



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E NATURAIS

Gabriela Carolina dos Santos

**Efeito do ambiente no progresso espacial e temporal de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura do feijoeiro**

Curitibanos

2021

Gabriela Carolina dos Santos

**Efeito do ambiente no progresso espacial e temporal de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura do feijoeiro**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências  
Orientador: Prof. Dr. João Batista Tolentino Júnior  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adriana Terumi Itako

Curitiba

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santos, Gabriela Carolina dos  
Efeito do ambiente no progresso espacial e temporal de  
Sclerotinia sclerotiorum na cultura do feijoeiro /  
Gabriela Carolina dos Santos ; orientador, João Batista  
Tolentino Júnior, coorientadora, Adriana Terumi Itako,  
2021.

46 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Campus Curitibanos, Programa de Pós-Graduação em  
Ecossistemas Agrícolas e Naturais, Curitibanos, 2021.

Inclui referências.

1. Ecossistemas Agrícolas e Naturais. 2. Epidemiologia.  
3. Mofo branco. 4. Distribuição espaço-temporal. I.  
Tolentino Júnior, João Batista. II. Itako, Adriana Terumi.  
III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de  
Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais. IV. Título.

Gabriela Carolina dos Santos

**Efeito do ambiente no progresso espacial e temporal de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura do feijoeiro**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. João Batista Tolentino Júnior  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Presidente e Orientador

Profa. Dra. Kátia Regina Freitas Schwan-Estrada  
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Lírio Luiz Dal Vesco  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ciência.

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação  
Prof. Dr. Alexandre Siminski  
Coordenador do Programa

---

Prof. Dr. João Batista Tolentino Júnior  
Orientador

Curitiba, 22 de fevereiro de 2021.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus, pelo dom da vida e por me dar forças e coragem para nunca desistir.

Agradeço aos meus pais, Benedito José dos Santos e Maria Elena dos Santos, por sempre me incentivar, acolher e pelo amor incansável em todos os momentos da minha vida. Agradeço ainda, por serem meu exemplo de caráter e honestidade, por terem me educado da maneira como fizeram. Obrigada! Vocês são a base de tudo, eu amo vocês!

Aos meus irmãos, Gustavo Henrique dos Santos, Tamires Mariane dos Santos e Kaio Augusto dos Santos que me apoiaram e me deram forças todos os dias. Kaio, agradeço em especial a você, pelo tempo dedicado a me ajudar na execução da minha dissertação.

Ao meu namorado Dario Ribeiro Lima, que sempre esteve ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. João Batista Tolentino Jr. e coorientadora Profa. Dra. Adriana Terumi Itako por terem me acolhido desde minha graduação, pela disponibilidade em todos os dias e horas, pela paciência que teve nos momentos mais difíceis, pelo incentivo e fundamentalmente por acreditar em minha capacidade para realizar e prosseguir este estudo.

Agradeço a colaboração de meus colegas Ana Paula, André, Bruna, Juliana, Mayrine, Ketlin, Leonardo, Renata, Kaori, Fernanda, Guillermo, Monalisa e Erick. A simpatia, apoio e disponibilidade demonstrados foram fundamentais para a concretização dessa dissertação.

Aos meus amigos, irmãos que eu não tive, e anjos que Deus colocou em meu caminho. Mesmo com a distância, sempre se fizeram presentes na minha vida e estarão sempre em meu coração. Obrigada pelo companheirismo, apoio e amizade incondicional.

Agradeço a todos ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais, pela excelência da qualidade técnica de cada um.

A Universidade Federal de Santa Catarina e seus colaboradores em geral, motoristas, guardas, funcionárias da limpeza, secretárias, laboratoristas que com seu sorriso no rosto e cumprimentos animavam e davam energias para realizar as atividades.

A CAPES/FAPESC e a UNIEDU pela concessão de bolsa de estudos, sem dúvidas esse auxílio foi fundamental nesses dois anos de mestrado.

À todas as pessoas que de uma alguma forma acrescentaram algo em minha vida. Meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

O feijão é amplamente consumido no mundo. Dentre as doenças da cultura, o mofo branco causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* é uma das mais destrutivas. A interação entre plantas, patógenos e o ambiente exerce influência no desenvolvimento de uma epidemia. Dentre eles o ambiente é um dos mais importantes, podendo impedir a ocorrência de doenças. O objetivo deste projeto é avaliar a influência de fatores abióticos na distribuição temporal e espacial do fungo *S. sclerotiorum* na cultura do feijoeiro. Os experimentos foram realizados na Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, no laboratório de Fitopatologia, na casa de vegetação e na área experimental didática. A obtenção do fungo foi realizada a partir da micoteca do laboratório. Após o isolamento, foi realizada a multiplicação para a obtenção de escleródios. O experimento para avaliar os efeitos da umidade na proliferação do fungo foi realizado em casa de vegetação utilizando delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2x2, sendo 3 níveis de umidade, 2 tipos de autoclavagem e 2 sementeiras com 5 repetições. As bolsas de nylon com 30 escleródios foram enterradas e a sementeira de uma semente de feijão foi realizada 2 meses e 11 meses após o ajuste da umidade dos solos. Após o fim do ciclo do feijão, foram colhidas as vagens e realizado a contagem de grãos e feita a retirada dos sacos de nylon com escleródios. A viabilidade dos escleródios foi avaliada pelo teste de Trifenil Cloreto de Tetrazólio adaptado. Para avaliar o efeito do ambiente no progresso espacial e temporal em campo, foi utilizada uma estrutura de madeira, onde foi realizado o plantio de mudas de feijão com 21 dias em duas épocas. Após o estabelecimento da cultura, 20 escleródios foram depositados no colo das duas plantas centrais por linha. A avaliação foi realizada em dias alternados com a observação do número de plantas com sinais da doença. Em relação aos resultados, no experimento sobre o efeito da umidade do solo na proliferação de *S. sclerotiorum*, o tratamento 0% sem sementeira manteve um maior número de escleródios, porém, os escleródios não estavam viáveis e apresentaram descoloração. Os tratamentos com umidade de 50 e 100% com presença da planta apresentaram maior número de escleródios do que os tratamentos com as mesmas umidades sem a planta, enquanto no tratamento com umidade de 0% com as plantas manteve um menor número de escleródios. No segundo período de sementeira, os tratamentos com umidade de 0% apresentaram maior número de grãos. O solo não-autoclavado manteve número maior de escleródios em relação ao solo autoclavado. No experimento sobre o efeito do ambiente no progresso espacial e temporal de *S. sclerotiorum* na primeira época, o período de maior intensidade da doença foi aos 39 dias após a inoculação, e na segunda época, foi após 46 dias. Na primeira época o aparecimento de apotécios ocorreu 32 dias após a inoculação, período no qual as temperaturas mínimas foram próximas de 10°C e na segunda os apotécios apareceram no 32º, mas secaram em 7 dias, quando a temperatura se manteve alta. O mofo branco foi mais severo na primeira época em comparação com a segunda época, que apresentou temperaturas mais elevadas. Nas duas épocas a umidade relativa do ar manteve-se acima de 70%. Observou-se molhamento foliar constante no período de maior intensidade da doença. Em conclusão, a umidade influenciou no número e na viabilidade de escleródios. Houve efeitos nas diferentes épocas em decorrência das diferentes temperaturas, com sintomas mais evidentes na primeira época em que as temperaturas foram mais amenas.

**Palavras-chave:** Epidemiologia. Mofo branco. Distribuição espaço-temporal.

## ABSTRACT

Beans are widely consumed worldwide. Among the crop diseases, the white mold caused by the fungus *Sclerotinia sclerotiorum* is one of the most destructive. The interaction between plants, pathogens, and the environment, influences the development of an epidemic. Among them, the environment is one of the most important, and can prevent the occurrence of diseases. The objective of this project is to evaluate the influence of abiotic factors on the temporal and spatial distribution of the fungus *S. sclerotiorum* in the bean culture. The experiments were carried out at the Federal University of Santa Catarina, Curitibanos Campus, in the Phytopathology laboratory, in the greenhouse and in the didactic experimental area. The fungus was obtained from the laboratory library. After isolation, multiplication was performed to obtain sclerotia. The experiment to evaluate the effects of moisture on the proliferation of the fungus was carried out in a greenhouse using a completely randomized experimental design in a 3x2x2 factorial scheme, with 3 levels of moisture, 2 types of autoclaving and 2 sowing with 5 repetitions. Nylon bags with 30 sclerotia were buried and a bean seed was sown 2 months and 11 months after adjusting the soil moisture. After the end of the bean cycle, pods were harvested, and grains were counted and nylon bags with sclerotia were withdrawal. The viability of sclerotia was assessed by the adapted Tetrazolium Triphenyl Chloride test. To evaluate the effect of the environment on spatial and temporal progress in the field, a wooden structure was used, where the planting of bean seedlings with 21 days was carried out. After the establishment of the culture, 20 sclerotia were deposited on the neck of the two central plants per line. The evaluation was carried out on alternate days with the observation of the number of plants with signs of the disease. Relation to the results, in the experiment on the effect of soil moisture on the proliferation of *S. sclerotiorum*, treatments 0% without sowing maintained a greater number of sclerotia, however, the sclerotia was not viable and had discoloration. The treatments with moisture of 50 and 100% with the presence of the plant showed a higher number of sclerotia than the treatments with the same moisture without the plant, while in the treatment with 0% moisture with plant maintained a lower number of sclerotia. In the second sowing period, treatments with 0% moisture showed a higher number of grains. The non-autoclaved soil maintained a higher number of sclerotia compared to the autoclaved soil. In the experiment on the effect of the environment on the spatial and temporal progress of *S. sclerotiorum*, at that first period the period of greatest disease intensity was at 39 days after inoculation with the pathogen and at second period it was after 46 days. In the first period, apothecium appeared 32 days after inoculation, during which the minimum temperatures were close to 10°C and at second period apothecium appeared at 32<sup>nd</sup>, but dried out in 7 days, when the temperature remained high. White mold was more severe in first period compared to second period, which had higher temperatures. In both times, the relative moisture of the air remained above 70%. Leaf wetness was constant during the period of greatest disease intensity. In conclusion, moisture influenced the number and viability of sclerotia, treatments with 0% soil moisture maintained a greater number of sclerotia, but the sclerotia was not viable. There were effects at different times due to different temperatures, with symptoms more evident at first period when temperatures were milder.

**Keywords:** Epidemiology. White mold. Spatio-temporal distribution.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Mofo branco em feijoeiro. A- flores infectadas iniciando lesões em folhas; B- sintomas e formação de escleródios em plantas; C- sintomas e escleródios em vagens ..... 17
- Figura 2 – Metodologia para isolamento do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*..... 23
- Figura 3 – Metodologia para avaliar a viabilidade de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* usando bolsas de nylon ..... 25
- Figura 4 – Retirada de sacos de nylon com escleródios do experimento com a semeadura 2 meses após o ajuste de umidade do solo..... 26
- Figura 5 - Estrutura de madeira utilizada para o plantio de mudas de feijoeiro ..... 27
- Figura 6 – Transplante das mudas de feijão na estrutura de madeira..... 28
- Figura 7 – Escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* após o Teste de Trifenil Cloreto de Tetrazólio (TCT). A- Escleródio viável; B- Escleródio inviável ..... 29
- Figura 8 - Escleródios do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* do tratamento 0% sem semeadura de feijão ..... 31
- Figura 9 – Sinais avaliados da incidência de *Sclerotinia sclerotiorum*. A- Vagem de feijão com presença de micélio e escleródios; B e C – Apotécios no solo próximo ao colo de plantas de feijão ..... 32
- Figura 10 - Dados da distribuição do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* após a inoculação na primeira época do dia 27 de março de 2020 a 27 de maio de..... 33
- Figura 11 - Dados de da distribuição do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* após a inoculação na segunda época do dia 26 de novembro de 2020 a 21 de janeiro de 2021 ..... 34
- Figura 12 - Dados de temperaturas diárias médias, mínima e máxima após a inoculação do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em duas épocas. A faixa verde representa temperatura ideal para o aparecimento de apotécios, a faixa laranja representa a temperatura ideal para o desenvolvimento do fungo e a faixa vermelha representa o período de maior intensidade do fungo na primeira época a azul na segunda época..... 36
- Figura 13 - Dados de umidade relativa do ar após a inoculação do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em duas épocas. A faixa amarela representa a umidade mínima que favorece o aparecimento da doença e a faixa vermelha representa o período o aparecimento de apotécios e o período de maior intensidade do fungo na primeira época e a azul na segunda época ..... 38
- Figura 14 - Dados do molhamento foliar após a inoculação do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura do feijão em duas épocas. A faixa vermelha representa o período o aparecimento de apotécios e o período de maior intensidade do fungo ..... 38

