

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – MESTRADO

GUSTAVO CASTILHO BERUSKI

**INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DE MOFO BRANCO EM SOJA CULTIVADA SOB
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS E ESPAÇAMENTOS**

PONTA GROSSA

2013

GUSTAVO CASTILHO BERUSKI

**INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DE MOFO BRANCO EM SOJA CULTIVADA SOB
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS E ESPAÇAMENTOS**

Dissertação apresentada a Universidade Estadual de Ponta Grossa para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. André Belmont Pereira.

Co-orientador: Prof. Dr. David de Souza Jaccoud
Filho.

PONTA GROSSA

2013

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

B552 Beruski, Gustavo Castilho
Incidência e severidade de mofo branco em soja cultivada sob diferentes densidades populacionais e espaçamentos / Gustavo Castilho Beruski. Ponta Grossa, 2013.
120f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração : Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador: Prof. Dr. André Belmont Pereira
Co Orientador: Prof. Dr. David de Souza Jaccoud Filho.

1. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. 2. *Glycine max*. 3. Modelos epidemiológicos. 4. Elementos meteorológicos. 5. Manejo de culturas . I. Pereira, André Belmont. II. Jaccoud Filho, David de Souza. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado de Agronomia. IV. T.

CDD: 633.34



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação: **“Incidência e severidade de mofo branco em soja sob diferentes densidades populacionais e espaçamentos”.**

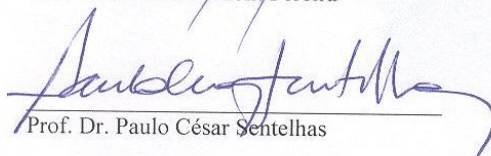
Nome: Gustavo Castilho Beruski

Orientador: André Belmont Pereira

Aprovado pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. André Belmont Pereira



Prof. Dr. Paulo César Sentelhas



Prof. Dr. João Batista Vida

Data da Realização: 02 de abril de 2013.

À mulher guerreira e batalhadora

Marli Castilho

Minha MÃE

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder muita saúde, seriedade e lucidez, para que tal pesquisa fosse iniciada e concluída.

Ao Professor Dr. André Belmont Pereira pela amizade, confiança, dedicação e pela grandiosa contribuição com seus conhecimentos e sugestões na orientação e conclusão do presente trabalho.

Ao Professor Dr. David de Souza Jaccoud Filho pelo apoio, amizade, sinceridade e, principalmente, por acreditar na minha pessoa em processo seletivo em 2010.

A minha grandiosa Família que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, aconselhando, confiando. Especialmente à minha mãe Marli Castilho, pelo carinho, amor, educação e ensinamentos. A minha querida irmã Maria Gabriella Castilho Beruski, pelo carinho e companheirismo. Aos meus avós Félix Castilho, Irene dos Santos Castilho e Ana Miskalo Beruski, pela sabedoria e ensinamentos.

A Gabriela Leite Neves pelo amor, carinho, compreensão e companheirismo durante o Mestrado e no desenvolvimento do presente trabalho de pesquisa.

A minha segunda Família Mozart Linhares Neves, Aparecida Lauri Gomes Leite Neves, Isabela Leite Neves, Mozart Gabriel Leite Neves, pelo acolhimento e companheirismo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), pela aprovação e auxílio financeiro ao Projeto Edital 064/2008-3.

A todos do Laboratório de Fitopatologia da UEPG (Família F-12) pela acolhida, pela amizade, companheirismo e principalmente pela ajuda nos trabalhos e coleta de dados em campo.

Ao Coordenador do Mestrado Professor Dr. Adriel Ferreira da Fonseca e vice Coordenador Professor Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello, pela atenção e auxílio ao longo do Mestrado.

A secretária do Mestrado, Nilcéia, pela atenção, auxílio e disposição para ajudar.

Ao Professor Dr. Paulo César Sentelhas pela amizade e atenção e pela concessão de sensores de molhamento foliar e multiplexer para que o experimento fosse efetuado. E pelos grandiosos auxílios e dicas na análise epidemiológica dos dados.

A Professora Dra. Rosana Fernandes Otto pela amizade, atenção durante o Mestrado e a confiança quando nos emprestou equipamentos para que a pesquisa pudesse ser realizada e colocada em prática.

Ao pesquisador Antônio Ribeiro da Cunha pela amizade, atenção e auxílio com o tratamento dos dados meteorológicos locais.

A todos os Professores vinculados ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Agricultura, UEPG, que contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

Ao senhor José Bento Azambuja Germano, Engº. Agrº. Ely de Azambuja Germano Neto, Sr. Ivo Frare, Sr. Antônio Luiz Frare, Sr. Herculano, Sra. Joelma, Sr. Claudinei, Sr. Júlio, Sr. Luís e aos demais funcionários da Fazenda Mutuca, pelo grande incentivo à pesquisa, pelo apoio e suporte a mim dado durante o desenvolvimento do experimento.

A todos meus amigos que sempre me apoiaram para que essa pesquisa fosse concluída.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento dessa dissertação, meus profundos agradecimentos.

Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e
nunca se arrepende.

