



**Patogenicidade e caracterização dos sintomas causados por  
*Streptomyces scabiei*, *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita*  
em tubérculos de batata**

EMANUEL TORRES LUCON

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio. Área de Concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Orientador: Dra. Suzete Aparecida Lanza Destéfano

Co-Orientador: Dr. Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira

**São Paulo  
2021**

**SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO**  
**AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS**  
**INSTITUTO BIOLÓGICO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANIDADE,**  
**SEGURANÇA ALIMENTAR E AMBIENTAL NO AGRONEGÓCIO**

**Patogenicidade e caracterização dos sintomas causados por**  
*Streptomyces scabiei*, *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita*  
**em tubérculos de batata**

**Emanuel Torres Lucon**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio. Área de Concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

**São Paulo**  
**2021**

**Emanuel Torres Lucon**

**Patogenicidade e caracterização dos sintomas causados por  
*Streptomyces scabiei*, *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* em tubérculos de  
batata**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Sanidade,  
Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Área de Concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no  
Agroecossistema.

Orientador: Dra. Suzete Aparecida Lanza Destéfano

Co-Orientador: Dr. Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira

**São Paulo  
2021**

Eu **Emanuel Torres Lucon**, autorizo o Instituto Biológico (IB-APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a disponibilizar gratuitamente e sem ressarcimento dos direitos autorais, o presente trabalho acadêmico de minha autoria, no portal, biblioteca digital, catálogo eletrônico ou qualquer outra plataforma eletrônica do IB para fins de leitura, estudo, pesquisa e/ou impressão pela Internet desde que citada a fonte.

Assinatura: 

Data 09/09/2021

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**  
**Núcleo de Informação e Documentação – IB**

---

Lucon, Emanuel Torres.

Patogenicidade e caracterização dos sintomas causados por *Streptomyces scabiei*, *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* em tubérculos de batata.  
/ Emanuel Torres Lucon. - São Paulo, 2021.

77 p.

doi: 10.31368/PGSSAAA.2021D.EL007

Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Linha de pesquisa: Biodiversidade: caracterização, interações, interações ecológicas em agroecossistemas.

Orientador: Suzete Aparecida Lanza Destéfano.

Versão do título para o inglês: Pathogenicity and characterization of symptoms caused by *Streptomyces scabiei*, *Pratylenchus brachyurus* and *Meloidogyne incognita* in potato tubers.

1. *Solanum tuberosum* 2. Nematóides das galhas 3. Nematóides das lesões radiculares 4. Sarna da batata I. Lucon, Emanuel Torres II. Destéfano, Aparecida Lanza III. Instituto Biológico (São Paulo) IV. Título.

---

IB/Bibl./2021/007

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Emanuel Torres Lucon

Título: Patogenicidade e caracterização dos sintomas causados por *Streptomyces scabiei*, *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* em tubérculos de batata.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio do Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Aprovado em: 10/08/2021

### Banca Examinadora

Prof. Dr.: Juliana Magrinelli Osório Rosa Instituição: IB-APTA

Julgamento: Aprovado

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr.: Thiago Leandro Factor Instituição: IAC-APTA

Julgamento: Aprovado

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

A minha mãe Zilda Aparecida Torres Lucon,  
por todo carinho, dedicação e incentivo em todos  
momentos de minha vida. (*In memoriam*)

## AGRADECIMENTOS

À Dra. Suzete A. Lanza Destéfano e Dr. Claudio Marcelo G. de Oliveira por todos os ensinamentos e dedicação para a realização de um trabalho feito com muito carinho, comprometimento e responsabilidade. Agradeço também pela amizade e a oportunidade de realizar um sonho ao ingressar no Mestrado e ser tão bem recebido e orientado.

Aos membros da banca de qualificação e defesa Dra. Juliana M. Osório Rosa e Dr. Thiago L. Factor por todas as considerações e sugestões que enriqueceram o trabalho.

Aos meus amigos do Laboratório de Bacteriologia Vegetal, Mariana Ferreira, Mariana Appy, Mariana Macedo, Regiane Monteiro, Bruna Bueno, Ana Figueiredo, Alex Tomaseto e Lucas Vitor, por todo carinho, conselhos e a oportunidade de conviver com pessoas muito especiais em um ambiente tão acolhedor.

As minhas amigas do Laboratório de Nematologia, Juliana Rosa, Juliana Eulálio, Melissa Tomazini e Rhayane Pillat, por toda paciência, proatividade e companheirismo sempre disponíveis a ajudar.

Agradeço a Deus, pela saúde e por cada pessoa que esteve ao meu lado ao longo de toda minha vida, em especial minha família que com muito amor, compreensão e fé proporcionaram condições para que meus sonhos fossem realizados. Meu pai, Felício José Lucon, batalhou por toda sua vida por nossa família; minha mãe, Zilda Aparecida Torres Lucon, foi à base de toda minha educação; meus irmãos, Alexander Torres Lucon e Thaís Torres Lucon, sempre cuidaram de mim e minhas sobrinhas Beatriz Guarnieri Lucon e Manuela Guarnieri Lucon, que são inspirações de esperança para construção de um mundo melhor.

Agradeço à Luisa Carolina Ricci Lucon, minha esposa e companheira, que me apoiou em cada momento desde a projeção de voltar a estudar e ingressar em um mestrado, finais de semana de manutenções e avaliações dos experimentos, pelas inúmeras vezes que se dispôs a ler e ajudar com esta dissertação e, principalmente, por todo respeito, paciência, reciprocidade e amor em nossa relação.

À empresa Soleil Papa pelo fornecimento de tubérculos-semente para realização dos ensaios e ao CEPAGRI por dados climatológicos.

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

## RESUMO

Lucon, Emanuel Torres. **Patogenicidade e caracterização dos sintomas causados por *Streptomyces scabiei*, *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* em tubérculos de batata**. 2021. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo 2021.

A cultura da batata é de expressiva relevância econômica e social, com grande importância na dieta alimentar de muitos países devido às suas características nutricionais. No entanto, muitos fatores influenciam a qualidade dos tubérculos, entre eles pragas e doenças, como a sarna da batata causada por bactérias do gênero *Streptomyces* e fitonematoides dos gêneros *Pratylenchus* e *Meloidogyne*. Os sintomas causados por esses patógenos podem ser muito semelhantes, podendo resultar em um diagnóstico equivocado do agente causal e, conseqüentemente, medidas incorretas de manejo. A partir dessa informação, objetivou-se avaliar a ação isolada ou conjunta de *S. scabiei*, *P. brachyurus* e *M. incognita*, verificando se a ocorrência desses patógenos influencia a severidade dos sintomas, degradando tubérculos de batata. Foram realizados três experimentos em casa de vegetação, inoculando-se os fitopatógenos no início do ciclo da cultura, a qual foi conduzida até seu desenvolvimento completo para as avaliações dos tubérculos. A partir dos resultados, foi possível observar a influência do clima no desenvolvimento da batata e conseqüentemente na interação entre a cultura e os fitopatógenos. Constatou-se semelhança nos danos causados por esses fitopatógenos, o que pode levar a identificação e manejo equivocado destes agentes. Os resultados mostraram que a incidência de lesões causadas por *S. scabiei* foi em média superior a 12%, enquanto que os sintomas causados por *P. brachyurus* e *M. incognita* variaram de 3 a 6%, indicando maior patogenicidade da bactéria, uma vez que essa atua desde a formação dos primeiros tubérculos e os nematoides precisam de maior período para penetração e multiplicação para causar danos mais acentuados.

**Palavras chave:** *Solanum tuberosum*, nematoide das galhas, nematoide das lesões radiculares, sarna da batata.

## ABSTRACT

Lucon, Emanuel Torres. **Pathogenicity and characterization of symptoms caused by *Streptomyces scabiei*, *Pratylenchus brachyurus* and *Meloidogyne incognita* in potato tubers.** 2021. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo 2021.

Potato is one of the most significant crop economically and socially due it's important in the diet of many countries because of its nutritional characteristics. However, many factors might influence the quality of the tubers including pests and diseases such as nematodes of the genus *Pratylenchus* and *Meloidogyne* and common scab caused by bacteria of the genus *Streptomyces*. The symptoms caused by these pathogens may be similar resulting in an incorrect diagnosis of the causal agent and an incorrect management. The objective of this research was to investigate the isolated or mixed action of *S. scabiei*, *P. brachyurus* and *M. incognita*, checking if the occurrence of these pathogens at the same time can influence the severity of symptoms in potato tubers. Three experiments were carried out in a greenhouse. The phytopathogens were inoculated at the beginning of the cultivation and the evaluations were made analyzing the potato tubers. The results shown that it was possible to observe the influence of the weather on potato development and consequently on the interaction between the crop and the phytopathogens. The damage caused by the three phytopathogens was similar which may result in the incorrect identification between them. The intensity of symptoms caused by *S. scabiei* was more pronounced than by *P. brachyurus* and *M. incognita*, due to the greater pathogenicity of the *Streptomyces* and the bacteria act since the formation of the first tubers, while nematodes needs more time to penetrate and multiply to cause more damage.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*, root-knot nematode, root-lesion nematode, common scab.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Diferentes tipos de lesões observados em <i>S. tuberosum</i> , devido à sarna da batata (A) lesão superficial; (B) lesão erupente; (C) lesão profunda (Corrêa, 2011).....	6
Figura 2. Galhas ou pipocas na superfície dos tubérculos de batata causadas por <i>Meloidogyne javanica</i> (Oliveira et al., 2017).....	6
Figura 3. Tubérculos de batata infectados por <i>Pratylenchus</i> spp. (Pinheiro et al., 2015).....	6
Figura 4. Ciclo da sarna da batata. Fonte: Agrios (1997), modificado por Corrêa (2011).....	8
Figura 5. Representação dos períodos experimentais e variações da temperatura.....	23
Figura 6. Escala diagramática para avaliação de percentual de área do tubérculo coberta por lesões de acordo com Andrade e colaboradores (2019).....	24
Figura 7. Lesões de sarna na batata causadas por <i>S. scabiei</i> (IBSBF 2950): (A) ensaio no verão, (B) ensaio no inverno e (C) ensaio na primavera.....	29
Figura 8. Médias das notas atribuídas às lesões nos tubérculos, por vaso, nas safras no verão, inverno e primavera de 2020, segundo escala diagramática de Andrade e colaboradores (2019). (T = testemunha; S = <i>S. scabiei</i> ; P = <i>P. brachyurus</i> ; M = <i>M. incognita</i> ).....	30
Figura 9. Primeiras lesões em tubérculo de batata causadas por <i>S. scabiei</i> (IBSBF 2950)...	30
Figura 10. Sintomas observados em tubérculos no experimento de verão nos diferentes tratamentos: (T1) Testemunha; (T2) <i>S. scabiei</i> ; (T3) <i>P. brachyurus</i> ; (T4) <i>M. incognita</i> .....	31
Figura 11. Sintomas observados em tubérculos no experimento de inverno nos diferentes tratamentos: (T1) Testemunha; (T2) <i>S. scabiei</i> ; (T3) <i>P. brachyurus</i> ; (T4) <i>M. incognita</i> .....	31
Figura 12. Sintomas observados em tubérculos no experimento na primavera nos diferentes tratamentos: (T1) Testemunha; (T2) <i>S. scabiei</i> ; (T3) <i>P. brachyurus</i> ; (T4) <i>M. incognita</i> .....	31
Figura 13. Lesões causadas por fitopatógenos em tubérculos de batata observados em microscópio estereoscópico. (A) Testemunha; (B) <i>S. scabiei</i> ; (C) <i>P. brachyurus</i> ; (D) <i>M. incognita</i> ; (E) <i>S. scabiei</i> + <i>P. brachyurus</i> ; (F) <i>S. scabiei</i> + <i>M. incognita</i> ; (G) <i>P. brachyurus</i> + <i>M. incognita</i> ; (H) <i>S. scabiei</i> + <i>M. incognita</i> + <i>P. brachyurus</i> .....	32
Figura 14. Lesões causadas por fitopatógenos em tubérculos de batata observados em microscópio estereoscópico. (A) <i>S. scabiei</i> , (B) <i>M. incognita</i> .....	33

Figura 15. Lesões causadas por fitopatógenos em tubérculos de batata observados em microscópio estereoscópico. (A) <i>S. scabiei</i> , (B) <i>P. brachyurus</i> e (C) <i>M. incognita</i> .....	33
Figura 16. Médias das notas atribuídas às lesões nos tubérculos, por vaso, ensaio na primavera de 2020, segundo escala diagramática de Andrade e colaboradores (2019), com inoculação dos fitonematoides em diferentes datas. (DAP = dias após plantio; T = testemunha; S = <i>S. scabiei</i> ; P = <i>P. brachyurus</i> ; M = <i>M. incognita</i> ).....	34
Figura 17. Imagem utilizada no questionário enviado à produtores de batata e pesquisadores da área de fitopatologia para avaliação qualitativa associando os sintomas aos fitopatógenos: (A) <i>P. brachyurus</i> ; (B) <i>S. scabiei</i> + <i>M. incognita</i> ; (C) <i>S. scabiei</i> + <i>P. brachyurus</i> ; (D) <i>M. incognita</i> ; (E) <i>S. scabiei</i> ; (F) <i>P. brachyurus</i> + <i>M. incognita</i> ; (G) <i>S. scabiei</i> + <i>P. brachyurus</i> + <i>M. incognita</i> ; (H) Testemunha.....	37
Figura 18. Médias percentuais de respostas corretas e respostas parciais da avaliação qualitativa por meio de questionário. (T = testemunha; S = <i>S. scabiei</i> ; P = <i>P. brachyurus</i> ; M = <i>M. incognita</i> ).....	37
Figura 19. Médias da massa fresca de tubérculos (em gramas), por vaso, nos ensaios realizados no verão, inverno e primavera de 2020.....	41
Figura 20. Médias do número de tubérculos, por vaso, nos ensaios realizados no verão, inverno e primavera de 2020.....	42
Figura 21. Médias do número de tubérculos, por vaso, no ensaio no período de inverno de 2020. (T = testemunha; S = <i>S. scabiei</i> ; P = <i>P. brachyurus</i> ; M = <i>M. incognita</i> ).....	43
Figura 22. Médias do número de tubérculos, por vaso, menores que 25 milímetros de diâmetro no ensaio no período de inverno de 2020. (T = testemunha; S = <i>S. scabiei</i> ; P = <i>P. brachyurus</i> ; M = <i>M. incognita</i> ).....	44
Figura 23. Efeito de Fluazinam 500 g/L nas doses de (1) 10.000 ppm; (2) 1.000 ppm; (3) 100 ppm; (4) 10 ppm; (5) 1 ppm; (6) 0,1 ppm., sobre o crescimento da <i>S. scabiei</i> .....	45
Figura 24. Placas com crescimento de <i>S. scabiei</i> e discos de antibiograma contendo água destilada esterilizada (Controle negativo).....	45
Figura 25. Efeito de nematicidas sobre o crescimento da <i>S. scabiei</i> . (A) Carbofurano 50g/kg. (B) Cadusafós 200 g/L; (C) Fipronil 800 g/kg. (1) 10.000 ppm; (2) 1.000 ppm; (3) 100 ppm; (4) 10 ppm; (5) 1 ppm; (6) 0,1 ppm.....	46

Figura 26. Efeito de Abamectina sobre o crescimento da *S. scabiei*. (A) Controle negativo; (B) Controle Positivo - Fluazinam 500 g/L; (C) Abamectina 18g/L; (1) 10.000 ppm; (2) 1.000 ppm; (3) 100 ppm; (4) 10 ppm; (5) 1 ppm; (6) 0,1 ppm.....46

Figura 27. Efeito de *Bacillus* spp. sobre o crescimento da *S. scabiei*. (A) Controle negativo; (B) Controle Positivo - Fluazinam 500g/L; (C) *B. subtilis*  $1,0 \times 10^{11}$  UFC/g 200g/kg e *B. licheniformis*  $1,0 \times 10^{11}$  UFC/g 200g/kg. (1) 10.000 ppm; (2) 1.000 ppm; (3) 100 ppm; (4) 10 ppm; (5) 1 ppm; (6) 0,1 ppm.....47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos e número de nematoides inoculados por vaso.....	21
Tabela 2. Tratamentos e número de nematoides inoculados no terceiro experimento.....	22
Tabela 3. Produtos comerciais químicos e biológico na concentração de 10.000 ppm.....	26
Tabela 4. Média das notas atribuídas às lesões nos tubérculos, por vaso, no verão, inverno e primavera de 2020, segundo a escala diagramática de Andrade e colaboradores (2019).....	27
Tabela 5. Fator de reprodução de <i>P. brachyurus</i> e <i>M. incognita</i> raça 3, em tubérculos de batata da cultivar Ágata.....	35
Tabela 6. Médias da massa fresca de tubérculos (em gramas), por vaso, nos ensaios realizados no verão, inverno e primavera de 2020.....	40
Tabela 7. Médias do número de tubérculos, por vaso, nos ensaios realizados no verão, inverno e primavera de 2020.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SÍMBOLOS

<b>ABBA</b>	Associação Brasileira da Batata
<b>°C</b>	Graus Celsius
<b>cm</b>	Centímetro
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetro cúbico
<b>CV</b>	Coeficiente de variação
<b>cv.</b>	Cultivar
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations
<b>g</b>	Gramas
<b>ha</b>	Hectare
<b>IBSBF</b>	Coleção de Culturas de Fitobactérias do Instituto Biológico
<b>kg</b>	Quilo
<b>L</b>	Litro
<b>µL</b>	Microlitro
<b>LBV</b>	Laboratório de Bacteriologia Vegetal
<b>MAPA</b>	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>ppm</b>	Parte por milhão
<b>FR</b>	Fator de reprodução
<b>ton</b>	Tonelada
<b>YME</b>	Yeast Malt Extract

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
2.1.1. Objetivo geral .....	2
2.1.2. Objetivos específicos .....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
3.1. A cultura da batata.....	3
3.2. Influência de fatores climáticos na cultura da batata .....	4
3.3. Danos causados por agentes fitopatogênicos .....	5
3.3.1. Sarna da batata.....	7
3.3.2. Nematoides Fitoparasitos.....	12
3.3.3. <i>Meloidogyne</i> spp.....	16
3.3.4. <i>Pratylenchus</i> spp. ....	17
3.3.5. Interação entre <i>S. scabiei</i> e fitonematoides em batata .....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1. Linhagem bacteriana, meio de cultivo e preparo do inóculo.....	20
4.2. Multiplicação de <i>P. brachyurus</i> e <i>M. incognita</i> raça 3 .....	20
4.3. Plantio e inoculação em vaso.....	22
4.4. Avaliações .....	24
4.4.1. Sintomas .....	24
4.4.2. Fator de reprodução .....	25
4.4.3. Pesquisa com produtores de batata e pesquisadores da área de fitopatologia.....	25
4.4.4. Avaliação do número e massa fresca de tubérculos após infecção única ou mista	25
4.4.5. Delineamento experimental e análise estatística .....	25
4.4.6. Avaliação de produtos químicos e biológico comerciais sobre o crescimento de <i>S. scabiei</i> – Testes <i>in vitro</i> .....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1. Incidência e caracterização dos sintomas.....	27
5.2. Fator de reprodução .....	34
5.3. Pesquisa com produtores de batata e pesquisadores da área de fitopatologia .....	36
5.4. Massa fresca e número de tubérculos .....	39
5.5. Avaliação de produtos químicos e biológico comerciais na inibição do crescimento da linhagem de <i>Streptomyces scabiei</i> (IBSBF 2950) - Testes <i>in vitro</i> . ....	44
6. CONCLUSÕES.....	48
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	49
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50

## 1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma espécie cultivada muito importante para a alimentação humana. O valor nutricional dos tubérculos varia de acordo com características genéticas, maturidade, condições climáticas e fertilidade do solo, mas para alguns cultivares plantados no Brasil, até 15% da matéria fresca de batatas *in natura* é composta por carboidratos e aproximadamente 2% por proteínas. (EVANGELISTA et al., 2008).

A riqueza nutricional, associada ao fato de ser o terceiro alimento mais consumido no mundo, depois do trigo e arroz, torna a batata uma fonte vegetal muito importante no combate à fome do mundo. Segundo dados da FAO (2021), a produção mundial de batata no ano de 2019 foi em torno de 370 milhões de toneladas, cultivada em 17,3 milhões de hectares, sendo China, Índia, Rússia, Estados Unidos e Ucrânia os principais países produtores. O Brasil é considerado o maior produtor da América do Sul. No ano de 2019 foram cultivados aproximadamente 124 mil de hectares, produzindo 3.854.054 toneladas e média de 30,7 ton/ha (IBGE, 2019). Os principais estados responsáveis pela produção de batatas no Brasil são da região sudeste e sul, sendo eles Minas Gerais (31%), São Paulo (23%), Paraná (19%) e Rio Grande do Sul (11%), embora a cultura também seja de grande importância econômica para outras regiões como o nordeste do país.

A cultura da batata no Brasil, apesar de ser umas das principais olerícolas, fonte de renda e emprego no campo, encontra alguns desafios para obtenção de grandes produtividades por unidade de área, principalmente quando comparada a números obtidos em países Europeus. Essa produtividade reduzida pode ser atribuída a diversos fatores como baixa fertilidade do solo, déficit hídrico, temperaturas elevadas, ataque de pragas e doenças. Esses fatores representam um constante desafio aos produtores, onerando custo com defensivos e manejo, o qual pode ser ainda mais complexo quando não há métodos de controle rápido e eficaz. Para tanto, a identificação correta do agente causal é o primeiro passo para implementação adequada de programas de manejo, principalmente em situações cujos sintomas podem ser semelhantes, como no caso de sarna da batata, causada por linhagens fitopatogênicas de *Streptomyces*, e lesões necróticas causadas por nematoides do gênero *Pratylenchus* (HOLGADO et al., 2009).

Os danos ainda podem ser agravados quando em uma mesma unidade produtora ocorre a associação entre os fitopatógenos, principalmente quando não são evidentes sintomas na parte aérea e o prejuízo somente é identificado na superfície dos tubérculos, dificultando ou até mesmo inviabilizando a sua comercialização.