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Tratamentos utilizados na avaliação do efeito da umidade do solo na reprodução de *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos a diferentes umidades (0, 50 e 100%), duas autoclavagens do solo (autoclavado (AU) e não autoclavado (NA) com e sem a semeadura de feijão e dois períodos (2 e 11 meses)..... 24
- Tabela 2 - Média do número de escleródios, porcentagem de escleródios viáveis e número de grãos produzidos em plantas de feijão inoculadas com escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos a diferentes umidades (0, 50 e 100%), duas autoclavagens do solo: autoclavado (AU) e não autoclavado (NA) com e sem a semeadura de feijão do primeiro período (2 meses após a inoculação). ..... 29
- Tabela 3 - Média do número de escleródios, porcentagem de escleródios viáveis e número de grãos produzidos em plantas de feijão inoculadas com escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos a diferentes umidades (0, 50 e 100%), duas autoclavagens do solo: autoclavado (AU) e não autoclavado (NA) com e sem a semeadura de feijão no segundo período (11 meses após a inoculação)..... 30

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BDA Batata Dextrose Ágar

DIC Delineamento Inteiramente Casualizado

TCT Teste de Trifenil Cloreto de Tetrazólio

BOD Demanda Bioquímica de Oxigênio

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
4.1 A CULTURA DO FEIJOEIRO .....	14
4.2 GÊNERO <i>Sclerotinia</i> .....	14
4.3 O FUNGO <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	15
4.4 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> NA CULTURA DO FEIJOEIRO .....	17
4.5 EPIDEMIOLOGIA DE DOENÇAS DE PLANTAS .....	18
4.6 FATORES ABIÓTICOS PARA DESENVOLVIMENTO DOS FITOPATÓGENOS .....	19
4.7 ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE DOENÇAS.....	21
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
5.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	23
5.2 OBTENÇÃO DO FUNGO <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	23
5.3 EFEITO DA UMIDADE DO SOLO NA REPRODUÇÃO DE <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	24
5.4 EFEITO DO AMBIENTE NO PROGRESSO ESPACIAL E TEMPORAL DE <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	27
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
6.1 EFEITO DA UMIDADE DO SOLO NA REPRODUÇÃO DE <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	29
6.2 EFEITO DO AMBIENTE NO PROGRESSO ESPACIAL E TEMPORAL DE <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	32
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa anual, pertence à família Fabaceae, que se destaca por ser uma importante fonte de proteína e nutrientes amplamente consumida no mundo (AFANDHI *et al.*, 2019; MACHIANI *et al.*, 2019). Os maiores produtores a nível mundial são a Índia, Myanmar e Brasil (FAO, 2019). No Brasil, na safra de 2019/20, a produção ultrapassou 3 milhões de toneladas (CONAB, 2020). No entanto, o rendimento da cultura do feijão é afetado pela ocorrência de doenças (SENDI *et al.*, 2019).

Dentre as doenças do feijoeiro, o mofo branco causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary é uma das mais destrutivas no Brasil (TEIXEIRA *et al.*, 2019). O patógeno *S. sclerotiorum* possui mais de 400 espécies de plantas hospedeiras e está disseminado por todo o mundo. No feijão, a produção torna-se limitada em condições ambientais adequadas para o crescimento desse patógeno (PORTO *et al.*, 2019).

Para a ocorrência de uma epidemia, a interação entre patógeno, hospedeiro e ambiente é fundamental. Dentre eles o ambiente é um dos mais importantes, podendo determinar se uma doença irá ocorrer ou não. Dentre os fatores abióticos que influenciam no desenvolvimento de um patógeno se destacam: temperatura, umidade, vento e luminosidade (LIU; HE, 2019; MORAES, 2018).

Os mecanismos de infecção de fungos patogênicos são bastante variáveis. Nas fases iniciais do processo de infecção, antes de infectar o tecido da planta, o desenvolvimento do patógeno depende de condições ambientais favoráveis (STRUCK, 2006). A temperatura, umidade e resistência da planta da cultura influenciarão o nível final da doença mais do que o inóculo inicial (COOKE, 2006). As epidemias de mofo branco são favorecidas pela temperatura moderada, condições de alta umidade e dias nublados (TEIXEIRA *et al.*, 2019)

O estudo dos fatores abióticos exerce um papel importante na epidemiologia das doenças e na sua previsão. Pesquisa sobre epidemias são realizadas utilizando informações meteorológicas como: temperatura máxima, mínima e média, umidade, molhamento foliar e velocidade do vento. A duração desses eventos e o período em ocorrem são elementos importantes da exigência de dados (HARDWICK, 2006).

A análise espacial e temporal de uma doença é usada para obter-se conhecimento epidemiológico, fornecendo suporte para criação de estratégias de prevenção e controle de doenças (BRUMAT, 2018). Com uma análise da distribuição espacial de plantas doentes é possível compreender o progresso da epidemia analisando o mecanismos de dispersão do patógeno e a influência de fatores ambientais na infecção (BELAN *et al.*, 2019).

A compreensão adequada do ambiente no progresso espacial e temporal do *S. sclerotiorum* é essencial para otimizar estratégias de controle do mesmo, pois nos fornece informações sobre os mecanismos de dispersão dos agentes patogênicos e sobre a fonte de inóculo (FISCHER *et al.*, 2019). Sendo assim, o conhecimento dos fatores abióticos e a compreensão do progresso epidêmico nos permite inferir sobre o risco de ocorrência de doenças, possibilitando um melhor planejamento das estratégias de manejo da doença. Fatores abióticos apresentam influência sobre o fungo *S. sclerotiorum* na cultura do feijão-comum e afetam sua distribuição espacial e temporal.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de fatores abióticos na distribuição temporal e espacial do fungo *S. sclerotiorum* na cultura do feijoeiro.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os efeitos da umidade do solo na viabilidade de escleródios do fungo *S. sclerotiorum* na cultura do feijoeiro.
- Analisar o efeito do ambiente no progresso temporal do fungo *S. sclerotiorum* na cultura do feijoeiro.
- Analisar o efeito do ambiente no progresso espacial do fungo *S. sclerotiorum* na cultura do feijoeiro.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 A CULTURA DO FEIJOEIRO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à família Fabaceae (BAĞDATLI; ERDOĞAN, 2019). Seu centro de origem é na Mesoamérica e na América do Sul, indo do México à Argentina (VELASCO *et al.*, 2019). Ele é uma das leguminosas mais consumidas e importantes no mundo, sendo fonte de proteínas, carboidratos, fibra alimentar, amido, compostos fenólicos, vitaminas e minerais (DE LIMA *et al.*, 2019). O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão, com produção de 2,9 milhões de toneladas em aproximadamente 3,2 milhões de hectares na safra 2019/20 (CONAB, 2020). Santa Catarina é 8º maior produtor de feijão do Brasil com uma produção de 103,8 mil toneladas na safra 2019/20 (EPAGRI, 2020).

No Brasil o feijoeiro é cultivado em duas épocas: a primeira “safra das águas” (Sul e Sudeste), onde a semeadura é realizada entre agosto e outubro, com colheita de novembro até março. A segunda é “safra da seca” (Nordeste e Sudeste”), semeada entre janeiro e abril e colheita de abril até julho (REIS, 2019).

A produção do feijão vem enfrentando dificuldades causadas por fatores abióticos como seca, salinização do solo, alta temperatura e fatores bióticos como doenças fúngicas, bacterianas e virais. No mundo inteiro, as doenças em plantas causadas por agentes fitopatogênicos estão cada vez mais severas, provocando perdas na produção anual (SENDI *et al.*, 2019). O feijoeiro é conhecido por sua suscetibilidade a vários gêneros fúngicos dentre eles a *S. sclerotiorum*, causadora do mofo branco.

Novas cultivares tem contribuído para o aumento da produtividade do feijoeiro no Brasil, dentre elas está a cultivar BRS esteio. Essa cultivar é caracterizada por grãos pretos, uniformidade de coloração e tamanho, massa média de 24 gramas em 100 grãos, ciclo normal, alto potencial produtivo e moderada resistência à antracnose, sendo indicada para a semeadura da safra das águas e seca no estado de Santa Catarina (PEREIRA, H. S. *et al.*, 2014).

### 4.2 GÊNERO *Sclerotinia*

O gênero *Sclerotinia* é mundialmente reconhecido como um importante patógeno vegetal, pela ampla distribuição geográfica, vasta gama de hospedeiros e pelas dificuldades no controle das doenças que eles provocam. Mesmo sendo frequentemente encontrado em regiões frias e úmidas, também é relatado em algumas regiões semiáridas. As perdas de

rendimento em culturas de importância econômica podem chegar a 100 por cento, as diferenças na incidência nas safras e áreas são atribuídas a variações nas condições ambientais, tipo de solo, textura e drenagem, práticas culturais, densidade do inóculo e práticas de manejo adotadas (SAHARAN; MEHTA, 2008b).

Seu inóculo primário é proveniente de ascósporos, os quais germinam na presença de água livre e a disseminação secundária da doença é provocada pela infecção de planta para planta, pelo crescimento micelial entre as bases do caule ou pelo contato entre as partes aéreas de plantas infectadas com plantas saudáveis (SAHARAN; MEHTA, 2008b). Posteriormente, são formados inúmeros escleródios do fungo sobre a superfície dos tecidos infectados e no seu interior. Estes eventualmente caem sobre o solo, podendo ser incorporados juntamente com os restos culturais, podem sobreviver por vários anos sem o plantio de plantas hospedeiras (CANTERI; SILVA; TSUKAHARA, 2018).

Os sintomas causados pela *Sclerotinia* variam de acordo com o hospedeiro ou parte do hospedeiro afetada e com as condições ambientais. O sintoma inicial é caracterizado pelo crescimento de micélio algodinoso de coloração branca na planta hospedeira e o desenvolvimento de uma estrutura de resistência denominada escleródios. Os sintomas nos caules de plantas hospedeiras herbáceas são caracterizados por lesões inicialmente castanhas claras ou escuras na sua base, essas lesões são frequentemente cobertas pelo micélio fúngico (ORTIZ *et al.*, 2018; SAHARAN; MEHTA, 2008b).

O escleródio é composto por uma massa de hifas de coloração escura, formato irregular, de consistência firme com 2 a 20 mm de diâmetro, o qual possui um papel importante para a sobrevivência do fungo durante a entressafra, pois, os escleródios podem permanecer viáveis no solo por até 11 anos (DALACOSTA, 2019). A formação dos escleródios podem ser tanto internamente na medula do caule, não dando sinal externo de sua presença ou podem ser formados do lado de fora do caule (SAHARAN; MEHTA, 2008b).

#### 4.3 O FUNGO *Sclerotinia sclerotiorum*

O fungo *S. sclerotiorum* é um patógeno do solo polífago causador da doença Mofa branco, pertencente ao reino Fungi, filo Ascomycota, classe Discomycetes, ordem Helotiales, família Sclerotiniaceae e gênero *Sclerotinia*. Ele possui uma ampla gama de hospedeiros e distribuição universal, podendo infectar mais de 400 espécies de plantas cultivadas de 270 gêneros e 75 famílias, incluindo o feijoeiro (HUANG *et al.*, 2019; PORTO *et al.*, 2019). As condições favoráveis para o desenvolvimento do *S. sclerotiorum* são temperaturas amenas e umidade do ar superior a 70%, sendo mais severo em anos chuvosos (HADDAD *et al.*, 2017).

Esse fungo torna-se mais prejudicial em locais com crescimento vegetativo abundante, pouca aeração e penetração da luz, drenagem deficiente do solo e rotação de culturas inadequada (CANTERI; SILVA; TSUKAHARA, 2018). Sua distribuição é mundial e as plantas hospedeiras mais importantes são feijão, batata, alface, girassol, canola e soja (SAHARAN; MEHTA, 2008b).

Na fase assexual a reprodução é através do micélio e de escleródios e na fase sexual por meio de ascos com ascósporos (MOREIRA, 2018). Os escleródios caídos ou formados sobre o solo germinam sob um potencial hídrico de pelo menos 100 kPa por um período de uma a duas semanas e temperaturas de 15 a 25°C (WILLBUR *et al.*, 2019). A germinação pode ser de forma miceliogênica, formando somente hifas, ou carpogênica em que ocorre a formação de apotécios, os quais produzem ascósporos que são liberados no ar e infectam as plantas, sendo os ascósporos que iniciam a maioria das epidemias deste fungo. A liberação de milhares de ascósporos cria um fluxo de ar minúsculo, mas que permite que alguns deles atinjam correntes de ar, permitindo a dispersão do mesmo a longa distância (LEYRONAS *et al.*, 2019; PUTRICK; COSTA; THEODORO, 2018).

*S. sclerotiorum* possui a capacidade de infectar as sementes de seus hospedeiros, sendo relatada a transmissão em pelo menos 27 gêneros de hospedeiros. Além disso, os escleródios também podem ser distribuídos juntamente com as sementes, tornando-se um dos principais vetores de disseminação (MOREIRA, 2018; SAHARAN; MEHTA, 2008b). As sementes infectadas por este patógeno podem apodrecer e não germinar, e sobre elas podem ser formados escleródios. As sementes que germinam originam plantas doentes, indicando a presença de micélio dormente, mostrando um papel importante na disseminação de *S. sclerotiorum* e contribui para aumentar a intensidade da doença (CANTERI; SILVA; TSUKAHARA, 2018).