Leonardo Da Vinci

RESUMO

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary é um patógeno necrotrófico, polífago que tem a planta da soja como um dos seus principais hospedeiros. Porém, para que ocorram epidemias em decorrência desse patógeno é necessário que as condições climáticas, principalmente de umidade e temperatura do ar, sejam favoráveis para a ocorrência e o desenvolvimento da doença. Face ao exposto, o trabalho teve como objetivo analisar a incidência e a severidade de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja cultivada no município de Arapoti, PR, em função de diferentes densidades populacionais, espaçamentos entre linhas de cultivo e variáveis meteorológicas locais. O experimento foi conduzido no município de Arapoti – PR, em área naturalmente infestada contendo 31 escleródios m⁻². A semeadura da soja (cv. Apolo RR) foi realizada no dia 18/10/2011. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial, sendo combinados 4 espaçamentos entre linhas (0,35; 0,45; 0,60; 0,75 metros) e 4 populações (150; 200; 250; 300 mil plantas ha⁻¹), totalizando 16 tratamentos e 4 repetições. Ao longo do experimento efetuou-se 4 avaliações de incidência e severidade. Os dados meteorológicos locais foram coletados por sensores, os quais foram acoplados a um datalogger CR-1000 (Campbell Scientific Inc.), sendo este programado para efetuar leituras a cada 60 segundos armazenando médias a cada 30 minutos. De acordo com os dados coletados em estação meteorológica automática verificou-se que as condições climáticas locais foram favoráveis a incidência e desenvolvimento do patógeno. Durante o ciclo da cultura, a temperatura média do ar foi de 19,5 °C, já durante a fase de florescimento da cultura da soja esta variável apresentou valores de 20,2 °C. Os índices pluviométricos foram elevados e bem distribuídos ao longo da cultura, favorecendo o desenvolvimento do patógeno no campo. Além disso, os valores de umidade relativa do ar e da duração do período de molhamento foliar também foram favoráveis à ocorrência de mofo branco na cultura da soja. Dentre os modelos utilizados na análise epidemiológica, os modelos Monomolecular e Logístico apresentaram melhores ajustes aos dados de incidência e severidade de mofo branco na cultura da soja, respectivamente. Os coeficientes de correlação de Pearson obtidos através da regressão linear simples entre os dados de incidência e severidade da doença e os elementos meteorológicos locais sob os diferentes tratamentos empregados demonstraram elevada precisão para as variáveis temperaturas média e máxima do ar, confirmando que tais elementos tiveram maior influência no progresso da doença. Já para os demais elementos meteorológicos os valores de R foram reduzidos. Os dados de produtividade e peso de mil sementes não apresentaram oscilações em função das variações nos níveis de incidência e severidade de mofo branco na cultura da soja cultivada na localidade climática estudada. Contudo a produtividade da cultura foi maior nos tratamentos com espaçamentos reduzidos, já a massa de mil grãos apresentou maiores valores em tratamentos com reduzida densidade populacional.

Palavras-chave: *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *Glycine max*. Modelos epidemiológicos. Elementos meteorológicos. Manejo de culturas.

ABSTRACT

The fungus *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary is a necrotrophic and polyphagous pathogen with soybean crop as one of the most important hosts. However in order to occur epidemics caused by such a pathogen it is necessary that the climatic conditions, mainly air temperature and relative humidity be favorable to the occurrence and development of the disease. Face with that, the current research aimed to analyze the incidence and severity of *S. sclerotiorum* on soybean plants grown at Arapoti, PR, Brazil, as a function of different plant populations, between row spacing's and microclimate. The experiment was conducted in a naturally infested area with 31 sclerotia per square meter. The soybean crop (cv. Apollo RR) was sown on October 18th, 2011. The experimental design adopted herein was a randomized block in a factorial combination with 4 row spacing's (0.35, 0.45, 0.60, 0.75 m) and 4 plant populations (150, 200, 250; 300 thousands plants per hectare), totaling 16 treatments and 4 replications. Throughout the current study we performed 4 assessments of incidence and severity. The local meteorological data were collected by electronical sensors, which were attached to a CR-1000 datalogger (Campbell Scientific Inc.) being programmed to provide readings at each 60 seconds and storing averages at each 30 minutes. In compliance with the data monitored by an automatic weather station we observed that the local climatic conditions were favorable to the incidence and development of the pathogen. Throughout the crop cycle the average air temperature was of 19.5 °C, whereas during the flowering stage of the soybean crop such a variable was of 20.2 °C. The amount of rainfall was high and well distributed over course of the crop growing season, promoting favorable environmental conditions to trigger the development of the white mold in the field. Moreover, the regime of relative humidity and leaf wetness duration lead to favorable conditions to the progress of the disease at the studied site. Among the models used for epidemiological analysis, the molecular and logistic models showed the best adjustment to the data of incidence and severity of white mold on soybean crop, respectively. Pearson correlation coefficients obtained by means of a simple linear regression study between incidence and disease severity degree and local meteorological elements showed a high accuracy for the variables such as mean and maximum temperatures, confirming that these elements had a larger influence on the progress of the disease. As to the other meteorological elements the values of R were low. Yield and weight of thousand grain data did not show significant variations as a function of incidence and severity of white mold for soybean crop grown at the site in study. However, the yield was higher at treatments with reduced spacings, whereas for thousand grain weight higher values at treatments with low population densities were found herein.

Keywords: *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *Glycine max*. Epidemiological models. Meteorological elements. Cultural practices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Sintomas de mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) na cultura da soja.....	30
Figura 2-	Ciclo de vida do fungo <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary em plantas de soja.....	32
Figura 3-	Estação Meteorológica Automática (EMA) e seus respectivos sensores e componentes, responsáveis pelo registro e armazenamento dos elementos meteorológicos locais, Arapoti, PR.....	53
Figura 4-	Escala para avaliação de severidade de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> em plantas individuais de soja.....	55
Figura 5a-	Incidência de mofo branco observada e estimada para cultura da soja no transcorrer do tempo considerando os modelos epidemiológicos Logístico, Monomolecular e de Gompertz em função da taxa aparente de infecção.....	75
Figura 5b-	Incidência de mofo branco observada e estimada para cultura da soja no transcorrer do tempo considerando os modelos epidemiológicos Logístico, Monomolecular e de Gompertz em função da taxa aparente de infecção.....	76
Figura 6a-	Severidade de mofo branco observada e estimada para cultura da soja no transcorrer do tempo considerando os modelos epidemiológicos Logístico, Monomolecular e de Gompertz em função da taxa aparente de infecção.....	77
Figura 6b-	Severidade de mofo branco observada e estimada para cultura da soja no transcorrer do tempo considerando os modelos epidemiológicos Logístico, Monomolecular e de Gompertz em função da taxa aparente de infecção.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Classificação botânica da planta de soja descrita por A. Engler e A. Cronquist.....	22
Tabela 2-	Estádios fenológicos vegetativos das plantas de Soja.....	23
Tabela 3-	Estádios fenológicos reprodutivos das plantas de Soja.....	24
Tabela 4-	Classificação taxonômica do fungo <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary.....	29
Tabela 5-	Tratamentos que compuseram o experimento durante a safra 2011/2012, Arapoti – PR, com o objetivo de avaliar o progresso do mofo branco na cultura da soja.....	50
Tabela 6-	Dados meteorológicos coletados em EMA no município de Arapoti, PR, durante a estação de cultivo da soja, safra 2011/2012, organizados em médias decendiais.....	61
Tabela 7-	Análise da variância com aplicação do teste F (ANOVA) aos dados de incidência de mofo branco (<i>S. sclerotiorum</i>) durante três avaliações na cultura da soja em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.....	68
Tabela 8-	Análise da variância com aplicação do teste F (ANOVA) aos dados de severidade de mofo branco (<i>S. sclerotiorum</i>) durante três avaliações na cultura da soja em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.....	70
Tabela 9-	Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicados aos dados de severidade de mofo branco (<i>S. sclerotiorum</i>) durante três avaliações, em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais na cultura da soja em Arapoti, PR.....	71
Tabela 10-	Análise da variância (ANOVA) com aplicação do teste F aos dados da área abaixo a curva de progresso da doença (AACPD) de mofo branco (<i>S. sclerotiorum</i>) na soja em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.....	73
Tabela 11-	Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado aos dados experimentais da área abaixo a curva de progresso da doença (AACPD) de mofo branco (<i>S. sclerotiorum</i>) na soja em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.....	74
Tabela 12-	Valores de coeficientes de determinação (R^2), coeficiente linear (y^0) e angular (r) da equação de regressão linear simples	80