Os métodos de manejo de sarna da batata e fitonematoides são semelhantes e o controle preventivo é a melhor alternativa considerando que não existe uma forma eficiente de erradicação destes agentes fitopatogênicos. Os principais programas englobam uso de sementes sadias, cultivares mais tolerantes, rotação de culturas, controle químico, adição de matéria orgânica visando um ambiente mais equilibrado e favorecimento de antagonistas para o controle biológico.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.1. Objetivo geral**

Avaliar os sintomas causados pela ação concomitante de *Streptomyces scabiei*, *Pratylenchus brachyurus* e/ou *Meloidogyne incognita* em tubérculos de batata.

### **2.1.2. Objetivos específicos**

- Avaliar o grau de virulência e nível de incidência dos fitopatógenos após infecção única ou mista.
- Caracterizar e comparar sintomas causados pelos agentes causais em estudo.
- Realizar pesquisa com produtores e pesquisadores da área de fitopatologia, quanto ao diagnóstico visual dos sintomas de sarna, causados por *S. scabiei* ou galhas e lesões, causadas pelas espécies de fitonematoides, *M. incognita* raça 3 e *P. brachyurus*, através de questionário enviado aos mesmos.
- Avaliar o número e massa fresca de tubérculos após infecção única ou mista.
- Avaliar *in vitro* o efeito de nematicidas comerciais químicos e biológico sobre o crescimento de *S. scabiei*.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. A cultura da batata

A hortaliça conhecida no Brasil como batata é uma planta herbácea anual, pertencente à classe Dicotyledonae e família Solanaceae, oriunda da região dos Andes na América do Sul. Seu potencial alimentar no combate a fome foi reconhecido a partir de sua introdução na Europa, por volta de 1570, e sua popularização ocorreu por volta de 1620, quando levada da Europa para a América do Norte (LOPES; SILVA, 1997).

O gênero *Solanum* possui mais de 2.000 espécies, destas apenas 150 são formadoras de tubérculos e a principal espécie cultivada nos países ocidentais é *S. tuberosum*, embora cultivares modernas incorporem genes de outras espécies (FAVORETO, 2009; HAWKES, 1990). Os tubérculos são caules adaptados para reserva de alimentos e permite a propagação clonal, mantendo características favoráveis ao híbrido ao longo de sucessivas gerações (LOPES; SILVA, 1997).

O ciclo fenológico da planta de batata é dividido em quatro estádios de desenvolvimento, descritos a seguir: a primeira fase tem início no plantio, brotação da batata semente, desenvolvimento de primeiras raízes e emergência do solo; a segunda etapa compreende a formação da parte aérea e desenvolvimento de estolões até início da tuberização; a terceira inicia-se da tuberização com formação dos tubérculos nas extremidades dos estolões até o enchimento dos tubérculos, e a última fase compreende ao período de maturação ou senescência, armazenando os fotoassimilados nos tubérculos na forma de amido. Nesta última fase, as hastes e folhas se tornam amareladas e a película dos tubérculos se torna mais firme (FILGUEIRA, 2003).

A produção de batata no Brasil é voltada em sua maior parcela para o mercado *in natura*, que requer tubérculos de boa aparência externa, de coloração clara e polpa preferencialmente creme, porém a procura por produtos industrializados está aumentando e a demanda por batata processada se deve as mudanças no hábito alimentar exigindo produtos mais uniformes, práticos e de boa qualidade (BISOGNIN, 2012).

### **3.2. Influência de fatores climáticos na cultura da batata**

Grande parte das cultivares de batata utilizadas pelos produtores brasileiros são oriundas de programas de melhoramento genético estabelecidos em regiões que predominam temperaturas mais amenas, entre elas a norte americana Atlantic e as européias Ágata, Asterix e Cupido. Desse modo, a temperatura pode ser um grande obstáculo para a produção de batata em regiões tropicais (MENEZES et al., 2001).

A temperatura elevada pode afetar os processos fisiológicos das plantas, resultando no crescimento mais acentuado do caule, inibição do início da tuberização, redução do crescimento radicular e redução da fotossíntese com aumento da respiração, principalmente em temperaturas superiores à 24 °C (BENINCASA, 1988). Por isso, em geral, os maiores valores de produtividade são obtidos em regiões de clima mais moderado com temperatura ótima de crescimento em torno de 20°C (SAVIĆ et al., 2012). Segundo Reis (2008), as exigências climáticas da cultura da batata podem ser ainda mais particulares e precisas do que para outras espécies vegetais, devido à redução da taxa de respiração de plantas em temperaturas mais amenas durante a noite e ao acúmulo de reservas assimiladas durante o dia.

O Brasil possui território agricultável amplo e devido a condições climáticas diversas, a colheita da batata ocorre em três safras distintas: a safra das águas, com colheita de dezembro a março, concentrando aproximadamente 48% da quantidade ofertada no ano e os estados de Minas Gerais e Paraná competem pelo mercado. Estes dois estados também são os principais produtores na safra da seca, a qual representa 33% do total produzido com colheita se estendendo de abril a julho. Na safra de inverno, São Paulo e Minas Gerais são os principais responsáveis pelo abastecimento e a colheita ocorre de agosto a novembro, totalizando 19% do abastecimento anual (IBGE, 2019).

A temperatura média diária não é o único fator climático que influencia na produção de batata, tanto que em estados do sul do Brasil não é realizado três safras ao ano, principalmente pelo déficit hídrico. Segundo Marouelli (2006), a evapotranspiração total da cultura da batata varia entre 250 mm a 550 mm por ciclo de cultivo. A evapotranspiração representa a soma da água transpirada pelas plantas mais a evaporada do solo e da superfície das folhas. A deficiência hídrica nos estádios de tuberização e enchimento de tubérculos causam redução na produtividade (BEZERRA et al., 1998). Condições favoráveis de umidade contribuem para uma maior produtividade e maior teor de amido, mas o fornecimento de água

em excesso promove um crescimento vegetativo exagerado e contribui para a formação de um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças (REIS, 2008).

### **3.3. Danos causados por agentes fitopatogênicos**

A cultura da batata, apesar de possuir um ciclo relativamente curto, resulta em alta produtividade por unidade de área e elevada extração dos nutrientes do solo. Mas para a obtenção de resultados satisfatórios ao produtor, muitos fatores limitantes devem ser levados em consideração, como questões fitossanitárias, devido ao ataque de pragas e doenças, principalmente quando associadas entre si e a outros fatores como nutrição do solo, déficit hídrico e variedade cultivada (FERNANDES et al., 2011).

Sob condições ambientais favoráveis, pragas e fitopatógenos podem apresentar aumento da densidade populacional e cultivares suscetíveis podem ser atacadas em nível de dano econômico, resultando em perdas significativas. Historicamente tal fato ocorreu na Irlanda em 1845, quando cerca de 80% dos campos de batata foram perdidos devido à epidemia da requeima causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans*. Devido a este desastre, mais de dois milhões de pessoas morreram de fome e muitos sobreviventes migraram para outros países (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2012).

Dentre os principais problemas fitossanitários na agricultura, podemos citar as bacterioses e os fitonematoides que colonizam ou sobrevivem no solo e que necessitam de manejo visando geralmente à redução de população do agente causal, já que a erradicação é praticamente impossível. Países com clima tropical e subtropical são ideais para sobrevivência destes fitopatógenos, os quais quando em contato com uma planta hospedeira, colonizam, se multiplicam e se não houver tratamentos culturais adequados se disseminam para outras áreas. Para a cultura da batata no Brasil, o prejuízo causado por fitonematoides e bactérias fitopatogênicas do gênero *Streptomyces* não se limita a menor capacidade produtiva, mas também reduz a qualidade dos tubérculos (Figuras 1, 2 e 3). Nunes (2002) concluiu em seu estudo que a ocorrência de sarna (*Streptomyces* spp.), podridão-mole (*Erwinia* spp.), nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) e insetos de solo como larva-alfinete (*Diabrotica speciosa*) causam danos aos tubérculos, tornando-os sem valor comercial.

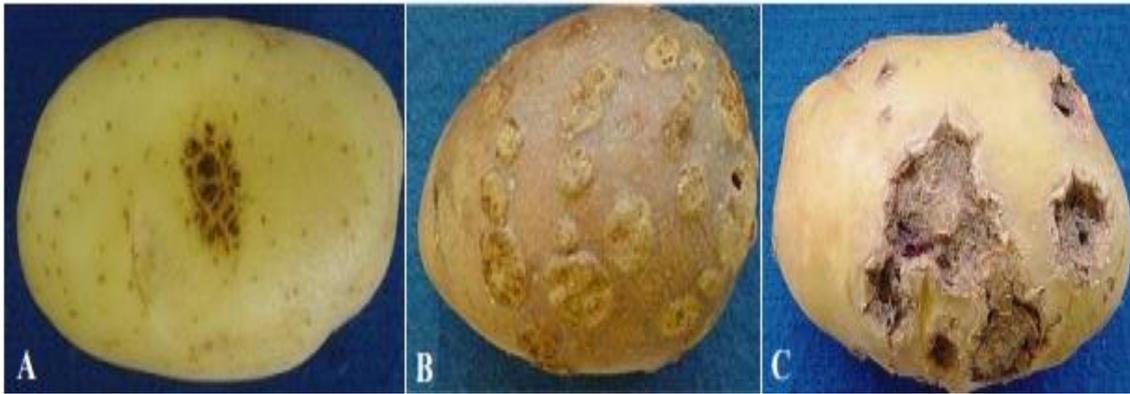


Figura 1. Diferentes tipos de lesões observados em *S. tuberosum*, devido à sarna da batata (A) lesão superficial; (B) lesão erupente; (C) lesão profunda (Corrêa, 2011).



Figura 2. Galhas ou pipocas na superfície dos tubérculos de batata causadas por *Meloidogyne javanica* (Oliveira et al., 2017).



Figura 3. Tubérculos de batata infectados por *Pratylenchus* spp. (Pinheiro et al., 2015).

### 3.3.1. Sarna da batata

A sarna da batata, causada por linhagens patogênicas de *Streptomyces*, é uma importante doença que ocorre em solos de todas as regiões produtoras de batata do Brasil e do mundo e está associada à degradação de tubérculos. Os sintomas dessa doença se caracterizam por lesões que podem tomar toda a superfície do tubérculo, acarretando diminuição do seu valor comercial ou até mesmo impedindo a sua comercialização (HOOKER, 1981).

Atualmente, o gênero *Streptomyces* compreende 977 espécies identificadas que, em sua maioria, são consideradas saprófitas viventes no solo (LSPN, 2021). São bactérias aeróbias, Gram-Positivas, de metabolismo oxidativo e temperatura ótima que se estende de 25 a 35° C. Sua capacidade de sobrevivência vai além da cultura da batata, podendo se hospedar em outras espécies e sobreviver saprofiticamente no solo na forma vegetativa micelial ou de esporos, assim podendo ser disseminada pela chuva, vento ou tubérculos infectados (HOWARD et al., 1994; THEILLEUX, 2000).

Somente poucas delas são consideradas patogênicas com diferenças na morfologia, fisiologia e características moleculares (CORRÊA, 2011). *Streptomyces scabiei* foi a primeira espécie descrita como causadora da sarna comum da batata (LAMBERT; LORIA, 1989a); *S. acidiscabies* foi detectada em tubérculos de regiões com solos ácidos e pH abaixo de 5,2 (LAMBERT; LORIA, 1989b); *S. caviscabies* foi caracterizada por causar lesões profundas em batatas (GOYER et al., 1996); *S. turgidiscabies*, descrita no Japão causando lesões erumpentes em tubérculos (MIYAJIMA et al., 1998), *S. reticuliscabiei*, isolada na França e responsável por causar a sarna reticulada; *S. euroeiscabiei* e *S. stelliscabiei*, consideradas duas genomoespécies dentro da espécie *S. scabiei*, apresentando características morfológicas semelhantes e características bioquímicas diferentes (BOUCHEK-MECHICHE et al., 2000). Park e colaboradores (2003) descreveram, ainda, mais três espécies patogênicas, *S. luridiscabiei*, *S. puniscabiei* e *S. niveiscabiei* causando lesões erumpentes em batatas cultivadas na Coreia do Sul. Há, também, as espécies *S. aureofaciens* e *S. griseus* causadoras da sarna avermelhada (FAUCHER et al., 1993), *S. sampsonii*, considerada saprófita, mas que já foi isolada de lesões de batata (LAMBERT; LORIA, 1989a) e *S. ipomoeae* que causa a sarna em batata-doce (LABEDA; LYONS, 1992; PERSON; MARTIN, 1940; WAKSMAN; HENRICI, 1948).

A principal espécie causadora da sarna e amplamente distribuída no mundo é *S. scabiei* (LAMBERT; LORIA, 1989a). Essa espécie bacteriana apresenta micélio com poucos septos ou ausência deles, esporos cilíndricos medindo em torno de 0,5 x 1,0 µm (HOWARD et al., 1994) e produz pigmentos melanoides em meios de cultivo artificiais sendo que do lado reverso da colônia a coloração pode variar de dourada a castanho (DAVIES; WILLIAMS, 1970).

A penetração de *Streptomyces* em tubérculos de batata ocorre principalmente através das lenticelas jovens, as quais ainda não estão totalmente suberizadas. Segundo Adams e Lapwood (1978), com a maturação das plantas os tubérculos se tornam mais resistentes à infecção e quando ocorre a penetração, os patógenos colonizam inicialmente os espaços intercelulares e em seguida os intracelulares. Os sintomas de sarna da batata se caracterizam por lesões tipicamente arredondadas com textura áspera, corticosa e coloração das lesões variando de pardo-clara a pardo-escura (LORIA et al., 1997). A formação de camada corticosa ao redor do tecido infectado é resultado da produção de suberina nas células adjacentes à região de desenvolvimento da bactéria (AGRIOS, 1997) (Figura 4).



Figura 4. Ciclo da sarna da batata. Fonte: Agrios (1997), modificado por Corrêa (2011).

A patogenicidade de linhagens de *Streptomyces* é considerada complexa, pois diferentes fatores podem estar envolvidos nos processos de ligação ao hospedeiro, penetração, colonização e evasão do sistema de defesa da planta. A fitotoxina taxtomina A, atua inibindo a síntese e deposição de celulose, resultando na hipertrofia celular, estímulo do influxo de íons cálcio e morte celular programada (BIGNELL et al., 2010; LORIA et al., 2006). O gene *nec1*, o qual codifica a proteína necrogênica Nec1, está associado à colonização e supressão da resposta de defesa da planta (BUKHALID et al., 1998; JOSHI et al., 2007) enquanto que as enzimas tomatinases, as quais hidrolisam a alfa-tomatinase, reprimem a resposta de defesa induzida da planta (LORIA et al., 2006). A espécie *S. diastatochromogenes* S-45 (KINASHI et al., 1984), produz as concanamomicinas, policetídeos macrolídeos considerados compostos bioativos que possuem como função a inibição de ATPase tipo-vacuolar (MUROI et al., 1993). A borrelidina é outra fitotoxina produzida por algumas espécies de *Streptomyces* e foi inicialmente isolada de *S. rochei* (BERGER et al., 1949). Essa molécula apresenta atividades antimicrobianas, inibindo a treonil-tRNA sintase (OLANO et al., 2004). As propriedades fitotóxicas da borrelidina foram inicialmente reportadas por Cao e colaboradores (2012), através de estudos com uma linhagem iraniana de *Streptomyces* denominada Gk18, a qual causou necroses profundas e negras em tubérculos de batata.

A principal medida de controle da sarna da batata está baseada na certificação dos tubérculos-semente visando garantir a sanidade do material vegetal aos produtores e a não disseminação de espécies patogênicas de *Streptomyces* para regiões ainda não contaminadas (ZAMBOLIM et al., 2009).

Para garantir a certificação, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2005) elaborou a instrução normativa nº 12, de 10 de junho de 2005, estabelecendo limites de tolerância para *Streptomyces* spp., na qual é permitido a entrada de tubérculos no país com até 5% da superfície acometida por sintomas de sarna. Entretanto, essa regulamentação não levou em consideração que os mesmos sintomas podem ser causados por diferentes espécies de *Streptomyces* e que os tubérculos podem contaminar propriedades livres da doença (CORRÊA, 2011).

Após a identificação de sintomas em determinada área, o manejo adequado visando a redução da incidência da doença ou eliminação do patógeno passa a ser imprescindível para que essa área possa novamente ser rentável. Dentre as estratégias mais empregadas no manejo de doenças bacterianas está o controle químico, baseado na erradicação temporal dos agentes causais ou tornando o ambiente desfavorável ao

desenvolvimento do mesmo (ABD EL-RAHMAN et al., 2018). Embora esse método seja mundialmente o mais utilizado, ainda não há produtos químicos eficientes disponíveis no mercado para o controle de sarna da batata (HOSNY et al., 2014; BERIAM et al., 2020).

Aspectos de eficiência agrônômica de produtos são obtidos a partir de estudos prévios requeridos, mas o processo de registro define se determinada substância ou produto comercial podem ser empregados, avaliando-se também impactos potenciais à saúde pública e ao ambiente (GARCIA et al., 2005). Atualmente no Brasil, o ingrediente ativo fluazinam do grupo fenilpiridinilamina, é o único composto químico registrado para o controle de sarna da batata (AGROFIT, 2021). Segundo Orduño-Cota e colaboradores (2011), o fluazinam apresentou um excelente efeito na eliminação de lesões causadas por *Streptomyces* spp. em tubérculos de batata em experimentos em casa de vegetação e *in vitro*. Seu modo de ação ocorre no desacoplamento da fosforilação oxidativa, interferindo na formação da molécula de ATP (KREYCI, 2016).

Métodos alternativos de controle de doenças são cada vez mais estudados considerando fatores como custos elevados de defensivos químicos, perda de eficiência do produto devido indução de resistência microbiana, malefícios atribuídos à saúde de operadores e contaminação do meio ambiente (BETTIOL, 2009). Uma alternativa importante tem sido o controle biológico, definido por Baker e Cook (1974) como a ação de um ou mais organismos que podem ocorrer de forma natural, pela manipulação do ambiente ou pela introdução de antagonistas, visando à redução de populações de agentes causais ou na capacidade dos mesmos de sobreviverem em um determinado ambiente.

As estratégias de controle de sarna da batata geralmente encontram desafios pela elevada diversidade genética de *S. scabiei*, mas alguns estudos apresentaram resultados promissores com agentes de biocontrole como *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. e espécies não patogênicas de *Streptomyces* (LIN et al., 2018). A produção de metabólitos secundários bioativos por diferentes espécies de *Streptomyces* possibilitaram a competição com outros microrganismos até mesmo do mesmo gênero (PROCOPIO et al., 2012). Em um estudo realizado por ABD El-Hafez (2019), oito isolados de *Streptomyces* apresentaram potencial de inibir o desenvolvimento de *S. scabiei*. Zadeh e colaboradores (2006) também concluíram que duas espécies não patogênicas, *S. olivaceus* e *S. plicatus* são bons antagonistas para o controle de *S. scabiei* e *S. acidiscabies*.

O único produto microbiológico atualmente registrado para o controle de sarna da batata no país utiliza uma única cepa de *Bacillus subtilis* (AGROFIT, 2021). De acordo Bettioli (2009), *B. subtilis* e seus metabólitos vêm sendo estudados como agente de controle biológico antagonista a diversos fitopatógenos. Sua atividade biológica contra diversas bactérias e fungos fitopatogênicos mostrou-se eficiente por apresentar como características, estar presente nos solos, tolerar altas temperaturas, rápido crescimento em culturas líquidas e formação de esporos resistentes (SHODA, 2000).

Resultados promissores têm sido obtidos por pesquisadores utilizando *B. amyloliquefaciens*. Meng e colaboradores (2013) observaram eficácia com o uso desse microrganismo, variando de 17 a 57% na redução de incidência em ensaios de campo ao longo de dois anos. Lin e colaboradores (2018) obtiveram resultados indicando uma severidade de no máximo 4,2% de *S. scabiei* em experimentos conduzidos em casa de vegetação quando aplicado juntamente com *B. amyloliquefaciens*, comparado a 55,6% quando apenas foi inoculado o fitopatógeno. Mas é importante destacar que, devido à alta heterogeneidade genética de diferentes espécies, pode ocorrer eficácia variável quando associada a fatores como elevada densidade populacional, agressividade do patógeno, cultivar muito suscetível e exposição a diferentes linhagens fitopatogênicas (COMPARONI, 2015).

O uso de cultivares resistentes à sarna seria o melhor e mais confiável método de controle em propriedades em que ocorre a doença, porém até o momento não se tem conhecimento de cultivares comerciais totalmente resistentes à doença. Estudos indicam que múltiplos genes podem estar envolvidos na resistência ou na suscetibilidade das cultivares (DEES et al., 2013). Em estudo realizado por Fischer e colaboradores (2009), as cultivares Mondial e Jaete Bintje se mostraram mais tolerantes à sarna que Asterix, Ágata, Monalisa e Cupido. Considerando cultivares suscetíveis plantadas ao longo de muitas safras e o surgimento de novas espécies ou linhagens que adquiriram novas características genéticas de virulência ou de adaptação ao ambiente, a sarna da batata, que nem sempre foi considerada uma doença tão preocupante para bataticultores, tem se tornado um grande problema para muitos produtores (WANNER, 2007).

Para situações de alta incidência da doença, a rotação de culturas aparece como a estratégia mais interessante para diminuir a quantidade do inóculo no solo. Entretanto, para superar a sobrevivência dos esporos de resistência, o período de rotação deve ser longo e um cuidado extra deve ser considerado com relação à espécie vegetal a ser plantada, pois culturas como beterraba, cenoura, nabo, rabanete e batata-doce devem ser evitadas, uma vez que são

plantas hospedeiras para *Streptomyces* fitopatogênicas e por isso podem aumentar o inóculo da área de plantio (RODRIGUES NETO et al., 2008) Segundo Jadoski e colaboradores (2009), a rotação com cereais e gramíneas não hospedeiras como trigo e arroz, possibilitou a redução da população do patógeno.

### 3.3.2. Nematoides Fitoparasitos

Os fitonematoides mais importantes para a cultura da batata no Brasil pertencem aos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, e alguns de importância quarentenária, como *Globodera rostochiensis* e *G. pallida*, que ainda não foram detectados no país (OLIVEIRA, 2007). Esses fitonematoides vivem no solo e se alimentam dos órgãos vegetais subterrâneos, incluindo raízes, rizomas, tubérculos e bulbos. O que configura sua condição de fitoparasita é a presença na cavidade bucal de uma estrutura denominada de estilete, localizado na parte anterior do corpo, em sua maioria são microscópicos e por essa razão, no passado, o dano causado por estes era vinculado a falta de fertilidade dos solos (CHARCHAR, 1999).

