



**LUIZ MIGUEL OLIVEIRA COSTA**

**AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESCLERÓDIOS DE  
(*Sclerotinia sclerotiorum*) E SUA RELAÇÃO COM A  
FERTILIDADE DO SOLO**

**LAVRAS-MG  
2024**

**LUIZ MIGUEL OLIVEIRA COSTA**

**AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESCLERÓDIOS DE  
(*sclerotinia sclerotiorum*) E SUA RELAÇÃO COM A FERTILIDADE DO SOLO**

Monografia apresentada ao Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Prof. Dr. Flávio Henrique Vasconcelos de Medeiros  
Orientador

Prof. Me. Rafael Coelho Silva  
Coorientador

**LAVRAS-MG**

**2024**

**LUIZ MIGUEL OLIVEIRA COSTA**

**AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE ESCLERÓDIOS DE (*sclerotinia sclerotiorum*) E SUA RELAÇÃO COM A FERTILIDADE DO SOLO**

**EVALUATION OF SCLEROTIUM GERMINATION (*sclerotinia sclerotiotum*) AND ITS RELATIONSHIP WITH SOIL FERTILITY**

Monografia apresentada ao Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

APROVADO em \_\_\_\_\_ de 2024.

Prof. Dr. Flávio Henrique Vasconcelos de Medeiros - UFLA

Prof. Me. Rafael Coelho Silva - UFLA

Prof. Dr. Teotonio Soares de Carvalho - UFLA

Prof. Dr. Flávio Henrique Vasconcelos de Medeiros  
Orientador

Porf. Me. Rafael Coelho Silva  
Coorientador

**LAVRAS-MG  
2024**

## RESUMO

O patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* tem sido uma preocupação nos sistemas de cultivo de soja no Brasil há décadas em função da doença que causa em diversos cultivos, o mofo branco. A doença é de difícil manejo e a que mais contribui para redução de produtividade nas regiões de maior teto produtivo para soja e feijão como o sul de Minas Gerais. Apesar do controle químico ser o método mais utilizado atualmente, o alto custo e eficácia não garante controle total da doença sob condições favoráveis, implicando assim na adoção de práticas de manejo como o uso de plantas de cobertura e o controle biológico. Existem dois posicionamentos dos produtos construídos para esse alvo, um pensando na proteção complementar da parte aérea, com aplicação de produtos à base de *Bacillus* spp. nos estádios V4 e R1 e o outro que é voltado para o parasitismo de escleródios com aplicações nos estádios V2 e V4 com produtos à base de *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp. ou uma combinação de espécies pertencentes a cada um dos gêneros. No entanto a eficiência de controle biológico desta doença é variável ao longo dos anos e entre regiões para um mesmo produto. Um dos entraves é que não se leva em consideração a interação com o microbioma local, ou seja, a comunidade microbiana da área onde houve incidência de mofo branco pode já conter microrganismos envolvidos no parasitismo de escleródios e não se fazer necessária a aplicação do produto, implicando na redução dos custos de produção para o produtor. Por outro lado, o microbioma local pode não conter essa comunidade e os escleródios terem máxima viabilidade. Para avaliar a germinação dos escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*, foram coletadas amostras de solo e escleródios em quatro áreas distintas no sul de Minas Gerais, onde a soja foi cultivada na safra 2023/24. Essas áreas, conduzidas em sucessão soja-milho, apresentaram alta pressão de inóculo. As amostras foram obtidas em 27 pontos aleatórios por área, e a análise inicial dos escleródios foi realizada em meio Neon-S para verificar sua viabilidade. Os escleródios foram então incubados em amostras de solo, cobertos com palhada de milho e mantidos a 90% da capacidade de campo por sete dias. Posteriormente, foram transferidos para embalagens plásticas com areia e mantidos a 17°C por 40 dias para observar a germinação carpogênica e miceliogênica, além de colonização e inviabilidade. Os resultados mostraram que a área 3 teve a maior taxa de germinação carpogênica, com 89,74%, enquanto a área 1 teve a menor taxa, 44,2%. A germinação miceliogênica também foi mais alta na área 3 (12,08%) e mais baixa na área 4 (3,46%). A área 1 apresentou a maior taxa de colonização dos escleródios (21,43%), enquanto a área 4 teve a menor (2,84%). Em relação à supressividade do solo, as áreas 1 e 2 mostraram maior capacidade de reduzir a viabilidade dos escleródios. A análise de fertilidade do solo revelou que solos com melhores índices de fertilidade apresentaram maior supressividade, especialmente na área 1, que teve os melhores resultados em termos de fertilidade e supressividade. Portanto, a pesquisa conclui que a supressividade dos solos contra escleródios está fortemente associada à fertilidade do solo. Solos mais férteis demonstraram maior capacidade de suprimir a viabilidade dos escleródios, ressaltando a importância do manejo adequado da fertilidade para o controle de patógenos.

**Palavras-chave:** Mofo branco; Manejo; Germinação.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As imagens representam cada área e os ponto onde se foram coletadas as 27 amostras de solo.....	10
Figura 2 - Placas de meio neon-S com os escleródios coletados no armazém.....	11
Figura 3 - Placas de Petri contendo solo das áreas onde os escleródios foram incubados.....	12
Figura 4 - Embalagens plásticas usadas de forma adaptada como gerboxs.....	12
Figura 5 - As imagens ilustram diferentes estágios de germinação e colonização dos escleródios que foram incubados.....	14
Figura 6 - Taxas de germinação carpogênica dos escleródios incubados no solo de diferentes áreas.....	15
Figura 7 - Taxas de germinação miceliogénica dos escleródios incubados no solo de diferentes áreas.....	15
Figura 8 - Taxas de colonização dos escleródios incubados no solo de diferentes áreas.....	16
Figura 9 - Avaliação da supressividade dos solos sobre escleródios.....	17
Figura 10 - Taxas de germinação miceliogénica dos escleródios das diferentes áreas em (%)...18	
Figura 11- Análise de Componentes Principais (PCA) demonstrando a correlação entre diversas variáveis.....	19
Figura 12 - Dados de avaliações e indicadores de fertilidade por área.....	19