obtida entre os valores observados e os valores estimados pelos modelos Logístico, Monomolecular e de Gompertz de incidência de mofo branco na cultura da soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais no município de Arapoti, PR.....

Tabela 13-	Valores do erro absoluto médio (EAM) e raiz quadrada do erro médio quadrático normalizado (RQEM) calculados utilizando os dados de incidência de mofo branco obtida pelo modelo Logístico, Monomolecular e de Gompertz nos diferentes tratamentos adotados.....	81
Tabela 14-	Valores de coeficientes de determinação (R^2), coeficiente linear (y^0) e angular (r) da equação de regressão linear simples obtida entre os valores observados e os valores estimados pelos modelos Logístico, Monomolecular e de Gompertz de severidade de mofo branco na cultura da soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais no município de Arapoti, PR.....	84
Tabela 15-	Valores do erro absoluto médio (EAM) e raiz quadrada do erro médio quadrático normalizado (RQEM) calculados utilizando os dados de severidade de mofo branco obtida pelo modelo Logístico, Monomolecular e de Gompertz nos diferentes tratamentos adotados.....	85
Tabela 16-	Coeficientes linear (y^0), angular (r) e de correlação de Pearson (R) da regressão linear entre a taxa de infecção aparente de mofo branco (incidência), em soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, e variáveis climáticas coletadas em posto de observação de superfície em área experimental do município de Arapoti, PR...	88
Tabela 17-	Coeficientes linear (y^0), angular (r) e de correlação de Pearson (R) da regressão linear entre a taxa de infecção aparente de mofo branco (incidência), em soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, e variáveis climáticas coletadas em posto de observação de superfície em área experimental do município de Arapoti, PR...	89
Tabela 18-	Coeficientes linear (y^0), angular (r) e de correlação de Pearson (R) da regressão linear entre a taxa de infecção aparente de mofo branco (severidade), em soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, e variáveis climáticas coletadas em posto de observação de superfície em área experimental do município de Arapoti, PR...	93
Tabela 19-	Coeficientes linear (y^0), angular (r) e de correlação de Pearson (R) da regressão linear entre a taxa de infecção aparente de	95

mofo branco (severidade), em soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, e variáveis climáticas coletadas em posto de observação de superfície em área experimental do município de Arapoti, PR...

Tabela 20-	Análise da variância (ANOVA) com aplicação do teste F aos dados de produtividade de soja (kg ha^{-1}) em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.....	98
Tabela 21-	Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado aos dados experimentais de produtividade de soja (kg ha^{-1}) em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.....	98
Tabela 22-	Análise da variância (ANOVA) com aplicação do teste F aos dados de massa de mil grãos de soja (gramas) em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.....	100
Tabela 23-	Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado aos dados experimentais de massa de mil grãos de soja (gramas) em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.....	101

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 AGRICULTURA NO BRASIL	19
2.2 CULTURA DA SOJA	21
2.3 <i>SCLEROTINIA SCLEROTIORUM (LIB.) DE BARY (MOFO-BRANCO)</i>	27
2.3.1 HISTÓRICO.....	27
2.3.2 TAXONOMIA, ETIOLOGIA E SINTOMATOLOGIA.....	28
2.3.3 CICLO DE VIDA E INTERFERÊNCIA DE ELEMENTOS DO CLIMA, ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES POPULACIONAIS.....	31
2.4 EPIDEMIOLOGIA: UMA RELAÇÃO ENTRE AGROMETEOROLOGIA E DOENÇAS EM PLANTAS	44
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	49
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E SOLO	49
3.3 CULTURA: CULTIVAR, SEMEADURA, CONDUÇÃO DA CULTURA	49
3.4 ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	50
3.4.1 SALDO-RADIÔMETRO NR LITE	51
3.4.2 PIRANÔMETRO LI-200X	51
3.4.3 SENSOR QUANTUM LI-190SB.....	51
3.4.4 SENSOR HMP45C.....	52
3.4.5 SENSOR CS106	52
3.4.6 PLUVIÔMETRO	53
3.5 ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR	53
3.6 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	54
3.7 AVALIAÇÕES	54
3.8 ÁREA ABAIXO DA CURVA DE PROGRESSO DA DOENÇA	55
3.9 ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA	56
3.9.1 MODELO LOGÍSTICO.....	56
3.9.2 MODELO MONOMOLECULAR	57
3.9.3 MODELO DE GOMPERTZ	58

3.10	<i>PRODUTIVIDADE E MASSA DE MIL GRÃOS</i>	59
3.11	<i>ANÁLISE ESTATÍSTICA</i>	60
4	<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	61
4.1	<i>DADOS METEOROLÓGICOS</i>	61
4.2	<i>INCIDÊNCIA, SEVERIDADE E ÁREA ABAIXO DA CURVA DE PROGRESSO DA DOENÇA (AACPD)</i>	67
4.3	<i>ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA</i>	74
4.4	<i>CORRELAÇÃO ENTRE O PROGRESSO APARENTE DO MOFO BRANCO (INCIDÊNCIA E SEVERIDADE) E ELEMENTOS METEOROLÓGICOS LOCAIS</i>	87
4.5	<i>PRODUTIVIDADE E MASSA DE MIL GRÃOS</i>	97
5	<i>CONCLUSÃO</i>	103
6	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	105

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é uma grande potência agrícola mundial e sua economia é diretamente afetada pela agricultura. A agricultura brasileira lidera a produção e exportação de vários produtos agropecuários, dentre estes tem-se o complexo soja (farelo, óleo e grão), com aproximadamente 44,4 milhões de toneladas (MDIC, 2012). Durante a safra 2011/2012, o Brasil produziu cerca de 66,3 milhões de toneladas de soja em 25 milhões de hectares plantados (CONAB, 2012).