Da mesma forma que recomendado para controle da sarna da batata, a principal medida de controle de nematoides está baseada na certificação dos tubérculos-semente visando garantir a sanidade do material vegetal e evitar a introdução, principalmente de nematoides de importância quarentenária. Exclusão é uma das estratégias mais importantes para o controle de nematoides parasitos de plantas porque uma vez que o campo esteja infestado, a completa erradicação do nematoide é difícil de ser alcançada e pode incorrer em custos significativos e longo prazo (PALOMARES RIUS et al., 2014).

O controle preventivo tem como estratégias principais a utilização de batatas sementes isentas de nematoides e plantio em áreas não infestadas, cuja informação é obtida através da prévia análise nematológica do solo e raízes da cultura anterior na área a ser cultivada. As máquinas agrícolas devem ser devidamente desinfestadas antes de ser utilizadas em outras áreas de plantio indenes, considerando que nematoides se movimentam por distâncias pequenas no solo, assim a dispersão de áreas infestadas para as não infestadas está principalmente associada com atividades humanas tais como a movimentação de solo contaminado aderido a equipamentos agrícolas, sapatos e cascos de animais, material vegetal contaminado ou água de irrigação contaminada (PALOMARES RIUS et al., 2014; OLIVEIRA; ROSA, 2020).

O manejo de nematoides fitoparasitos visando o controle ou redução da população tende a ser complexo e deve ser realizado utilizando diferentes métodos. Uma estratégia eficiente no controle de pragas e doenças é com o plantio de cultivares resistentes, e segundo Wingard (1953), o uso de um cultivar resistente é definido pela habilidade em diminuir, inibir ou superar o ataque do patógeno sem agredir o ambiente. Segundo os autores Silva (2009) e Lima-Medina (2013) muitas cultivares de batata plantadas no Brasil são suscetíveis a diferentes espécies do gênero *Meloidogyne* spp., portanto o cultivo sucessivo pode aumentar o número de indivíduos em uma determinada área. Para a espécie *P. brachyurus* muitas cultivares se comportam como resistentes ou imunes, mas há carência de informação sobre o nível de dano causado pelo nematoide associado à resistência genética nas cultivares comercializadas no país (LIMA-MEDINA et al., 2014). Oliveira (2020) concluiu que a cultivar Ágata é suscetível a *P. brachyurus* após cem dias de cultivo e Pinheiro e colaboradores (2009), observaram que as cultivares Achat e Peconic são mais resistentes a nematoides do gênero *Meloidogyne* e a cultivar Hudson a *P. penetrans*.

O desenvolvimento de uma cultivar resistente e tolerante demanda muitos anos de pesquisa para obtenção de características desejáveis ao produtor, associada à baixa interação entre hospedeiro e agente causal, além de adaptação a diferentes condições climáticas. Outro conceito muito importante para a cultura da batata é a tolerância de plantas aos nematoides, uma vez que os fitonematoides podem apresentar capacidade de causar danos nos tubérculos mesmo quando não há multiplicação desses, de acordo com o conceito de Dropkin e Nelson (1960).

Segundo Cook e Evans (1987), a resistência está associada à capacidade do hospedeiro de inibir ou limitar a reprodução, enquanto a definição de tolerância está relacionada à possibilidade de infecção do nematoide ao hospedeiro sem que haja redução do rendimento. Oliveira e colaboradores (1999) concluíram que *Coffea arabica* cv. Mundo Novo e *C. canephora* cv. Apoatã são intolerantes a *P. brachyurus*. Santos e colaboradores (2021) observaram intolerância de duas espécies vegetais ornamentais, *Asplenium nidus* e *Lilium speciosum* ao fitonematoide *Aphelenchoides pseudogoodeyi* e a literatura também descreve casos de espécies ou variedades que são suscetíveis, porém tolerantes, não apresentando um dano aparente, conforme os resultados obtidos por Asmus e colaboradores (2000) que citam cultivares de milho que não apresentaram sintomas visíveis.

A rotação de culturas e a cobertura verde são métodos muito eficazes principalmente quando associados entre si e a outras estratégias como controle químico, biológico e cultural. A rotação ou sucessão de cultura se baseia no cultivo de uma espécie má hospedeira que não permite a multiplicação do nematoide fitoparasita, assim a população do agente é reduzida (GARDIANO et al., 2014).

Em estudos para averiguar a resistência ou tolerância de uma espécie ou cultivar a determinado fitonematoide, geralmente é levado em conta o fator de reprodução, sendo que, quanto menor e mais próximo a zero, maior a resistência (OOSTENBRINK, 1966). Chidichima e Santos (2019) relataram três cultivares de milho resistentes a *M. javanica*, enquanto Gabriel e colaboradores (2018) concluíram que as gramíneas forrageiras azevém, milho, capim-sudão e três cultivares de aveia apresentaram potencial para o cultivo em rotação de culturas em áreas infestadas por *M. incognita*, *M. javanica* e *M. ethiopica*. Furtado (2018) estudou espécies favoráveis para manejo de *P. brachyurus* e observou potencial de rotação ou sucessão de culturas com as espécies *Leucaena leucocephala*, *Tephrosia candida*, *Crotalaria grantiana*, *C. spectabilis* e *C. breviflora*.

O uso de produtos químicos é um método de controle muito utilizado por produtores convencionais quando se deparam com sua área infestada por fitonematoides, mas nem sempre os agroquímicos se mostram eficazes e o uso indiscriminado, além de onerar os custos para a produção, pode colocar em risco a saúde de pessoas, contaminar o ambiente e até mesmo exercer pressão de seleção sobre os fitopatógenos. Para o controle de fitonematoides são permitidos o uso de alguns ingredientes ativos como Carbofurano, Cadusafós, Metam sódico e Abamectina (THEOPHILO, et al., 2014). O Carbofurano é um composto utilizado como inseticida e nematicida e pertence à classe dos carbamatos, cadusafós é um organofosforado volátil da classe dos inseticidas e nematicidas de contato e ingestão, ambos são classificados como tóxicos aos seres vivos e muito perigosos ao meio ambiente (LEWIS, 2016). Ainda, o Fipronil, inseticida e cupinicida de contato e ingestão do grupo químico fenilpirazol, utilizado para o controle de pragas de diversas culturas. Esse composto atua no sistema nervoso central dos insetos inibindo o receptor do ácido gama aminobutírico (GABA), com isso ocorre hiperexcitação neural e conseqüentemente a morte do inseto (COUTINHO, 2005; LEWIS, 2016). De acordo com bula revisada pelo MAPA (2020), quando o fipronil é associado a dois fungicidas (piraclostrobina e tiofanato metílico) no tratamento de sementes, a combinação pode apresentar efeito supressor em nematoides.

A abamectina é uma avermectina classificada como inseticida, acaricida e nematicida de origem biológica e sua comercialização como agrotóxico se iniciou em 1985 (PRADO, 2020; OMURA, 2008; KOLAR et al., 2008). As avermectinas são lactonas macrocíclicas, derivadas da fermentação da bactéria do solo *Streptomyces avermitilis*, eficazes contra espécies de nematoides e artrópodes (DIONISIO, 2016). Entretanto, cabe ressaltar que, de acordo com Campbell (1989) e Tişler e Erşen (2006) as avermectinas são rapidamente degradadas em água e se adsorvem rapidamente nas partículas de solos, sedimentos e matéria orgânica, além de oferecerem risco ao ambiente aquático, especialmente se o uso for frequente. (NOVELLI, 2010).

Segundo Charchar e colaboradores (2007), era comum entre produtores de batata o uso de Aldicarb e Carbamatos, porém esses produtos podem se acumular como resíduo nos tubérculos de consumo e em estudo realizado pelo grupo foi observado melhor eficácia de produtos fumigantes como brometo de metila, metam sódio e dicloropropeno cloropicrina, que resultaram em ausência de tubérculos com galhas em quatro cultivares avaliadas. Porém, cabe ressaltar que alguns destes produtos, como Aldicarb e Brometo de metila foram proibidos de serem utilizados na agricultura brasileira.

O controle de nematoides em áreas onde já estão presentes causando algum dano precisa ser constante e não ocorre de forma imediata, sendo assim imprescindível a associação de práticas e métodos de manejo para reduzir as populações. Atualmente, algumas pesquisas estudam a compatibilidade de produtos químicos e biológicos, por exemplo, Bernardes Neto e colaboradores (2019) obtiveram bons resultados associando Fluopyram e *B. subtilis* na redução de ovos de *M. javanica* em tubérculos de batata e Oliveira (2020), apesar de não observar redução no fator de reprodução de *P. brachyurus*, obteve aumento de produtividade utilizando produtos químicos e biológicos associados.

A utilização de matéria orgânica também é uma fonte alternativa na supressão de nematoides, uma vez que atua na nutrição das plantas, garante maior aeração do solo e retenção de água proporcionando um ambiente ideal para o desenvolvimento de microrganismos (RITZINGER; FANCELLI, 2006). Mais de 200 diferentes organismos são considerados inimigos naturais dos fitonematoides, dentre os quais são encontrados bactérias, ácaros, nematoides predadores e principalmente fungos, que são classificados em ectoparasitos, endoparasitos, oportunistas ou ovicidas, e há também aqueles que produzem metabólicos tóxicos (SOARES; SANTOS, 2004).

### 3.3.3. *Meloidogyne* spp.

Os nematoides formadores de galhas pertencentes ao gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1887, constituem o grupo de fitoparasitas mais importantes no mundo, com mais de 90 espécies descritas (SILVA, 2012; KARSSSEN; MOENS, 2006). Os sintomas de campo causados pelos nematoides nem sempre são aparentes na parte aérea das plantas, mas quando ocorre é característico a presença de reboleiras de plantas murchas, amareladas e menos desenvolvidas devido aos danos causados nas raízes. Galhas são protuberâncias que ocorrem nas raízes em consequência a um distúrbio hormonal de células do parênquima, adjacentes às células gigantes localizadas no cilindro central (sítio de alimentação), levando à hiperplasia e hipertrofia das mesmas (MOENS et al., 2009).

Em áreas produtoras de batata infestadas com o nematoide das galhas, os tubérculos podem apresentar aspecto “empipocado”, maior número de tubérculos apodrecidos e menor teor de amido. As espécies desse gênero mais importantes à cultura da batata são *M. javanica* e *M. incognita* e um fator que dificulta o manejo dessas espécies é o grande número de plantas hospedeiras, entre elas muitas culturas de importância econômica que antecedam a batata, bem como plantas infestantes (OLIVEIRA et al., 2017).

Solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica em regiões quentes são mais propícios a elevado prejuízo, mas sintomas causados por nematoides das galhas podem ocorrer em vários tipos de solo e fatores como temperatura, umidade, tipo de solo, densidade populacional do inóculo e outros fatores de estresse têm grande interferência sobre os danos causados pela infecção de *Meloidogyne* spp. (PINHEIRO et al., 2014).

A identificação precisa das espécies de *Meloidogyne* é difícil, pelo elevado número de espécies descritas, diagnoses duvidosas e existência de variabilidade intraespecífica. Segundo Cunha e colaboradores (2018), tradicionalmente a identificação de espécies de nematoide das galhas é através de aspectos morfológicos como configuração perineal da fêmea, mas dados moleculares, bioquímicos e morfológicos devem ser combinados para melhores resultados em estudos filogenéticos e etiologia.

Segundo Santos (2011), a espécie *M. incognita* é caracterizada morfológicamente por fêmeas com estilete de 15-16 µm de comprimento, bulbos basais arredondados alongados e indentados, cone do estilete pontiagudo, curvado dorsalmente ao meio e a haste mais larga na base. A configuração perineal de fêmeas apresenta um arco dorsal alto, estrias usualmente onduladas, campo lateral não evidenciado

(HUNT; HANDOO, 2009). Os machos apresentam características morfológicas que variam entre populações, mas geralmente exibe região labial subdividida por anéis incompletos, formato da região labial muito distinto, com um elevado disco labial arredondado, disposto sobre os lábios medianos e lábios laterais geralmente ausentes; o estilete apresenta 23-26  $\mu\text{m}$  de comprimento e a distância da base do estilete a abertura da glândula esofágica dorsal (DEGO) varia de 2-4  $\mu\text{m}$  (SANTOS, 2011; EISENBACK; TRIANTAPHYLLOU, 1991).

Segundo Torres e colaboradores (2009), nematoides das galhas são endoparasitos sedentários e o ciclo de vida pode variar de 25 a 40 dias para se completar, o início de seu desenvolvimento ocorre a partir de massa de ovos depositado pelas fêmeas nas raízes, seguido de desenvolvimento de juvenis no interior dos ovos até o início da fase infectiva. Juvenis de segundo estágio (J2) compõem a fase infectiva, quando saem do ovo e iniciam sua movimentação no solo em busca de alimento até penetrar em raízes e estabelecer um sítio permanente de alimentação formado por células nutritoras. Nas seguintes fases de desenvolvimento o nematoide cresce, perde a mobilidade e após três ecdises atingem o estágio adulto. Os machos são filiformes, móveis e não parasitam as plantas. A fêmea adquire formato de pêra (globosa leitosa) e três dias após atingir seu último estágio inicia a oviposição de massas de ovos que podem variar de 200 a 1.000 ovos por fêmea.

#### **3.3.4. *Pratylenchus* spp.**

De acordo Godfrey (1929) e Tihohod (1993), as espécies pertencentes ao gênero *Pratylenchus* são genericamente referidas como os nematoides das lesões radiculares devido aos sintomas nas raízes formando lesões necróticas. Segundo Torres e colaboradores (2009), a espécie *P. brachyurus* (Godfrey) Filipjev & S. Stekhoven, é uma das mais importantes em todo o mundo devido a ampla distribuição geográfica e capacidade de parasitar um grande número de plantas hospedeiras filiadas a diferentes famílias botânicas, incluindo culturas de interesse agrônomico. No Brasil é a espécie de maior predominância e distribuição, juntamente com *P. coffeae* (Zimmermann) Filipjev & Schuurmans Stekhoven e *P. penetrans* (Cobb) Chitwood & Oteifa são as espécies de maior importância econômica para a cultura da batata (CAFÉ FILHO; HUANG, 1988).

Segundo Charchar (1997), *P. penetrans* ocorre principalmente na região sul, *P. brachyurus* nas regiões centro-oeste e sudeste e *P. coffeae* predomina no sul e sudeste em áreas onde há histórico de cultivo de café. A identificação do gênero é baseada na morfologia das fêmeas, por essas apresentarem maior número de características chaves em relação aos machos, os quais, em alguns casos são raros. Região labial baixa e esclerotizada, campo lateral geralmente com quatro linhas, sobreposição ventral das glândulas esofagianas sobre o intestino e fêmeas monodelfas (prodelfas) com a vulva situada no terço posterior do corpo são características comuns para espécies de *Pratylenchus* spp. (MAI; MULLIN, 1996).

A variabilidade intra-específica em *Pratylenchus* spp. pode ser apontada como uma das principais dificuldades na taxonomia do grupo. De acordo com a chave proposta por Gonzaga e colaboradores (2012), *P. brachyurus* se classifica por ter região labial com dois anéis, espécie partenogenética, fêmeas com nódulos basais do estilete esféricos e cauda hemisférica lisa; *P. coffeae* também possui região labial com dois anéis, porém a espécie é anfimítica com presença de machos, fêmeas com cauda geralmente truncada e estilete maior que 15,5  $\mu\text{m}$ ; enquanto *P. penetrans* se difere das anteriores pela região labial com três ou quatro anéis, fêmeas com região labial distinta (set-off) do corpo, espermateca esférica, estilete maior que 16  $\mu\text{m}$  e número de anéis caudais menor que 22, assim como *P. coffeae* também é uma espécie anfimítica.

Tradicionalmente, as espécies de *Pratylenchus* extraídas de raízes e tubérculos de batata são identificadas com base na sua morfologia, mas a presença de *Pratylenchus* spp. em tubérculos pode ser detectada utilizando-se a técnica do código de barras do DNA. Por exemplo, Oliveira e colaboradores (2009) relataram a identificação precisa de *P. penetrans*, proveniente de batata semente, demonstrando a utilidade de técnicas moleculares na identificação de nematoides de importância quarentenária. As fêmeas de *Pratylenchus* spp. podem depositar seus ovos no solo ou raízes, onde ocorre a primeira ecdise, posteriormente eclode o juvenil de segundo estágio tornando-se ativo e podendo assim penetrar nas raízes e tubérculos, após a penetração podem se mover, desenvolver e reproduzir nos tecidos intercelular chegando a alcançar níveis de população maiores que 10.000 indivíduos em 10 g de cascas de batata, com cerca de 3 mm de espessura, (SILVA; SANTOS, 2007).

### 3.3.5. Interação entre *S. scabiei* e fitonematoides em batata

Segundo Silva (2009), as lesões causadas por *Pratylenchus* spp. que se formam na superfície do tubérculo muitas vezes assumem um aspecto rugoso, semelhante àquele causado por outras doenças como a sarna, além de abrirem portas de entrada para organismos secundários do solo, resultando em necroses nos tubérculos. Santos e colaboradores (2015) também citam que os sintomas causados por *P. brachyrurus* podem ser agravados quando há infecção de outros patógenos como fungos e bactérias.

Em experimento conduzido em casa de vegetação, na Noruega, *P. penetrans* induziu lesões nos tubérculos de batata cv. Saturna, semelhantes aos sintomas causados pela bactéria *S. scabiei*. Além disso, a inoculação em conjunto da bactéria e do nematoide aumentaram a expressão dos sintomas. Dessa forma, os sintomas causados pelo nematoide podem ser facilmente confundidos com aqueles causados pelo agente causal da sarna comum. Os autores sugerem que o limiar de dano de *P. penetrans* na batata cv Saturna é de 100 indivíduos por 250 g de solo, com redução da produção de até 50% (HOLGADO et al., 2009).

Em outro estudo Vahedi e Fadaei (2014), analisaram a interação entre as espécies *S. scabiei* e *M. javanica* em tubérculos batatas cv. Agria, no Irã. Nesse estudo, a população inicial de nematoides inoculados foi de 10.000 indivíduos (ovos e juvenis) por vaso e foi constatada redução do número de nematoides no solo e nas raízes em tratamentos nos quais a bactéria também foi inoculada. Além disso, os autores observaram aumento de lesões nos tratamentos em que os dois fitopatógenos estavam presentes.

A interação de *Streptomyces* e fitonematoides em batata é um assunto pouco estudado, porém de grande importância quando o diagnóstico desses agentes causais pode ser facilmente confundido e conseqüentemente resultar em medidas de manejo equivocadas. Dessa forma, estudos nessa linha de investigação se tornam relevantes para a cadeia produtiva de batata no Brasil.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Linhagem bacteriana, meio de cultivo e preparo do inóculo**

A linhagem de *S. scabiei* IBSBF 2950, utilizada nesse estudo, está depositada na Coleção de Culturas de Fitobactérias do Instituto Biológico (IBSBF) e foi selecionada pelo alto grau de virulência observado em estudo anterior (CORRÊA, 2011).

Para o cultivo da linhagem bacteriana foi utilizado o meio YME (4 g de extrato de levedo, 10 g de extrato de malte, 4g de glucose, 18g de ágar q.s.p. e 1L de água destilada) pH 7,2 a 28° C por 14 dias. Após esse período, a linhagem foi multiplicada através da coleta e suspensão da massa de esporos em um mililitro de água destilada esterilizada, com posterior plaqueamento no mesmo meio de cultivo.

Após o crescimento do inóculo, os esporos de cada placa foram raspados e adicionados a 17 mL de solução SAY (40 g de sacarose; 2,4 g de asparagina; 1,2 g de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 20 g de extrato de levedura e q.s.p. 1 litro de água destilada) esterilizada duas vezes em autoclave. Em seguida a solução com o inóculo foi transferida para saco plástico contendo 100 cm<sup>3</sup> de vermiculita expandida esterilizada e o material foi incubado a 28° C por 14 dias, agitando-se os sacos em dias alternados. Nos ensaios utilizou-se a quantidade de esporos de *S. scabiei* obtida de uma placa de Petri para cada vaso ou repetição de acordo Corrêa (2011).

### **4.2. Multiplicação de *P. brachyurus* e *M. incognita* raça 3**

Os nematoides utilizados nesse estudo foram fornecidos pelo Laboratório de Nematologia, CAPSA, Instituto Biológico, Campinas, SP. A espécie *P. brachyurus* utilizada nos experimentos foi obtida de população pura mantida em vasos de mucuna cinza (*Mucuna pruriens*), enquanto que *M. incognita* raça 3, mantida em vasos de tomate (*Solanum lycopersicum*). Amostras de raízes das culturas hospedeiras contendo os nematoides foram processadas para extração dos mesmos pelo método de flutuação em centrífuga (COOLEN; D'HERDE, 1972). Em seguida foi determinada a quantidade de indivíduos por mililitro de água, através de microscópio de luz, com auxílio de lâmina de contagem de Peters (SOUTHEY, 1970).

A partir do número estimado de indivíduos por mililitro de água, foi calculado o volume necessário a ser aplicado de acordo com cada tratamento. A quantidade de indivíduos das espécies *P. brachyurus* e *M. incognita* raça 3 necessários para o aparecimento de sintomas em tubérculos de batata cv. Ágata foi determinada em experimentos prévios (screening), e os tratamentos foram definidos a partir dos resultados obtidos (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos e número de nematoides inoculados por vaso.

Tratamentos	Inóculo/População inicial (Pi)	
	<i>P. brachyurus</i>	<i>M. incognita</i> raça 3
T1 Testemunha (Controle negativo)	-	-
T2 <i>S. scabiei</i>	-	-
T3 <i>P. brachyurus</i>	2.000	-
T4 <i>M. incognita</i>	-	5.000
T5 <i>S. scabiei</i> + <i>P. brachyurus</i>	2.000	-
T6 <i>S. scabiei</i> + <i>M. incognita</i>	-	5.000
T7 <i>M. incognita</i> + <i>P. brachyurus</i>	2.000	5.000
T8 <i>S. scabiei</i> + <i>P. brachyurus</i> + <i>M. incognita</i>	2.000	5.000

No terceiro experimento, algumas alterações foram efetuadas a fim de aumentar a incidência e o dano causado por nematoides: a quantidade de esporos de *S. scabiei* foi reduzida para meia placa de Petri por vaso, devido ao fato de que os sintomas de sarna observados nos experimentos anteriores foram muito drásticos, com destruição total do tubérculo em alguns casos; a população de *P. brachyurus* inoculada foi aumentada para 5.000 indivíduos por vaso e foram acrescentados também tratamentos de inoculação dos nematoides em duas etapas, 50% da quantidade foram inoculadas 12 dias após o plantio e 50%, 25 dias após o plantio, a fim de observar se haveria ou não maior facilidade de penetração e maior incidência dos sintomas nos tubérculos durante a fase de tuberização (Tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos e número de nematoides inoculados no terceiro experimento.