Não há maneiras simples de alcançar o controle total das doenças causadas por *Sclerotinia*. No entanto, as principais práticas recomendadas para o controle de *S. sclerotiorum* são o uso de fungicidas e rotação de culturas (HU *et al.*, 2019). A eficácia dos fungicidas é relativamente baixa devido à sobrevivência da sua estrutura de resistência no solo, além disso, esses produtos provocam riscos à saúde humana e do meio ambiente (FARZAND *et al.*, 2019). A rotação de culturas tem sido problemática devido à ampla gama de hospedeiros desse patógeno, sendo o uso de gramíneas o mais indicado (HU *et al.*, 2019).

#### 4.4 *Sclerotinia sclerotiorum* NA CULTURA DO FEIJOEIRO

Atualmente, o mofo branco, causado pela *S. sclerotiorum* é a doença mais destrutiva do feijoeiro, principalmente em áreas irrigadas (PAULA JÚNIOR; ZAMBOLIM, 2013). As epidemias do mofo branco são favorecidas por alta densidade de plantas, longos períodos de chuva, temperaturas amenas (abaixo de 20°C) e alta umidade relativa do ar (acima de 70%). A ocorrência desta doença no feijoeiro se dá em qualquer estágio de crescimento da planta, porém, no estágio de floração o alto índice foliar torna o microclima altamente favorável a *S. sclerotiorum* (FAGUNDES-NACARATH *et al.*, 2018).

A infecção por este fungo no feijoeiro normalmente ocorre pelas flores, devido à dispersão dos ascósporos no ar. Quando as flores caem sobre folhas ou hastes, é iniciado o ciclo infeccioso. Os sintomas desta doença iniciam-se na junção do pecíolo com a haste, com formação de micélio branco abundante (WENDLAND; JUNIOR; FARIA, 2018). Os sintomas e sinais externos no feijoeiro são a presença de lesões encharcadas nos órgãos afetados, com coloração parda e consistência mole, com micélio branco, de aspecto algodinoso, cobrindo porções dos tecidos (Figura 1) (SILVA, 2018). Folhas, hastes e vagens que foram severamente atacadas podem apodrecer e cair. Dependendo do local de ocorrência e da extensão da necrose, posteriormente a planta pode murchar e morrer (WENDLAND; JUNIOR; FARIA, 2018).

Figura 1 - Mofo branco em feijoeiro. A- flores infectadas iniciando lesões em folhas; B- sintomas e formação de escleródios em plantas; C- sintomas e escleródios em vagens.



Fonte: Wendland; Junior; Faria (2018).

O controle da *S. sclerotiorum* deve ser realizado de forma integrada, sendo o mais importante impedir a entrada do patógeno no campo, pois uma vez presente nas lavouras é difícil erradicá-lo. As formas de controle mais indicadas para a cultura do feijão são uso de tratamento de sementes e rotação de cultura com gramíneas por pelo menos um ano com irrigação, pois favorece a formação de apotécios e liberação de ascósporos na ausência de

plantas hospedeiras, dessa forma, reduzindo o inoculo na área. Além disso, é recomendado o uso de um maior espaçamento entre fileiras, evitar a adubação pesada com nitrogênio para não ocorrer acamamento, aplicação preventiva de fungicidas, solarização e controle biológico (PAULA JÚNIOR; ZAMBOLIM, 2013). Segundo Agrofit (2021), estão registrados no Brasil, para a cultura do feijoeiro, 40 produtos para o controle de *S. sclerotiorum* e para todas as culturas 32 produtos biológicos, os quais vem chamando a atenção devido a promessa de ser uma opção de manejo ecologicamente correta, mais segura e não tóxica.

#### 4.5 EPIDEMIOLOGIA DE DOENÇAS DE PLANTAS

Epidemiologia de doenças de planta pode ser conceituada como estudo das populações de patógenos, em populações de hospedeiros e da doença resultante da interação dos mesmos, sobre influência do ambiente e do homem (ZAMBOLIM; JESUS JÚNIOR; RODRIGUES, 2014). A pesquisa epidemiológica tem como principal objetivo aumentar a compreensão de como as doenças se desenvolve em populações de hospedeiros e como outros fatores influenciam seu desenvolvimento, a fim de desenvolver estratégias para o manejo de doenças (XU, 2006).

Para a ocorrência de uma epidemia é necessário à ocorrência e interação de três fatores, mais conhecidos como “triângulo da doença”: o hospedeiro suscetível, o patógeno virulento e o ambiente favorável (WAN; RUTHERFORD; BONSER, 2019). As condições ambientais influenciam significativamente o desenvolvimento da doença, podendo determinar se uma doença irá ocorrer ou não, mesmo que o hospedeiro suscetível e o patógeno virulento estejam presentes (MORAES, 2018).

Em condições agrícolas, o homem deve ser incluso nesse triângulo, pois ele interfere no desenvolvimento da doença com a adoção de medidas de controle cultural, manipulação genética de plantas e manipulação do ambiente, como alterações no espaçamento das culturas e consórcios (ZAMBOLIM; JESUS JÚNIOR; RODRIGUES, 2014). Por outro lado, o homem também pode auxiliar na ocorrência de epidemias devido as suas atividades e condução de culturas (RASEIRA *et al.*, 2004).

Fischer *et al.* (2019) concluíram que o conhecimento epidemiológico das doenças tem o potencial de fornecer informações importantes para o controle fitossanitário. A epidemiologia pode ser aplicada para determinação de dano e perda, avaliação da eficiência de estratégias de manejo, previsão de ocorrência de epidemias e desenvolvimentos de novas estratégias de manejo (ZAMBOLIM; JESUS JÚNIOR; RODRIGUES, 2014).

A gravidade no desenvolvimento de uma epidemia está relacionada às condições ambientais durante as fases iniciais da infecção e à resistência das plantas hospedeiras, pois o ambiente afeta o processo de infecção determinando a gravidade da epidemia resultante (STRUCK, C.; MENDGEN, 1998).

A epidemiologia das doenças de *Sclerotinia* depende de alguns fatores como: inóculo do solo, tipo de solo, umidade do solo, precipitação, temperatura ambiental, suscetibilidade do hospedeiro, densidade de plantas e práticas culturais adotadas (SAHARAN; MEHTA, 2008b). O gênero *Sclerotinia* é caracterizado como patógenos transmitidos pelo solo ou pelo ar. As infecções de partes da planta acima do solo resultam do ascósporo, enquanto a infecção da linha do solo pode resultar de ascósporos ou escleródios. Geralmente os isolados de *S. sclerotiorum* inicia uma epidemia com a produção de apotécios, sendo assim a germinação micelial de escleródios contribui minimamente (SAHARAN; MEHTA, 2008a).

#### 4.6 FATORES ABIÓTICOS PARA DESENVOLVIMENTO DOS FITOPATÓGENOS

Para o início de uma infecção por um fitopatógeno a temperatura e umidade são fatores determinantes, seguidos, pela luz e pH do solo, que afetam o desenvolvimento da doença, pois eles influenciam na interação hospedeiro-patógeno no que se refere ao grau de desenvolvimento do sintoma (MORAES, 2018).

A umidade, na forma de orvalho, chuva e umidade relativa do ar, é fundamental para o desenvolvimento dos patógenos. Ela interfere na distribuição geográfica de plantas e fungos, interferindo no seu crescimento, reprodução e dispersão (ANGELOTTI; HAMADA, 2017). Para a germinação da maioria dos esporos fúngicos a umidade é indispensável, além de influenciar na penetração do tubo germinativo no hospedeiro e aumentar a suscetibilidade a certos patógenos, afetando a incidência e a severidade da doença (SILVEIRA *et al.*, 2001). Muitos fungos fitopatogênicos são favorecidos em condições de alta umidade devido ao aumento da produção de esporos e pela dispersão dos mesmos por gotas de chuva (SIEBOLD; TIEDEMANN, 2012) e alguns, como os oídios, são favorecidos pela baixa umidade (ANGELOTTI; GHINI; BETTIOL, 2017). Quanto aos hospedeiros, quando em condições desfavoráveis de umidade, pode ocorrer a diminuição da defesa das plantas e torná-las mais suscetíveis (LIU; HE, 2019).

Um exemplo de experimento para verificar o efeito da temperatura e umidade sobre fitopatógenos foi realizado por Rocha *et al.* (2018). Os autores verificaram que em locais com temperaturas noturnas amenas e sob condições de alta umidade, as lavouras de soja tinham incidência de *S. sclerotiorum* superior a 50%.

A temperatura influencia todas as fases de crescimento do hospedeiro e também no ciclo de vida do patógeno (ANGELOTTI; GHINI; BETTIOL, 2017). As doenças de plantas normalmente são favorecidas por temperaturas mais altas ou mais baixas do que a faixa ótima para os hospedeiros, provocam estresses na planta e a tornam mais suscetíveis às doenças (ZAMBOLIM; JESUS JÚNIOR; RODRIGUES, 2014). A temperatura atua nas diversas fases do ciclo das relações patógeno-hospedeiro (LIU; HE, 2019).

A temperatura atua como um catalizador, podendo retardar ou acelerar o ciclo do patógeno. Dessa forma, ela determina o número de gerações de um patógeno (CANTERI; SILVA; TSUKAHARA, 2018). Para que ocorra o desenvolvimento da doença é necessário a presença do patógeno (micélio, esporos e/ou estruturas de resistência) que, ao entrar em contato com o hospedeiro, promove a infecção dos tecidos. Nessa fase, a temperatura influencia no aumento ou diminuição da taxa de germinação dos esporos. Cada patógeno possui as suas preferências térmicas. Após essa fase, inicia-se a fase de reprodução, que se caracteriza, principalmente, pela esporulação. O período entre a deposição do inóculo no tecido do hospedeiro e o aparecimento de sinais é denominado período latente. A duração deste período é influenciada pela temperatura o que reflete sobre o número de ciclos de reprodução do patógeno durante o ciclo da cultura (ANGELOTTI; GHINI; BETTIOL, 2017).

Araújo *et al.* (2018) observaram que a temperatura possui a capacidade de favorecer ou reduzir a severidade do oídio do meloeiro (*Cucumis melo* L.). Marcuzzo e Harbs (2018) concluíram que a esporulação dos conídios de *Botrytis squamosa* (Walker) na cebola sofre influência da temperatura e da luminosidade só ocorrendo em temperaturas de 15 a 20°C e no escuro.

Outro fator abiótico importante é o vento devido ao seu papel na disseminação do patógeno. O vento possui a capacidade de transportar diversas estruturas fúngicas por curtas e longas distâncias, sendo capaz de infectar novas plantas (MORAES, 2018). Além disso, ele provoca o movimento da parte aérea da planta, o que pode causar atrito dos órgãos causando ferimentos o que pode servir como porta de entrada para patógenos (ZAMBOLIM; JESUS JÚNIOR; RODRIGUES, 2014). Segundo Oliveira (2017), ocorre uma maior incidência da mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) em mudas de café no viveiro quando a velocidade do vento é menor. De acordo com Terao *et al.* (2019) a *Cercospora citrullina* Cooke, agente causal da Mancha-de-cercospora na melancia (*Citrullus lanatus*) tem o vento como principal via de dispersão, favorecendo a disseminação à longa distância.

A luminosidade possui a capacidade de induzir ou inibir o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da maioria dos fungos. Ela exerce efeito direto sobre a célula fúngica induzindo

ou inibindo a formação de estruturas de reprodução (MAIA *et al.*, 2015). Segundo Milan *et al.* (2017) a luz influencia diretamente no desenvolvimento e na esporulação do fungo *Pestalotiopsis mangiferae* da mangueira (*Mangifera indica*), onde na ausência de luz a esporulação chega a zero.

#### 4.7 ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE DOENÇAS

A severidade da doença é baseada no comportamento do fungo na ocorrência de epidemias e pode ser caracterizada por curvas de progresso baseadas na proporção da doença *versus* o tempo (MARTINS *et al.*, 2018). A curva de progresso temporal reproduz resultados de interações complexas entre hospedeiro, patógeno, ambientes e cultivo (XU, 2006). A partir da análise da curva de progresso da doença, pode-se tirar inúmeras informações, dentre elas: compreensão do progresso epidêmico como a época de início da epidemia e a duração da epidemia, taxa de progresso da doença ( $r$ ), quantidade de inóculo inicial ( $y_0$ ), intensidade máxima ou ponto máximo da doença, intensidade final da doença, forma da curva de progresso, mecanismo de dispersão do patógeno e influência dos fatores ambientais na infecção e na dispersão do patógeno (BELAN *et al.*, 2019; LIMA; BARRETO; SCALOPPI, 2010).