Em território brasileiro a produção de soja é liderada pelos estados do Mato Grosso, seguido pelo Paraná, com produções de 21,8 e 10,9 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2012). No Paraná as regiões norte e sul do estado destacam-se na produção de soja, apresentando valores de 3,19 e 3,18 milhões de toneladas, respectivamente (SEAB/DERAL, 2012). Considerando a divisão do estado do Paraná em núcleos regionais verifica-se que Ponta Grossa é o maior produtor de soja, com uma produção de 1,64 milhões de toneladas de soja em 489.520 hectares de área plantada (SEAB/DERAL, 2012).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta da família Fabaceae (COSTA, 1996). Seu ciclo varia de 100 dias para as cultivares mais precoces, até 160 dias para as cultivares mais tardias, variação esta decorrente da época de semeadura, características genéticas, suprimento de água no solo e regime de temperatura no ambiente (WILLIAMS, 1950). No Brasil, a cultura da soja é cultivada em extensas áreas, fator que favorece a ocorrência de pragas e doenças.

Dentre as doenças que afetam a produção e o rendimento da cultura da soja, o mofo branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, tem provocado danos e perdas consideráveis na cultura da soja (PURDY, 1979; BOLAND; HALL, 1994; BOLTON et al., 2006; JACCOUD FILHO et al., 2010). Esse patógeno está disseminado por todo o país, tendo maior incidência nos estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste, regiões onde a temperatura é amena e há elevados índices pluviométricos, fatores que favorecem o desenvolvimento do patógeno.

O fungo *S. sclerotiorum* apresenta cerca de 400 espécies de plantas hospedeiras, entre elas plantas de importância econômica como soja, feijão, algodão e girassol (PARTYKA; MAI, 1962; SCHWARTZ, 1977; PURDY, 1979; FARR et al.,

1989; SAHARAN; MEHTA, 2008; BOLTON et al., 2006). Além disso, o patógeno em questão apresenta a capacidade de formar estruturas de resistências, denominadas escleródios, que sobrevivem por vários anos no solo, mesmo em condições adversas (FERREIRA; LEHMAN; ALMEIDA, 1979; JULIATTI; POLIZEL; JULIATTI, 2004; ALMEIDA, et al., 2005).

Epidemias de mofo branco na cultura da soja são cada vez mais frequentes, e são desencadeadas principalmente pelas condições meteorológicas, pelo microclima gerado pelo dossel da planta e pela quantidade de inóculo inicial presente na superfície do solo. Em suma, temperaturas inferiores a 30 °C e umidade na superfície da planta recorrente entre 12 e 16 horas, numa base diária ou molhamento foliar contínuo por 42-72 horas, ocorrência de precipitações durante o período de florescimento da cultura da soja são pré-requisitos para o desenvolvimento do mofo branco (STEADMAN, 1983).

As condições microclimáticas no interior do dossel da cultura podem ser modificadas em função de diferentes práticas de manejo, de acordo com diferentes épocas de semeadura, reduções nos espaçamentos entre linhas de cultivo, elevação na densidade populacional de plantas, uso de cultivares de maior porte e uso de sistemas de irrigação. Diferentes práticas de manejo podem atuar tanto no controle da doença, quanto em sua intensificação em campos de produção.

Estabelecidas às condições para que ocorram epidemias, a doença poderá se distribuir e sofrer mudanças ao longo do tempo. A análise de sua intensidade em função do tempo pode ser efetuada por meio da curva de progresso da doença (SENTELHAS et al., 1996), que pode ser descrita por meio de modelos matemáticos de crescimento como modelos Logístico, Monomolecular, de Gompertz, de Mitscherlich e de Von Bertalanfy (VANDERPLANK, 1963; BERGER, 1981). Além da aplicação de modelos matemáticos considerados clássicos, estudos recentes têm empregado a análise bayesiana para descrever o comportamento de doenças de plantas em campos de produção (MILA; CARRIQUIRY; YANG, 2004).

O presente trabalho tem como objetivo analisar a incidência e a severidade de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) na cultura da soja cultivada no município de Arapoti, PR, em função de diferentes densidades populacionais, espaçamentos entre linhas de cultivo e variáveis meteorológicas locais, com o intuito de determinar, baseado no modelo matemático que melhor descreve o progresso do mofo branco, a interferência das diferentes variáveis climatológicas locais no

progresso do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em soja sob fitotécnicas adotadas no presente estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AGRICULTURA NO BRASIL

O Brasil é classificado como um país em desenvolvimento, e está inserido no grupo das 20 maiores economias do mundo (G-20). A economia brasileira encontra-se em ampla expansão e segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a economia brasileira deverá crescer nos próximos anos, apesar de ocorrer uma desaceleração e um aumento nas taxas de inflação. Segundo a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), a projeção de crescimento para o PIB brasileiro é de 4,0% para o ano de 2013.

O Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro é composto por três principais vertentes: Agricultura, Comércio e Serviços e Indústria. No Brasil, o PIB de 2011 formou-se, principalmente, pelo setor de comércio e serviços que contribuiu com R\$ 2.366,1 bilhões (57,11%), seguido pelos setores da indústria e agricultura com valores de R\$ 972,2 (23,46%) e R\$ 192,7 (4,6%) bilhões, respectivamente (IBGE, 2012).

No ano de 2011 o PIB brasileiro, quando comparado ao de 2010, aumentou 2,7% e alcançou o valor total de R\$ 4,143 trilhões (IBGE, 2012). Sendo que o aumento no PIB deve-se principalmente ao setor da agropecuária que cresceu cerca de 3,9% quando comparado ao ano de 2012. Tal crescimento está diretamente relacionado à maior produção de diversas culturas agrícolas de importância econômica e aos ganhos de produtividade. Além disso, as condições climáticas foram favoráveis às práticas de cultivo, possibilitando uma safra recorde em 2011, atingindo 159,9 milhões de toneladas (IBGE, 2012).