Inóculo (número de nematoides / vaso)		
	Inoculação 12 dias após plantio	Inoculação 25 dias após plantio
T1	-	-
T2	-	-
T3	5.000 <i>P. brachyurus</i>	-
T4	5.000 <i>M. incognita</i>	-
T5	5.000 <i>P. brachyurus</i>	-
T6	5.000 <i>M. incognita</i>	-
T7	5.000 <i>P. brachyurus</i> + 5.000 <i>M. incognita</i>	-
T8	5.000 <i>P. brachyurus</i> + 5.000 <i>M. incognita</i>	-
T9	2.500 <i>P. brachyurus</i>	2.500 <i>P. brachyurus</i>
T10	2.500 <i>M. incognita</i>	2.500 <i>M. incognita</i>
T11	2.500 <i>P. brachyurus</i>	2.500 <i>P. brachyurus</i>
T12	2.500 <i>M. incognita</i>	2.500 <i>M. incognita</i>
T13	2.500 <i>P. brachyurus</i> + 2.500 <i>M. incognita</i>	2.500 <i>P. brachyurus</i> + 2.500 <i>M. incognita</i>
T14	2.500 <i>P. brachyurus</i> + 2.500 <i>M. incognita</i>	2.500 <i>P. brachyurus</i> + 2.500 <i>M. incognita</i>

#### 4.3. Plantio e inoculação em vaso

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação no Laboratório de Bacteriologia Vegetal, CAPSA, Instituto Biológico, Campinas, SP, com as coordenadas: S 22° 54'498" e W 47° 00'842" e altitude 707 m.

As sementes de batata utilizadas nos experimentos foram fornecidas pela empresa Soleil Papa Tecnologia, Vargem Grande do Sul, SP. A cultivar utilizada foi Ágata, considerada a principal cultivar plantada no Brasil, devido a seu elevado potencial produtivo, boa aparência de tubérculos, ciclo vegetativo precoce a médio e baixo teor de matéria seca (SOLEIL PAPA, 2021). Os vasos foram irrigados diariamente por gotejamento.

O primeiro ensaio foi realizado no período de verão, o plantio foi realizado no dia 11/12/2019 e a colheita 04/03/2020, a temperatura média ao longo do ensaio foi de 24,9 °C variando entre 15,4 °C e 34,6 °C. O segundo ensaio foi realizado no inverno, sendo que o cultivo foi realizado do dia 22/05/2020 a 18/08/2020, a temperatura média de 19,9 °C foi inferior se comparada ao primeiro ensaio, com máxima registrada de 31,8 °C e mínima 7,2 °C. O terceiro ensaio foi conduzido ao longo da primavera de 17/09/2020 a 06/12/2020, a temperatura média de 24,3 °C, variando entre a máxima de 38,7 °C e mínima de 10,9 °C (Figura 5). As médias das temperaturas ao longo dos períodos experimentais foram estimadas a partir de dados referentes ao município de Campinas, fornecidos pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI, 2021). Entretanto cabe salientar que podem ter ocorrido variações ainda maiores considerando que os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação não climatizada.

Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Ensaio no verão				Ensaio no inverno				Ensaio na primavera				
24,9 °C (15,4-34,6 °C)				19,9 °C (7,2-31,8 °C)				24,3 °C (10,9-38,7 °C)				

Figura 5. Representação dos períodos experimentais e variações da temperatura.

Após os 14 dias de crescimento do inóculo de *S. scabiei* em vermiculita, os 100 cm<sup>3</sup> de cada saco plástico foi adicionado a cerca de 1.200 cm<sup>3</sup> de substrato, composto por fibras de mesocarpo de casca de coco, vermiculita e casca de pinus. Para garantir a homogeneidade do inóculo em todo experimento, cada porção de 1.300 cm<sup>3</sup> de substrato infectado foi adicionado em um único saco plástico transparente de 100L e agitado. Vasos de 2.000 cm<sup>3</sup> com 15 centímetros de diâmetro foram totalmente preenchidos com substrato esterilizado para tratamentos que não receberam o inóculo de *S. scabiei*, enquanto tratamentos com presença da bactéria foram parcialmente preenchidos com 700 cm<sup>3</sup> de substrato sem inóculo e posteriormente com 1.300 cm<sup>3</sup> da mistura de substrato com a bactéria, garantindo o contato de toda área do tubérculo semente na camada de substrato inoculado. Os tubérculos semente foram plantados a uma profundidade de aproximadamente três centímetros.

As inoculações dos fitonematoides nos dois primeiros experimentos foram realizadas cerca de 12 dias após o plantio utilizando uma micropipeta e as alterações para o terceiro experimento foram descritas no item 4.2.

## 4.4. Avaliações

### 4.4.1. Sintomas

A avaliação de sintomas foi realizada a partir da comparação de sinais observados em tratamentos com diferentes agentes causais com o objetivo de diagnosticar diferenças e semelhanças entre os sintomas. Nas análises foram atribuídas notas referentes à porcentagem de lesões observadas em tubérculos de batata seguindo-se a escala diagramática proposta por Andrade e colaboradores (2019). As notas variaram de 1 a 6 onde: 1 (0-3,0%); 2 (3,1-6,0%); 3 (6,1-12,0%); 4 (12,1-25%); 5 (25,1-50%) e 6 (50,1-100,0%) (Figura 6).

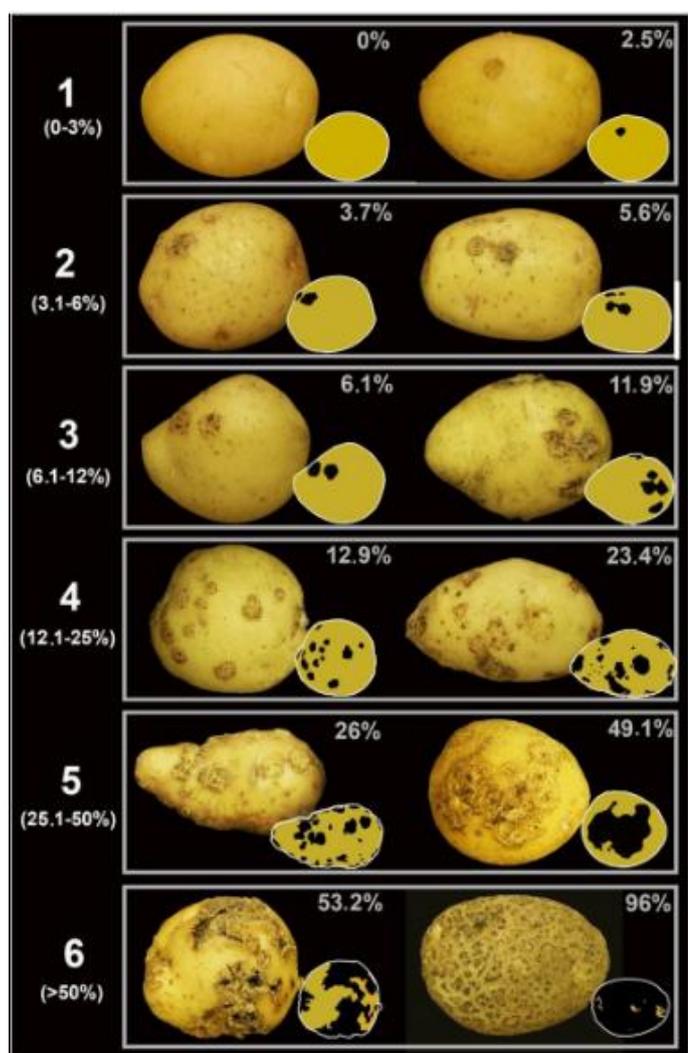


Figura 6. Escala diagramática para avaliação de percentual de área do tubérculo coberta por lesões de acordo com Andrade e colaboradores (2019).

#### **4.4.2. Fator de reprodução**

Para quantificar a relação entre nematoides e lesões, foi calculado o fator de reprodução no terceiro experimento. Fator de reprodução é a proporção entre a população inicial de nematoides e a população final, sendo que plantas com  $FR < 1,0$  são consideradas resistentes e plantas com  $FR \geq 1,0$  suscetíveis (OOSTENBRINK, 1966).

#### **4.4.3. Pesquisa com produtores de batata e pesquisadores da área de fitopatologia**

A pesquisa foi realizada através de um questionário encaminhado para 22 participantes, produtores de batata e pesquisadores atuantes nas áreas deste estudo. Nesse questionário, foram inseridas imagens de sintomas em tubérculos de batata causados por pelo menos um dos fitopatógenos (*S. scabiei*, *P. brachyurus* e *M. incognita*), e os participantes tiveram que dar sua opinião sobre o diagnóstico do(s) agente(s) causal(is). Foi esclarecido que poderia haver fotos com ação isolada ou simultânea desses. Baseando-se nas respostas dos especialistas, calculou-se a percentagem de acerto total ou parcial nas respostas para cada imagem de tubérculo de batata apresentado.

#### **4.4.4. Avaliação do número e massa fresca de tubérculos após infecção única ou mista**

Após o fim do ciclo da cultura, os tubérculos de batata foram colhidos e avaliados quanto à produtividade, estimando-se o número de tubérculos e a massa fresca (em gramas) de cada unidade experimental.

#### **4.4.5. Delineamento experimental e análise estatística**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado disposto de oito tratamentos nos três experimentos, o número de repetições variou conforme a disponibilidade de tubérculos e espaço na casa de vegetação, foram testados seis repetições no primeiro experimento, oito no segundo e sete no terceiro. Um vaso contendo uma planta de batata representou uma unidade experimental.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%. As análises foram realizadas com o software Rstudio versão 2.12.2 para Windows.

#### 4.4.6. Avaliação de produtos químicos e biológico comerciais sobre o crescimento de *S. scabiei* – Testes *in vitro*

No ensaio *in vitro*, a linhagem de *S. scabiei* (IBSBF 2950) foi cultivada em meio YME a 28 °C por 14 dias. Após esse período, os esporos foram raspados com o auxílio de uma alça descartável e adicionados em um tubo de ensaio contendo 15 mL de água destilada esterilizada, formando a suspensão bacteriana. Uma alíquota de 200 µL dessa suspensão foi adicionada em placas de Petri contendo meio YME e espalhada com auxílio de uma alça de Drigalski. Após a secagem da suspensão, três discos de antibiograma esterilizados (diâmetro de 0,5 cm) foram colocados em cada placa.

Foram testados seis produtos em seis concentrações (10.000, 1.000, 100, 10, 1, 0.1 ppm) com quatro repetições para cada dose (Tabela 3).

Para cada disco de antibiograma foi testado uma concentração, adicionando o volume de 15 µL do produto diluído de acordo a concentração testada. As placas foram incubadas em estufa a 28°C por 14 dias. Após esse período foi realizado avaliações visuais do efeito dos nematicidas sobre o crescimento da *S. scabiei* (IBSBF 2950).

Tabela 3. Produtos comerciais químicos e biológico na concentração de 10.000 ppm.

	Ingrediente ativo	Concentração	10.000 ppm	
			g (Produto Comercial)	mL de água destilada
T1	Testemunha	-	-	100,00
T2	Fluazinam	500 g/L	2,00	98,00
T3	Carbofurano	50 g/kg	20,00	80,00
T4	Cadusafós	200 g/L	5,00	95,00
T5	Fipronil	800 g/kg	1,25	98,75
T6	Abamectina	18 g/L	55,55	44,45
T7	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i>	200 g/L	5,00	95,00

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Incidência e caracterização dos sintomas

Para avaliação da incidência da doença causada pela ação dos patógenos estudados utilizou-se a escala diagramática proposta por Andrade e colaboradores (2019). De acordo com os resultados obtidos verificou-se maiores notas de incidência nos tratamentos onde o inóculo de *S. scabiei* foi adicionado, T2 (*S. scabiei*), T5 (*S. scabiei* + *P. brachyurus*), T6 (*S. scabiei* + *M. incognita*) e T8 (*S. scabiei* + *M. incognita* + *P. brachyurus*) (Tabela 4).

Tabela 4. Média das notas atribuídas às lesões nos tubérculos, por vaso, no verão, inverno e primavera de 2020, segundo a escala diagramática de Andrade e colaboradores (2019).

Tratamentos		Notas atribuídas às lesões					
		Verão		Inverno		Primavera	
T1	Testemunha	1,2	*c	1,1	c	1,0	b
T2	<i>S</i>	4,6	a	5,7	a	4,9	a
T3	<i>P</i>	1,3	c	1,4	bc	1,3	b
T4	<i>M</i>	2,5	bc	1,2	c	1,8	b
T5	<i>S+P</i>	4,3	ab	5,5	a	4,6	a
T6	<i>S+M</i>	4,1	ab	5,5	a	4,8	a
T7	<i>M+P</i>	2,1	c	1,6	b	1,6	b
T8	<i>S+M+P</i>	5,2	a	5,6	a	5,1	a
CV%		31,33		6,28		19,81	

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Notas: 1 (0-3%); 2 (3,1-6%); 3 (6,1-12%); 4 (12,1-25%); 5 (25,1-50%); 6 (50,1-100%).

*S* = *S. scabiei*; *P* = *P. brachyurus*; *M* = *M. incognita*.

Analisando a incidência da doença causada por *S. scabiei*, em cada experimento, foi possível observar menores índices no primeiro experimento, conduzido no verão de 2020, em comparação ao segundo experimento cultivado no inverno. Este resultado pode estar associado ao início da tuberização e tempo de exposição dos tubérculos ao patógeno, considerando que no primeiro experimento foram observados os primeiros tubérculos 45 dias após a germinação e no segundo experimento 25 dias após a germinação, portanto, houve maior tempo para ação da bactéria que levou à lesões maiores.

No segundo experimento, a superfície dos tubérculos foram quase que totalmente tomadas por lesões profundas causadas pela bactéria, fato que dificultou, em muito a identificação de lesões causadas por nematoides. Desse modo visando reduzir o número de lesões nos tubérculos, a quantidade de inóculo de *S. scabiei* foi reduzida pela metade no terceiro experimento, o qual foi conduzido ao longo da primavera de 2020. No entanto, mesmo com essa alteração, os valores de incidência da doença foram semelhantes ao primeiro experimento. Nesse caso o início da tuberização ocorreu 25 dias após a germinação, assim como no ensaio de inverno, portanto, maior tempo de exposição dos tubérculos ao patógeno.

Segundo Rodrigues Neto e colaboradores (2008), os sintomas característicos de sarna da batata são lesões corticosas, deprimidas ou superficiais nos tubérculos e as diferenças em sintomatologia são devidas a fatores como cultivar de batata, agressividade da bactéria, umidade, temperatura, pH do solo e tempo de exposição do tubérculo ao inóculo, sendo que, quanto mais cedo o tubérculo for infectado maior será a extensão da lesão.

Também foi observado a partir dos três experimentos que não houve um padrão de severidade da doença causada por *S. scabiei* (IBSBF 2950), uma vez que foram observadas lesões superficiais, erumpentes e profundas em tubérculos de um mesmo vaso e, em algumas ocasiões, no mesmo tubérculo (Figura 7).



Figura 7. Lesões de sarna na batata causadas por *S. scabiei* (IBSBF 2950): (A) ensaio no verão, (B) ensaio no inverno e (C) ensaio na primavera.

Nos dois primeiros experimentos foram observadas diferenças entre os tratamentos, sendo que essa distinção ocorreu devido à alta incidência de *S. scabiei* e baixa dos nematoides, principalmente da espécie *P. brachyurus*. Desta forma para o terceiro ensaio, além de reduzir à quantidade de inóculo de *S. scabiei* pela metade, a população inicial de *P. brachyurus* foi alterada para a mesma utilizada para *M. incognita* em ensaios anteriores, ou seja, aumentou-se de 2.000 para 5.000 indivíduos por vaso. Porém, mesmo com essas alterações, os resultados observados nos tratamentos 3, 4 e 7, referentes à incidência dos sintomas causados exclusivamente pelos nematoides, verificou-se notas muito semelhantes, não alcançando a nota média 3 na escala, ou seja, a incidência no experimento se manteve em média, abaixo de 6% de dano (Figura 8).

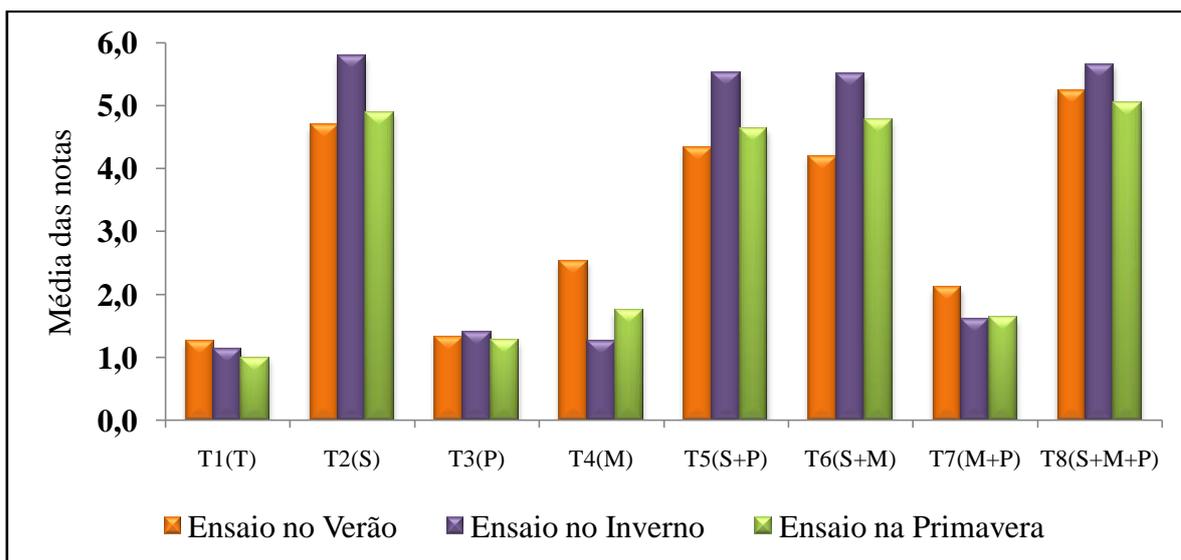


Figura 8. Médias das notas atribuídas às lesões nos tubérculos, por vaso, nas safras no verão, inverno e primavera de 2020, segundo escala diagramática de Andrade e colaboradores (2019). (T = testemunha; S = *S. scabiei*; P = *P. brachyurus*; M = *M. incognita*)

Os danos causados pela linhagem de *S. scabiei* (IBSBF 2950) foram observados desde o início da formação do tubérculo (Figura 9) e se apresentaram mais severos do que os observados pelos nematoides na cultivar Ágata (Figuras 10, 11 e 12). Esta observação pode ser atribuída ao elevado grau de virulência da bactéria e também pelo fato de que os nematoides precisaram de maior período de tempo para migrar das raízes ou do solo e penetrar nos tubérculos, completar seu ciclo e se multiplicar em número suficiente para que os danos fossem aparentes. Os dados obtidos corroboram os de Nunes (2002), que observou que a severidade causada pela sarna variou em função da suscetibilidade da cultivar e perdas na produção chegaram a 83%, enquanto que as perdas causadas por *Meloidogyne* spp. chegaram a 35%



Figura 9. Primeiras lesões em tubérculo de batata causadas por *S. scabiei* (IBSBF 2950).

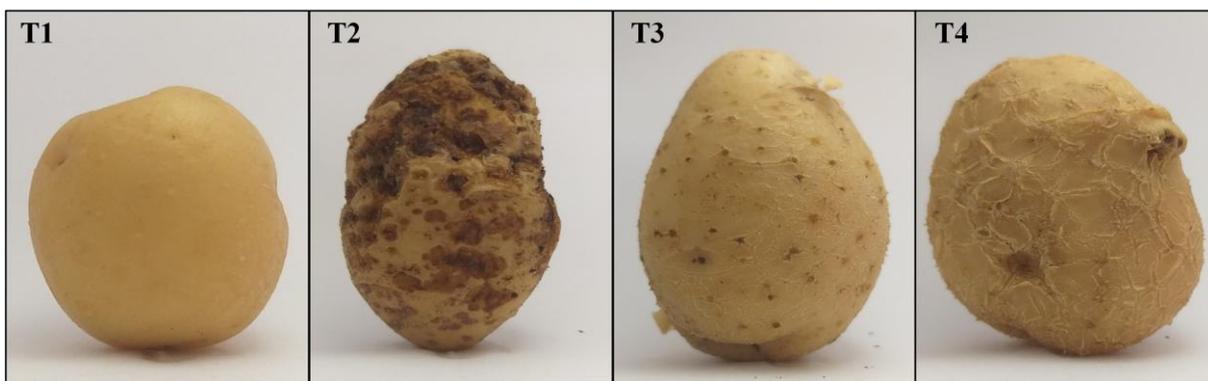


Figura 10. Sintomas observados em tubérculos no experimento de verão nos diferentes tratamentos: (T1) Testemunha; (T2) *S. scabiei*; (T3) *P. brachyurus*; (T4) *M. incognita*.