Para uma melhor compreensão do progresso epidêmico pode ser usado uma análise da distribuição espacial de plantas doentes. A partir dela é possível obter: o efeito quantitativo do inóculo inicial, mecanismos de dispersão do patógeno e influência de fatores ambientais na infecção e na dispersão do patógeno e efeito nas práticas (BELAN *et al.*, 2019).

A dispersão espacial do patógeno e o padrão espacial da doença são determinados pelos mecanismos de dispersão do patógeno e da doença. Patógenos que fazem sua dispersão pelo vento atingem grandes distâncias em um curto período de tempo e patógenos que fazem sua dispersão utilizando gotas de chuva dispersam-se nas proximidades do inóculo (ZAMBOLIM; JESUS JÚNIOR; RODRIGUES, 2014). O padrão de dispersão de um patógeno pode ocorrer de duas maneiras: padrão espacial ao acaso, que ocorre nos patógenos em que a dispersão atinge grandes distâncias e está relacionado a iguais oportunidades de infecção; padrão de dispersão agregado, que ocorre quando o patógeno é disperso a curtas distâncias na interação planta-planta (BELAN *et al.*, 2019). Contudo, a maioria das doenças (e dos patógenos) possuem mais de um mecanismo de dispersão, que garante a dispersão a curtas e longas distâncias (ZABALGOGEAZCOA, 2008).

A dispersão a curta distância pode estar relacionada à alta densidade de plantas em pequenas áreas. A probabilidade de plantas mais próximas do inóculo se infectarem é maior

do que de plantas distantes (BELAN *et al.*, 2019). Os padrões espaciais da doença pode ajudar no delineamento de experimentos, no monitoramento do patógeno e pode ajudar na tomada de decisão na hora do manejo da doença (ZAMBOLIM; JESUS JÚNIOR; RODRIGUES, 2014).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

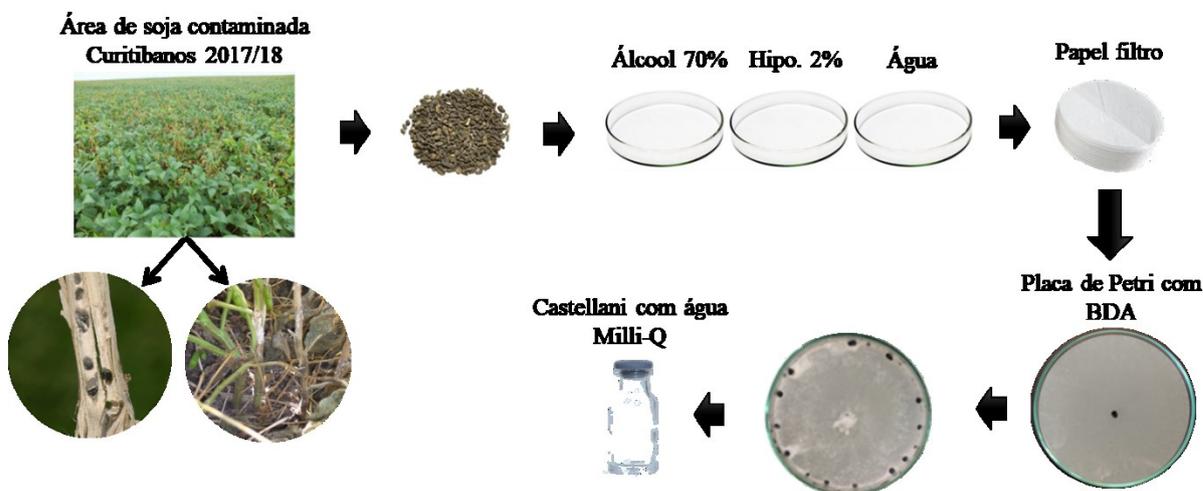
### 5.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Os experimentos foram realizados na Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, no laboratório de Fitopatologia, em casa de vegetação sem sistema de irrigação e na área experimental didática.

### 5.2 OBTENÇÃO DO FUNGO *Sclerotinia sclerotiorum*

O patógeno *S. sclerotiorum* foi isolado de escleródios provenientes de áreas de plantio de soja em Curitibanos da safra 2017/18, onde foi realizada a coleta manual dos escleródios na base das plantas e no interior dos caules. Após a coleta, procedeu-se a desinfecção superficial (álcool 70% por um minuto e hipoclorito de sódio a 2% por um minuto) e os mesmos foram dispostos em papel filtro para secagem. Em seguida, foram distribuídos em placas de Petri com meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar) e 500 mg/L de antibiótico Streptomincina e Penicillina. As placas foram vedadas com filme plástico e incubadas em câmara de crescimento a 25°C e fotoperíodo de 12 horas até a germinação dos escleródios. Após a germinação, discos de micélio (cinco mm de diâmetro) foram repicados e acondicionados em placas de Petri com meio de cultura BDA vedadas com filme plástico e incubadas em câmara de crescimento (BOD) a 25°C e fotoperíodo de 12 horas, por sete dias. Após esse período, discos de micélios (cinco mm de diâmetro) foram armazenados em Castellani com 1 mL de água Milli-Q até o momento de uso (Figura 2) (SHANER; FINNEY, 1977).

Figura 2 – Metodologia para isolamento do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*.



Fonte: Autor (2021).

Para reativação do fungo, os discos de micélios armazenados pelo método de Castellani foram dispostos em placas de Petri com meio de cultura BDA. As placas foram vedadas com filme plástico e incubadas em câmara de crescimento a 25°C e fotoperíodo de 12 horas por sete dias.

Após a reativação do isolado, foi realizado a multiplicação dos escleródios, onde foram repicado discos de micélio (cinco mm de diâmetro) das colônias com fungo e distribuídos em 150 placas de Petri (90 mm de diâmetro) com meio de cultura BDA. As placas foram vedadas com filme plástico e incubadas em câmara de crescimento a 20°C e fotoperíodo de 12 horas por 30 dias.

### 5.3 EFEITO DA UMIDADE DO SOLO NA REPRODUÇÃO DE *Sclerotinia sclerotiorum*

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da área experimental didática da Universidade. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x2x2, sendo 3 níveis de umidade (0, 50 e 100%), 2 tipos de autoclavagem (solo autoclavado e solo não autoclavado) e 2 sementeiras (com sementeira e sem sementeira de feijão) com 5 repetições (Tabela 1). Cada unidade experimental foi constituída de um vaso (3 L), contendo uma bolsa de nylon com 30 escleródios. O esquema experimental foi repetido para dois períodos: 2 (primeiro período) e 11 (segundo período) meses após o ajuste de umidade do solo.

Tabela 1 - Tratamentos utilizados na avaliação do efeito da umidade do solo na reprodução de *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos a diferentes umidades (0, 50 e 100%), duas autoclavagens do solo (autoclavado (AU) e não autoclavado (NA) com e sem a sementeira de feijão e dois períodos (2 e 11 meses).

<b>Período 1</b>			<b>Período 2</b>		
<b>Umidade</b>	<b>Autoclavagem</b>	<b>Sementeira</b>	<b>Umidade</b>	<b>Autoclavagem</b>	<b>Sementeira</b>
0%	AU	Sem Com	0%	AU	Sem Com
	NA	Sem Com		NA	Sem Com
50%	AU	Sem Com	50%	AU	Sem Com
	NA	Sem Com		NA	Sem Com
100%	AU	Sem Com	100%	AU	Sem Com
	NA	Sem Com		NA	Sem Com

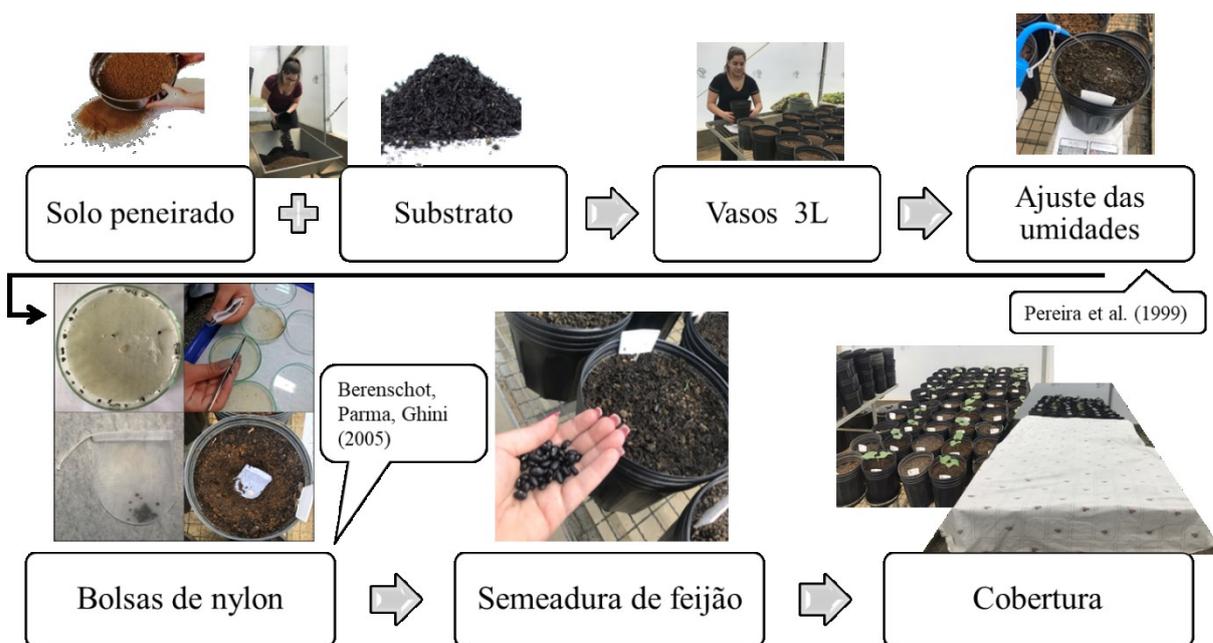
Fonte: Autor (2021).

O solo foi peneirado, misturado com substrato na proporção de 1:1 (v:v) e distribuído em 120 vasos de 3 L de capacidade. No tratamento com solo autoclavado, este foi submetido a autoclavagem a 121°C, pressão de trabalho de 120 kPa por 60 minutos (Figura 3).

O ajuste das umidades do solo foi realizado seguindo a metodologia adaptada de Pereira *et al.* (1999). Todos os vasos foram pesados e mantidos em 2,5 Kg. Nos tratamentos com solo com umidade de 100%, foi realizado a saturação do solo, onde eles foram cobertos por água e deixados em repouso até a estabilização (3 horas). Após a estabilização, todos os vasos foram pesados e mantidos em 3,1 Kg. A partir da diferença do peso do vaso saturado (3,1 Kg) e do vaso apenas com solo (umidade 0%, 2,5 Kg) e multiplicado por 0,50, foi obtida a quantidade de água necessária para a umidade de 50%, sendo que os vasos com essa umidade foram mantidos com 2,8 Kg. O ajuste das umidades foi realizado duas vezes por semana, mantendo a porcentagem de umidade pré-estabelecida (0, 50 e 100%) e os vasos sem o plantio de mudas eram cobertos com dois tecidos de algodão para a manutenção prolongada das umidades (Figura 3).

A avaliação da viabilidade dos escleródios seguiu a metodologia de Berenschot, Parma e Ghini (2005), em que 30 escleródios de *S. sclerotiorum* foram colocados separadamente em bolsas de nylon esterilizadas e foram enterradas nos vasos a 0,10 m de profundidade (Figura 3).

Figura 3 – Metodologia para avaliar a viabilidade de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* usando bolsas de nylon.



Fonte: Autor (2021).

Nos tratamentos com semeadura, foi realizada a semeadura de uma semente de feijão 2 meses após o ajuste da umidade dos solos e após 11 meses (Figura 3). A irrigação foi realizada de acordo com a necessidade da cultura. Após o fim do ciclo do feijão de cada período de semeadura, foram colhidas as vagens e realizado a contagem de grãos e realizada a retirada dos sacos de nylon com escleródios (Figura 4).

Figura 4 – Retirada de sacos de nylon com escleródios do experimento com a semeadura 2 meses após o ajuste de umidade do solo.



Fonte: Autor (2021).

Para verificar a viabilidade dos escleródios foi utilizado a metodologia de Martins *et al.* (2003) com adaptação, sendo realizado o Teste de Trifenil Cloreto de Tetrazólio (TCT). Para isto utilizou-se uma solução de sal de TCT a 0,5% em água Milli-Q (pH 6,3). Os escleródios retirados de cada tratamento foram imersos em 2 mL da solução e mantidos em BOD no escuro por 24h a 30°C em vidro âmbar. Após esse período, os escleródios foram lavados em água corrente e secos com papel-toalha. Com o auxílio de um bisturi, os escleródios foram cortados ao meio e observados sob microscópio estereoscópio. Os escleródios que apresentaram coloração vermelha no seu interior foram considerados viáveis e aqueles sem coloração inviáveis. Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade.