A contribuição do setor agropecuário no PIB, provavelmente, será ainda maior para o ano de 2013, visto que segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) em seu levantamento de safra 2012/2013 estima um crescimento de 2,1% na área a ser plantada. Dessa maneira, ter-se-á um aumento de 1,05 milhões de hectares na área de 50,98 milhões cultivada na safra 2011/2012.

De fato o Brasil é uma grande potência agrícola, e essa atividade influi diretamente no seu desenvolvimento econômico. Segundo o Ministério da

Agricultura, a agricultura brasileira foi responsável por 37,9% do total de exportações, durante o ano de 2010. Além disso, tal setor gera mais de 17 milhões de empregos, e é tido como o principal fornecedor de alimentos para o mercado mundial.

O país é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários. Lidera o *ranking* na produção e exportação de café, açúcar, álcool, a partir da cana-de-açúcar, e suco de laranja. Também está em primeiro lugar nas vendas externas do complexo soja (farelo, óleo e grão), aproximadamente 44,4 milhões de toneladas (MDIC, 2012), carne bovina e carne de frango. É destaque na produção de milho, arroz, suínos e pescados.

Sem dúvida, dentre os produtos relatados anteriormente, a soja está entre os principais produtos agrícolas mundiais. Na safra de 2010/2011, a soja foi a terceira cultura agrícola mais produzida no mundo, encontrando-se atrás, apenas do arroz e do trigo (FAO, 2012). Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO, 2012), a produção mundial de soja, na referida safra, foi de 264,9 milhões de toneladas, em uma área plantada de 103,5 milhões de hectares (USDA, 2012).

O Brasil é o segundo colocado mundial na produção de soja, encontrando-se atrás apenas dos Estados Unidos da América. Internamente a soja é a terceira commodity mais produzida, perdendo apenas para a carne bovina e para a cana-de-açúcar. Durante a última safra (2011/2012), o Brasil produziu cerca de 66,3 milhões de toneladas de soja em 25 milhões de hectares plantados (CONAB, 2012) e segundo previsões espera-se que a área plantada, a produção e a produtividade aumentem para a safra 2012/2013, cerca de 8,8%, 24,5%, 14,4%, respectivamente (CONAB, 2012).

A produção brasileira de soja é liderada por dois estados da federação, sendo o Mato Grosso o maior produtor, seguido pelo Paraná. No Mato Grosso a produção na safra de 2011/2012 foi de 21,8 milhões de toneladas em 6,9 milhões de hectares plantados. Já no Paraná foi de 10,9 milhões de toneladas em 4,4 milhões de hectares plantados, resultando em uma produtividade de 2.453 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012).

No Paraná, a produção de soja é liderada por municípios da região Norte e Sul do estado, com valores de 3.191 e 3.181 mil toneladas, respectivamente (SEAB/DERAL, 2012). Analisando a produção do Paraná, seguindo a divisão do estado em núcleos regionais, verifica-se que o núcleo de Campo Mourão, na safra

2011/2012, apresentou a maior área plantada, 574.265 hectares, seguido por Ponta Grossa com 489.520 hectares (SEAB/DERAL, 2012). Considerando agora a produção dos núcleos regionais verifica-se que Ponta Grossa é o maior produtor de soja no estado, com uma produção de 1,65 milhões toneladas de soja, podendo tal valor se elevar, cerca de 7,3% na safra 2012/2013, segundo previsões da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná (SEAB/DERAL, 2012).

2.2 CULTURA DA SOJA

A soja tem a região Central da China como o seu centro de origem genético (HYMOWITZ, 1970). Os primeiros relatos do grão aparecem no período entre 2.883 e 2.828 A.C., época em que o grão de soja era considerado um grão sagrado pela civilização antiga, juntamente com o arroz, trigo, cevada e milheto, citadas no livro “Pen Ts’ao Kong Um”, que descrevia as plantas da China para o Imperador Sheng (MORSE, 1950).

Entretanto, a cultura da soja começou a ser introduzida em outras regiões do mundo no final do século XV, quando europeus começaram a cultivá-la como planta ornamental (EMBRAPA, 2011). Depois de muito tempo, apenas na segunda década do século XX, a soja começou a ser cultivada em escala mundial, devido ao interesse no teor de óleo e proteína presente no grão. No Brasil há relatos que o cultivo da soja iniciou-se no estado da Bahia no ano de 1882, que posteriormente foi levada para os estados de São Paulo, cultivada no Instituto Agrônômico de Campinas, e no Rio Grande do Sul, cultivada na Escola Superior de Agronomia e Veterinária da Universidade Técnica do Rio Grande do Sul (SEDIYAMA et al., 1996).

A soja foi classificada botanicamente por A. Engler e A. Cronquist (Tabela 1) e atualmente a forma correta de referenciá-la é *Glycine Max* (L.) Merrill (COSTA, 1996).

A soja é uma planta anual, herbácea, de porte ereto ou volúvel. Caule ramoso, híspido, com 0,8 a 1,5 metros de comprimento. Folhas do tipo longo-pecioladas, com três folíolos cordiforme. Flores reunidas em cachos curtos, axilares, sésseis, brancas, violáceas ou amarelas. Vagens levemente arqueadas, sub-comprimidas, contendo de uma a cinco sementes. Suas sementes podem ser lisas, ovóides, globosas ou elípticas, com hilo castanho, podendo variar de acordo com a

variedade. As sementes apresentam coloração branca, amarelas, escuras, negras, vermelho-escuras, verdes, verde-amareladas ou matizadas, podendo medir de 3 a 7 milímetros de comprimento (JOLY; LEITÃO FILHO, 1979).

Tabela 1: Classificação botânica da planta de soja descrita por A. Engler e A. Cronquist. Adaptada de Costa (1996).