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Sistema de Produção .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Saúde do Solo.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>Controle Biológico .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Coleta de Escleródios e Solo.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Viabilidade de escleródios em meio Neon-S .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>Incubação dos Escleródios no Solo .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4</b>	<b>Avaliação da Germinação .....</b>	<b>12</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise de Fertilidade e Dados.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise de Germinação dos Escleródios Incubados .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2</b>	<b>Avaliação da Supressividade dos Solos.....</b>	<b>16</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise de Germinação dos Escleródios das áreas .....</b>	<b>17</b>
<b>4.4</b>	<b>Correlação com Variáveis de Fertilidade .....</b>	<b>19</b>
<b>4.5</b>	<b>Discussão.....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>22</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O fungo ascomiceto *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary é um patógeno altamente destrutivo que afeta muitas culturas de grande importância econômica, como soja, ervilha e feijão. Este patógeno necrotrófico tem uma baixa especificidade de hospedeiro e pode infectar mais de 400 espécies de plantas (Hegedus; Rimmer, 2005). O fungo produz escleródios, estruturas de resistência que se formam dentro e na superfície dos tecidos colonizados e que acabam no solo junto com os resíduos da cultura, garantindo a sobrevivência do fungo. Esses escleródios podem permanecer no solo por até 11 anos, mantendo seu potencial patogênico. As sementes principalmente as salvas pelo produtor são um vetor importante na disseminação de *S. sclerotiorum*, seja por meio de escleródios misturados a elas ou pelo micélio presente nos tecidos internos (Leite, 2005).

A sobrevivência prolongada dos escleródios no solo torna o controle do mofo branco uma tarefa difícil, pois essas estruturas de resistência permanecem viáveis por muitos anos e são dificilmente eliminadas por fungicidas. Erradicar *S. sclerotiorum* de áreas infestadas é praticamente impossível. Para um manejo eficaz da doença, a redução do inóculo inicial é essencial. Caso contrário, na ausência de medidas de controle eficientes, as perdas causadas pelo mofo branco podem inviabilizar economicamente uma lavoura e, em escala regional, podem representar prejuízos de milhões de reais por ano (Wrather *et al.*, 1997).

Diante do exposto, o objetivo deste projeto foi avaliar a germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* em diferentes condições de solo e analisar a sua relação com a fertilidade do solo. A partir dessas análises, busca-se fornecer insights que possam contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes e sustentáveis. e supressividade



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Sistema de Produção

O manejo de doenças no sistema de produção agrícola é fundamental, especialmente para o controle de patógenos como *Sclerotinia sclerotiorum*. A compreensão do impacto das práticas de manejo dentro desses sistemas é fundamental para a prevenção e controle de infecções fúngicas. Diferentes sistemas de produção, como monoculturas e rotação de culturas, influenciam significativamente a dinâmica dos patógenos no solo e a germinação dos escleródios. Sistemas de monocultura podem aumentar a concentração de escleródios devido à presença contínua do hospedeiro, enquanto a rotação de culturas pode ajudar a reduzir a quantidade de escleródios, limitando o período em que o patógeno encontra um hospedeiro disponível (Ehrmann; Ritz, 2014).

Práticas de manejo específicas, como a rotação de culturas e a adubação, afetam diretamente a germinação dos escleródios ao modificar o ambiente do solo, influenciando sua viabilidade e germinação. A rotação de culturas pode diminuir a quantidade de escleródios e a adubação favorece a microbiota do solo, afetando a germinação dos escleródios. Essas práticas ajudam a criar um ambiente menos favorável para a sobrevivência e germinação dos escleródios, reduzindo a incidência da doença (De Corato, 2020).

Estratégias de manejo integradas, como o uso de cultivares com uma arquitetura mais aberta, o controle cultural e a aplicação de fungicidas, são propostas para mitigar a presença e a germinação dos escleródios dentro dos sistemas de produção. Essas estratégias visam minimizar a sobrevivência e germinação dos escleródios, melhorar a saúde das plantas e garantir a produtividade geral do sistema de produção. A integração de práticas baseadas em evidências e a adoção de estratégias de manejo apropriadas são essenciais para promover uma agricultura mais sustentável e eficiente, contribuindo para o controle eficaz de doenças fúngicas (Rothmann; McLaren, 2018).

### 2.2 Saúde do Solo

Na caixa de ferramentas do manejo de culturas, as correções como calagem e adubação do solo têm mostrado benefícios para controlar essas doenças e melhorar a qualidade do solo. A calagem, por exemplo, ajuda a neutralizar a acidez do solo, tornando o ambiente mais favorável para o desenvolvimento de microrganismos antagonistas aos patógenos. Já a adubação, além de fornecer os nutrientes necessários para o crescimento saudável das plantas,

fortalece o sistema radicular, permitindo que as plantas resistam melhor aos ataques de patógenos. Essas práticas, portanto, não só alimentam as plantas, mas também ajudam a criar um ambiente biológico menos propício para a proliferação de doenças no solo (Pieterse; De Jonge; Berendsen, 2016).

Os microrganismos do solo, sejam adicionados artificialmente ou existentes localmente, são um fator-chave na saúde das plantas. As comunidades microbianas podem ser consideradas como um reator biológico em um ecossistema, podendo suprimir patógenos transmitidos pelo solo em vários mecanismos e transformando a matéria orgânica do solo em formas absorvíveis para as plantas, independentemente dos tipos de correções. Portanto, as correções do solo servem como um condicionador do ambiente, fornecendo nutrientes essenciais e promovendo atividades microbianas benéficas. (Hao; Ashley, 2021).

Muitos fungos são agentes de biocontrole eficazes que podem matar ou suprimir patógenos fúngicos, com biocontrole de patógenos encontrado tanto para microrganismos individuais quanto para consórcios fúngicos associados a plantas. Enquanto isso, o aumento da diversidade da comunidade vegetal acima do solo corresponde a um aumento na diversidade da comunidade fúngica abaixo do solo, o que contribui, por sua vez, para melhorar a saúde do solo da rizosfera e a supressão de patógenos (Bollmann-Giolai; Malone; Arora, 2022).