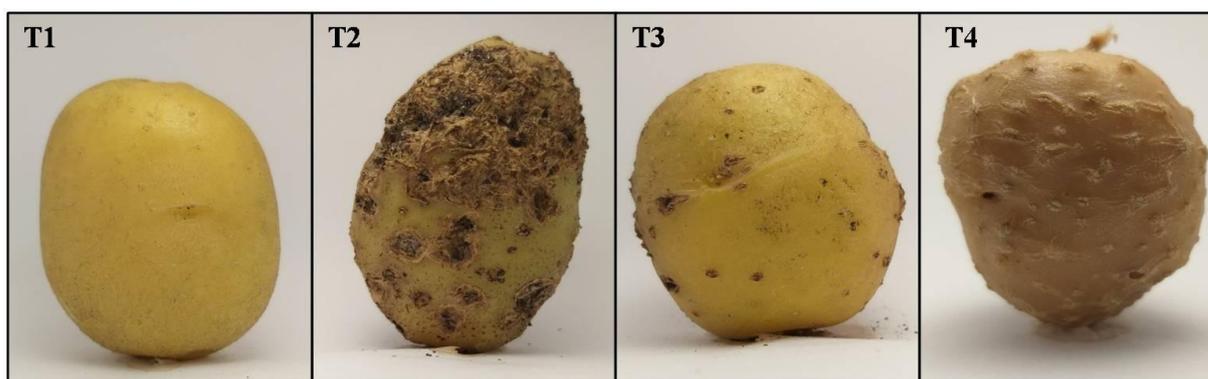


Figura 11. Sintomas observados em tubérculos no experimento de inverno nos diferentes tratamentos: (T1) Testemunha; (T2) *S. scabiei*; (T3) *P. brachyurus*; (T4) *M. incognita*.

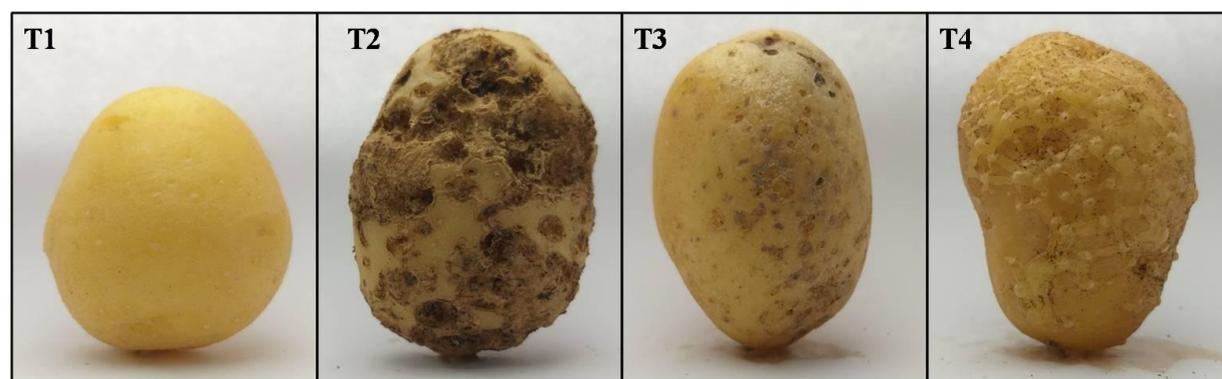


Figura 12. Sintomas observados em tubérculos no experimento na primavera nos diferentes tratamentos: (T1) Testemunha; (T2) *S. scabiei*; (T3) *P. brachyurus*; (T4) *M. incognita*.

Ao longo dos experimentos foi observado que lesões necróticas causadas por *S. scabiei* e por *P. brachyurus* se mostraram muito semelhantes (Figuras 13B e C). O resultado obtido corroborou o de Holgado e colaboradores (2009), que concluíram em experimentos de casa de vegetação que o diagnóstico do agente causal pode ser errôneo se apenas se considerar o aspecto das lesões causadas por *S. scabiei* ou *P. penetrans*, os autores também identificaram que pode haver maior expressão e frequência dos sintomas quando há infecção cruzada em tubérculos de batata.

Também foi observado que nem sempre os danos causados por *S. scabiei* foram representados por necrose, em algumas situações ocorreu apenas a formação de uma camada corticosa (Figura 14A) e sintomas semelhantes foram observados nos danos provocados por *M. incognita*, principalmente quando as galhas se concentraram em uma mesma região (Figura 14B).

Apesar de ser mais fácil a identificação de cada patógeno quando há maior expressão dos sintomas (Figura 15), os resultados obtidos no presente estudo deixam claro o quanto é importante a amostragem e identificação correta do agente causal em áreas contaminadas, principalmente se ocorrer à infecção simultânea destes (Figuras 13E, F, G e H). Sem dúvida, essa situação pode levar à decisões que subestimem o prejuízo a ser causado por esses fitopatógenos.

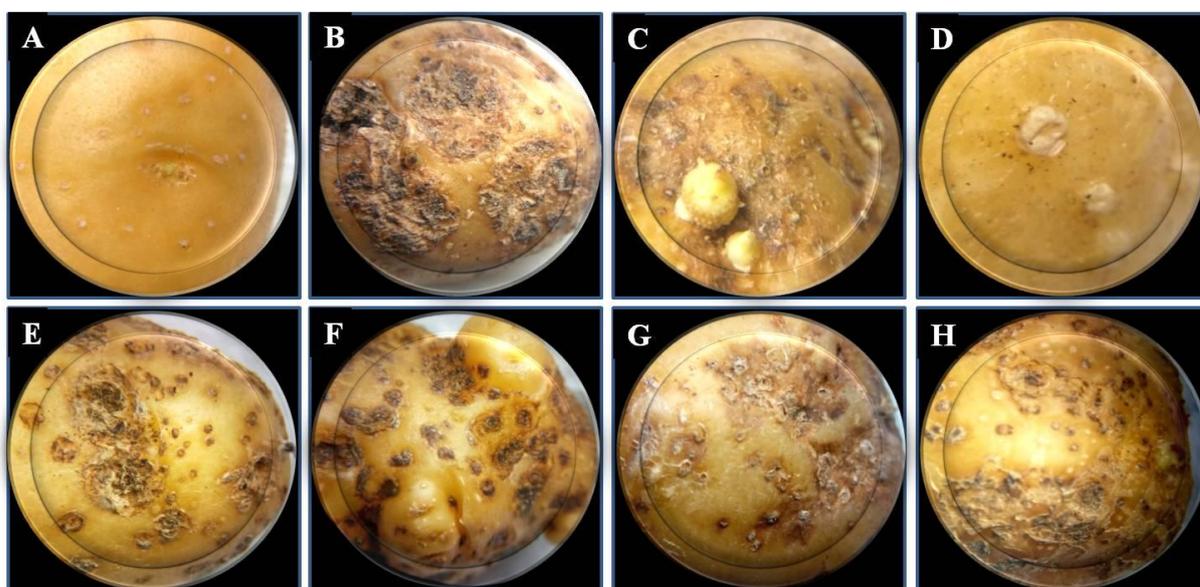


Figura 13. Lesões causadas por fitopatógenos em tubérculos de batata observados em microscópio estereoscópico. (A) Testemunha; (B) *S. scabiei*; (C) *P. brachyurus*; (D) *M. incognita*; (E) *S. scabiei* + *P. brachyurus*; (F) *S. scabiei* + *M. incognita*; (G) *P. brachyurus* + *M. incognita*; (H) *S. scabiei* + *M. incognita* + *P. brachyurus*.

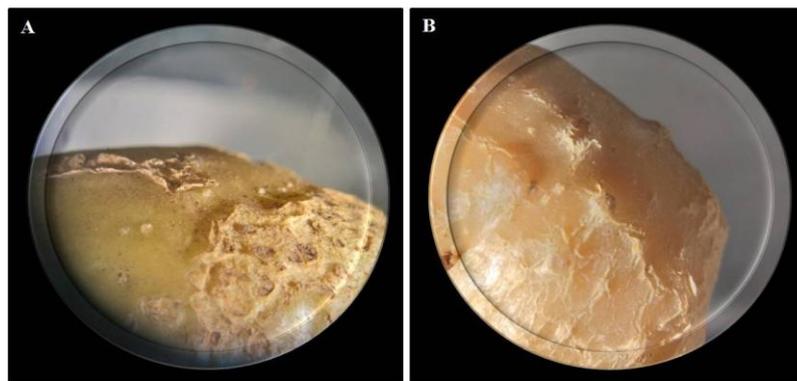


Figura 14. Lesões causadas por fitopatógenos em tubérculos de batata observados em microscópio estereoscópico. (A) *S. scabiei*, (B) *M. incognita*.

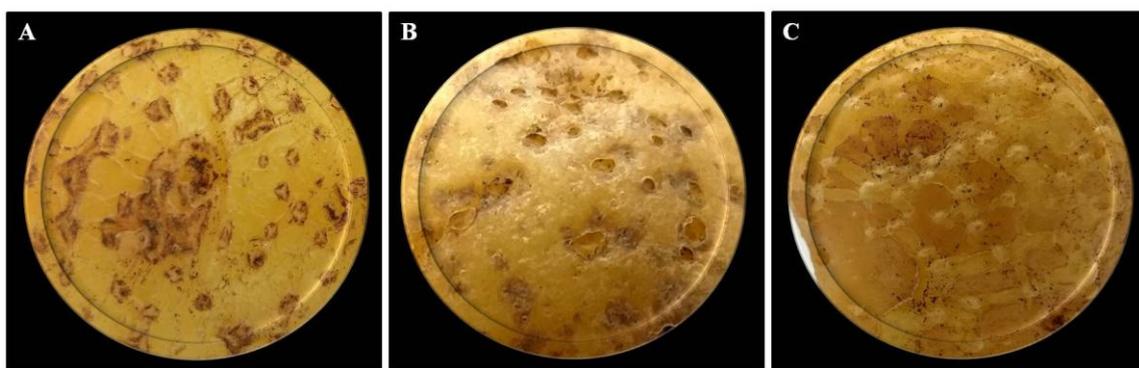


Figura 15. Lesões causadas por fitopatógenos em tubérculos de batata observados em microscópio estereoscópico. (A) *S. scabiei*, (B) *P. brachyurus* e (C) *M. incognita*.

No terceiro experimento, além de analisar a inoculação de 5.000 indivíduos de cada espécie de fitonematoide por vaso, seguindo-se a metodologia dos experimentos anteriores com aplicação dos agentes causais 12 dias após o plantio, também foram adicionados tratamentos dividindo a quantidade de nematoides em duas aplicações, sendo que 2.500 indivíduos foram inoculados 12 dias após o plantio e os outros 2.500, 25 dias após o plantio, quando já iniciado a fase de tuberização. Esses tratamentos foram inseridos no estudo, a fim de observar se haveria maior facilidade de penetração nos tubérculos e com isso maior severidade dos sintomas. Porém os resultados se apresentaram muito semelhantes de acordo com as médias referentes às notas dadas com base na escala diagramática (Figura 16).

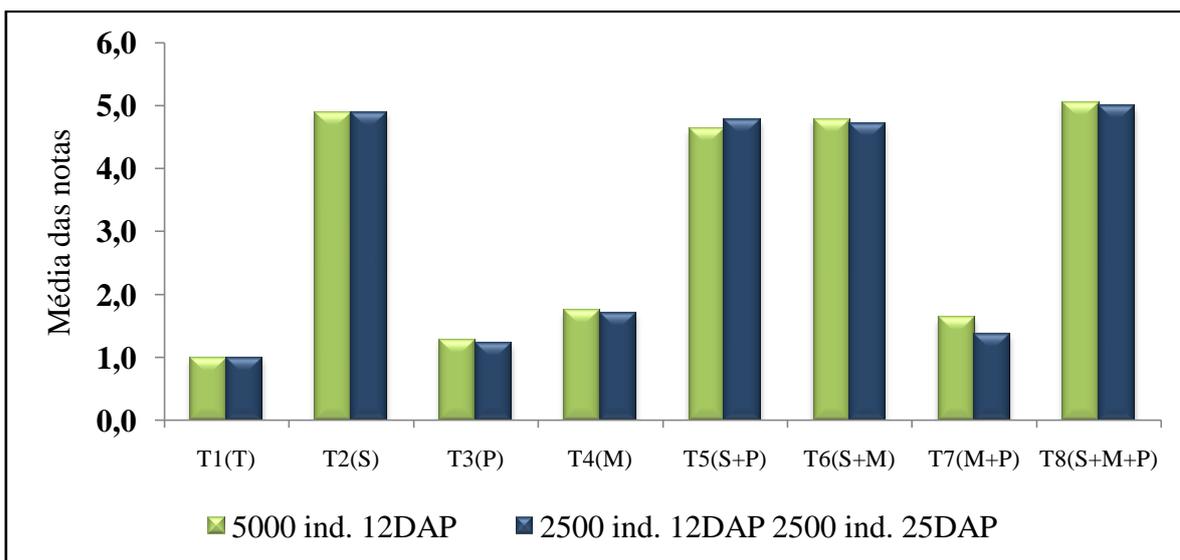


Figura 16. Médias das notas atribuídas às lesões nos tubérculos, por vaso, ensaio na primavera de 2020, segundo escala diagramática de Andrade e colaboradores (2019), com inoculação dos fitonematoides em diferentes datas. (DAP = dias após plantio; T = testemunha; S = *S. scabiei*; P = *P. brachyurus*; M = *M. incognita*)

## 5.2. Fator de reprodução

Para quantificar a relação entre nematoides e lesões, foi calculado o fator de reprodução (FR) e foi verificado que para *P. brachyurus* o FR foi menor que 0,5 (Tabela 5) em todos os tratamentos analisados, portanto a cultivar Ágata nesse experimento, não ofereceu condições às populações de *P. brachyurus* de se multiplicar. Este resultado corrobora o de Lima-Medina e colaboradores (2014) que verificaram o valor de FR=0,5 em casa de vegetação para *P. brachyurus* em Ágata, mas diverge de Oliveira (2020) que observou em campo valores de até FR=4,43 após cem dias. Para a espécie *M. incognita*, o valor do FR obtido no experimento variou de 0,53 a 1,0, muito inferior ao observado por outros autores. Lima-Medina e colaboradores (2013) obtiveram valor de 9,8 para tubérculos cultivados em casa de vegetação e Silva (2009), verificou fator de reprodução variando de 23,9 a 31,3 em duas épocas distintas de cultivo.

Tabela 5. Fator de reprodução de *P. brachyurus* e *M. incognita* raça 3, em tubérculos de batata da cultivar Ágata.

Tratamentos	População inicial			
	5.000 nematoides 12 *DAP		2.500 nematoides 12 *DAP 2.500 nematoides 25 *DAP	
	<i>P. brachyurus</i>	<i>M. incognita</i>	<i>P. brachyurus</i>	<i>M. incognita</i>
T1 Testemunha	0	0	0	0
T2 <i>S</i>	0	0	0	0
T3 <i>P</i>	0,32	0	0,46	0
T4 <i>M</i>	0	1,03	0	0,94
T5 <i>S+P</i>	0,33	0	0,47	0
T6 <i>S+M</i>	0	0,53	0	1,01
T7 <i>M+P</i>	0,19	0,58	0,20	0,66
T8 <i>S+M+P</i>	0,22	0,91	0,36	0,94

\*DAP = Dias após o plantio.

Apesar de terem sido observados baixos valores de FR das espécies *P. brachyurus* e *M. incognita* raça 3, foi verificado que a cultivar Ágata, a qual apresentou, nesse ensaio resistência à multiplicação dos fitonematoides, também pode ser considerada intolerante, uma vez que os fitonematoides apresentaram capacidade de causar danos nos tubérculos, de acordo com o conceito de Dropkin e Nelson (1960).

Para a cultura da batata, a questão de uma cultivar ser intolerante à um fitonematóide pode afetar diretamente a qualidade do produto a ser comercializado, considerando que uma grande parte do que é produzido é destinado ao mercado e o consumidor tende a rejeitar qualquer injúria na aparência do tubérculo. A literatura descreve que outras culturas também podem apresentar plantas resistentes, porém intolerantes. Oliveira e colaboradores (1999) concluíram que *Coffea arabica* cv. Mundo Novo e *C. canephora* cv. Apoatã são intolerantes a *P. brachyurus*, uma vez que, o desenvolvimento de plântulas foi significativamente menor mesmo com fator de reprodução abaixo de um.

Recentemente, Santos e colaboradores (2021) também observaram intolerância de duas espécies vegetais ornamentais, *Asplenium nidus* e *Lilium speciosum* ao fitonematoide *Aphelenchoides pseudogoodeyi*. Além de ter sido observado baixo fator de reprodução, também foi constatada a necessidade de injúrias ou portas de entrada para que o dano fosse observado nas folhas destas duas espécies.

A literatura também descreve casos de espécies ou variedades que não são resistentes, possibilitando a multiplicação de fitonematoides, porém tolerantes, não apresentando um dano aparente. Asmus e colaboradores (2000) citam que muitos cultivares de milho podem não exibir sintomas visíveis de parasitismo mesmo sendo hospedeiros favoráveis a *M. javanica*, sendo assim é de grande importância a seleção criteriosa de espécies e também de variedades comerciais a serem cultivadas em área contaminadas ou utilizadas em programas de rotação de cultura.

### **5.3. Pesquisa com produtores de batata e pesquisadores da área de fitopatologia**

Para averiguar um dos objetivos deste projeto visando a comparação de sintomas causados pelos diferentes patógenos em estudo, foi também realizada uma avaliação qualitativa, na qual 22 participantes, que trabalham com a cultura da batata ou atuam na pesquisa em áreas comuns deste estudo, classificaram através da Figura 17, quais fitopatógenos, *S. scabiei*, *P. brachyurus*, *M. incognita* ou a ação simultânea destes, foram os agentes causais responsáveis pelos sintomas observados nos tubérculos de batata.

Os resultados obtidos indicaram que os sintomas causados por esses diferentes patógenos podem ser facilmente confundidos, confirmando a hipótese levantada no presente estudo, pois apenas 34% das respostas corresponderam ao resultado correto, associando o agente causal à lesão apresentada. Quando considerado o acerto parcial, no qual ao menos um dos fitopatógenos responsável pelas lesões foi citado, a porcentagem de acerto foi de aproximadamente 53%. Segundo os dados apresentados na Figura 18, um dos menores índices de acerto no diagnóstico ficou no tubérculo de batata infectado com *S. scabiei*. O tubérculo com elevada porcentagem de lesões (Figura 17E) foi diagnosticado corretamente por apenas um participante o que corresponde a 4,5% dos entrevistados, sendo que 86,4% dos avaliadores consideraram que nesse caso, além do agente causal *S. scabiei*, havia também a associação com um ou com os dois fitonematoides. Nesse caso, a resposta foi considerada parcialmente correta.

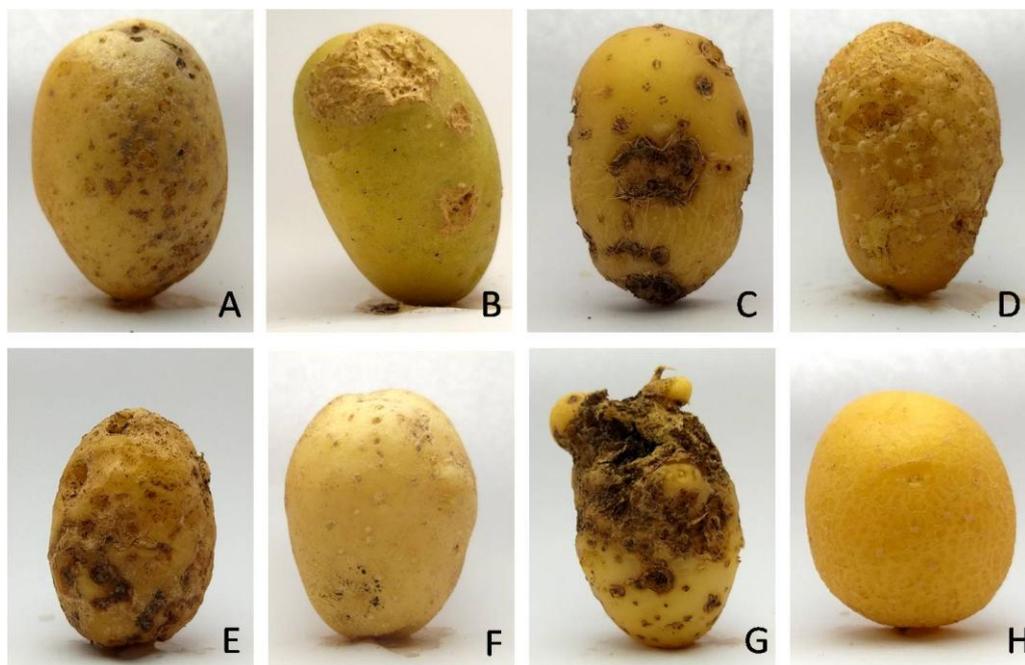


Figura 17. Imagem utilizada no questionário enviado à produtores de batata e pesquisadores da área de fitopatologia para avaliação qualitativa associando os sintomas aos fitopatógenos: (A) *P. brachyurus*; (B) *S. scabiei* + *M. incognita*; (C) *S. scabiei* + *P. brachyurus*; (D) *M. incognita*; (E) *S. scabiei*; (F) *P. brachyurus* + *M. incognita*; (G) *S. scabiei* + *P. brachyurus* + *M. incognita*; (H) Testemunha.

