aveia (*Avena sativa*) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,90	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,44	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,82	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,31	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,54	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,39	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,51	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,29	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,73	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,50	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,07	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,24	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,41	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,65	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,08	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	0,21	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,32	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,55	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,47	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,43	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,56	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,15	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,09	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,71	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,31	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,03	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,64	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,27	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,21	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,17	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,04	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,56	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,30	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,28	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,63	ns

continua...

continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,06	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	-0,62	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,28	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,53	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,01	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,51	ns
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,30	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,86	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	0,60	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,09	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,21	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,67	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,04	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,12	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,44	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,45	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,56	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,33	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,57	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,22	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,16	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,21	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,13	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,51	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,48	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,46	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,58	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,08	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,20	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	-0,07	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,35	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,11	ns
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,52	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,24	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,81	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,73	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,12	ns

continua...

continuação

incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,58	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,20	ns
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,74	ns
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,23	ns
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,33	ns
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,64	ns

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes, h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste T a 5% (\*), 1% (\*\*), ou não significativa (ns).

**APÊNDICE C.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após aveia-preta (*Avena strigosa*) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,00	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,71	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,35	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,11	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,15	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,78	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,83	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,51	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,20	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,26	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,56	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,18	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,25	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,63	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,99	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	0,97	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	0,10	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,25	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,19	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,91	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,07	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,80	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,09	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,27	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,36	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,13	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	-0,67	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,75	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,07	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,30	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,25	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,25	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,21	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,51	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,63	ns

continua...

continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,30	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	0,34	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,15	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,52	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,26	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,83	*
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,09	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,96	**
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,03	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,18	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,18	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,89	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,01	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,72	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,17	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	0,11	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,43	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,21	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,89	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,03	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,87	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,29	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,67	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,56	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,25	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,32	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,44	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,41	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,34	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	0,28	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,23	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,66	ns
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,23	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,54	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,52	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,26	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,15	ns

continua...

continuação

incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,37	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,79	ns
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,19	ns
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,16	ns
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,16	ns
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,21	ns

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes, h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste T a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).



**APÊNDICE D.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após *Crotalaria juncea* em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,13	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,53	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,00	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,20	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,65	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,42	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,03	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,73	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,64	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,17	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,15	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,38	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	-0,09	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,71	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,83	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	-0,71	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	0,61	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,71	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,26	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,25	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,26	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,11	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,08	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,34	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,08	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,11	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	-0,50	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,53	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,19	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,13	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,80	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,75	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,54	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,49	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,32	ns

continua...

continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,62	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	-0,64	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,11	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,22	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,20	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,66	ns
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,31	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,30	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,37	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,79	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,19	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,12	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,06	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,19	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,17	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,31	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,12	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,52	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,48	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,59	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,24	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,38	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,07	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,44	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,27	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,43	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,05	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,05	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,11	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	0,15	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,58	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,70	ns
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,60	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,94	**
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,18	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,37	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,59	ns

continua...

continuação

incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,48	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,64	ns
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,82	*
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,82	*
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,80	ns
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,86	*

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes, h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste T a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

**APÊNDICE E.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após milheto (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	-0,19	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	-0,51	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,17	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,89	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,52	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,19	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,44	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,21	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,81	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,50	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,82	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,10	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	-0,37	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,11	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,06	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	-0,10	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	0,14	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,38	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,18	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,60	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,23	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,65	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,32	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,73	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,57	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,06	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,73	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,07	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,67	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,45	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,12	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,31	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,12	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,27	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,50	ns

continua...

continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,99	**
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	-0,59	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,76	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,48	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,19	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,33	ns
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,22	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,32	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,32	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,21	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,56	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,73	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,55	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,74	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,17	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,44	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,90	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,45	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,24	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,33	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,33	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,66	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,59	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,78	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,53	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,14	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,39	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,15	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,51	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	-0,03	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,20	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,03	ns
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,51	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,32	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,38	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,23	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,30	ns

continua...

continuação

incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,36	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,98	**
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,12	ns
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,35	ns
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,90	*
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,10	ns

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g-1 de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g-1 de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g-1 de raízes; h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste T a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

**APÊNDICE F.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS 264) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,94	**
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,81	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,93	**
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,29	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,61	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,66	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,45	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,60	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,49	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,61	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,08	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,63	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,86	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,77	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,21	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	-0,58	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,50	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,59	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,53	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,45	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,74	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,10	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,72	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,73	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,56	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,86	*
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	-0,71	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,76	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,62	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,29	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,70	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,50	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,61	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,52	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,66	ns

continua...

continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	-0,74	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	0,45	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,56	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,37	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,51	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,09	ns
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,52	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,81	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	0,57	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,73	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,41	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,38	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,18	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,55	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,01	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	0,83	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,75	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,80	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,12	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,29	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,77	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,15	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,29	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,84	*
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,21	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,13	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,65	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,10	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,36	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	-0,28	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,56	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,41	ns
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,36	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,10	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,09	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,71	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,14	ns

continua...



continuação

incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,58	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,33	ns
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,74	ns
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,16	ns
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,97	**
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,30	ns

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes, h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste T a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

**APÊNDICE G.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,31	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,86	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,03	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,57	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,01	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	0,46	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,70	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,55	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,13	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,20	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,19	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,26	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,33	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,73	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,21	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	-0,32	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	0,63	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,21	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,42	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,13	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,29	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,35	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,48	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,14	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,59	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,24	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,61	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,76	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,70	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,24	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,04	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,54	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,13	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,72	ns

continua...

continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,53	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,42	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	-0,41	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,63	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,27	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,57	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,40	ns
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,20	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,10	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,22	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,72	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,58	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,06	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,60	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,27	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,01	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	0,39	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,01	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,60	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,92	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,13	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,47	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,17	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,04	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,25	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,57	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,59	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,23	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,10	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,79	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	0,11	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,35	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,69	ns
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,06	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,49	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,11	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,81	*

continua...

continuação

incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,28	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,48	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,26	ns
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,37	ns
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,28	ns
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,55	ns
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,15	ns

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes, h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste T a 5% (\*), 1% (\*\*), ou não significativa (ns).

**APÊNDICE H.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após consórcio de plantas de cobertura constituído por capim braquiária (*Urochloa ruziziensis*), crambe (*Crambe abyssinica*), *Crotalaria breviflora*, *C. ochroleuca*, feijão caupi (*Vigna unguiculata*), milheto (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300) e trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	-0,10	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	-0,35	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,24	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,20	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,13	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	0,41	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,79	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,12	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,53	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,11	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,34	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,38	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,88	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,89	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,99	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	0,44	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,43	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,65	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,52	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,22	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,08	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,48	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,13	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,99	**
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,93	*
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,07	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	-0,25	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,68	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,24	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,41	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,43	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,53	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,34	ns

continua...

continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,93	*
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,02	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	-0,24	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	0,60	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,26	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,30	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,48	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,56	ns
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,32	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,37	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,41	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,70	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,46	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,29	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,16	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,51	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,01	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,57	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,52	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,61	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,14	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,83	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,01	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,78	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,70	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,95	*
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,32	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,55	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,77	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,48	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,54	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	0,42	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,24	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,56	ns
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,00	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,47	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,54	ns

continua...

continuação

incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,73	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,64	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,15	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,40	ns
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,44	ns
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,09	ns
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,83	ns
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,03	ns

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g-1 de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g-1 de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g-1 de raízes, h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste T a 5% (\*), 1% (\*\*), ou não significativa (ns).

**APÊNDICE I.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após consórcio de plantas de cobertura constituído por aveia (*Avena sativa*), aveia-preta (*Avena strigosa*), *Crotalaria juncea* e milho (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 300) em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	0,54	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,34	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,26	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,21	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,36	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,41	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,44	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,55	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,46	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,37	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,33	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,61	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,75	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,30	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,77	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	0,93	**
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,26	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,02	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,36	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,58	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,86	*
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,31	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,65	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,09	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,38	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,77	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	-0,53	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,29	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,06	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,33	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,38	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,09	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,17	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,14	ns

continua...



continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,43	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	-0,37	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	0,66	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,17	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,20	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,19	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,02	ns
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,10	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,72	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,30	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,27	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,16	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,82	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,86	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,50	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,52	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,28	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,25	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,01	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,44	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,68	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,19	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,33	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,34	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,15	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,67	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,00	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,56	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,10	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	-0,64	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	-0,15	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,03	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,23	ns
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,34	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,30	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,57	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,40	ns

continua...

continuação

incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,90	*
incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,65	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,13	ns
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,51	ns
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,68	ns
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,84	*
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,53	ns

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes, h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste T a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).

**APÊNDICE J.** Correlações entre o nível populacional de nematoides no solo e nas raízes e variáveis sintomatológicas avaliadas na cultura da batata cultivada após consórcio de plantas de cobertura constituído por *Crotalaria breviflora* e *C. ochroleuca* em condições de campo aos 80 dias após o plantio, sob infestação natural.