Segundo Doran e Parkin (1994), saúde do solo é a capacidade do solo de funcionar como um sistema vivo, sustentando a produtividade, preservando a qualidade do ar e da água, e promovendo a saúde dos ecossistemas. Assim, um solo saudável é caracterizado por sua estabilidade, resiliência ao estresse, alta diversidade biológica e eficiente ciclagem interna de nutrientes (Elliott; Lynch, 1994).

### **2.3 Controle Biológico**

Cook e Baker (1981) definiram como controle biológico: ‘a redução da soma de inóculo ou das atividades determinantes da doença, provocada por um patógeno, realizada por um ou mais organismos que não o homem’. O controle biológico de patógenos de plantas oferece várias vantagens, pois os agentes biológicos podem se estabelecer, colonizar e se multiplicar no ecossistema. Além disso, as técnicas de controle biológico são perfeitamente compatíveis com a agricultura sustentável, necessária para preservar os recursos naturais, reduzindo o impacto ambiental e ajudando a manter o equilíbrio ecológico. (Sivan; Chet, 1992).

Assim, o controle biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* é uma estratégia essencial para o manejo integrado do mofo-branco na cultura da soja. A eficácia desse controle está

intimamente ligada ao preparo adequado do ambiente do solo por meio de práticas culturais, que promovem uma cobertura uniforme e rica em matéria orgânica. Esse preparo é crucial não apenas para a colonização de organismos antagonistas no solo, mas também para induzir a germinação carpogênica do patógeno na ausência de plantas hospedeiras. Ferraz, Nasser e Azevedo (1999). O alvo do controle biológico são os escleródios presentes no solo, que devem ser colonizados e degradados pelos agentes antagonistas, ou sofrer algum efeito inibidor da germinação carpogênica (Görgen *et al.*, 2010).

Entre os principais agentes de controle biológico do mofo-branco, estão os fungos do gênero *Trichoderma* spp. e as bactérias do gênero *Bacillus* spp. Este último, é conhecido por sua formação de endósporos, estruturas que permitem sua sobrevivência em condições adversas e que ajudam a superar as defesas dos fitopatógenos. Entre as espécies de *Bacillus* spp., é a *B. subtilis* que se destaca na ação de biocontrole, encontrada em rizobactérias promotoras do crescimento em plantas, bactérias epífitas e bactérias endofíticas e utiliza mecanismos de antagonismo, a partir da produção de compostos inibidores do crescimento de patógenos, como o *Sclerotinia sclerotiorum* (Campos Silva *et al.*, 2008). Por outro lado, *Trichoderma* spp. é um gênero de fungo filamentosos de desenvolvimento rápido, conhecido por seu potencial na produção agropecuária (Lucon; Chaves; Bacilieri, 2014). Esse agente age por meio de vários mecanismos: parasitismo, na destruição direta de patógenos, como o *Sclerotinia sclerotiorum*; antibiose, mediante a produção de antibióticos que inibem o crescimento destes patógenos; competição, ao competir por meio de nutrientes e espaço com os patógenos; e indução de resistência, pois estimula a planta na defesa contra ação de estresses abióticos e bióticos, melhorando também a absorção e utilização de nutrientes pela planta (Lucon; Chaves; Bacilieri, 2014; Pomella; Ribeiro, 2009).

Para o sucesso do controle biológico, é necessário que os ambientes estejam favoráveis tanto para a germinação carpogênica dos escleródios como para o estabelecimento dos agentes de biocontrole, sendo o sistema de plantio direto, com palhada, um pré-requisito para eficácia dessa medida (Campos *et al.*, 2010; Görgen *et al.*, 2010; Reis *et al.*, 2019).

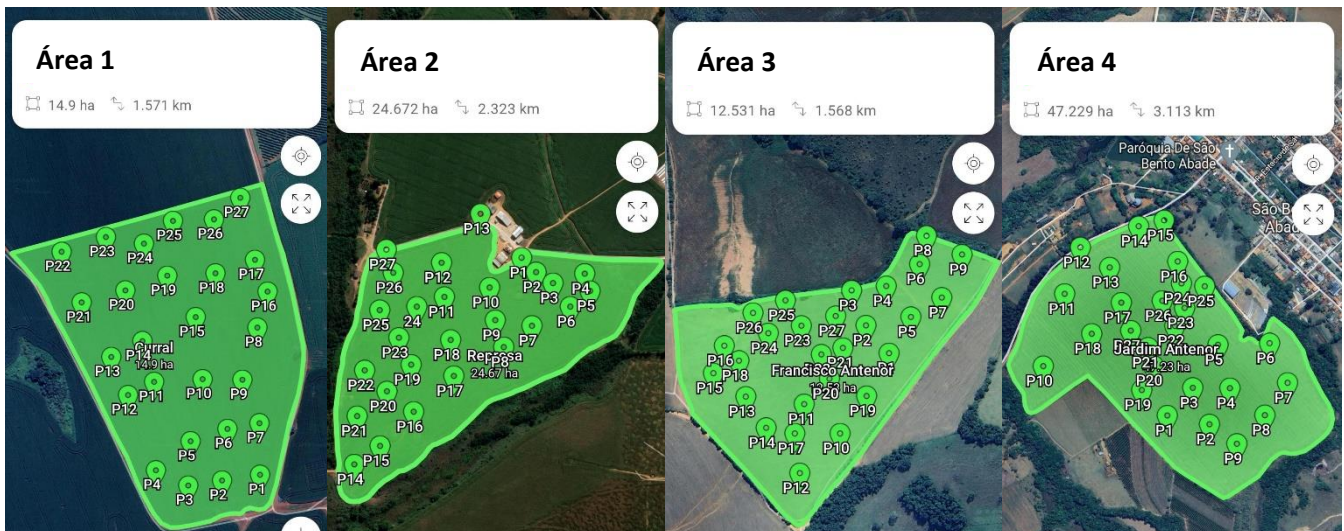
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta de Escleródios e Solo

Os escleródios, assim como o solo utilizados no experimento, foram coletados em quatro áreas nos municípios de Lavras, São João del Rei, Carmo da Cachoeira e São Bento Abade, nas respectivas coordenadas e altitudes:

- Área 1: 21°18'19.8"S, 45°06'27.9"W, 944,65 m
- Área 2: 21°19'21.9"S, 44°24'26.6"W, 994,21 m
- Área 3: 21°29'32.6"S, 45°04'00.9"W, 1005,24 m
- Área 4: 21°35'13.1"S, 45°04'38.5"W, 1002,13 m

**Figura 1:** As imagens representam cada área e os ponto onde se foram coletadas as 27 amostras de solo.



Fonte: Autor, 2024.