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledoneae	Magnoliopsida
Subclasse	Archichlamidae	Rosidae
Ordem	Rosales	Fabales
Família	Leguminosae	Fabaceae
Gênero	Glycine	Glycine
Espécie	<i>Glycine max</i> (L.) Merril	<i>Glycine max</i> (L.) Merril

O ciclo da cultura da soja pode variar de 100 dias para as mais precoces, até 160 dias para as mais tardias, podendo seu ciclo fenológico variar de acordo com a época de semeadura, características genéticas das cultivares, além de sofrer interferência das características locais da região de cultivo, como as condições meteorológicas e o tipo de solo (WILLIAMS, 1950).

Os estádios fenológicos da cultura da soja foram propostos por Fehr e Caviness (1977), e identificam o estágio de desenvolvimento em que se encontra uma planta ou uma lavoura de soja. O desenvolvimento da soja foi dividido em estádios vegetativos e estádios reprodutivos. Os estádios vegetativos são designados pela letra V e os reprodutivos pela letra R. Com exceção dos estádios VE (emergência) e VC (abertura dos cotilédones), as letras V e R são seguidas de índices numéricos que identificam estádios específicos, nessas duas fases do desenvolvimento da planta (Tabela 2 e 3).

O estágio fenológico VE tem início na germinação da semente de soja, que é caracterizada pelo crescimento da radícula. A fixação da raiz primária junto com a alongação do hipocótilo estabelecem uma alavanca e faz com que os cotilédones ergam-se em relação a superfície do solo.

Após VE o hipocótilo endireita-se, e o mesmo cessa seu crescimento, enquanto isso os cotilédones dobram-se para baixo, expondo o epicótilo em

crescimento. A posterior expansão e desdobramento das folhas unifoliadas marcam o início do estágio fenológico VC.

De VC em diante inicia-se os estádios caracterizados pelo desenvolvimento vegetativo das plantas de soja. Os estádios são distribuídos de 1 até 5, na maioria das vezes, e a partir de V1, fase de plena expansão das folhas unifoliadas e surgimento do primeiro trifólio, a planta de soja é mantida pelas reações de fotossíntese, tornando-a independente das reservas do cotilédone.

Entre VC e o V5 (quinto nó vegetativo formado) uma nova folha se forma a cada 5 dias, e a partir do estágio V5, a cada 3 dias até logo após a germinação das vagens (R5), o número máximo de nós vegetativos é atingido.

Tabela 2: Estádios fenológicos vegetativos das plantas de Soja. Fonte: Fehr e Caviness (1977), adaptado por Câmara (1998)

Estádio	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones estão acima da superfície do solo.
VC	Cotilédone desenvolvido	Cotilédones apresentam-se bem abertos e as folhas unifolioladas estão suficientemente abertas, de tal modo que os bordos de cada folíolo não estão se tocando.
V1	Primeiro nó maduro	Folhas unifolioladas estão estendidas e a primeira folha trifoliolada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não estão se tocando.
V2	Segundo nó maduro	Primeira folha trifoliolada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a segunda folha trifoliolada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não estão se tocando.
V3	Terceiro nó maduro	Segunda folha trifoliolada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a terceira folha trifoliolada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não estão se tocando.
Vn	"Enésimo" nó maduro	"Enésima" folha trifoliolada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a folha trifoliolada "n+1" está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não estão se tocando.

Os estádios reprodutivos (R) são subdivididos em quatro subdivisões: R1 e R2 que descrevem o florescimento, R3 e R4 retratam o desenvolvimento da vagem, R5 e R6 o desenvolvimento da semente e R7 e R8 a maturação da planta de soja.

O estágio R1 é caracterizado pelo surgimento de uma flor aberta em qualquer nó da haste principal. O florescimento da planta de soja atinge seu ápice entre R2 e R3, fases estas caracterizadas, respectivamente, pelo pleno florescimento e início da formação de vagens.

A partir de R3 as plantas de soja apresentam vagens com, aproximadamente, 5 milímetros de tamanho em um dos quatro nós superiores da

haste principal. O desenvolvimento das vagens continua até que a mesma esteja completamente formada com 2 cm de comprimento (R4). Formada a vagem dá-se início a formação da semente (R5), fase na qual a semente encontra-se com 3 mm de tamanho. Além disso, é entre R5 e R6 que a planta de soja atinge seu máximo em altura, número de nós, área foliar; subperíodo onde ocorre uma elevação na fixação de nitrogênio atingindo seu pico, e posteriormente há um declínio na fixação; e as sementes iniciam um período de rápido e constante acúmulo de matéria seca e nutrientes.

Com a constante translocação de nutrientes para a semente atinge-se o estágio fenológico R6, dado pela ocorrência de sementes verdes que preenchem totalmente a cavidade da vagem.

A planta de soja começa a atingir sua maturidade em R7, e essa fase caracteriza-se pela mudança de coloração da vagem, passando de verde para marrom ou “palha”, dependendo da cultivar. O processo de maturação completa-se quando 95 % das vagens apresentam-se maduras (R8).

Tabela 3: Estádios fenológicos reprodutivos das plantas de Soja. Fonte: Fehr e Caviness (1977), adaptado por Câmara (1998)

Estádio	Denominação	Descrição
R1	Início do Florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule (haste principal).
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta em um dos dois últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida.
R3	Início da frutificação	Vagem com 5 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida.
R4	Vagem formada	Vagem com 2 cm de comprimento em uma vagem localizada em um dos quatro últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida.
R5	Início do enchimento do grão	Semente com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida.
R6	Granação plena ou semente desenvolvida	Vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com folha completamente desenvolvida.
R7	Início da maturação ou maturação fisiológica	Uma vagem normal no caule com coloração de vagem madura.
R8	Maturação plena ou maturação a campo	95% das vagens com coloração de madura.

Para que o desenvolvimento da cultura da soja não seja prejudicado é necessário que haja clima e ambiente favorável (PEDERSEN; LAUER, 2003). O

ambiente favorável para tal cultura pode ser alcançado lançando-se mão de práticas de manejo que visam uma melhor adubação, determinação de espaçamentos e densidades adequados e o controle de plantas daninhas, pragas e doenças, por exemplo. Já o controle das condições meteorológicas, principalmente em culturas cultivadas fora do cultivo protegido, é impossível, e mudanças no regime vigente dos elementos de clima (temperatura, umidade, radiação solar e ventos) irão afetar o desenvolvimento das plantas de soja no campo, podendo consequentemente reduzir sua produtividade.