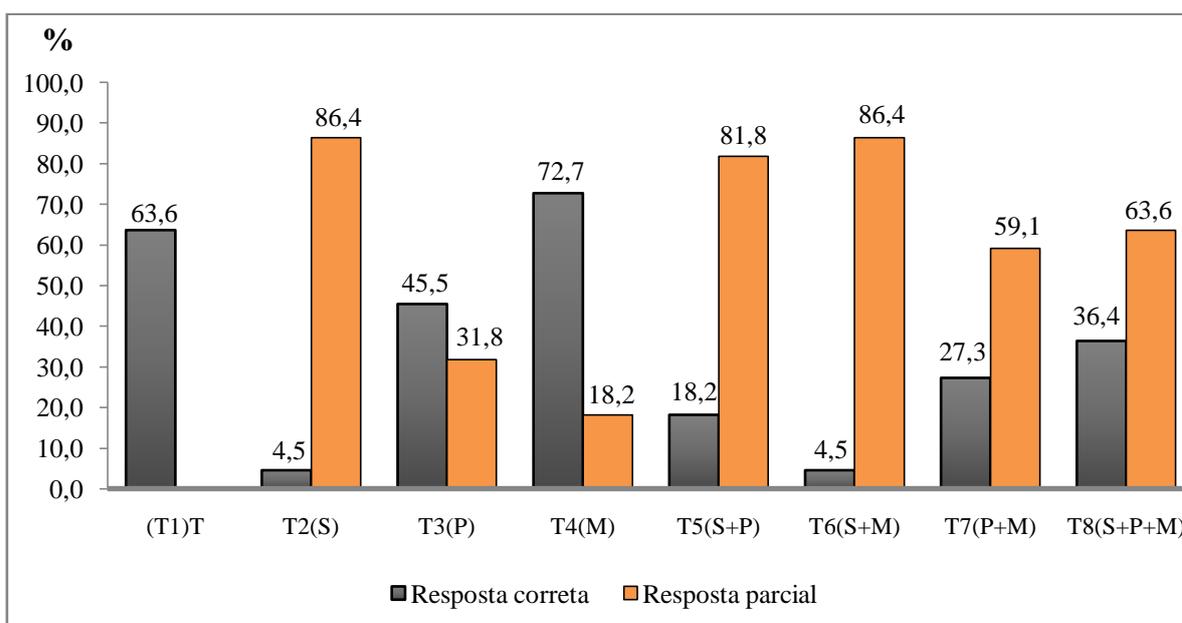


Figura 18. Médias percentuais de respostas corretas e respostas parciais da avaliação qualitativa por meio de questionário. (T = testemunha; S = *S. scabiei*; P = *P. brachyurus*; M = *M. incognita*)

Quanto às identificações para os agentes causais *P. brachyurus* (T3) e *M. incognita* (T4), as porcentagens de respostas corretas para esses fitopatógenos foram maiores do que a porcentagem de resposta parcial, 45,5 e 72,7%, respectivamente, o que sugere maior facilidade para associação destes fitopatógenos às lesões observadas. Mas, ainda assim ocorreram respostas associando erroneamente as lesões, por exemplo, 31,8% dos avaliadores consideraram que as lesões observadas na Figura 17A, não foram causadas somente por *P. brachyurus* e 22,7% nem mesmo considerou esse agente como causador das lesões. Para o agente *M. incognita* (Figura 17D), a porcentagem de respostas parciais foi a menor obtida, 18,2% dos entrevistados, identificaram de forma incorreta a ocorrência de lesões de *M. incognita* somada a algum outro agente e apenas 9,1% não consideraram que as lesões foram causadas pelo nematoide das galhas.

Ainda sobre os dados apresentados na Figura 18, os resultados para os tratamentos que associam mais de um agente causal (T5 = S+P; T6 = S+M; T7 = P+M e T8 = S+P+M) mostraram o quanto pode ser difícil ter uma resposta correta sobre quais fitopatógenos estão causando sintomas, se utilizado apenas diagnóstico visual. No tratamento em que foi inoculado *S. scabiei* + *P. brachyurus* (T5), apenas 18,2% das respostas foram corretas, porém 81,8% citou ao menos um dos patógenos.

Para o tratamento com *S. scabiei* + *M. incognita* (T6) a porcentagem de respostas corretas foi muito baixa (4,5%), porém os avaliadores identificaram ao menos um dos agentes causais em 86% das respostas.

Quanto à associação de dois fitonematoides inoculados, *P. brachyurus* e *M. incognita* (T7), o percentual de resposta correta foi de 27,3% e de resposta parcial 59,1%. Esse resultado indica o quanto é difícil a identificação do agente causal quando a quantidade de sintomas é reduzida (Figura 17F). Uma maior porcentagem de respostas corretas foi observada quando essas duas espécies de fitonematoides foram inoculadas individualmente (*P. brachyurus* 45,5% e *M. incognita* 72,7%) e com observação de sintomas mais expressivos. Em contrapartida, no tratamento em que os três fitopatógenos foram inoculados (T8), a porcentagem de respostas corretas foi de 36,4% e este resultado mostra o quanto também é difícil identificar os agentes quando a quantidade de lesões é elevada.

De forma geral, concordando com Holgado et al. (2009), os sintomas causados pelos nematoides podem ser facilmente confundidos com aqueles causados pelo agente causal da sarna da batata. Ademais, lesões pequenas causadas por *Pratylenchus* spp. podem passar despercebidas e até mesmo confundidas com lenticelas (OLIVEIRA; ROSA, 2020).

Os resultados obtidos no questionário mostraram o quanto pode ser imprecisa a identificação de lesões em tubérculos se utilizado apenas a avaliação visual e isso tem como consequência a possibilidade de erro nas escolhas de estratégias de manejo da doença, ou seja, fica recomendado que, para a diagnose correta, o material contaminado deve ser encaminhado para laboratórios especializados.

De acordo com Oliveira e Rosa (2020), a identificação confiável do agente causal, baseada na integração das técnicas clássicas e moleculares, é decisiva no planejamento de estratégias de manejo como rotação de cultura ou uso de cultivares resistentes.

#### **5.4. Massa fresca e número de tubérculos**

Nas avaliações de massa fresca verificou-se que a massa média dos tubérculos em cada vaso no estudo conduzido no inverno foi até quatro vezes maior que no verão e duas vezes maior do que o obtido no experimento na primavera. A origem de algumas variedades mais populares de batata cultivadas no Brasil são provenientes de cruzamentos gerados em países de regiões com clima temperado (BISOGNIN, 2012), o que pode ter influenciado diretamente no resultado nesses ensaios.

Conforme demonstrado na Tabela 6, a testemunha (T1) referente ao ensaio no verão apresentou o maior valor de massa fresca obtida, estatisticamente ( $p < 0.05$ ) superior aos tratamentos inoculados com *S. scabiei* (T2), *S. scabiei* + *P. brachyurus* (T5) e *S. scabiei* + *M. incognita* (T6). A média da massa referente ao T1 (testemunha) foi de 83,79 gramas (g), quatro vezes maior que o menor valor observado no tratamento T5 (*S. scabiei* + *P. brachyurus*) com média de 20 g, por vaso. Foi também possível observar que nos tratamentos onde foram inoculados os fitonematoides *P. brachyurus* (T3), *M. incognita* (T4), *M. incognita* + *P. brachyurus* (T7) e *S. scabiei* + *M. incognita* + *P. brachyurus* (T8), a capacidade produtiva não foi afetada, não tendo sido observadas diferenças significativas entre estes tratamentos e a testemunha.

Tabela 6. Médias da massa fresca de tubérculos (em gramas), por vaso, nos ensaios realizados no verão, inverno e primavera de 2020.

Tratamentos		Massa média dos tubérculos (g) /vaso					
		Verão		Inverno		Primavera	
T1	Testemunha	83,7	*a	212,5	a	103,0	a
T2	<i>S</i>	38,3	b	120,5	c	71,6	b
T3	<i>P</i>	50,2	ab	222,6	a	100,0	a
T4	<i>M</i>	53,9	ab	215,9	a	112,6	a
T5	<i>S+P</i>	20,0	b	147,4	bc	68,3	b
T6	<i>S+M</i>	29,9	b	133,8	bc	64,6	b
T7	<i>M+P</i>	44,4	ab	182,1	ab	107,7	a
T8	<i>S+M+P</i>	43,5	ab	150,6	bc	54,0	b
CV%		48,05		22,05		18,93	

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

*S* = *S. scabiei*; *P* = *P. brachyurus*; *M* = *M. incognita*.

Os resultados obtidos no ensaio no inverno mostraram que os tratamentos com adição de *S. scabiei* (T2), *S. scabiei* + *P. brachyurus* (T5), *S. scabiei* + *M. incognita* (T6) e *S. scabiei* + *M. incognita* + *P. brachyurus* (T8), apresentaram valores de massa fresca menores que os demais, com valores estatísticos inferiores a testemunha (T1), *P. brachyurus* (T3) e *M. incognita* (T4), os quais não apresentaram diferença entre si. A maior diferença de massa fresca dos tubérculos obtida foi entre T3 (*P. brachyurus*) com média de 222,62 g e T6 (*S. scabiei* + *M. incognita*) com média de 133,85 g. Este resultado sugere que a presença de *S. scabiei* associada ou não a outros agentes patogênicos pode influenciar não apenas na qualidade dos tubérculos, mas também na massa frescas dos mesmos.

Os resultados referentes ao terceiro experimento na primavera confirmaram o que foi destacado nos ensaios no verão e inverno, sendo observada menor massa fresca dos tubérculos em tratamentos onde *S. scabiei* foi inoculado (Figura 19), além de comprovar que a maior massa obtida no segundo experimento (inverno) está associada à relação clima/hospedeiro, já que a menor média obtida no ensaio no inverno (120,5 g) foi superior as

maiores médias obtidas tanto no período de verão (83,7 g) quanto na primavera (112,6 g). É importante considerar que nos experimentos realizados no inverno e na primavera o período de exposição dos tubérculos aos patógenos coincidiu com início da tuberização, cerca de 20 dias após a germinação.

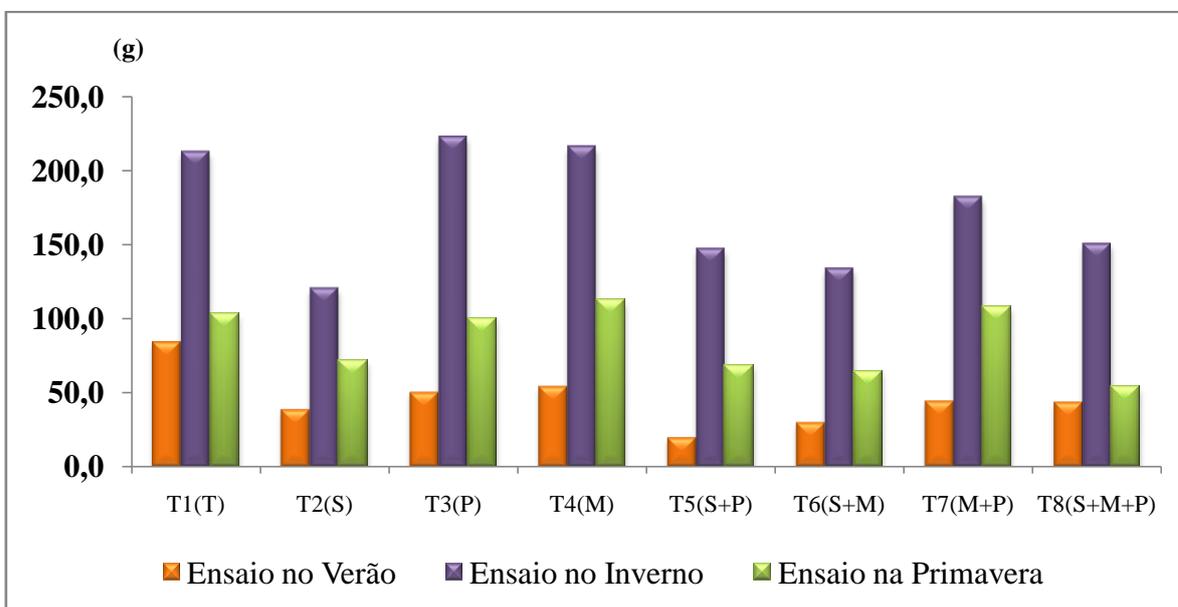


Figura 19. Médias da massa fresca de tubérculos (em gramas), por vaso, nos ensaios realizados no verão, inverno e primavera de 2020.

A tuberização ocorre a partir da formação de tubérculos nas pontas de estolões e a batateira precisa estar saudável para garantir o rendimento não apenas em peso, mas também em número e tamanho de tubérculos. Com relação às avaliações de número de tubérculos produzidos, verificou-se que no período de verão as médias obtidas foram muito inferiores quando comparadas ao ensaio no inverno e próximo aos valores obtidos na primavera (Figura 20). No primeiro experimento (verão), verificou-se que apenas o tratamento em que foi inoculado *S. scabiei* + *P. brachyurus* (T5) apresentou estatisticamente ( $p < 0.05$ ) um menor valor com relação à testemunha (T1) e *M. incognita* (T4), os quais apresentaram as maiores médias quanto ao número de tubérculos (Tabela 7).

Tabela 7. Médias do número de tubérculos, por vaso, nos ensaios realizados no verão, inverno e primavera de 2020.

Tratamentos	Número médio de tubérculos / vaso					
	Verão		Inverno		Primavera	
T1 Testemunha	5,8	*a	13,5	b	4,7	a
T2 S	4,3	ab	19,5	a	5,9	a
T3 P	3,0	ab	15,6	ab	4,4	a
T4 M	5,8	a	14,1	b	5,0	a
T5 S+P	2,3	b	17,8	ab	5,3	a
T6 S+M	3,6	ab	16,2	ab	5,7	a
T7 M+P	5,0	ab	14,5	b	4,9	a
T8 S+M+P	3,1	ab	19,8	a	5,6	a
CV%	41,16		21,02		25,15	

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

S = *S. scabiei*; P = *P. brachyurus*; M = *M. incognita*

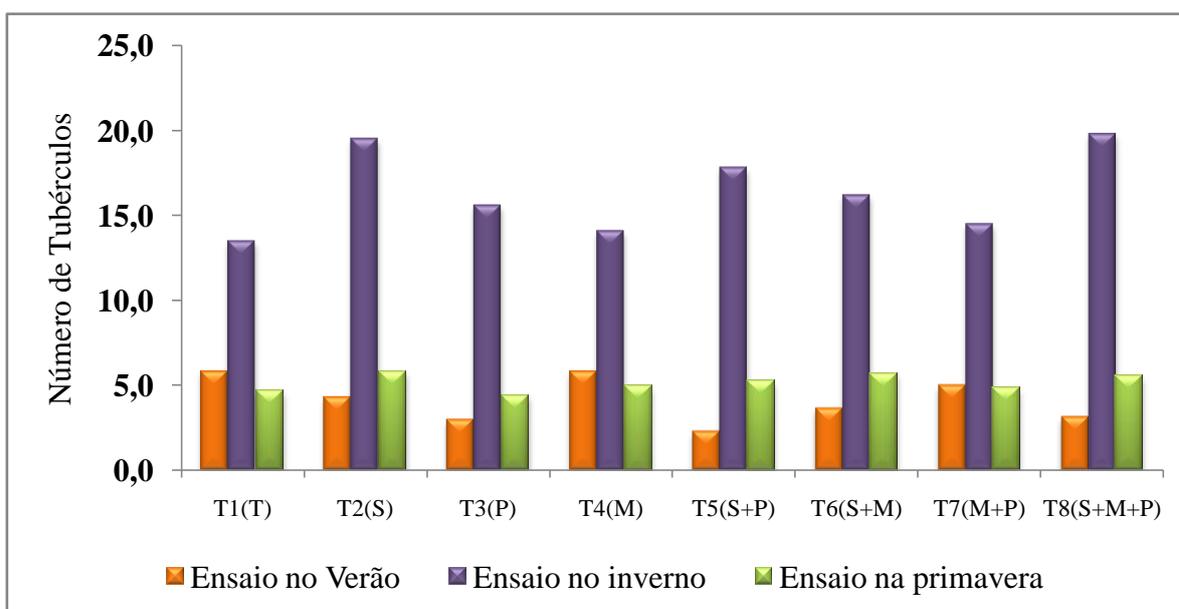


Figura 20. Médias do número de tubérculos, por vaso, nos ensaios realizados no verão, inverno e primavera de 2020.

Os resultados obtidos no inverno divergiram do primeiro ensaio (verão), sendo que as menores médias observadas foram as apresentadas pela testemunha (T1) e os tratamentos com *M. incognita* (T4) e *M. incognita* + *P. brachyurus* (T7). Estes foram estatisticamente inferiores aos tratamentos inoculados com *S. scabiei* (T2) e *S. scabiei* + *M. incognita* + *P. brachyurus* (T8), produzindo em média, cerca de cinco tubérculos a mais para cada vaso.

Essa divergência com relação à maior quantidade de tubérculos em alguns tratamentos no ensaio de inverno pode estar relacionada ao tamanho dos mesmos, sendo que foi observada uma maior proporção de tubérculos com menos de 25 milímetros de diâmetro nos tratamentos em que *S. scabiei* foi inoculado (T2, T5, T6 e T8), conseqüentemente elevando o valor obtido quanto a média de número de tubérculos por vaso (Figuras 21 e 22). Esses resultados indicaram que tratamentos que mostraram maior incidência de lesões, também produziram um maior número de tubérculos que não se desenvolveram, afetando diretamente os valores de massa fresca.

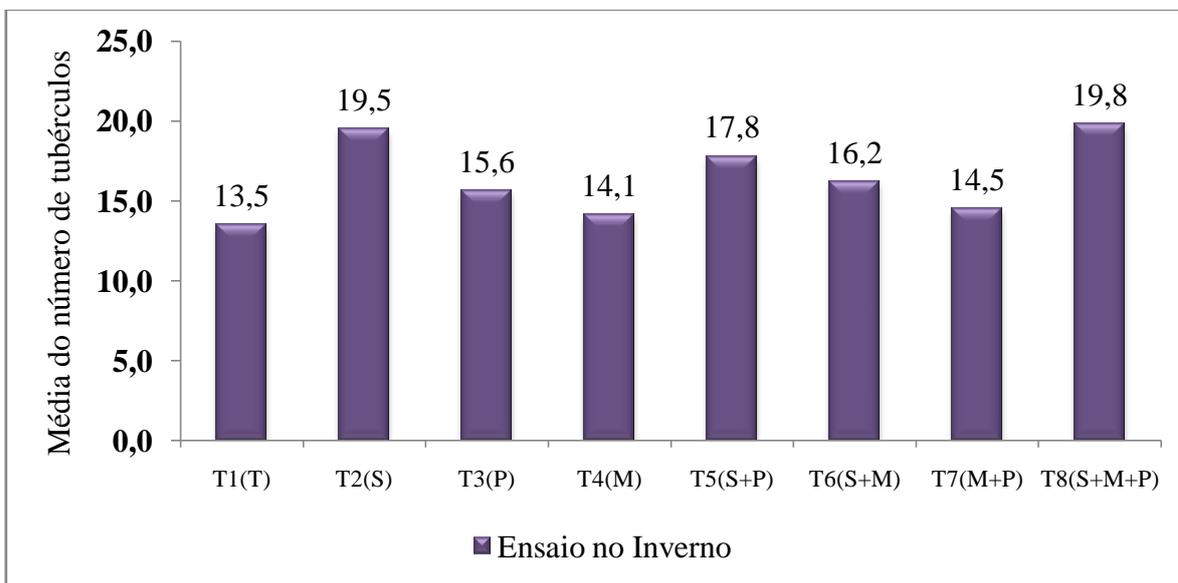


Figura 21. Médias do número de tubérculos, por vaso, no ensaio no período de inverno de 2020. (T = testemunha; S = *S. scabiei*; P = *P. brachyurus*; M = *M. incognita*).

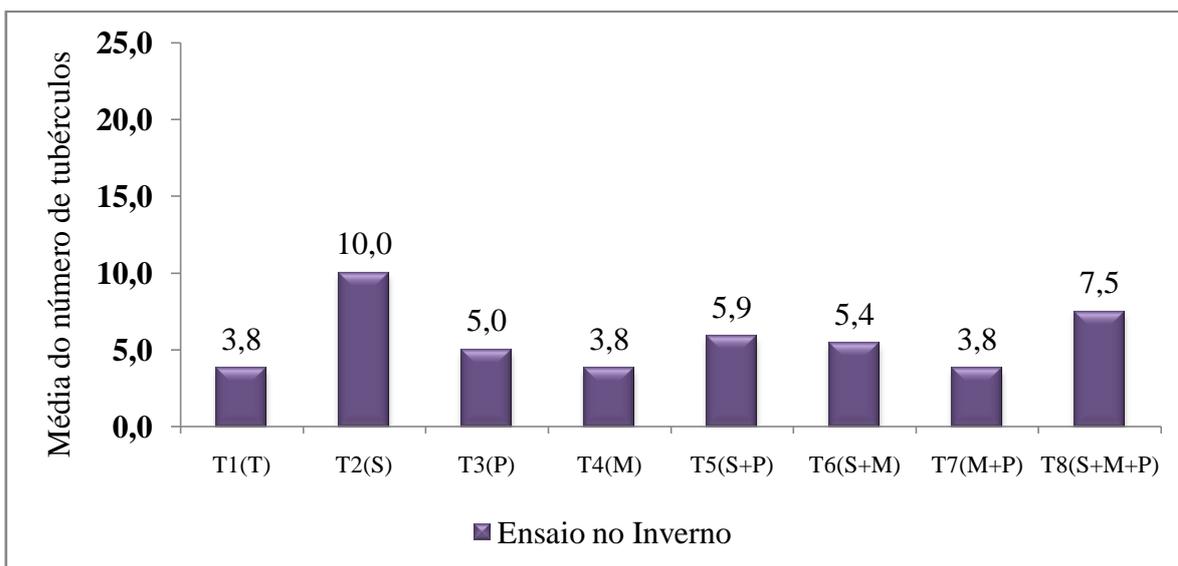


Figura 22. Médias do número de tubérculos, por vaso, menores que 25 milímetros de diâmetro no ensaio no período de inverno de 2020. (T = testemunha; S = *S. scabiei*; P = *P. brachyurus*; M = *M. incognita*).

### 5.5. Avaliação de produtos químicos e biológico comerciais na inibição do crescimento da linhagem de *Streptomyces scabiei* (IBSBF 2950) - Testes *in vitro*.

A avaliação do efeito de produtos comerciais na inibição do crescimento da linhagem de *S. scabiei* (IBSBF 2950) foi realizada em testes *in vitro* como um *screening* para se averiguar o efeito de nematicidas utilizados na agricultura. Esse experimento foi realizado de forma qualitativa apenas para determinar quais produtos resultariam em resposta de inibição de crescimento de *S. scabiei*.

Os resultados de Fluazinam 500 g/L, fungicida registrado para sarna da batata (controle positivo), indicaram que as dosagens de 10.000, 1.000, 100 e 10 ppm apresentaram cerca de 5 mm de halo de inibição de crescimento da bactéria. Para a dosagem 10 ppm, o halo de inibição foi inferior aos demais, cerca de 2 mm (Figura 23). Este resultado corrobora Orduño-Cota e colaboradores (2011) que observaram eficácia a partir da dose de 100 ppm, com maior efeito inibitório na dosagem de 10.000 ppm. O controle negativo no qual foi aplicada água destilada esterilizada não apresentou efeito sobre o crescimento de *S. scabiei*, conforme o esperado (Figura 24).