As quatro áreas do ensaio são conduzidas em sistema de sucessão soja-milho e possuem histórico de alta pressão de inóculo apresentando incidência da doença na safra 23/24. A coleta do solo e dos escleródios foi realizada coletando-se 27 pontos de forma aleatória dentro de cada área, onde em cada ponto foram coletados 200 g de solo da camada de 0 a 5 cm de profundidade e toda a palhada dentro de uma subárea com dimensão média de 0,5 m<sup>2</sup>.

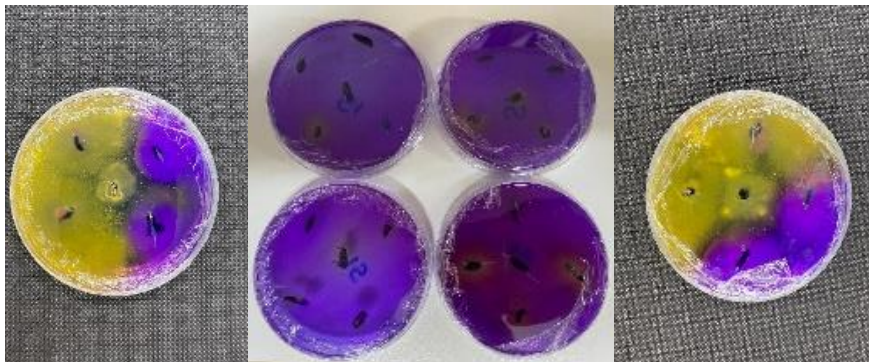
As amostras de solo de cada ponto foram peneiradas, separando e contabilizando o número de escleródios.

### 3.2 Viabilidade de escleródios em meio Neon-S

Os escleródios utilizados no ensaio foram provenientes de uma amostra homogênea coletada no Armazém Lee e Figueiredo, no município de Lavras-MG. Estes escleródios foram descontaminados superficialmente e colocados em um meio de cultura de ágar-bromofenol Neon S. Esse meio foi preparado com 39g de BDA em pó, 50mg de azul de bromofenol e 50mg de cloranfenicol, dissolvidos em 1L de água destilada. Em seguida, a mistura foi autoclavada a 121°C por 20 minutos Napoleão *et al.* (2006).

De acordo com Napoleão *et al.* (2006), o meio Neon-S é eficiente e rápido para verificar a viabilidade dos escleródios de *S. sclerotiorum*. Esse método utiliza o indicador de pH azul de bromofenol no meio de cultura, que se torna amarelado devido à liberação de ácido oxálico pelo fungo *S. sclerotiorum*. A avaliação foi realizada após 7 dias em uma câmara BOD a 17°C, considerando o número de escleródios que apresentaram coloração amarelada ao seu redor no meio de cultura, resultando em 50% de escleródios viáveis.

**Figura 2:** Placas de meio neon-S com os escleródios coletados no armazém

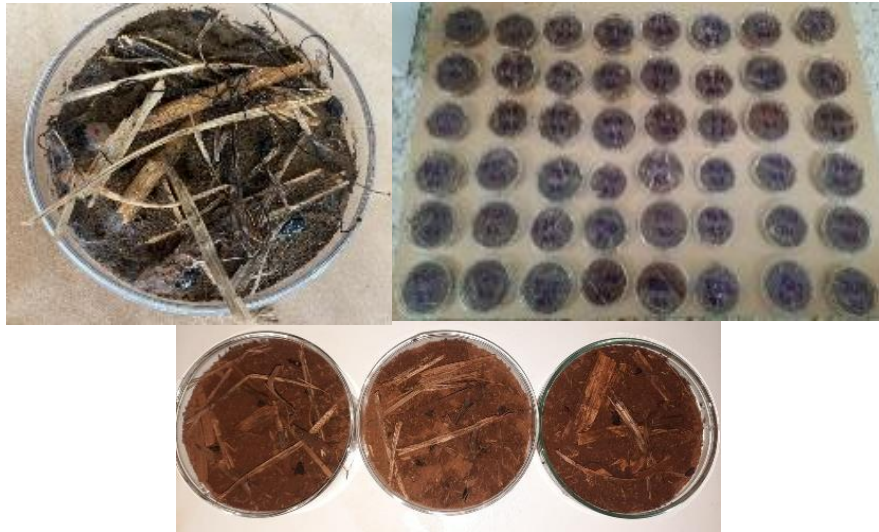


Fonte: Autor, 2024.

### 3.3 Incubação dos Escleródios no Solo

Posteriormente, os escleródios foram incubados nas amostras de solo dos 27 pontos e recobertos com palhada de milho remanescente do cultivo anterior, dentro de placas de Petri, cada ponto tendo três repetições com 10 escleródios cada. As placas foram mantidas durante um período de 7 dias à 90% da capacidade de campo (cc) do solo, para que se pudesse avaliar a supressividade desses solos e posteriormente correlacionar com as variáveis de fertilidade.

**Figura 3:** Placas de Petri contendo solo das áreas onde os escleródios foram incubados.



Fonte: Autor, 2024.

### 3.4 Avaliação da Germinação

Ao final dos sete dias, os escleródios foram transferidos e acomodados em embalagens plásticas com 50 g de areia autoclavada por três vezes e umedecida à 90% da capacidade de campo (cc), a fim de reproduzir a mesma condição de uma gerbox. As embalagens plásticas permaneceram armazenadas dentro de BOD à 17°C, sob fotoperíodo de 12h, durante 40 dias adaptado de Meyer *et al.*, (2019), quando se observaram as primeiras germinações. Ao fim dos 40 dias, foi realizada uma avaliação considerando a porcentagem de escleródios em germinação carpogênica (ou que emitiram pedúnculo), germinação miceliogênica, colonizados e inviáveis (escleródios podres).

**Figura 4:** Embalagens plásticas usadas de forma adaptada como gerboxs.



Fonte: Autor, 2024.