Dentre os elementos de clima a temperatura afeta o desenvolvimento da soja (RODRIGUES et al., 2001). A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento da soja encontra-se entre 20 °C e 30 °C. Os efeitos desse elemento em dada cultura iniciam na germinação. Nesta fase temperaturas inferiores a 20 °C mantêm a semente em estado de dormência, retardando sua germinação e emergência (CASTRO; KLUGE, 1999). Diante disto, estudos retratam que na germinação temperaturas de 25 °C proporcionam uma emergência rápida e uniforme (CASTRO; KLUGE, 1999).

Durante o crescimento vegetativo a soja necessita de temperatura em torno de 25 °C. Sob temperaturas inferiores a 10 °C seu crescimento torna-se pequeno ou nulo. Sob temperaturas elevadas, acima de 40 °C, há indução no florescimento das plantas de soja e diminuição da capacidade de retenção das vagens (RODRIGUES et al., 2001). Além da influência da temperatura, sua floração é induzida diretamente pelo fotoperíodo (PARKER; BORTHWICK 1943).

No período da maturação a ocorrência de temperaturas elevadas pode favorecer o desenvolvimento das plantas a campo, fazendo com que as mesmas atinjam sua maturação fisiológica mais rapidamente. Entretanto, durante o período de maturação se houver elevadas temperaturas juntamente com elevados valores de umidade, com excesso de precipitação pode ocorrer um comprometimento da germinação e de seu vigor (VIEIRA et al., 1982).

A umidade do ar também pode afetar o crescimento e o desenvolvimento da soja. A escassez de umidade pode reduzir a taxa de crescimento, a fotossíntese, a fixação de nitrogênio e consequentemente reduzindo todo o metabolismo da planta. Contudo a falta de umidade é mais danosa nos estádios de germinação e florescimento. No florescimento a baixa umidade do ar promoverá o abortamento

das flores, reduzindo os componentes de produção das plantas de soja e comprometendo, assim, sua produtividade primária (COSTA et al., 2001).

Não diferente, o excesso de umidade, principalmente na fase próxima a maturação, pode prejudicar o amadurecimento dos grãos. Runge e Odell (1960) demonstraram que a soja é mais sensível ao estresse de umidade durante o rápido crescimento vegetativo e o período de enchimento de grãos.

A radiação solar é a principal fonte de energia para os diversos processos biológicos nas plantas (HELDWEIN, et al., 2012) e está intimamente relacionada com a atividade fotossintética das plantas, alongação da haste principal e das ramificações, expansão foliar e nodulação. Assim é fato que a radiação solar afetará o crescimento e o desenvolvimento das plantas de soja.

O principal efeito da radiação nas plantas está em sua escassez, pois o sombreamento excessivo, além de ocasionar maior alongação da haste principal e diminuir a intensidade das ramificações, pode também aumentar a taxa de aborto e queda de flores e vagens, respectivamente, devido a redução do teor de carboidratos nas folhas, em decorrência dos níveis baixos de fotossíntese.

O vento é um elemento climático que, de forma direta ou indireta, exerce grande influência sobre a cultura da soja, pois aumenta a evapotranspiração da cultura e, caso o teor de água no solo não seja suficientemente alto, a soja pode sofrer estresse hídrico (WHIGHAM; MINOR, 1978).

Além dos fatores ambientais, os patógenos que provocam doenças podem afetar o desenvolvimento da soja e reduzir de forma significativa sua produtividade. Atualmente, sabe-se que a soja é cultivada em amplo território nacional. Assim é fato que a incidência de doenças vem a ser um dos principais problemas enfrentados por agricultores, os quais acarretam perdas na produção e encarecem o custo de produção do grão, principalmente pela utilização de defensivos agrícolas (MOREIRA, et al., 2010). Atualmente, cerca de quarenta doenças afetam a cultura da soja, tendo doenças que podem provocar perdas de até 100% da lavoura (PAULA JUNIOR; VENZON, 2007). Dentre as principais doenças que afetam a cultura da soja a provocada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary tem provocado perdas significativas na produção dessa cultura no Brasil e também no Estado do Paraná (JACCOUD FILHO et al., 2010).

2.3 *SCLEROTINIA SCLEROTIORUM* (LIB.) DE BARY (MOFO-BRANCO)

2.3.1 HISTÓRICO

O primeiro relato histórico que descreve a importância da *S. sclerotiorum* como patógeno de plantas foi dado por Purdy (1979). O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary como hoje é conhecido, começou a ser descrito e classificado em 1837 por Liebert (SAHARAN; MEHTA, 2008). E após diversas mudanças e seguindo as normas Botânicas de Nomenclatura chegou-se ao nome *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary com a contribuição de Bary relatada em 1884 (SAHARAN; MEHTA, 2008).

No Brasil o primeiro relato da doença deu-se em 1921, no estado de São Paulo, na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) (CHAVES, 1961). Na cultura da soja, o fungo foi detectado pela primeira vez na Hungria em 1924 e posteriormente nos Estados Unidos em 1946 (GRAU, 1989). No Brasil o patógeno foi detectado na cultura da soja no estado do Paraná, mais especificamente na região sul no ano de 1975 (FERREIRA; LEHMAN; ALMEIDA, 1979).

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary é um dos maiores e mais devastadores patógenos de plantas da atualidade. Vem provocando grandes perdas econômicas na agricultura e encontra-se disseminado por diversos países nos cinco diferentes continentes. Uma ampla gama de nomes, mais de 60, pode ser empregada para se referir a doenças causadas por este patógeno. Dentre esses nomes tem-se o mofo-branco, a podridão de esclerotínia, a murcha de esclerotínia e a podridão branca (PURDY, 1979; BOLAND; HALL, 1994; BOLTON et al., 2006).

Como dito, as perdas de produção agrícola em decorrência da doença provocada por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary pode atingir até 100 % em determinados casos (PURDY, 1979). Em culturas de sementes, como é o caso da soja, seu rendimento pode ser reduzido tanto pela redução no tamanho da semente, a partir do amadurecimento prematuro de plantas infectadas (KRUGER, 1973; MORRALL, et al., 1976), bem como pela perda de semente durante a colheita.