Variáveis <sup>1</sup>	Coefficiente de correlação <sup>2</sup>	Significância <sup>3</sup>
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo	-0,40	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,23	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,70	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,02	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,29	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	-0,23	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,42	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,32	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,02	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,82	*
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,14	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,33	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo	0,26	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	0,04	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	-0,56	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> raiz	-0,78	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,15	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	-0,02	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,15	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,32	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,46	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,41	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	0,49	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível nematoides de vida-livre solo	-0,57	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,46	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,21	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> sp. solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,27	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência murcha-de-verticílio	0,64	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,30	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência lesões longitudinais raiz	0,88	*
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,18	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,67	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. solo x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,58	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz	0,02	ns
nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	-0,26	ns

continua...

continuação

nível nematoides de vida-livre solo x nível <i>Helicotylenchus</i> sp. raiz	0,33	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência de murcha-de-verticílio	-0,22	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,82	*
nível nematoides de vida-livre solo x incidência lesões longitudinais raiz	-0,25	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,61	ns
nível nematoides de vida-livre solo x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,24	ns
nível nematoides de vida-livre solo x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	0,43	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz	0,38	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz	0,55	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,39	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,22	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,45	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,27	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,18	ns
nível <i>Pratylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,74	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x nível <i>Helicotylenchus</i> raiz	-0,38	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	-0,44	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	-0,40	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	-0,52	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	0,40	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,60	ns
nível <i>Meloidogyne</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,24	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência murcha-de-verticílio	0,58	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Spongospora</i> raiz	0,69	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,65	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,31	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,66	ns
nível <i>Helicotylenchus</i> spp. raiz x severidade sarna-pulverulenta tubérculo	-0,61	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência de <i>Spongospora</i> raiz	0,34	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incidência lesões longitudinais raiz	0,81	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	0,08	ns
incidência de murcha-de-verticílio x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,64	ns
incidência de murcha-de-verticílio x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,62	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência lesões longitudinais raiz	0,11	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência sarna-pulverulenta tubérculo	-0,37	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,05	ns
incidência de <i>Spongospora</i> raiz x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,03	ns

continua...

continuação

incidência lesões longitudinais raiz x incid. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,33	ns
incidência lesões longitudinais raiz x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	-0,87	*
incidência lesões longitudinais raiz x sever. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,59	ns
incidência sarna-pulverulenta tubérculo x incid. <i>Rhizoctonia</i> tubérculo	0,21	ns
incid. sarna-pulverulenta tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	-0,22	ns
incidência <i>Rhizoctonia</i> tubérculo x sev. sarna-pulverulenta tubérculo	0,55	ns

<sup>1</sup>variáveis sintomatológicas avaliadas: a) nível *Pratylenchus* spp. solo: número de espécimes juvenis de 2º estágio (j<sub>2</sub>) presentes em 250 cm<sup>3</sup> de solo; b) nível *Meloidogyne* spp. solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; c) nível *Helicotylenchus* sp.: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; d) nível nematoides de vida livre solo: número de espécimes j<sub>2</sub> 250 cm<sup>-3</sup> de solo; e) nível *Pratylenchus* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; f) nível *Meloidogyne* spp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes; g) nível *Helicotylenchus* sp. raiz: número de espécimes j<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> de raízes, h) incidência murcha-verticílio: porcentagem de plantas com sintomas visuais de murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*) na parte aérea; i) incidência *Spongospora* raiz: porcentagem de hastes apresentando galhas nas raízes típicas de *Spongospora subterranea*; j) incidência lesões longitudinais raiz: porcentagem de hastes apresentando lesões necróticas longitudinais nas raízes típicas de ataque por *Pratylenchus* spp.; k) incidência sarna-pulverulenta tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando lesões na casca típicas de sarna-pulverulenta causada por *Spongospora subterranea*; l) incidência *Rhizoctonia* tubérculo: porcentagem de tubérculos apresentando sintoma de mancha-asfalto, típico da infecção por *Rhizoctonia solani*; m) sev. sarna-pulverulenta tubérculo: severidade dos sintomas de sarna-pulverulenta (*S. subterranea*) avaliados de acordo com a metodologia de Falloon *et al.* (1995); <sup>2</sup>coeficiente de correlação simples entre variáveis; <sup>3</sup>significância estatística da correlação pelo teste T a 5% (\*), 1% (\*\*) ou não significativa (ns).