Em contrapartida, os escleródios coletados nos pontos de cada área ficaram em meio neon durante um período de 7 dias para se avaliar a patogenicidade. Ao fim desse ciclo, eles foram transferidos para as embalagens plásticas, a fim de reproduzir a mesma condição de uma gerbox. Permaneceram dentro de BOD à 17°C, sob fotoperíodo de 12h, durante 40 dias adaptado de Meyer *et al.*, (2019), quando se observaram as primeiras germinações. Ao fim dos 40 dias, foi realizada uma avaliação idêntica à realizada com os escleródios que foram incubados.

### **3.5 Análise de Fertilidade e Dados**

Por fim, com as análises de fertilidade de cada área e as avaliações em mãos, com o auxílio do programa estatístico RStudio, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias de cada variável considerada foram submetidas ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para atender aos pressupostos das análises de variância, os resíduos do modelo foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, que verifica a normalidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise de Germinação dos Escleródios Incubados

Os escleródios incubados durante um período de 7 dias nas amostras de solo coletadas em quatro áreas distintas (1, 2, 3 e 4) exibiram taxas variadas de germinação dos escleródios após os 40 dias em BOD. Os escleródios foram submetidos a análises de germinação carpogênica e miceliogênica, bem como de colonização e inviabilidade dos escleródios. Resultados diferentes foram observados para cada localidade ao final do período de estudo.

**Figura 5:** As imagens ilustram diferentes estágios de germinação e colonização dos escleródios que foram incubados.



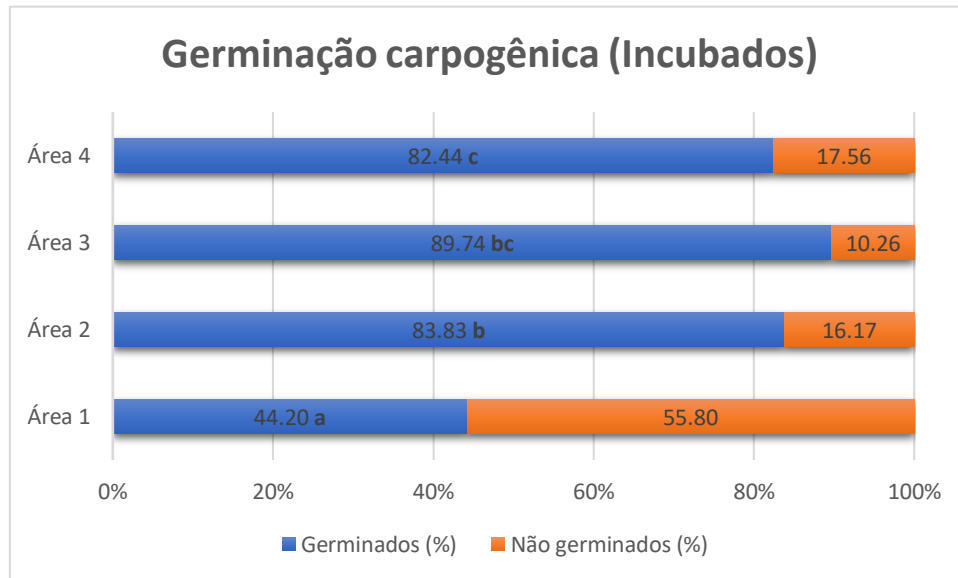
Fonte: Autor, 2024.

Escleródio 1 colonizado; escleródio 2 sem alteração; escleródio 3 germinado emitindo funículo; escleródio 4 em germinação miceliogênica.

Foi observada diferença nas taxas de germinação nos escleródios incubados nas diferentes regiões ( $p < 0,001$ ), tanto em termos de processos carpogênicos quanto miceliogênicos. Notavelmente, os escleródios incubados no solo da área 3 se destacaram com a maior taxa de germinação carpogênica – uma média de 89,74% de escleródios desenvolvendo um funículo, seguido pela área 2 - 83,83%, 4 - 82,44% enquanto a área 1 apresentou a menor taxa, 44,2%.



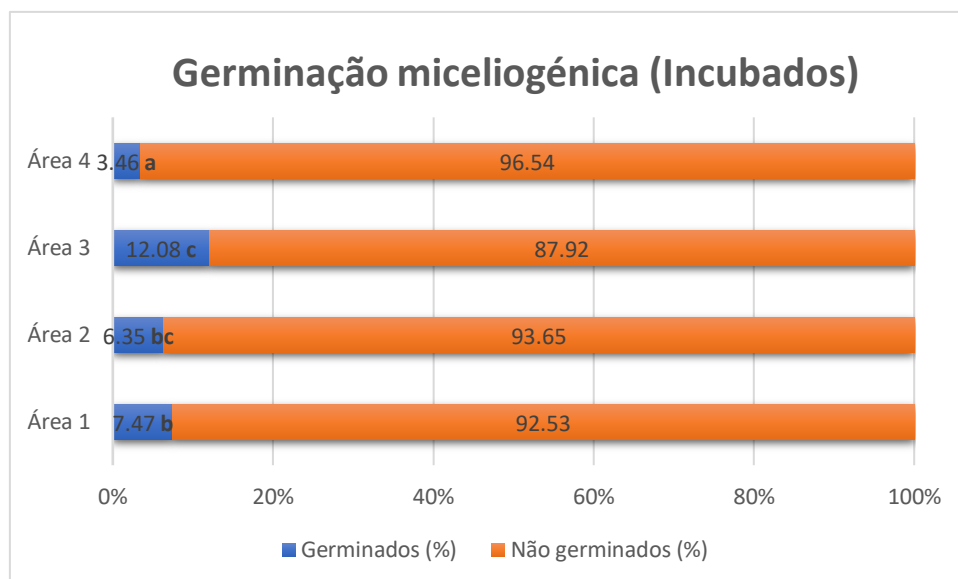
**Figura 6.** Taxas de germinação carpogênica dos escleródios incubados no solo de diferentes áreas.



Fonte: Autor, 2024.

Da mesma forma, a germinação miceliogênica obteve uma diferença significativa nas taxas de germinação ( $p < 0,001$ ) entre os escleródios incubados no solo de cada área, apresentando um pico na área 3 com 12,08% e um mínimo na área 4 com 3,46%.