#### 5.4 EFEITO DO AMBIENTE NO PROGRESSO ESPACIAL E TEMPORAL DE *Sclerotinia sclerotiorum*

O experimento foi conduzido na área experimental didática da Universidade em duas épocas, sendo a primeira época do dia 18 de fevereiro de 2020 a 27 de maio de 2020, com inoculação no dia 27 de março de 2020 e a segunda época, de 22 de outubro de 2020 a 21 de janeiro de 2021, com a inoculação no dia 26 de novembro de 2020. O experimento foi instalado em duas estruturas de madeira de 2,5 m x 2,0 m x 0,25 m (Figura 5), totalizando uma área de 5 m<sup>2</sup>. As mesmas foram preenchidas com solo peneirado e areia na proporção 1:2 (v:v). A adubação foi realizada com adubo orgânico proveniente de cama aviária na quantidade de 4 Kg/m<sup>2</sup>.

Figura 5 - Estrutura de madeira utilizada para o plantio de mudas de feijoeiro.



Fonte: Autor (2021).

As mudas de feijoeiro da cultivar BRS esteio foram produzidas em bandejas de 128 células preenchidas com substrato hortaliças CA®. Após 15 dias foi realizado o transplante com espaçamento entre linhas de 0,30 m e entre plantas de 0,10 m (Figura 6). O manejo da cultura e a irrigação foi realizada conforme Aidar *et al.* (2003), com exceção de aplicações de fungicidas, que não foram realizadas para não ocorrer interferência nos resultados. A irrigação foi realizada de forma manual diariamente. Após o estabelecimento da cultura, 20 escleródios foram depositados no colo das duas plantas centrais de cada linha.

Figura 6 – Transplante das mudas de feijão na estrutura de madeira.



Fonte: Autor (2021).

Os fatores ambientais que influenciam o progresso temporal e espacial do *S. sclerotiorum*, como temperatura média, mínima e máxima, umidade relativa do ar e molhamento foliar, foram obtidos em uma estação meteorológica automática localizada próxima ao experimento.

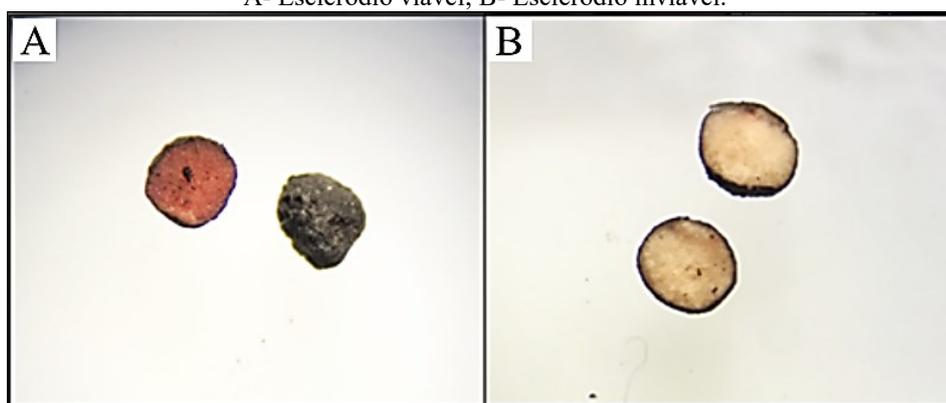
A avaliação da incidência da doença foi realizada em dias alternados, através da contagem do número de plantas com incidência da doença pela presença de micélio e/ou apotécios. Os dados coletados sobre o período de maior incidência da doença foram comparados em relação a temperatura média, mínima e máxima, umidade relativa do ar e molhamento foliar.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 EFEITO DA UMIDADE DO SOLO NA REPRODUÇÃO DE *Sclerotinia sclerotiorum*

A viabilidade dos escleródios foi obtida a partir do teste TCT, onde os escleródios que apresentaram coloração vermelha no seu interior foram considerados viáveis e aqueles sem coloração inviáveis (Figura 7).

Figura 7 – Escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* após o Teste de Trifenil Cloreto de Tetrazólio (TCT).  
A- Escleródio viável; B- Escleródio inviável.



Fonte: Autor (2021).

Os resultados obtidos referentes ao efeito da umidade sobre os escleródios do fungo *S. sclerotiorum* estão apresentados na Tabela 2 para o primeiro período e na Tabela 3 para o segundo período.

Tabela 2 - Média do número de escleródios, porcentagem de escleródios viáveis e número de grãos produzidos em plantas de feijão inoculadas com escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos a diferentes umidades (0, 50 e 100%), duas autoclavagens do solo: autoclavado (AU) e não autoclavado (NA) com e sem a semeadura de feijão do primeiro período (2 meses após a inoculação).

Umidade	Autoclavagem	Semeadura	Número de escleródios	Escleródios viáveis (%)	Número de grãos
0%	AU	Sem	15,8 ab	0 a	53,6 a
		Com	1,6 c	1 a	
	NA	Sem	22,0 a	0 a	57,8 a
		Com	2,2 c	5 a	
50%	AU	Sem	0,6 c	2 a	48,4 a
		Com	2,8 c	4 a	
	NA	Sem	2,6 c	8 a	43,8 a
		Com	8,8 bc	17 a	
100%	AU	Sem	1,0 c	3 a	48,4 a
		Com	0,0 c	0 a	
	NA	Sem	2,2 c	6 a	56,8 a
		Com	4,8 bc	5 a	

\*Médias com letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2021).

Tabela 3 - Média do número de escleródios, porcentagem de escleródios viáveis e número de grãos produzidos em plantas de feijão inoculadas com escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* submetidos a diferentes umidades (0, 50 e 100%), duas autoclavagens do solo: autoclavado (AU) e não autoclavado (NA) com e sem a semeadura de feijão no segundo período (11 meses após a inoculação).

Umidade	Autoclavagem	Semeadura	Número de escleródios	Escleródios viáveis (%)	Número de grãos
0%	AU	Sem	15,6 a	0 a	56,4 ab
		Com	0,4 c	1 a	
	NA	Sem	11,2 ab	0 a	68,8 a
		Com	2,4 bc	5 a	
50%	AU	Sem	0,4 c	0 a	40,2 c
		Com	2,6 bc	3 a	
	NA	Sem	4,8 bc	5 a	43,8 bc
		Com	5,4 abc	11 a	
100%	AU	Sem	0,2 c	0 a	39,4 c
		Com	1,8 bc	0 a	
	NA	Sem	1,0 bc	3 a	30,2 c
		Com	0,4 bc	0 a	

\*Médias com letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2021).

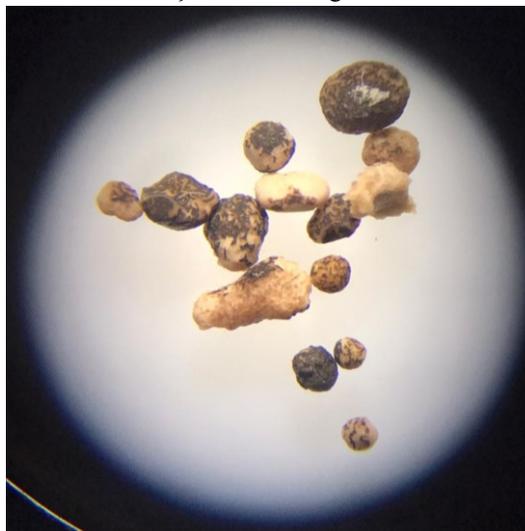
Nos dois períodos, o tratamento com 0% de umidade sem a semeadura de feijão manteve um maior número de escleródios, porém, nenhum se mostrou viável. Além disso, os tratamentos com 100% com solo autoclavado também demonstraram a inviabilidade dos escleródios. Em ambos os períodos, o tratamento com 50% de umidade, não autoclavado e com a semeadura de feijão, apresentou um número maior de escleródios viáveis (Tabela 2 e 3).

Nesse trabalho verificou-se que a umidade do solo influencia o número e a viabilidade dos escleródios do fungo *S. sclerotiorum* (Tabela 2 e 3). Martins *et al.* (2010), obtiveram resultado semelhantes, onde a umidade do substrato afetou a viabilidade dos escleródios de *Sclerotium rolfsii*.

Nos dois períodos verificou-se que houve diferença significativa entre o número de escleródios nos tratamentos, onde nos tratamentos com 0% de umidade sem semeadura houve um maior número de escleródios e nas umidades 50 e 100% com solo autoclavado um menor número. Na coleta nos dois períodos, o tratamento com 50% de umidade com semeadura, manteve um maior número de escleródios e a maior proporção de escleródios viáveis (Tabela 2 e 3). Os escleródios retirados dos vasos nos dois períodos, com umidade de 0% sem a semeadura do feijão, apresentaram descoloração e uma menor rigidez (Figura 8). De acordo com Saharan e Mehta (2008d) os escleródios da *S. sclerotiorum* tem uma maior sobrevivência em solos secos. Complementando, Struck e Mendgen (1998) verificaram que solos secos

evitam a germinação miceliogênica e carpogênica dos escleródios da *S. sclerotiorum*, embora ainda permaneçam viáveis.

Figura 8 - Escleródios do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* do tratamento 0% sem semeadura de feijão. Foi observada descoloração e menor rigidez neste tratamento.



Fonte: Autor (2021).

Nas coletas com plantio aos 2 e 11 meses após a inoculação com *S. sclerotiorum*, os tratamentos com umidades 50 e 100%, na presença da planta de feijão, apresentaram um maior número de escleródios em comparação aos tratamentos com a mesmas umidades sem a planta, enquanto nos tratamentos com umidade de 0% os tratamentos com as plantas de feijão mantiveram um menor número de escleródios (Tabela 2 e 3).

Nos dois períodos os tratamentos com umidade de 100% mantiveram um baixo número de escleródios (Tabela 2 e 3). Napoleão *et al.* (2007), realizaram experimento sobre o efeito da umidade do solo na germinação carpogênica de *S. sclerotiorum*, utilizando dois níveis de umidade do solo: 75 e 100% da saturação. Os solos com 100% saturação permitiram maior e mais rápida germinação de escleródios.

Em contrapartida, Moyano e Melgarejo (2002) fizeram um estudo sobre a sobrevivência de *Botrytis cinerea* no solo no sudeste da Espanha sobre as umidades de 40, 80 e 95%. A sobrevivência mais longa ocorreu sob a umidade de 95%. Enquanto, nesse estudo a umidade de 0% manteve um maior número de escleródios.

No segundo período ocorreu diferença significativa no número de grãos de feijão, onde os tratamentos com umidade de 0% apresentaram um maior número de grãos (Tabela 3), enquanto no primeiro período verificou-se que não houve diferença significativa no número de grãos de feijão (Tabela 2). Nos dois períodos não houve diferença significativa na porcentagem de escleródios viáveis (Tabela 2 e 3).

Outros autores fizeram estudos sobre o efeito da umidade do substrato em diversos fitopatógenos, como o estudo de Bernat *et al.* (2018) sobre a influência da temperatura e umidade na sobrevivência de conídios de *Monilinia fructicola*, mostraram que a taxa de redução da viabilidade foi influenciada tanto pela temperatura quanto pela umidade. Diferenças significativas foram encontradas entre os regimes de umidade, onde conídios expostos a 100% de umidade apresentaram a menor taxa de redução em comparação com os outros dois valores. A menor taxa de viabilidade média foi encontrada a 60% de umidade.

Moyano e Melgarejo (2002) testaram as mesmas as umidades de 40, 80 e 95% sobre solo estéril e não estéril, onde a sobrevivência foi maior em solo estéril do que em solo não estéril. Entretanto, neste trabalho, verificou-se que em solo autoclavado (estéril) mostrou-se menor número de escleródios e menor viabilidade de escleródios do que o solo não autoclavado.