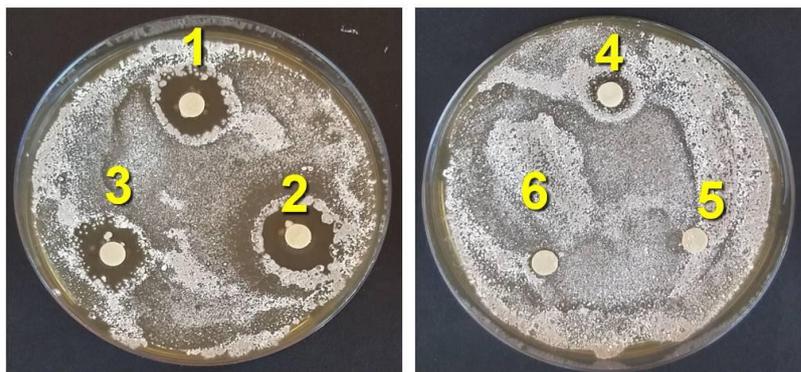


Figura 23. Efeito de Fluazinam 500 g/L nas doses de (1) 10.000 ppm; (2) 1.000 ppm; (3) 100 ppm; (4) 10 ppm; (5) 1 ppm; (6) 0,1 ppm., sobre o crescimento da *S. scabiei*.



Figura 24. Placas com crescimento de *S. scabiei* e discos de antibiograma contendo água destilada esterilizada (Controle negativo).

Os ingredientes ativos Carbofurano 50g/kg, Cadusafós 200 g/L e Fipronil 800 g/kg não apresentaram inibição sobre o crescimento de *S. scabiei* independente da dose testada (Figura 25).

No presente trabalho a Abamectina 18g/L apresentou potencial no teste *in vitro* para inibir a esporulação de *S. scabiei* (Figura 26). O melhor resultado obtido foi para a dose de 10.000 ppm, mas também foi observado halo de inibição superior a 5 mm para as doses de 10, 100 e 1.000 ppm, superando o resultado obtido no controle positivo (Figura 26C). Porém mais estudos precisam ser realizados para verificação da eficácia deste produto em casa de vegetação ou em campo considerando que as avermectinas são rapidamente degradadas, além de oferecer risco a ambientes aquáticos. (NOVELLI, 2010).

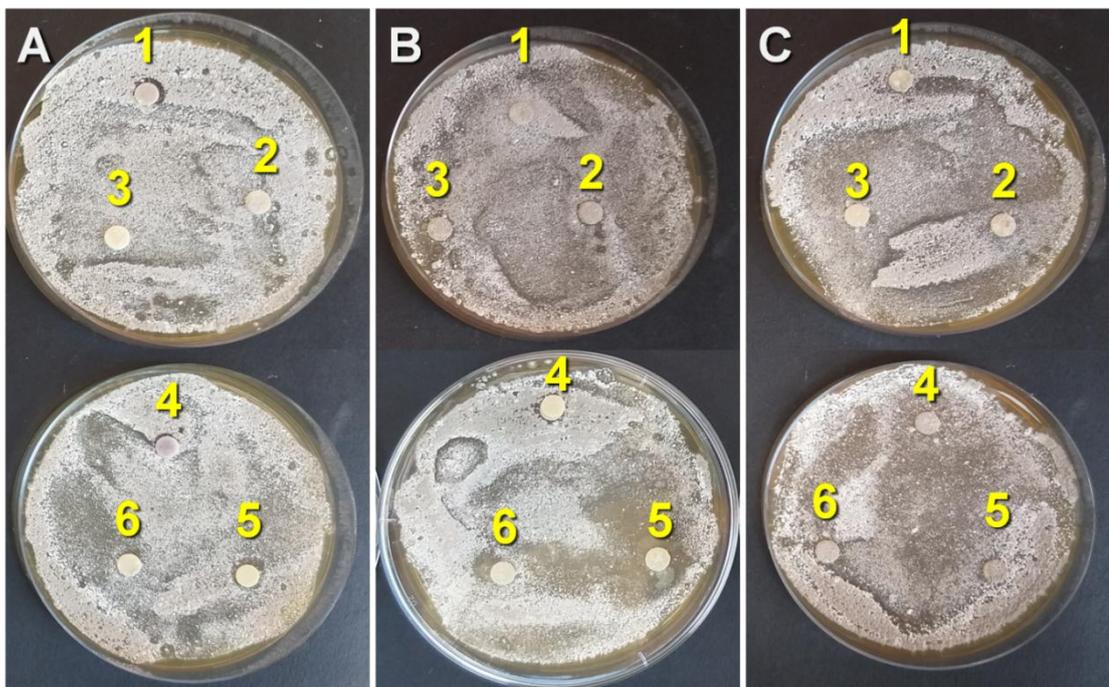


Figura 25. Efeito de nematicidas sobre o crescimento da *S. scabiei*. (A) Carbofurano 50g/kg. (B) Cadusafós 200 g/L; (C) Fipronil 800 g/kg. (1) 10.000 ppm; (2) 1.000 ppm; (3) 100 ppm; (4) 10 ppm; (5) 1 ppm; (6) 0,1 ppm.

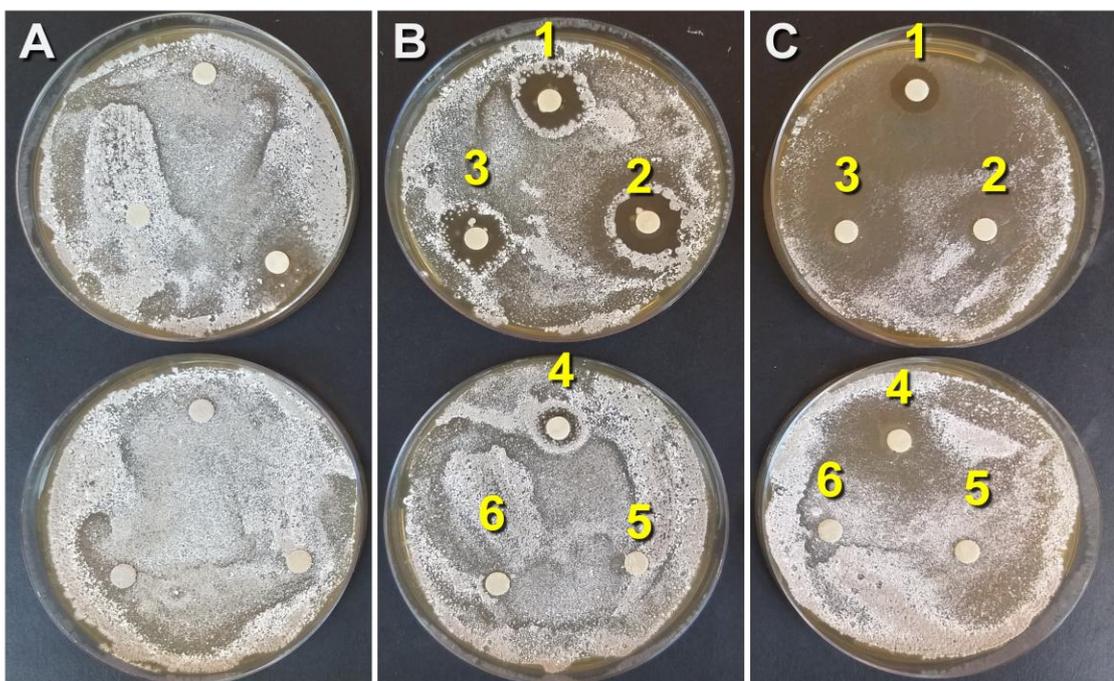


Figura 26. Efeito de Abamectina sobre o crescimento da *S. scabiei*. (A) Controle negativo; (B) Controle Positivo - Fluazinam 500 g/L; (C) Abamectina 18g/L; (1) 10.000 ppm; (2) 1.000 ppm; (3) 100 ppm; (4) 10 ppm; (5) 1 ppm; (6) 0,1 ppm.

Ainda foi testado um produto biológico que possui em sua composição duas espécies diferentes de *Bacillus*, *B. subtilis* e *B. licheniformis* com concentração mínima de  $1,0 \times 10^{11}$  UFC/g e 200 g/kg (Figura 27). O resultado obtido pode ser considerado promissor pois, além da observação de halo de inibição, foi possível observar que próximo a área aplicada não ocorreu esporulação de *S. scabiei* (Figura 27C). Também se verificou que a utilização de diferentes concentrações do produto não afetaram o tamanho do halo, o qual foi de aproximadamente 5 mm em todas as doses testadas. Esse resultado pode ter relação com o fato do produto ser composto por organismos biológicos, que apresentaram rápido crescimento quando cultivado em meio de cultivo favorável.

Considerando estes resultados, seria interessante estudos mais elaborados para averiguar o potencial e a eficácia de diferentes concentrações de abamectina e/ou de *B. subtilis* associado a *B. licheniformis* em áreas contaminadas por fitonematoides e sarna ou em experimentos conduzidos em casa de vegetação. Se a hipótese de controle destes fitopatógenos for verdadeira, haverá uma opção de manejo dessas doenças de forma simultânea reduzindo custos.

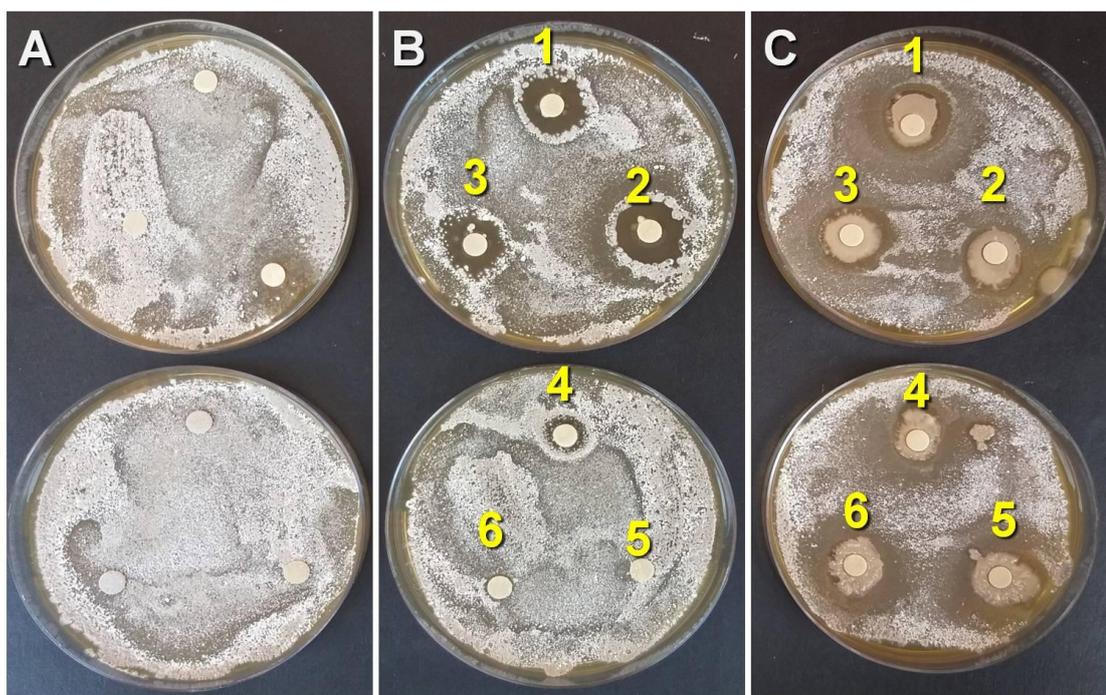


Figura 27. Efeito de *Bacillus* spp. sobre o crescimento da *S. scabiei*. (A) Controle negativo; (B) Controle Positivo - Fluazinam 500g/L; (C) *B. subtilis*  $1,0 \times 10^{11}$  UFC/g 200g/kg e *B. licheniformis*  $1,0 \times 10^{11}$  UFC/g 200g/kg. (1) 10.000 ppm; (2) 1.000 ppm; (3) 100 ppm; (4) 10 ppm; (5) 1 ppm; (6) 0,1 ppm.

## 6. CONCLUSÕES

- Os sintomas causados por *S. scabiei* e pelos nematoides *M. incognita* e *P. brachyurus* podem ser facilmente confundidos quando as lesões são iniciais e pequenas.
- Não foi observada maior porcentagem de lesões devido à ação conjunta dos fitopatógenos, porém o dano pode ocorrer de forma simultânea, dificultando a identificação e o manejo adequado.
- Menor incidência dos sintomas de sarna foi observada nos ensaios nos períodos de verão e primavera.
- A cultivar Ágata, sob as condições estabelecidas e avaliadas no terceiro experimento, não se mostrou boa multiplicadora das espécies *P. brachyurus* e *M. incognita* raça 3, porém a cultivar pode ser considerada intolerante, uma vez que sintomas foram observados em todos os ensaios.
- A avaliação visual dos sintomas realizada por pesquisadores e produtores de batata confirmou a hipótese do quanto pode ser difícil a diferenciação dos sintomas causados por esses fitopatógenos e consequentemente identificação dos mesmos.
- A infecção causada por *S. scabiei* resultou na redução de massa fresca dos tubérculos.
- O número de tubérculos observados por vaso no ensaio no inverno foi maior nos tratamentos em que *S. scabiei* foi inoculado, interferindo diretamente no tamanho e massa fresca dos tubérculos.
- Abamectina (produto químico) e *B. subtilis* associado a *B. licheniformis* (produto biológico) apresentaram potencial na inibição de crescimento de *S. scabiei* (IBSBF 2950).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos são os fatores que influenciam no desenvolvimento da batata cultivada no Brasil, temperatura, fotoperíodo, radiação solar e disponibilidade hídrica são fatores abióticos que influenciam a produtividade em áreas de cultivo de batata (BISOGNIN et al., 2009), entretanto pragas e doenças também representam perdas significativas na cultura.

*Streptomyces scabiei* e os fitonematoides *P. brachyurus* e *M. incognita* são fitopatógenos de grande importância e ampla ocorrência no Brasil, entretanto não há relato de pesquisa anterior no país que tenha avaliado a relação entre esses agentes causais. Considerando o objetivo do trabalho de analisar a interação e comparar os sintomas causados por esses, ficou evidente a influência do clima nas interações desses fitopatógenos com a cultura da batata. Foi observada a alta incidência de sintomas de sarna em comparação ao dano por fitonematoides, que apresentaram baixo fator de reprodução, sob às condições experimentais propostas, porém a cultivar Ágata foi considerada intolerante uma vez que lesões causadas por *P. brachyurus* e galhas causadas por *M. incognita* foram observadas nos tubérculos em todos os ensaios.

A avaliação realizada com produtores e pesquisadores corroborou os resultados dos ensaios em casa de vegetação, no que diz a respeito à necessidade de amostragem e análise de material contaminado por laboratórios especializados. A identificação visual de fitopatógenos em tubérculos de batata pode ser imprecisa principalmente quando a infecção ocorre simultaneamente, pois um dos agentes pode passar despercebido e a diagnose visual errônea pode colaborar com a multiplicação e disseminação dos fitopatógenos, consequentemente interferindo nas medidas de manejo adotadas.

A melhor forma de controle destas doenças é através do controle preventivo evitando-se material, solo ou água contaminada. Considerando a infecção simultânea em uma determinada área e o difícil manejo de sarna e de fitonematoides, torna-se fundamental associar diferentes estratégias para a redução das populações desses fitopatógenos e muita pesquisa para compreender o manejo integrado. Cabe salientar que os nematicidas com o ingrediente ativo abamectina ou a associação entre *B. subtilis* e *B. licheniformis* apresentaram potencial de inibição de crescimento de *S. scabiei* em testes *in vitro*, o que possibilita a continuidade de estudos com futuros experimentos em vaso e campo visando o manejo desses fitopatógenos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD EL-RAHMAN, A. F.; EL-KAFRAWY, A. A.; ABD EL-HAFEZ, O. A.; ABD EL-GHANY, R. E. A. **Evaluation of some fungicides effectiveness in control of blackleg and common scab of potato.** Egyptian Journal of Agricultural Research, v. 96, n. 4, p. 1307-1324, 2018.

ABD EL-HAFEZ, A.; EL-RAHMAN, A.; ASHRAF, F. **Possible Control of Potato Common Scab with Indigenous Nonpathogenic Species of *Streptomyces* in Egypt.** Egyptian Journal of Phytopathology, v. 47, n. 1, p. 79-95, 2019.

ADAMS, M. J.; LAPWOOD, D. H. **Studies on the lenticels development, surface microflora and infection by common scab (*Streptomyces scabies*) of potato tubers growing in wet and dry soils.** Annals of Applied Biology, v. 90, p. 335-343, 1978.

AGRIOS, G. N. **Plant pathology.** 4th ed. Academic Press, San Diego, 1997.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários.** Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins, 2021. Disponível em: <[https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons!/ap\\_praga\\_detalhe\\_cons?p\\_id\\_cultura\\_praga=4981](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_praga_detalhe_cons?p_id_cultura_praga=4981)>. Acesso em: 13 de junho de 2021.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários.** Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins, 2021. Disponível em: <[https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons!/ap\\_praga\\_detalhe\\_cons?p\\_id\\_cultura\\_praga=6957](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_praga_detalhe_cons?p_id_cultura_praga=6957)>. Acesso em: 13 de junho de 2021.

ANDRADE, M. H. M. L.; NIEDERHEITMANN, M.; DE PAULA RIBEIRO, S. R. R.; OLIVEIRA, L. C.; POZZA, E. A.; PINTO, C. A. B. P. **Development and validation of a standard area diagram to assess common scab in potato tubers.** European Journal of Plant Pathology, p.739–750, 2019.

ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. **Alterações anatômicas em raízes de milho (*Zea mays* L.) parasitadas por *Meloidogyne javanica*.** Nematropica, p. 33-40, 2000.

BAKER, K. F.; COOK, R. J. **Biological control of plant pathogens.** WH Freeman & Co, San Francisco, 1974.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Funep, Jaboticabal, SP, p. 42, 1988.

BERGER, J.; JAMPOLSKY, L. M.; GOLDBERG, M. W. **Borrelidin, a new antibiotic with antiborrelia activity and penicillin enhancement properties.** Archives of Biochemistry and Biophysics. v. 22, p. 476-478, 1949.

BERIAM, L. O. S.; DESTEFANO, S. A. L.; OCCHIENA, E. M. **Doenças bacterianas na cultura da batata.** IN: Merenda, A. M. C. M. P. (Eds.) Batata desafios fitossanitários e manejo sustentável. 1ª Edição. Jaboticabal, SP, p.108-110, 2020.

BERNARDES NETO, J. F.; PONTES, N. D. C.; BOREL, F. C.; SOUZA, S. D. A.; SANCHEZ, W.; PINHEIRO, J. B. **Associação de produtos químicos e biológicos no controle de nematoide-das-galhas em cultivo de batata.** Embrapa Hortaliças, 2019.

BETTIOL, W. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas.** Editado por Wagner Bettiol e Marcelo Augusto Boechat Morandi. -- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 341, 2009.

BEZERRA, F. M. L.; ANGELOCCI, L. R.; MINAMI, K. **Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 2, n. 2, p. 119-123, 1998.

BIGNELL, D. R. D.; HUGUET-TAPIA, J. C.; JOSHI, M. V.; PETTIS, G. S.; LORIA, R. **What does it take to be a plant pathogen: genomic insights from *Streptomyces* species.** Antonie van Leeuwenhoek, v. 98, p. 179-194, 2010.

BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. **Desenvolvimento e manejo das plantas para alta produtividade e qualidade da batata.** Itapetininga: Associação Brasileira da Batata, 2009.

BISOGNIN, D. A. **Desenvolvimento de novas cultivares de batata para processamento.** IN: Congresso Brasileiro De Olericultura, Horticultura Brasileira v. 30, n. 2, 2012.

BOUCHEK-MECHICHE, K.; GARDAN, L.; NORMAND, P.; JOUAN, B. **DNA relatedness among strains of *Streptomyces* pathogenic to potato in France: description of three new species, *S. europaeiscabiei* sp. nov. and *S. stelliscabiei* sp. nov. associated with common scab, and *S. reticuliscabiei* sp. nov. associated with netted scab.** International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v. 50, p. 91-99, 2000.

- BUKHALID, R. A.; CHUNG, S. Y.; LORIA, R. **nec1, a gene conferring a necrogenic phenotype, is conserved in plant-pathogenic *Streptomyces* spp. and linked to a transposase pseudogene.** *Molecular Plant-Microbe Interactions*, v. 11, p. 960-967, 1998.
- CAFÉ FILHO, A. C.; HUANG, C. S. **Nematoides do gênero *Pratylenchus* no Brasil.** *Piracicaba, Fitopatologia Brasileira*, v. 13, n. 3, p. 232-235, 1988.
- CAMPBELL, W. C. **Ivermectin and Abamectin.** Springer Verlac. New York, p. 363, 1989.
- CAO, Z.; KHODAKARAMIAN, G.; ARAKAWA, K.; HARUYASU, K. **Isolation of borrelidin as a phytotoxic compound from a potato scab pathogenic *Streptomyces* strain.** *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, v. 76, n. 2, p. 353-357, 2012.
- CEPAGRI. **Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas.** Universidade Estadual de Campinas. *Clima dos Municípios Paulistas*. Campinas, 2021.
- CHARCHAR, J. M. **Nematoides associados à cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) nas principais regiões de produção do Brasil.** *Nematologia Brasileira*, Campinas, v. 21, n. 2, p. 49-59, 1997.
- CHARCHAR, J. M. **Nematoides em hortaliças.** Embrapa Hortaliças, Brasília, p.12, 1999.
- CHARCHAR, J. M.; VIEIRA, J. V.; OLIVEIRA, V. R.; MOITA, A. W. **Efeitos de nematicidas fumigantes e não fumigantes no controle de *Meloidogyne* spp. em batata e cenoura.** *Nematologia Brasileira* 31, 2007.
- CHIDICHIMA, L. P. S.; SANTOS, S. S. **Reação de cultivares de milho a *Meloidogyne javanica*,** Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.
- COMPARONI, R. **Caracterização da diversidade genética de linhagens de *Streptomyces scabiei* e avaliação do potencial antagônico de microorganismos no controle da sarna da batata.** Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico, São Paulo, p. 65, 2015.
- CORRÊA, D. B. A. **Caracterização morfológica, patogênica e molecular de linhagens de *Streptomyces* associadas à sarna da batata de diferentes regiões produtoras do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p.169, 2011.