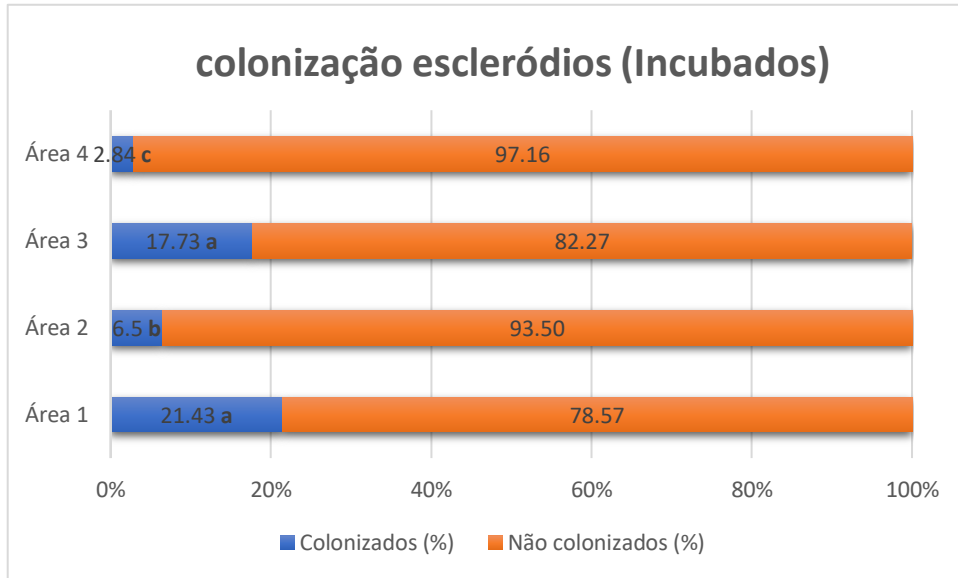
**Figura 7.** Taxas de germinação miceliogênica dos escleródios incubados no solo de diferentes áreas.



Fonte: Autor, 2024.

A colonização dos escleródios incubados foi mais pronunciada no solo da área 1, com 21,43 % dos escleródios colonizados, enquanto na área 4 apenas 2,84 % dos escleródios foram colonizados obtendo também uma diferença significativa nas taxas de colonização ( $p < 0,001$ ).

**Figura 8.** Taxas de colonização dos escleródios incubados no solo de diferentes áreas.

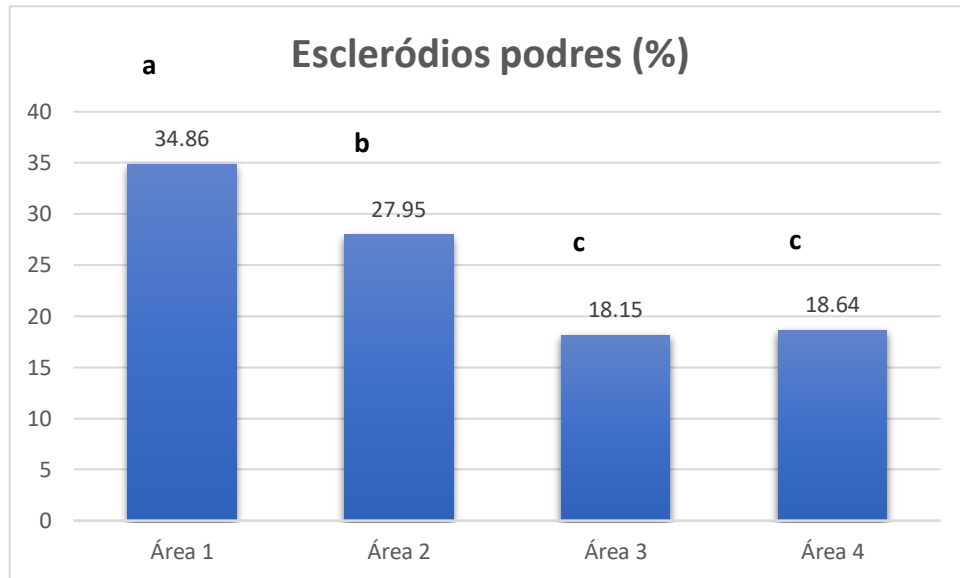


Fonte: Autor, 2024.

#### 4.2 Avaliação da Supressividade dos Solos

Foi realizado um teste para medir a supressividade do solo em relação aos escleródios após sete dias de incubação. Os resultados mostraram que os solos da área 1 e 2 apresentaram maiores níveis de supressividade, levando a uma notável diminuição na viabilidade dos escleródios os deixando podres, ou seja, degradados. Pela análise de variância, as disparidades entre essas áreas foram estatisticamente significativas ( $p < 0,001$ ); 1 e 2 demonstraram maior supressividade em oposição às áreas 4 e 3.

**Figura 9.** Avaliação da supressividade dos solos sobre escleródios após sete dias de incubação. Os dados representam a porcentagem de escleródios podres após um período de 40 dias em BOD.

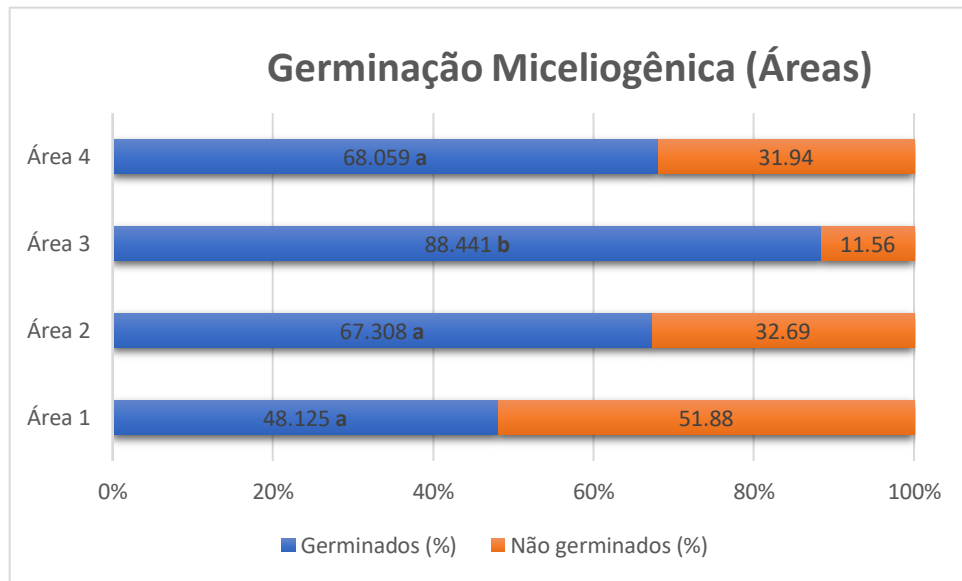


Fonte: Autor, 2024.