## 6.2 EFEITO DO AMBIENTE NO PROGRESSO ESPACIAL E TEMPORAL DE *Sclerotinia sclerotiorum*

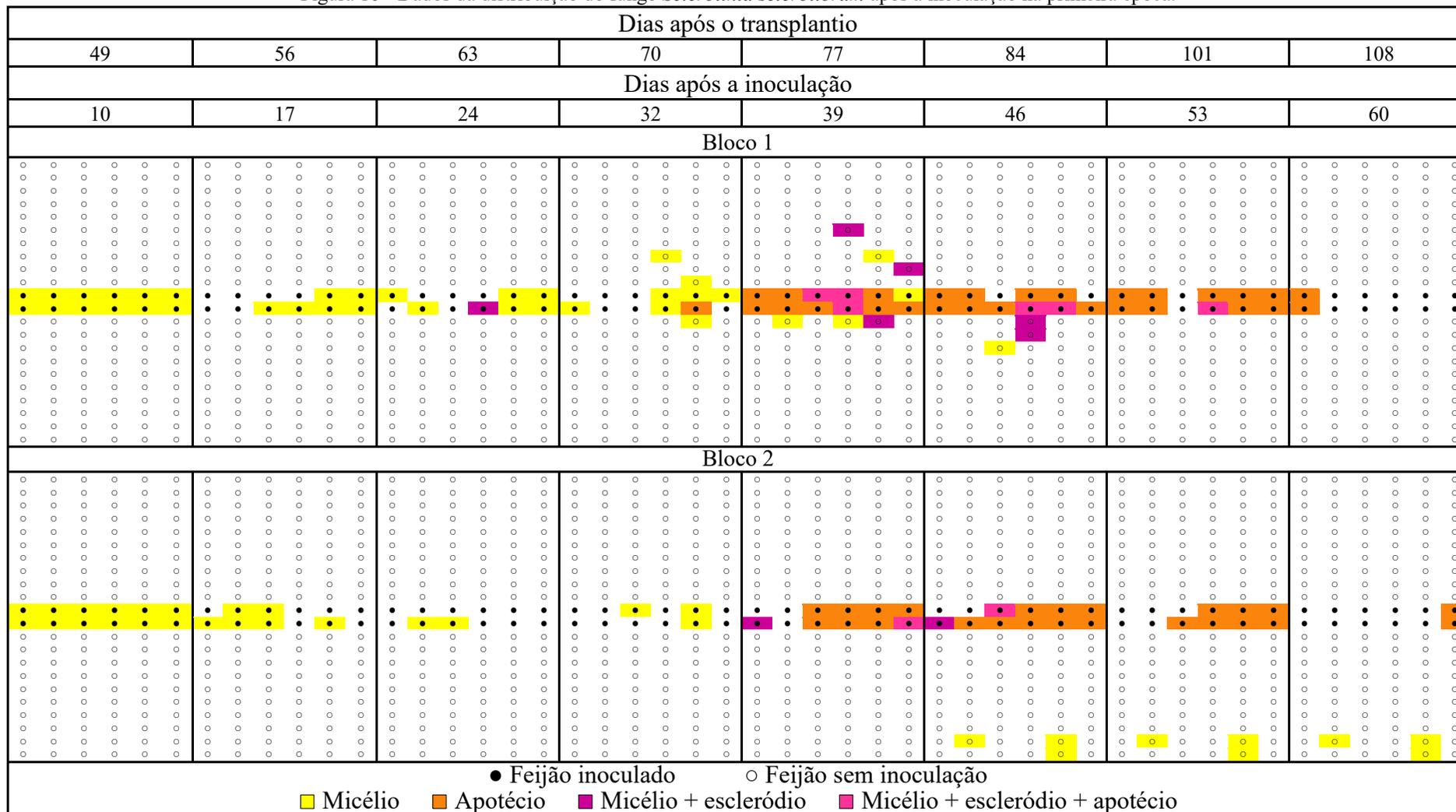
O estudo dos fatores ambientais desempenha um papel importante na epidemiologia das doenças e sua previsão. Os mecanismos de infecção dos fungos fitopatogênicos são altamente variáveis, sendo fortemente dependente de condições ambientais favoráveis, como umidade do solo, umidade relativa, temperatura e luz (STRUCK, 2006). Os dados obtidos neste trabalho confirmam esta informação, visto que o fungo *S. sclerotiorum* foi influenciado pelas características climáticas das duas épocas avaliadas (Figura 10, 11, 12, 13 e 14).

Os sinais avaliados na incidência do patógeno foram o aparecimento de micélio, formação de escleródios e formação de apotécios (Figura 9).

Figura 9 – Sinais avaliados da incidência de *Sclerotinia sclerotiorum*. A- Vagem de feijão com presença de micélio e escleródios; B e C – Apotécios no solo próximo ao colo de plantas de feijão.

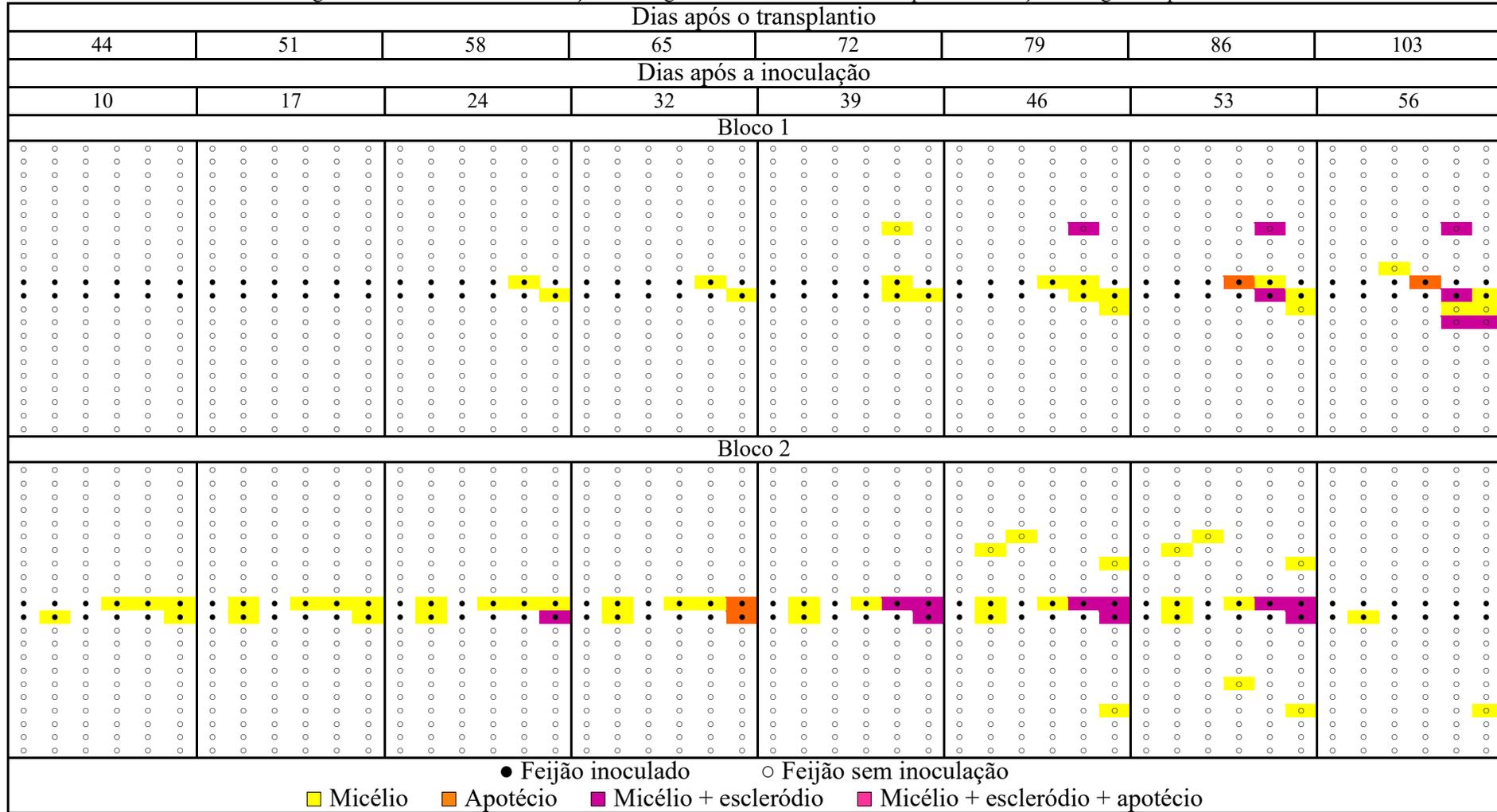


Fonte: Autor (2021).

Figura 10 - Dados da distribuição do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* após a inoculação na primeira época.

Fonte: Autor (2021).

Figura 11 - Dados de da distribuição do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* após a inoculação na segunda época.



Fonte: Autor (2021).

É possível observar que na primeira época de plantio, o período de maior intensidade da doença foi aos 39 dias após a inoculação com escleródios do patógeno. Além disso, a doença foi mais severa no bloco 1 do que do bloco 2 (Figura 10). Na segunda época de plantio, a maior intensidade doença foi 46 dias após a inoculação e ao contrário da primeira época a doença foi mais severa no bloco 2 do que do bloco 1 (Figura 11).

A ocorrência de *S. sclerotiorum* no feijoeiro se dá em qualquer estágio de crescimento da planta, porém, no estágio de floração, o alto índice de área foliar torna o microclima altamente favorável e o desenvolvimento de apotécio é estimulado por condições de dez dias de altos potenciais de umidade do solo, frio e uma densa copa das plantas sobre o solo (FAGUNDES-NACARATH *et al.*, 2018; SAHARAN; MEHTA, 2008c).

Na primeira época, o aparecimento de apotécios ocorreu 32 dias após a inoculação, período no qual as temperaturas mínimas foram próximas de 10°C por mais de 7 dias (Figura 10 e 12). Segundo Krueger (1976) valores médios de temperatura entre 7°C e 11°C fazem com que a apotécio desenvolva-se melhor. Canteri, Silva e Tsukahara (2018) também concordam com essa afirmação, eles concluíram que a temperatura ótima para a formação de apotécio está em torno de 10°C.

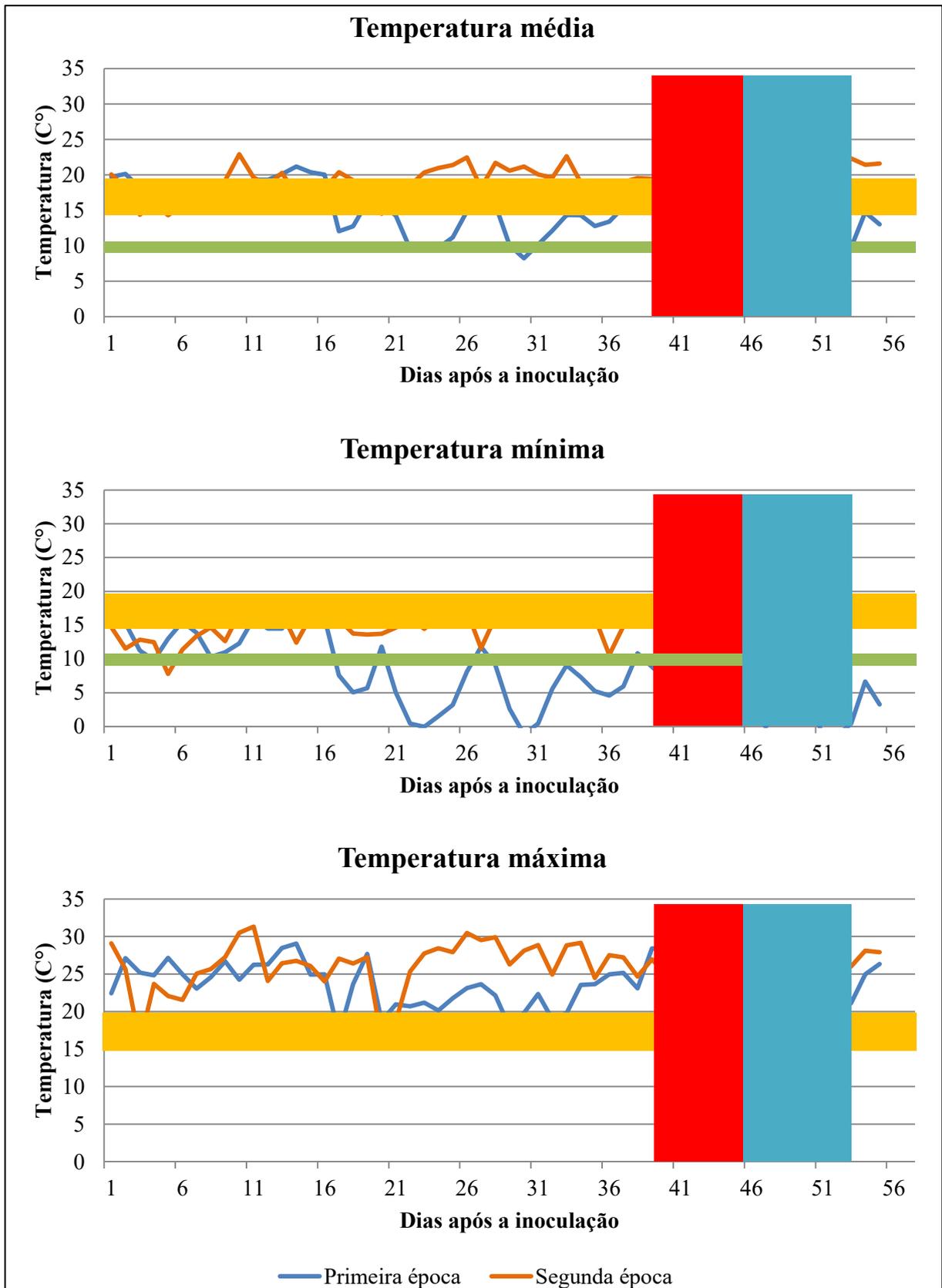
Na segunda época, ocorreu a aparecimento de apotécio no 32º dia após a inoculação no bloco 2, mas secaram em menos de 7 dias, quando a temperatura se manteve alta (Figura 11 e 12) e no dia 53 após a inoculação no bloco 1. De acordo com Struck e Mendgen (1998) altas temperaturas e solos secos desidratam apotécios e evitam a descarga de ascósporos.