COOK, R.; EVANS, K. **Resistance and tolerance.** IN: Brown, R. H.; Kerry, B. R., eds., Principles and Practice of Nematode Control in Crops. Marrickville, NSW, Australia: Academic Press, p. 179-231, 1987.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A Method for the Quantitative Extraction of Nematodes from Plant tissue.** State Agricultural Research Center, Ghent - Belgium, p. 77, 1972.

COUTINHO, C. F.; TANIMOTO, S. T.; GALLI, A.; GARBELLINI, G. S.; TAKAYAMA, M.; DO AMARAL, R. B.; MAZO, L.H.; AVACA, L.A.; MACHADO, S. A. **Pesticidas: mecanismo de ação, degradação e toxidez.** Pesticidas: Revista de ecotoxicologia e meio ambiente, v. 15, 2005.

CUNHA, T. G. D.; VISÔTTO, L. E.; LOPES, E. A.; OLIVEIRA, C. M. G.; GOD, P. I. V. G. **Diagnostic methods for identification of root-knot nematodes species from Brazil.** Ciência Rural, v. 48, n. 2, 2018.

DAVIES, F. L.; WILLIAMS, S. T. **Studies on the ecology of actinomycetes in soil.** Soil Biology and Biochemistry, p. 27-238, 1970.

DEES, M. W.; SLETTEN, A.; HERMANSEN, A. **Isolation and characterization of *Streptomyces* species from potato common scab lesions in Norway.** Plant Pathology, v. 62, p. 217-225, 2013.

DIONISIO, A. C. **Sorção e dissipação de abamectina em solos brasileiros.** Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

DROPKIN, V. H.; NELSON, P. E. **The histopathology of root-knot nematode infections in soybeans.** Phytopathology, v. 50, p. 442-47, 1960.

EISENBACK, J. D.; TRIANTAPHYLLOU, H. H. **Root-knot nematode: *Meloidogyne* spp. and races.** IN: Nickle WR, ed. Manual of agricultural nematology. New York, NY, USA, Marcel Dekker, Inc., p. 191-274, 1991.

EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I.; FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. **Qualidade nutricional e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 8, p. 953-960, 2011.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Statistic Division, 2021.

FAUCHER, E.; OTRYSCO, B.; PARADIS, E.; HODGE, N. C.; STALL, R. E.; BEAULIEU, C. **Characterization of *Streptomyces* causing russet scab in Quebec.** Plant Disease, v. 77, p. 1217-1220, 1993.

FAVORETTO, P. **Caracterização molecular de germoplasma de batata (*Solanum tuberosum* L.) por microsátélites.** Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”. Piracicaba, p. 19, 2009.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. **Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I -macronutrientes.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2039-2056, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: Editora UFV, p. 412, 2003.

FISCHER, I. H.; TEIXEIRA, A. P. M.; TOFFANO, L.; GARCIA, E. O. **Reação de cultivares de batata a *Streptomyces scabies*, agente causal da sarna comum profunda.** Summa Phytopathologica, v. 35, n. 3, p. 219-222, 2009.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Plant breeding for biotic stress resistance.** Berlin - Heidelberg: SpringerVerlag, p. 6, 2012.

FURTADO, R. C. N. **Uso de plantas de cobertura para controle de *Pratylenchus brachyurus* em sucessão com soja,** Dissertação (Mestrado em Ciência). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”. Piracicaba, 2018.

GABRIEL, M.; Kulczynski S. M.; Belle, 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.

GARCIA, E. G.; BUSSACOS, M. A.; FISCHER, F. M. **Impacto da legislação no registro de agrotóxicos de maior toxicidade no Brasil.** Revista Saúde Pública, v. 39, n. 5, p. 9-832, 2005.

GARDIANO, C. G.; KRZYZANOWSKI, A. A.; SAAB, O. J. G. A. **Eficiência de espécies de adubos verdes sobre a população do nematoide reniforme.** Semina: Ciências Agrárias, n. 35, p. 719-726, 2014.

GODFREY, G. H. A. **Destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus* n.sp.** Phytopathology, Palo Alto, v. 19, n. 6, p. 611-629, 1929.

GONZAGA, V.; SANTOS, J. M.; SOARES, P. L. M. **Chave ilustrada para a identificação das seis espécies de *Pratylenchus* mais comuns no Brasil.** Piracicaba, 2012.

GOYER, C.; FAUCHER, E.; BEAULIEU, C. ***Streptomyces caviscabies* sp. nov., from deep-pitted lesions in potatoes in Québec, Canada.** International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v. 46, p. 635-639, 1996.

HAWKES, J. G. **The potato: evolution, biodiversity and genetic resources.** London: Belhaven Press, 1990.

HOLGADO, R.; SKAU, K. A. O.; MAGNUSSON, C. **Field damage in potato by lesion nematode *Pratylenchus penetrans*, its association with tuber symptoms and its survival in storage.** Nematologia Mediterranea, n. 37, p. 25–29, 2009.

HOOKER, W. J. **Common Scab.** IN: Compendium of Potato Diseases. Hooker, W. J, ed. American Phytopathological Society, St. Paul MN, p. 33-34, 1981.

HOSNY, M.; ABO-ELYOUSR, K. A. M.; ASRAN, M. R.; SAEAD, F. A. **Chemical control of potato common scab disease under field conditions.** Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2014.

HOWARD, R. J.; GARLAND, J. A.; SEAMAN, W. L. **POTATO. Diseases and pests of vegetable crops in Canada.** Ottawa: The Canadian Phytopathological Society, p. 224-263, 1994.

HUNT, D. J.; HANDOO, Z. A. **Taxonomy, identification and principal species.** IN: Perry, R. N.; Moens, N.; Starr, J. L, eds. Root-knot Nematodes. Cambridge, MA, USA, CABI North America Office, p. 55-97, 2009.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da Produção Agrícola, 2019.

JADOSKI, S. M.; MAGGI, A. S. L.; BRUNETTA, L.; WAZNE, R. **Sucessão de culturas na fitossanidade e produtividade da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.).** Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v. 2, n. 1, p. 161-166, 2009.

JOSHI, M.; RONG, X.; MOLL, S.; KERS, J.; FRANCO, C.; LORIA, R. ***Streptomyces turgidiscabies* secretes a novel virulence protein, Nec1, which facilitates infection.** Molecular Plant-Microbe Interactions, v. 20, p. 599-608, 2007.

KARSSSEN, G.; MOENS, M. **Root-knot nematodes.** IN: Perry, R. L, Moens, M., eds. Plant Nematology, Cambridge, MA, USA, CABI North America Office, p. 59-90, 2006.

KINASHI, H.; SOMENO, K.; SAKAGUCHI, L. **Isolation and characterization of concanamycin A, B and C.** Journal Antibiotic, v. 37, p. 1333-1343, 1984.

KOLAR, L.; ERZEN, N. K.; HOGERWERF, L.; VAN GESTEL, C. A. M. **Toxicity of abamectin and doramectin to soil invertebrates.** Environmental Pollution, Oxford, v. 151, p. 182-189, 2008.

KREYCI, P. F. ***Sclerotinia sclerotiorum*: características morfológicas, agressividade, sensibilidade in vitro a fungicidas e resistência de isolados a tiofanato metílico.** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2016.

LABEDA, D. P.; LYONS, A. J. **DNA relatedness among strains of the sweet potato pathogen *Streptomyces ipomoea* (Person and Martin 1940) Waksman and Henrici 1948.** Appl Environ Microbiol, v. 58, p. 532-535, 1992.

LAMBERT, D. H.; LORIA, R. ***Streptomyces scabies* sp. nov.** Revista International Journal of Systematic Bacteriology, v. 39, p. 387-392, 1989.

LAMBERT, D. H.; LORIA, R. ***Streptomyces acidiscabies* sp. nov.** International Journal of Systematic Bacteriology, v. 39, p. 393-396, 1989.

LEWIS, K. A.; TZILIVAKIS, J.; WARNER, D.; GREEN, A. **An international database for pesticide risk assessments and management.** Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, p. 1050-1064, 2016.

LIMA-MEDINA, I. **Diversidade de populações de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. de diferentes regiões do sul do Brasil produtoras de batata e estudo da patogenicidade em *Solanum* spp.,** Tese (Doutorado em Fitossanidade). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

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***. Embrapa Clima Temperado-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014.

LIN, C.; TSAI, C. H.; CHEN, P. Y.; WU, C. Y.; CHANG, Y. L.; YANG, Y. L.; CHEN, Y. L. **Biological control of potato common scab by *Bacillus amyloliquefaciens* Ba 01**. PLoS ONE, v. 13, n. 4, p. e0196520, 2018.

LSPN. **List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature**, 2021. Disponível: < <https://bacterio.net/genus/streptomyces> >. Acesso em: 02 de julho de 2021.

LOPES, C. A.; SILVA, G. O. **O cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Embrapa, Brasília, DF. Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças, p. 4-5, 1997.

LORIA, R.; KERS, J.; JOSHI, M. **Evolution of plant pathogenicity in *Streptomyces***. Annual Review of Phytopathology, v. 44, p. 469-487, 2006.

MAI, W. F.; MULLIN, P. G. **Plant parasitic nematodes: a pictorial key to genera**. Ithaca: Cornell University Press, p. 277, 1996.

MAPA. **Instrução normativa nº 12, de 10 de junho de 2005**. Disponível em: <https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=1-77-23-2005-06-10-12>. Acesso em: 13 de junho de 2021.

MAPA. Standak® Top UBS. **Fungicida e Inseticida de ação protetora (Piraclostrobina), sistêmico (Tiofanato Metílico) e de contato e ingestão (Fipronil)**, 2020. Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2021-01/standaktopubs.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/standaktopubs.pdf). Acesso em: 13 de junho de 2021.

MAROUELLI, W. A.; GUIMARÃES, T. G. **Irrigação na cultura da batata**. Itapetininga: ABBA, p. 28, 2006.

MENEZES, C. B.; PINTO, C. A. B. P.; DE SOUZA LAMBERT, E. **Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 145-157, 2001.

MENG, Q.; HANSON, L. E.; DOUCHES, D.; HAO, J. J. **Managing scab diseases of potato and radish caused by *Streptomyces* spp. using *Bacillus amyloliquefaciens* BAC03 and other biomaterials.** *Biological Control*, v. 67, p. 373-379, 2013.

MIYAJIMA, K.; TANAKA, F.; TAKEUCHI, T.; KUNINAGA, S. ***Streptomyces turgidiscabies* sp. nov.** *International Journal of Systematic Bacteriology*, v. 48, p. 495-502, 1998.

MOENS, M.; PERRY, R. N.; STARR, J. L. ***Meloidogyne* Species – a diverse group of novel and important plant parasites.** IN: Perry, R. N.; Moens, M.; Starr, J. L., eds. *Root-knot Nematodes*. Cambridge, MA, USA, CABI North America Office, p. 1-17, 2009.

MUROI, M.; SHIRAGAMI, N.; NAGAO, K.; YAMAZAKI, M.; TAKATSUKI, A. **Folimyacin (concanamycin A), a specific inhibitor of V-type ATPase, blocks cellular translocation of the glycoprotein of vesicular stomatitis virus.** *Cell Structure and Function*. v. 18, p. 139-149, 1993.

NOVELLI, A. **Efeito do Vertimec® 18CE e de seu princípio ativo, a abamectina, em ambiente aquático: uma análise laboratorial e in situ.** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2010.

NUNES, M. U. C. **Produtividade e principais problemas fitossanitários de cultivares de batata em Sergipe.** *Hortic. Bras.*, v. 20, p. 424-427, 2002.

OLANO, C.; WILKINSON, B.; SÁNCHEZ, C.; MOSS, S. J.; SHERIDAN, R.; MATH, V.; WESTON, A. J.; BRAÑA, A. F.; MARTIN C. J.; OLYNYK, M.; MÉNDEZ, C.; LEADLAY, P. F.; SALAS, J. A. **Biosynthesis of the angiogenesis inhibitor borrelidin by *Streptomyces parvulus* Tü4055: Cluster Analysis and Assignment of Functions.** *Chemistry and Biology*, v. 11, p. 87-97, 2004.

OLIVEIRA, C. M. G.; INOMOTO, M. M.; VIEIRA, A. M. C.; MONTEIRO, A. R. **Efeito de densidades populacionais de *Pratylenchus brachyurus* no crescimento de plântulas de *Coffea arabica* cv. Mundo novo e *C. canephora* cv. Apoatá.** *Nematropica*, p. 215-221, 1999.

OLIVEIRA C. M. G. **Panorama das doenças e pragas em horticultura: doenças causadas por nematoides.** *Instituto Biológico*, v. 69, p. 85-86, 2007.

OLIVEIRA, C. M. G.; MACHADO, A. C.; KUBO, R. K.; HARAKAVA, R. **Diagnose de *Aphelenchoides fragariae* e *Pratylenchus* spp. pela aplicação da tecnologia do código de barras do DNA.** Nematologia Brasileira, v. 33, n. 3, p. 218-225, 2009.

OLIVEIRA, C. M. G.; KUBO, R. K.; INOMOTO, M. M. **Nematoides parasitos da batata.** IN: Salas, F. J. S.; Töfoli, J. G. Cultura da batata: pragas e doenças, 1ª Ed, São Paulo, p. 45-54, 2017.

OLIVEIRA, C. M. G.; ROSA, J. M. O. **Doenças bacterianas na cultura da batata.** IN: Merenda, A. M. C. M. P. (Eds.) Batata desafios fitossanitários e manejo sustentável. 1ªEd, Jaboticabal, SP, p. 241-246, 2020.

OLIVEIRA, G. **Eficácia de nematicidas biológicos e químicos para controle de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da batata sob condições de casa de vegetação.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

OMURA, S. **Ivermectin: 25 years and still going strong.** International Journal of Antimicrobial Agents, Amsterdam, v. 31, p. 91-98, 2008.

OOSTENBRINK, M. **Major characteristics of the relation between nematodes and plants.** Mededelingen Van De Iandbouwhogeschool Te Wageningen, v. 66, p. 1-46, 1966.

ORDUÑO-COTA, F. J.; FÉLIX-GASTÉLUM, R.; GÁLVEZ-FIGUEROA, C. A.; HERRERA-RODRÍGUEZ, G.; MONTIEL-GARCÍA, M. A.; RENAUX, M. A. M.; URÍAS, H. P.; ESPINOZA-NAVARRO, C. R.; ORDUÑO-ESPINOZA, F. J.; PALAZUELOS-UNGSON, F.; LÓPEZ-ÁLVAREZ, I.; GASTÉLUM-LÓPEZ, J. A.; LÓPEZ-VERDUZCO, J. E.; ESCALANTE-ARREDONDO, J. D.; ARMENTALÓPEZ, S. E.; ZAMUDIO-BURGOS, L. A.; ROCHIN-ZEPEDA, Y. **Identificación y manejo de la roña común de la papa en el Norte de Sinaloa.** Universidad de Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México, 2011.

PALOMARES-RIUS, J.; OLIVEIRA, C. M. G.; BLOK, V. C. **Plant Parasitic Nematodes of Potato.** IN: Navarre, R.; Pavek, M. (Org.). The Potato: Botany, Production and Uses. 1ed.: Cabi, v. 1, p. 148-166, 2014.

- PARK, D. H.; KIM, J. S.; KWON, S. W.; WILSON, C.; YU, Y. M.; HUR, J. H.; LIM, C. K. ***Streptomyces luridiscabiei* sp. nov., *Streptomyces puniscabiei* sp. nov. and *Streptomyces niveiscabiei* sp. nov., which cause potato common scab disease in Korea.** International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v. 53, p. 2049- 2054, 2003.
- PERSON, L. H.; MARTIN W. J. **Soil rot of sweet potatoes in Louisiana.** Phytopathology, v. 30, p. 913-926, 1940.
- PINHEIRO, J. B.; LOPES, C. A.; HENZ, G. P. **Medidas gerais de controle de nematoides de batata.** Circular Técnica, Brasília, 2009.
- PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B.; SUINAGA, F. A. **Manejo de nematoides na cultura do tomate.** Embrapa Hortaliças – Circular Técnica; p.12, 2014.
- PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B.; SILVA, G. O. **Nematoides na cultura da batata.** Circular Técnica, p. 143, 2015.
- PRADO, F. S. R. **Análise cromatográfica de abamectina e do difenoconazol em amostras de tecido de abelhas da espécie *Melipona scutellaris* e avaliação de efeitos de biomarcadores bioquímicos.** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2020.
- PROCOPIO, R. E.; SILVA, I. R.; MARTINS, M. K.; AZEVEDO, J. L.; ARAUJO, J. M. **Antibiotics produced by *Streptomyces*.** Braz. J. Infect. Dis. v. 16, n. 5, p. 466-471, 2012.
- REIS, J. C. S. **Cultivo de Batata cv. Ágata sob diferentes fontes e concentrações de adubação potássica.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2008.
- RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. **Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira.** Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331- 338, 2006.
- RODRIGUES-NETO, J.; DESTÉFANO, S. A. L.; SHIMOYAMA, N. Y. **A sarna da batata causada por *Streptomyces* spp.** Publicação Técnica ABBA, p. 31, 2008.
- SANTOS, M. F. A. **Diversidade de *Meloidogyne incognita* e espécies correlatas: como surgem abordagens biológicas, citológicas, morfológicas e moleculares.** Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SANTOS, T. F. S.; POLIZEL, A. C.; RIBEIRO, N. R.; SILVA, T. J. A.; GUIMARÃES, S. L. **Reprodução de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes níveis de inóculo e tempo de avaliação em três cultivares de soja.** Nematropica, DeLeon Springs, v. 45, n. 1, p. 43-50, 2015.

SANTOS, E. C.; DA SILVA, I. L.; ROSA, R. O.; OLIVEIRA, C. M. G.; BUONICONTRO, D. S. **Pathogenicity of *Aphelenchoides pseudogoodeyi* on the ornamental plants *Asplenium nidus* and *Lilium speciosum* in Brazil.** Helminthologia, v. 58, n. 1, p. 74, 2021.

SAVIĆ, J.; DRAGIĆEVIĆ, I.; PANTELIĆ, D.; OLJAČA, J.; MOMČILOVIĆ, I. D. **Expression of small heat shock proteins and heat tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.).** Arch. Biol. Sci., Belgrade, v. 64, n. 1, p. 135-144, 2012.

SHODA, M. **Review: Bacterial control of plant diseases.** Journal of Bioscience and Bioengineering, v. 89, n. 6, p. 515-521, 2000.

SILVA, A. R.; SANTOS, J. M. **Nematoides na Cultura da Batata no Brasil.** 1ª edição, São Paulo, Associação Brasileira da Batata - ABBA, p. 55, 2007.

SILVA, A. R. **Fitonematoides na cultura da batata: Reação de genótipos a *Meloidogyne* spp. distribuição de espécies e caracterização dos sintomas.** Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

SILVA, J. G. P. S. **Ocorrência de *Meloidogyne* spp. em diferentes fitofisionomias do cerrado e hospedabilidade de plantas nativas a *Meloidogyne javanica*.** Dissertação (Mestrado em Fitopatologia), Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SOARES, P. L. M.; SANTOS, J. M. **Fungos contra nematoides.** Revista Cultivar Hortalças e Frutas, n. 27, 2004.

SOLEIL PAPA TECNOLOGIA. **Variedades de Batata.** Vargem Grande do Sul, 2010-2021. Disponível em: <<http://soleilpapa.com.br/index.html>> Acesso em: 04 de julho de 2021.

SOUTHEY, J. F. **Laboratory for Work with Plant and Soil Nematodes.** Ministry Agriculture and Fisheries, London, p.148, 1970.

THEILLEUX, J. **Los Actinomicetos.** IN: Leveau, J. Y.; Bouix, M. Microbiologia Industrial: Los Microorganismos de Interés Industrial. Zaragoza: Acribia, n. 6, p. 417-478, 2000.

THEOPHILO, C. F.; POLI, M. F. P.; CUERVO, M. R. M.; MILANEZ, J. F.; MELGAREJO, L.; PIZZATO, A. C. **Agrotóxicos permitidos no cultivo das frutas e verduras mais consumidas pela população brasileira e algumas de suas implicações na saúde.** Revista da Graduação, v. 7, n. 1, 2014.

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

TIŠLER, T.; ERŦEN, N. K. **Abamectin in the aquatic environment.** Ecotoxicology, v. 15, p. 495-502, 2006.

TORRES, R. G.; RIBEIRO, N. R.; BOER, C. A.; FERNANDES, O.; FIGUEIREDO, A. G.; FERREIRA-NETO, A.; CORBO, E. **Manejo integrado de nematoides em sistema de plantio direto no cerrado.** 2009. Disponível: < <http://www.atividaderural.com.br/artigos/4fb3f19fd70f8.pdf> >. Acesso em: 13 de junho de 2021.

VAHEDI, H. M.; FADAEI, T. A. A. **Interaction of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) and bacterial agent of common scab (*Streptomyces scabies*) on potato.** Plant protection, Scientific Journal of Agriculture, v. 37, p. 49-60, 2014.

WAKSMAN, S. A.; HENRICI, A. T. **Family II. Actinomycetaceae Buchanan and family Streptomycetaceae Wakesman and Henrici.** IN: Breed, R. S.; Murray, E. G. D.; Hitchens, A. P. (Eds.). Bergey's Manual of Determinative Microbiology, 6th ed. The Williams & Wilks Co., Baltimore, p. 892-980, 1948.

WANNER, L. A. **A new strain of *Streptomyces* causing common scab in potato.** Plant Disease, v. 91, p. 352-359, 2007.

WINGARD, S. A. **The nature of resistance to disease.** IN: THE YEAR book of Agriculture. Washington: Department of Agriculture, p. 165-173, 1953.

ZADEH, M. K.; BONJAR, G. H. S.; FARROKHI, P. R.; GHASEMI, A.; AGHIGHI, S.; MAHDAVI, M. J. **Antagonistic potencial of two native *Streptomyces* strains in biocontrol of the major causals of common scab of potato in Iran.** Asian Journal of Plant Sciences, v. 5, n. 1, p. 5-8, 2006.

ZAMBOLIM, L.; CÁSSIA, R. M.; PICANÇO, M. C. MANTOVANI, E. C.; QUEIROZ, M. E.; SOUZA, D. O.; BITTENCORT, L.; DUARTE, H. S. S.; PALOCCI NETO, O.; RIBEIRO, J. D. R.; PADUA, J. G. **Produção Integrada de Batata**. IN: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros. Brasília: Mapa, 2009.