#### 4.3 Análise de Germinação dos Escleródios das áreas

A análise de variância indicou uma diferença significativa entre os tratamentos para germinação miceliogênica ( $p < 0.001$ ). O tratamento 3 apresentou a maior média de germinação, significativamente superior aos outros tratamentos. A alta variabilidade (coeficiente de variação de 44.51%) sugere que fatores específicos do solo ou manejo na área 3 favoreceram a germinação miceliogênica. Isso pode ser atribuído as condições do solo ou a práticas de manejo que promovem a germinação.

**Figura 10.** Taxas de germinação miceliogênica dos escleródios das diferentes áreas em (%).



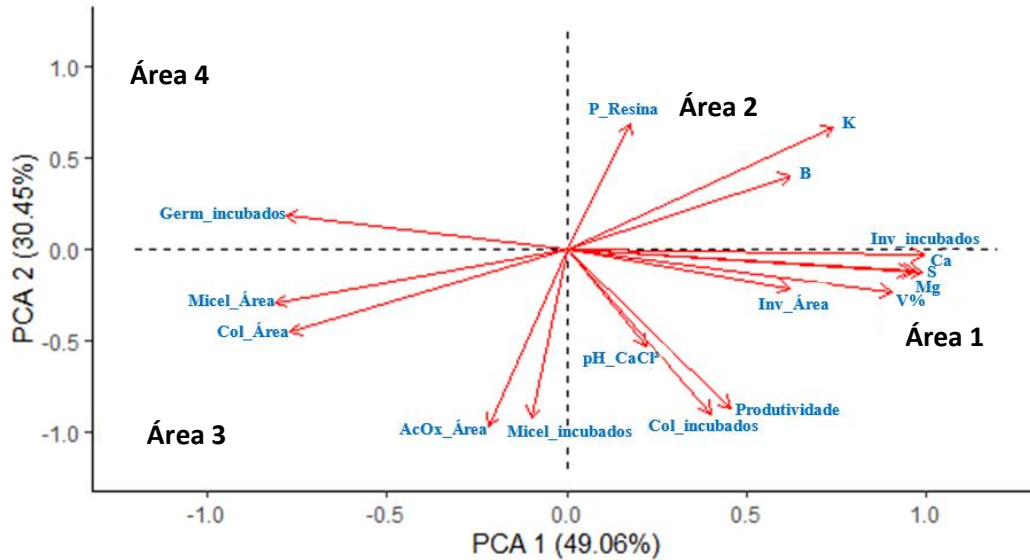
Fonte: Autor, 2024.

Em relação as demais variáveis analisadas as práticas de manejo nas áreas estudadas não influenciaram significativamente a colonização dos escleródios como também a inviabilidade dos mesmos, porém foi notado um coeficiente de variação de 42.17% neste último âmbito. A alta variabilidade pode ser resultado de diferenças nas condições microambientais que afetam a viabilidade dos escleródios de forma inconsistente.

E por fim em meio neon a liberação de ácido oxálico, que se trata de um indicador de viabilidade e patogenicidade dos escleródios, não apresentou diferenças significativas entre os escleródios das diferentes áreas.

#### 4.4 Correlação com Variáveis de Fertilidade

**Figura 11.** Análise de Componentes Principais (PCA) demonstrando a correlação entre diversas variáveis



Fonte: Autor, 2024.

A partir dessa análise de Componentes Principais (PCA) demonstrando a correlação entre as variáveis de fertilidade do solo e as respostas de germinação, colonização e inviabilidade de escleródios. Os eixos principais (PC1 e PC2) explicam uma porcentagem significativa da variação total dos dados, permitindo a visualização das relações multivariadas entre as variáveis estudadas. A proximidade dos pontos no gráfico indica uma alta correlação positiva entre as variáveis, enquanto a distância maior sugere uma correlação negativa ou ausência de correlação. Dessa forma podemos reparar que a supressão dos escleródios foi maior nos solos com melhores índices de fertilidade. A área 1 apresentou maior supressividade, correlacionando-se com elevados teores de nutrientes como Ca, Mg, S, P e um alto V%. Outras correlações que podemos fazer é em relação à liberação de ácido oxálico pelos escleródios da área 3 indicando a viabilidade e patogenicidade desses escleródios. Por esse motivo, observamos um alto índice de germinação miceliogênica tanto nos escleródios incubados quanto naqueles presentes na própria área.

**Figura 12.** Dados de avaliações e indicadores de fertilidade por área

Tratamento	Germ_Lab	Micel_Lab	Col_Lab	Inv_Lab	Micel_Camp	Col_Camp	Inv_Camp	AcOx_Camp	pH_CaCl2	P_resina	K	Ca	Mg	S	V%	B	Produtividade
Área 1	4,42	0,75	2,14	3,49	48,13	32,14	91,83	32,75	5,80	19,00	134,62	5,30	1,90	40,00	76,00	0,61	5700,00
Área 2	8,38	0,64	0,65	2,80	67,31	35,83	95,39	21,43	6,03	109,50	154,77	4,75	1,33	21,33	73,50	1,10	5166,00
Área 3	8,97	1,21	1,77	1,82	88,44	42,81	91,40	40,71	6,05	23,37	61,00	2,30	0,46	8,30	47,75	0,40	5520,00
Área 4	8,24	0,35	0,28	1,86	68,06	36,11	85,90	24,36	5,50	46,53	114,00	1,26	0,24	9,40	25,08	0,40	5040,00

#### 4.5 Discussão

As descobertas apoiam pesquisas anteriores que destacam como a fertilidade do solo afeta a supressão contra os escleródios. A pressão substancial do inóculo nas regiões pesquisadas, juntamente com a adoção da prática de sucessão soja-milho, provavelmente desempenhou um papel na variabilidade observada tanto nas taxas de germinação quanto na supressividade do solo.