A incidência e gravidade de doença de plantas variam de ano para ano e de região para região, devido à sua sensibilidade às condições climáticas. A infecção por *S. sclerotiorum* é favorecido por temperaturas amenas e ocorrência de chuva, neblina, orvalho ou umidade relativa alta (NAHAR *et al.*, 2020). O mofo branco foi mais severo na primeira época em comparação com a segunda, que apresentou temperaturas mais elevadas (Figura 10 e 11).

Segundo Paula Júnior e Zambolim (2013), no feijoeiro o mofo branco é mais severo em anos com temperaturas moderadas (de 15 a 20°C) e umidade alta. A temperatura média mais baixa e mais alta durante a primeira época foi de 7,7 e 21,2°C e na segunda época foi de 14,3 e 22,9°C, mostrando que a segunda época foi mais quente.

Na primeira época, após o aparecimento dos apotécios, a temperatura média se manteve na temperatura ideal para o desenvolvimento do fungo, decaindo com o passar dos dias e provocando a regressão do patógeno (Figura 12). Struck e Mendgen (1998) temperaturas excessivamente baixas ou quentes inibem a germinação ou reduzem a progressão da *S. sclerotiorum*.

Figura 12 - Dados de temperaturas diárias médias, mínima e máxima após a inoculação do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em duas épocas. A faixa verde representa temperatura ideal para o aparecimento de apotécios, a faixa laranja representa a temperatura ideal para o desenvolvimento do fungo e a faixa vermelha representa o período de maior intensidade do fungo na primeira época a azul na segunda época.



Fonte: Autor (2021).

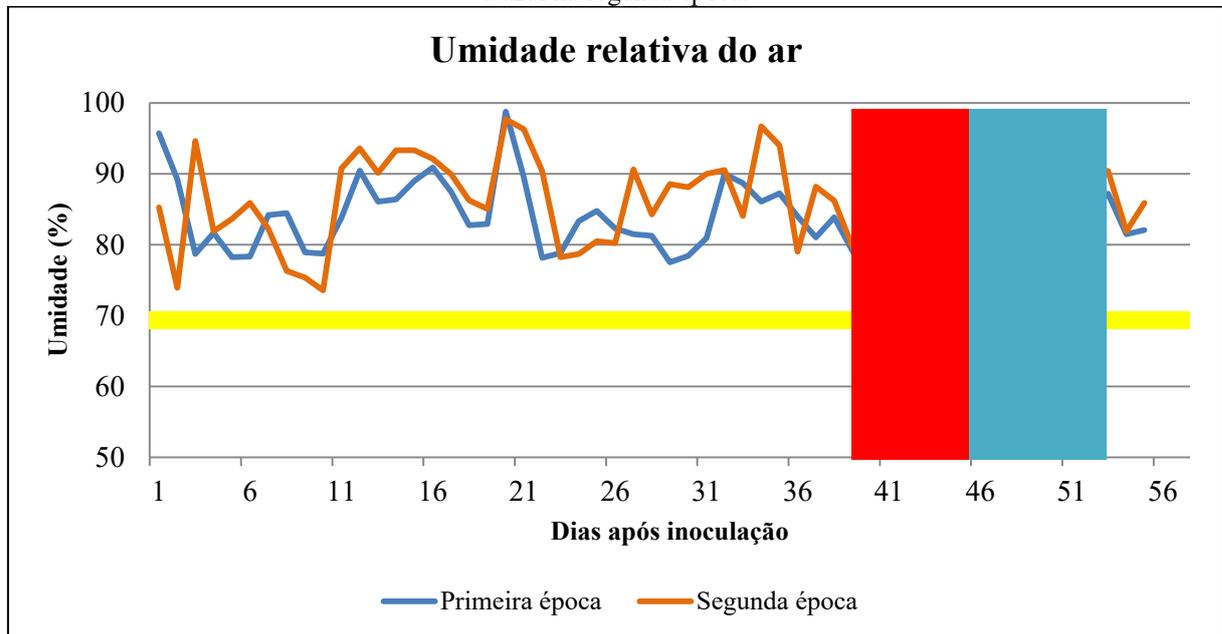
A ocorrência de *S. sclerotiorum* no feijoeiro se dá em qualquer estágio de crescimento da planta, porém, no estágio de floração o alto índice foliar torna o microclima altamente favorável e é estimulado por condições por altos potenciais de umidade do solo, frio e uma densa copa das plantas sobre o solo (FAGUNDES-NACARATH *et al.*, 2018; SAHARAN; MEHTA, 2008c). Na segunda época as temperaturas máximas foram mais altas do que na primeira época, podendo ter influenciado na intensidade da doença. A temperatura máxima mais baixa e mais alta durante a primeira época foi de 15,5 e 19,1°C, respectivamente e na segunda época, foi de 15,8 e 31,3°C, respectivamente (Figura 12).

Sob condições em que a umidade não seja limitante, a temperatura por si só influenciará a descarga de ascósporos (STRUCK, 2006). Segundo Saharan e Mehta (2008d), a alta umidade do solo combinado com uma temperatura elevada aumenta o nível de destruição do escleródio. Paula Júnior e Zambolim (2013) concluíram que temperaturas superiores a 20°C inibem a formação de apotécio. Além disso, a alta temperatura retarda o crescimento micelial e a germinação dos escleródios (Singh *et al.*, 1985). Nesse experimento na segunda época as temperaturas médias e máximas foram mais altas do que na época um, podendo ter influenciado na intensidade da doença.

Fagundes-Nacarath *et al.* (2018), obtiveram resultados semelhantes, onde concluíram que epidemias do mofo branco são favorecidas por temperaturas amenas (abaixo de 20°C) e alta umidade relativa do ar (acima de 70%). Paula Júnior e Zambolim (2013) afirmaram que o aparecimento de apotécio só ocorre se a umidade for suficientemente alta por cerca de duas semanas e os ascósporos requerem umidade para germinação e infecção, com tecidos senescentes geralmente servindo como uma fonte de nutrientes para o desenvolvimento de doenças subsequentes. Nas duas épocas a umidade relativa do ar manteve-se acima de 70%, sendo superior a 80% na primeira época no período de maior intensidade da doença (Figura 13).

Em experimento de Clarkson *et al.* (2014) sobre o efeitos da temperatura, umidade relativa e densidade de ascósporos na infecção por *S. sclerotiorum* em alface, observaram que quando maior a umidade do ar, maior a intensidade da doença, mostrando que o número efetivo de infecções aumentou rapidamente entre 70 e 100% de umidade.

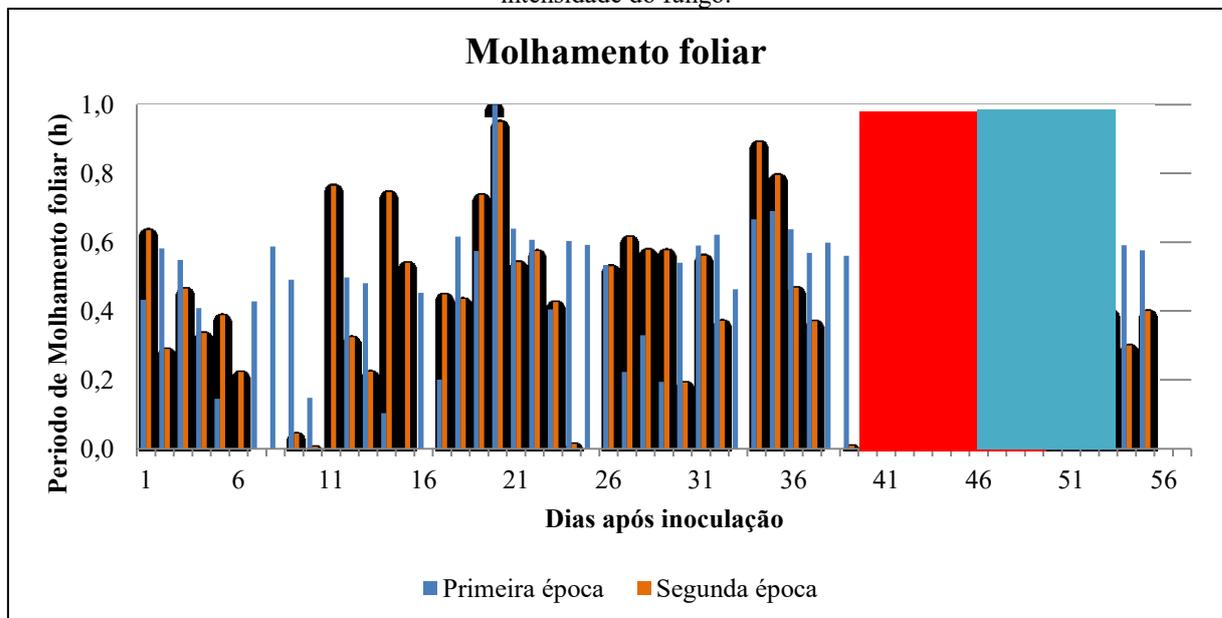
Figura 13 - Dados de umidade relativa do ar após a inoculação do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em duas épocas. A faixa amarela representa a umidade mínima que favorece o aparecimento da doença e a faixa vermelha representa o período o aparecimento de apotécios e o período de maior intensidade do fungo na primeira época e a azul na segunda época.



Fonte: Autor (2021).

Observa-se o molhamento foliar constante no período de maior intensidade da doença, sendo maior por mais dias consecutivos a primeira época (Figura 14).

Figura 14 - Dados do molhamento foliar após a inoculação do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura do feijão em duas épocas. A faixa vermelha representa o período o aparecimento de apotécios e o período de maior intensidade do fungo.



Fonte: Autor (2021).

Segundo Abawi e Grogan (1975) a duração do molhamento foliar quando na presença de inóculo fúngico, é mais importante do que o total de água recebida para o desenvolvimento da doença. Através dos resultados, verificou-se que o molhamento foliar constante no período

de maior intensidade da doença, isso também foi observado por outros autores. Sussel *et al.* (2011) observaram uma influenciaram entre os períodos de molhamento foliar na incidência e a severidade do mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini* [Buchw.] Hennebert) na mamona (*Ricinus communis*), onde ocorreu um aumento da AACPI e da AACPS com incremento do período de molhamento. Em um experimento sobre o efeito de temperaturas e períodos de molhamento foliar no desenvolvimento da ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia kuehnii*), os autores observaram que quando maior o período de melhoramento foliar maior a intensidade da doença (LIMA *et al.*, 2017).

## 5. CONCLUSÃO

A umidade influenciou no número e na viabilidade de escleródios. Os tratamentos com 0% de umidade do solo sem semeadura de feijão mantiveram um maior número de escleródios, porém os escleródios não estavam viáveis. Os tratamentos com 100% não mantiveram escleródios viáveis. O tratamento com 50% de umidade, não autoclavado e com a semeadura de feijão, mostrou-se ser o melhor ambiente para a permanência de escleródios viáveis.

O solo não-autoclavado mostrou um número maior de escleródios e uma maior viabilidade em relação ao solo autoclavado.

Houve efeitos na distribuição espaço-temporal de *S. sclerotiorum* nas diferentes épocas de plantio em decorrência das diferentes temperaturas, com sintomas mais evidentes na primeira época, que foi o período de ocorrência de temperaturas mais amenas.

## REFERÊNCIAS

- ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Source of primary inoculum and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 65, n. 3, p. 300–309, 1975.
- AFANDHI, A. *et al.* Endophytic fungi *Beauveria bassiana* Balsamo accelerates growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 6, n. 11, p. 1–6, 2019.
- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 24 jan. 2021.
- AIDAR, H. *et al.* Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum em várzeas tropicais irrigadas por subirrigação. **Embrapa Arroz e Feijão**, v. 1, p. 12, 2003.
- ANGELOTTI, F.; GHINI, R.; BETTIOL, W. **Como o aumento da temperatura interfere nas doenças de plantas?** Brasília: Embrapa, 2017.
- ANGELOTTI, F.; HAMADA, E. Efeito do deficit hídrico sobre a ocorrência de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. *et al.* (org.). **Aquecimento Glob. e Probl. fitossanitários**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 144–158.
- ARAÚJO, A. L. de S. *et al.* Impacto do aumento da temperatura na severidade do oídio do meloeiro Pele de Sapo. 2018. Petrolina: Jornada de Integração da Pós-Graduação da Embrapa Semiárido, 2018. p. 97–102.
- BAĞDATLI, M. C.; ERDOĞAN, O. Effects of Different Irrigation Levels and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), Photosynthesis Activator, Traditional Fertilizer on Yield and Growth Parameters of Dry Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) in Arid Climatic Conditions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 5, p. 527–537, 2019.
- BELAN, L. L. *et al.* Geostatistical analysis of bacterial blight in coffee tree seedlings in the nursery. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 4, p. 317–325, 2019.
- BERENSCHOT, A. S.; PARMA, M. M.; GHINI, R. Sobrevivência de escleródios de *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia sclerotiorum* em solo tratado com lodo de esgoto. **Summa Phytopathol**, v. 31, p. 12–103, 2005.
- BERNAT, M. *et al.* Influence of temperature and humidity on the survival of *Monilinia fructicola* conidia on stone fruits and inert surfaces. **Annals of Applied Biology**, v. 173, n. 1, p. 63–70, 2018.
- BRUMAT, A. C. L. **Distribuição Espacial e Temporal da Fusariose em Pimenta-do-Reino**. 2018. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Espírito Santo, 2018.
- CANTERI, M. G.; SILVA, O. C. da; TSUKAHARA, R. Y. Interação patógeno-hospedeiro-ambiente. In: PRIA, M. D.; SILVA, O. C. DA (org.). **Cult. do feijão doenças e Control**. Ponta Grossa: UEPG, 2018. p. 117–168.