A maior supressividade encontrada nas áreas 1 e 2 pode estar relacionada à melhor fertilidade do solo nessas regiões, o que ressalta a importância do manejo adequado da fertilidade do solo para o controle de patógenos, conforme observado também por Paula Júnior *et al.* (2006).

Além disso, a variabilidade nas taxas de germinação carpogênica e miceliogênica entre as áreas sugere que fatores ambientais específicos de cada local, como microclima e práticas de manejo agrícola, também desempenham um papel crucial na dinâmica de germinação dos escleródios (Menezes; Meyer, 2014).

## 5 CONCLUSÕES

É possível concluir a partir dos resultados deste estudo que a supressividade dos solos em relação a escleródios está fortemente relacionada com os índices de fertilidade do solo. Solos com melhores índices de fertilidade demonstraram maior capacidade de suprimir a viabilidade dos escleródios, ressaltando a importância do manejo da fertilidade do solo.

A pesquisa de futuros estudos que possam fornecer mais mecanismos os quais a fertilidade do solo é capaz de influenciar na supressividade, bem como apostar em práticas que possam aumentar essa supressividade, estão, portanto, entre as mais promissoras para o desenvolvimento agrícola e do controle eficiente de patógenos no solo.

## REFERÊNCIAS

- BOLLMANN-GIOLAI, A.; MALONE, J.G.; ARORA, S. Diversity, detection and exploitation: linking soil fungi and plant disease. **Curr Opin Microbiol.** 2022 Dec;70:102199. doi: 10.1016/j.mib.2022.102199. Epub 2022 Sep 12. PMID: 36108394.
- CAMPOS, H. D. *et al.* Mofo branco na cultura da soja e os desafios da pesquisa no Brasil. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. C-CI, 2010.
- SILVA, J.R.C. *et al.* Bactérias endofíticas no controle e inibição in vitro de *Pseudomonas syringae* pv. tomato, agente da pinta bacteriana do tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1062-1072, 2008.
- COOK, R. J.; BAKER, K. F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens.** Estados Unidos: The American Phytopathological Society, 1983.
- DE CORATO, U. Manipulação da microbiota do solo e seu papel na supressão de patógenos vegetais transmitidos pelo solo em sistemas de agricultura orgânica sob a luz de estratégias assistidas por microbioma. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 7, p. 1-26, 2020.
- EHRMANN, J.; RITZ, K. Interações planta em sistemas de produção multicultivados temperados. **Plant and Soil**, v. 376, p. 1-29, 2014.
- ELLIOTT, L.F.; LYNCH, J.M. **Biodiversidade e resiliência do solo**, 1994.
- FERRAZ, J.F.P.; NASSER, L.C.B.; AZEVEDO, J. Effects of soil moisture, organic matter and grass mulching on the carpogenic germination of sclerotia and infection of bean by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathology**, v. 48, n. 1, p. 77-82, 1999.
- GORGEN, C. A. *et al.* Mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). *In*: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Ed.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura.** Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 73-104.
- HAO, J.; ASHLEY, K. Irreplaceable Role of Amendment-Based Strategies to Enhance Soil Health and Disease Suppression in Potato Production. **Microorganisms.** 3;9(8):1660, 2021. doi: 10.3390/microorganisms9081660.
- HEGEDUS, D. D.; RIMMER, S. R. *Sclerotinia sclerotiorum*: quando “ser ou não ser” um patógeno?. **FEMS microbiology letters**, v. 251, n. 2, p. 177-184, 2005.
- HECK, D. W.; GHINI, R.; BETTIOL, W. Deciphering the suppressiveness of banana Fusarium wilt with organic residues. **Applied Soil Ecology**, v. 138, p. 47-60, 2019.
- LEITE, R.M.V.B de C. **Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja.** Londrina: Embrapa, 2005.



LUCON, C. M. M.; CHAVES, A. L. R.; BACILIERI, S. **Trichoderma**: o que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura. São Paulo, 2014.

MEDEIROS, F. H. V. *et al.* Trichoderma: interações e estratégias. *In*: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da. **Trichoderma**: uso na agricultura. Brasília: Embrapa, 2019. p. 219-234.

MENEZES, A. F.; MEYER, M. C. **Sobrevivência de escleródios de Sclerotinia sclerotiorum sob seis tipos de manejo de solo**. 2014.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOBO JUNIOR, M. Avaliação à campo de Trichoderma em mofo-branco. *In*: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (Ed.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 339-346.

NAPOLEÃO, R. *et al.* Neon-S, novo meio para detecção de Sclerotinia sclerotiorum em sementes. **Summa Phytopathologica**, v. 32, p. 180-182, 2006.

PAULA JÚNIOR, T. J. *et al.* **Manejo integrado do mofo-branco do feijoeiro**. Viçosa: Epamig, 2006. 48p.

PIETERSE, C. M. J.; JONGE, R.; BERENDSEN, R. L. A supremacia transmitida pelo solo. **Tendências na ciência das plantas**, v. 21, n. 3, p. 171-173, 2016.

POMELLA, A.W.V.; RIBEIRO, R.T.S. Controle biológico com Trichoderma em grandes culturas – uma visão empresarial. *In*: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 238–244.

REIS, E. M.; ZANATTA, M.; REIS, A. C. **Mofo-branco da soja**. Passo Fundo: Berthier, 2019. 96 p.

ROTHMANN, L. A.; MCLAREN, N. W. Predição da doença de Sclerotinia sclerotiorum: uma revisão e potenciais aplicações na África do Sul. **South African Journal of Science**, v. 114, n. 3-4, p. 1-9, 2018.

SIVAN, A.; CHET, I. Microbial control of plant diseases. *In*: CHET, I. (Ed.) **Environmental Microbiology**. New York: Wiley-Liss, 1992. p. 335-354.

WRATHER, J. A. *et al.* Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994. **Plant disease**, v. 81, n. 1, p. 107-110, 1997.