CLARKSON, J. P. *et al.* A model for *Sclerotinia sclerotiorum* infection and disease development in lettuce, based on the effects of temperature, relative humidity and ascospore density. **PLoS ONE**, v. 9, n. 4, p. 15–25, 2014.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. Brasília: Conab, 2020. v. 8.

COOKE, B. M. Disease assessment and yield loss. In: COOKE, B. M.; JONES, D. G.; KAYE, B. (Org.). **Epidemiol. Plant Dis.** Dordrecht: Springer, 2006. p. 43–80.

DALACOSTA, N. L. **Compatibilidade de *Trichoderma harzianum* associado ao controle químico no tratamento de sementes de soja**. 2019. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2019.

DE LIMA, S. L. S. *et al.* Whole flour and protein hydrolysate from common beans reduce the inflammation in BALB/c mice fed with high fat high cholesterol diet. **Food Research International**, v. 122, p. 330–339, 2019.

EPAGRI. **Números da agropecuária catarinense - 2020**. Florianópolis: Epagri, 2020.

FAGUNDES-NACARATH, I. R. F. *et al.* A set of standard area diagrams to assess white mold severity on the leaflets of common beans. **Crop Protection**, v. 114, p. 60–67, 2018.

FAO. **Dados, Culturas**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 31 mar. 2020.

FARZAND, A. *et al.* Marker assisted detection and LC-MS analysis of antimicrobial compounds in different *Bacillus* strains and their antifungal effect on *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biological Control**, v. 133, p. 91–102, 2019.

FISCHER, I. H. *et al.* Detection and epidemiological progress of quiescent avocado diseases. **Ciência Rural**, v. 49, n. 8, p. 1–10, 2019.

HADDAD, P. E. *et al.* Selection of *Trichoderma* spp. strains for the control of *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1140–1148, 2017.

HARDWICK, N. V. Disease Forecasting. In: COOKE, B. M.; JONES, D. G.; KAYE, B. (org.). **Epidemiol. Plant Dis.** Dordrecht: Springer, 2006. p. 239–267.

HU, X. *et al.* Seed treatment containing *Bacillus subtilis* BY-2 in combination with other *Bacillus* isolates for control of *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape. **Biological Control**, v. 133, p. 50–57, 2019.

HUANG, X. P. *et al.* Baseline sensitivity of isopyrazam against *Sclerotinia sclerotiorum* and its efficacy for the control of *Sclerotinia* stem rot in vegetables. **Crop Protection**, v. 122, p. 42–48, 2019.

KRUEGER, W. The influence of environmental factors on the apothecial development of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **Nachrichtenblatt Deut. Pflanzenschutzd.**, v. 28, p. 130–135, 1976.

LEYRONAS, C. *et al.* Characterization of *Sclerotinia sclerotiorum* airborne inoculum, the widespread agent of white mould disease. **Aerobiologia**, Usar para falar de T, U entre os anos, v. 35, p. 243–252, 2019.

LIMA; BARRETO, M.; SCALOPPI, É. A. G. Reação de cultivares de algodoeiro a *Ramularia areola*. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 1, p. 57–60, 2010.

LIMA, L. L. *et al.* Temperaturas e períodos de molhamento foliar no desenvolvimento da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar (*Puccinia kuehnii*). **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 2, p. 132–135, 2017.

LIU, Y.; HE, F. Incorporating the disease triangle framework for testing the effect of soil-borne pathogens on tree species diversity. **Functional Ecology**, v. 33, p. 1211–1222, 2019.

MACHIANI, M. A. *et al.* Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping system under humi. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 112–122, 2019.

MAIA, A. J. *et al.* Produção de esporos e efeito da temperatura e luminosidade sobre germinação e infecção de *Pseudocercospora vitis* em videira. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 4, p. 287–291, 2015.

MARCUZZO, L. L.; HARBS, S. C. Efeito da temperatura e do fotoperíodo na esporulação in vitro de *Botrytis squamosa*, agente causal da queima das pontas das folhas da cebola. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 4, p. 404–405, 2018.

MARTINS, M. V. V. *et al.* Efeito da temperatura e umidade do substrato na viabilidade de *Sclerotium rolfsii*. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 217–222, 2010.

MARTINS, M. V. V. *et al.* Irradiação de escleródios de *Sclerotium rolfsii* em substratos tratados em coletpres solares, em Campos dos Goytacazes-RJ. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 421–424, 2003.

MARTINS, M. V. V. *et al.* Progresso do oídio em função da fenologia do cajueiro. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 2, p. 178–184, 2018.

MILAN, M. D. *et al.* Influência da ausência de luz no crescimento micelial e esporulação de *Pestalotiopsis mangiferae* ocorrente em mangueira cv. ‘Amrapali’. 2017. Pirenópolis: V Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 2017. p. 5–9.

MOORE, M. J.; OSTRY, M. E. Influence of temperature and humidity on the viability of *Ophiognomonium clavignenti-juglandacearum* conidia. **Plant Disease**, v. 99, n. 12, p. 1841–1846, 2015.

MORAES, M. P. **Sistema agrometeorológico de previsão para ferrugem asiática da soja**. 2018. 41 f. TCC (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018.

MOREIRA, M. A. M. **Estudo químico de extratos de *Sclerotinia sclerotiorum* e atividade antiinflamatória in vivo**. 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2018.

MOYANO, C.; MELGAREJO, P. Survival of *Botrytis cinerea* in soil in south-eastern Spain. **Journal of Phytopathology**, v. 150, n. 10, p. 536–540, 2002.

NAHAR, M. S. *et al.* Survey, morphology and white mold disease of country bean (*Lablab purpureus* L.) caused by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary in-relation to soil physico-chemical properties and weather conditions in Bangladesh. **Crop Protection**, v. 135, p. 1–7, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.019>>.

NAPOLEÃO, R. *et al.* Efeito da frequência de rega e da umidade do solo sobre a germinação carpopôgica de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 1, p. 80–82, 2007.

OLIVEIRA, J. M. **Progresso espaço-temporal da mancha aureolada em mudas de cafeeiro no viveiro**. 2017. 36 f. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

ORTIZ, J. C. D. *et al.* Evaluación in vitro de la actividad antifúngica del extracto de *Heliopsis longipes* en cepas de *Sclerotium cepivorum* y *Sclerotinia sclerotiorum*. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 9, n. 4, p. 871–877, 2018.

PAULA JÚNIOR, T. J.; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. (org.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2013. p. 359–414.

PEREIRA, A. J. *et al.* Efeito dos níveis de reposição e frequência de irrigação sobre a produção e qualidade do rabanete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, p. 117–120, 1999.

PEREIRA, H. S. *et al.* **BRS Esteio - Cultivar de feijoeiro comum com grãos pretos, alto potencial produtivo e resistência à antracnose**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014.

PORTO, A. C. M. *et al.* Choice of improved phenotyping methods for bean plant reactions to white mold by non-linear model adjustments of symptom progression. **Australasian Plant Pathology**, v. 48, p. 257–266, 2019.

PUTRICK, T. C.; COSTA, M. L. N.; THEODORO, G. D. F. Efeito de fertilizante foliar sobre isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 5, n. 2, p. 83–90, 2018.

RASEIRA, M. do C. B. *et al.* (org.). **Palestras do II Simpósio Nacional do Morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004.

REIS, F. C. **Levantamento da entomofauna e micobiota de grãos de *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* L. tratados pelo processo de irradiação**. 2019. 105 f. Tese (Doutorado) - Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, São Paulo, 2019.

ROCHA, I. S. *et al.* Distribuição espaço - temporal de *Sclerotinia Sclerotiorum* em campo de feijoeiro tratado com diferentes métodos de controle foliar. **Summa Phytopathol**, v. 44, n. 4, p. 361–367, 2018.

SAHARAN, G. S.; MEHTA, N. Epidemiology of *Sclerotinia* Diseases. **Sclerotinia Dis. Crop Plants Biol. Ecol. Dis. Manag.** Dordrecht: Springer, 2008a. p. 245–278.

SAHARAN, G. S.; MEHTA, N. Introduction. **Sclerotinia Dis. Crop plants Biol. Ecol. Dis. Manag.** Dordrecht: Springer, 2008b. p. 1–11.

SAHARAN, G. S.; MEHTA, N. Perpetuation. **Sclerotinia Dis. Crop Plants Biol. Ecol. Dis. Manag.** Dordrecht: Springer, 2008c. p. 209–214.

SAHARAN, G. S.; MEHTA, N. Reproduction and Reproductive Structures. **Sclerotinia Dis. Crop Plants Biol. Ecol. Dis. Manag.** Dordrecht: Springer, 2008d. p. 113–161.

SENDI, Y. *et al.* Diversity and geographic distribution of fungal strains infecting field-grown common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Tunisia. **European Journal of Plant Pathology**, v. 153, p. 947–955, 2019.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, p. 1051–1056, 1977.

SIEBOLD, M.; TIEDEMANN, A. Von. Potential effects of global warming on oilseed rape pathogens in Northern Germany. **Fungal Ecology**, v. 5, n. 1, p. 62–72, 2012.

SILVA, F. L. da. **Análise proteômica da interação *Trichoderma asperellum*, *Phaseolus vulgaris* e *Sclerotinia sclerotiorum***. 2018. 116 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Departamento de Biologia Celular, Brasília, 2018.

SILVEIRA, N. S. S. *et al.* Influência da temperatura, período de molhamento e concentração do inóculo de fungos na incidência de podridões pós-colheita em frutos de tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 33–38, 2001.

STRUCK, C.; MENDGEN, K. Infection strategies. In: JONES, D. G. (org.). **Epidemiol. Plant Dis.** Dordrecht: Springer, 1998. p. 103–122.

STRUCK, Christine. Infection strategies of plant parasitic fungi. In: COOKE, B. M.; JONES, D. G.; KAYE, B. (org.). **Epidemiol. Plant Dis.** 2. ed. Dordrecht: Springer, 2006. p. 117–137.

SUSSEL, A. A. B. *et al.* Incidência e severidade do mofo-cinzentado-da-mamoneira sob diferentes temperaturas, períodos de molhamento e concentração de conídios. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 1, p. 30–34, 2011.

TEIXEIRA, P. H. *et al.* Management of white mold in common bean using partial resistance and fungicide applications. **Crop Protection**, v. 124, p. 1–8, 2019.

TERAO, D. *et al.* **Identificação e manejo de doenças fúngicas da melancia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019.

VELASCO, N. F. *et al.* Photosynthetic responses and tolerance to root-zone hypoxia stress of five bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). **South African Journal of Botany**, v. 123, p. 200–207, 2019.

WAN, J. S. H.; RUTHERFORD, S.; BONSER, S. P. The invasion triangle in the range dynamics of invasive species following successful establishment. **Evolutionary Ecology**, v. 33, p. 299–312, 2019.

WENDLAND, A.; JUNIOR, M. L.; FARIA, J. C. de. **Manual de Identificação das**

**Principais Doenças do Feijoeiro-Comum.** 1. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

WILLBUR, J. *et al.* An overview of the *Sclerotinia sclerotiorum* pathosystem in soybean: impact, fungal biology, and current management strategies. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 1, p. 3–11, 2019.

XU, X. Modelling and interpreting disease progress in time. In: COOKE, B. M.; JONES, D. G.; KAYE, B. (org.). **Epidemiol. Plant Dis.** Dordrecht: Springer, 2006. p. 215–238.

ZABALGOGEAZCOA, I. Review. Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 6, p. 138–146, 2008.

ZAMBOLIM, L.; JESUS JÚNIOR, W. C. de; RODRIGUES, F. de Á. **O essencial da fitopatologia: epidemiologia de doenças de plantas.** Viçosa: UFV, 2014.