Segundo Purdy (1979), as perdas em determinadas culturas em decorrência do fungo em questão atingem milhões de dólares anualmente, sendo estas, diretamente relacionadas com a perda de rendimento da cultura e/ou indiretamente

reduzindo a qualidade da semente. Além disso, há também perdas atribuídas às tentativas de controle do patógeno e ao “abandono” de áreas de cultivo de culturas de valor econômico para culturas menos lucrativas ou que não geram lucros, afim de tentar reduzir o inóculo do patógeno.

Na cultura da soja, por exemplo, estima-se que há uma perda de 10% a 20% na produção, em decorrência da incidência de *Sclerotinia sclerotiorum* (FERREIRA et al., 1979; YORINORI, et al., 1993; ALMEIDA et al., 2005). Isso em valores representa em média 136 kg ha⁻¹, podendo variar de 83,2 até 229 kg ha⁻¹ (DANIELSON; NELSON; HELMS, 2004). Para as condições do estado do Paraná as reduções na produção de soja, em decorrência de tal doença, variam de 11,5 % até 96,0 % (ALMEIDA et al., 2005; LEITE, 2005; CARREGAL; CAMPOS; SILVA, 2010; JACCOUD FILHO et al., 2010).

A distribuição atribuída ao patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, conforme o Mapa de distribuição de Doenças de Plantas, 2005, CABI, UK, abrange os países da Ásia, África, Europa, Oceania e Américas do Norte, Central e do Sul (SAHARAN; MEHTA, 2008). Atualmente no Brasil o fungo está disseminado em todo o país, com maior incidência nos estados do Sul (Paraná e Rio Grande do Sul), Sudeste (São Paulo e Minas Gerais) e Centro-Oeste (Mato Grosso).

2.3.2 TAXONOMIA, ETIOLOGIA E SINTOMATOLOGIA

Todos os fungos do Gênero *Sclerotinia* encontram-se classificados na Família Sclerotiniaceae, Ordem Helotiales e Filo Ascomycota (Tabela 4). A Família Sclerotiniaceae inclui espécies que produzem ascos sem separação, que contém geralmente oito esporos no seu interior produzidos por meiose, a partir de um apotécio estipado de coloração marrom, que provém do estroma do escleródio (WHETZEL, 1945).

O desenvolvimento do escleródio, agregado de hifas somáticas melanizadas, de formato irregular, com 2 a 20 milímetros de diâmetro e comprimento, que são estruturas de resistência a condições adversas, é característica de todos os membros da Ordem Helotiales. Além disso, critérios taxonômicos adicionais foram incorporados na classificação dessa Família, bem como características dos tecidos estéreis do apotécio e escleródios, a ontogenia dos escleródios, sua ultraestrutura e características histoquímicas, características

bioquímicas e sequências gênicas do RNA ribossômico (HOLST-JENSEN et al., 1997; HOLST-JENSEN; KOHN; SCHMACHER, 1997; WHETZEL, 1945).

Tabela 4: Classificação taxonômica do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Adaptado de RUGGIERO et al., (2012).

Classificação Taxonômica	
Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Classe	Leotiomycetes
Ordem	Helotiales
Família	Sclerotiniaceae
Gênero	Sclerotinia
Espécie	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>

O *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary é um fungo inespecífico e um dos mais bem sucedidos patógenos de plantas. Sua ampla gama de hospedeiros acaba sendo um desafio no seu controle em culturas agrícolas, pois restringe o número de culturas não hospedeiras que poderiam ser utilizadas na rotação de culturas com o intuito de reduzir a concentração de escleródios em solos contaminados (FERRAZ et al., 2003).

Os registros de hospedeiros de *S. sclerotiorum* foram descritos em inúmeros trabalhos (PARTYKA; MAI, 1962; SCWARTZ, 1977; PURDY, 1979; FARR et al., 1989), publicados ou não, sendo que o índice de plantas hospedeiras de tal patógeno, mais recentemente foi publicado por Boland e Hall (1994) e contém 42 subespécies ou variedades, 408 espécies, 278 gêneros, 75 famílias de plantas. Todos os hospedeiros desse patógeno estão distribuídos nas classes Angiospermas e Gimnospermas na divisão Spermatophyta, sendo que na sua maioria são plantas herbáceas pertencentes à subclasse das Dicotiledôneas, porém com registros de hospedeiros nas Monocotiledôneas. Dentre as plantas hospedeiras tem-se plantas de importância econômica como soja, feijão, algodão, girassol e canola (BOLTON et al., 2006).

A intensidade dos sintomas causados por *S. sclerotiorum* podem variar de acordo com o hospedeiro, dependendo da região em que ocorreu a infecção e, sobretudo, seu progresso está intimamente relacionada às condições ambientais locais.

Na cultura da soja a doença é mais proeminente com apodrecimento da haste da planta. Os sintomas de podridão da haste surgem durante os estádios iniciais do desenvolvimento das vagens (R3 – R4), logo após a floração (R1 – R2) fase em que se dá a infecção. Ao nível da copa os sintomas foliares são de murcha e clorose, com tecidos entre as nervuras principais desenvolvendo uma coloração cinza-verde (THOMPSON; WESTHUIZEN, 1979). Com o progresso da doença a área infectada apresenta-se necrosada com aspecto encharcado (CHEN; WANG, 2005).

A partir desse ponto, o patógeno progride rapidamente para os tecidos da haste, tanto acima quanto abaixo dos nós, provocando lesões de 6 a 30 centímetros de comprimento, que normalmente abrange toda haste. Ocorre então a formação de um micélio branco e denso que cobre a área da lesão, que de sua aglomeração e compactação formam-se as estruturas de resistência do fungo, denominadas de escleródios (FERREIRA; LEHMAN; ALMEIDA, 1979; JULIATTI; POLIZEL; JULIATTI, 2004; ALMEIDA, et al., 2005) (Figura 1). Estas estruturas de resistência sobrevivem por vários anos no solo, mesmo em condições adversas, devido à presença do pigmento melanina no seu interior, o que dificulta sua degradação (BUTLER; GARDINER; DAY, 2009).



Figura 1: Sintomas de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) na cultura da soja. Fonte Jaccoud Filho (2010).

Na maturidade das plantas de soja o tecido da haste infectada apresenta coloração branca com aparência desfiada, presença de manchas avermelhadas, frequentemente localizadas nas extremidades das lesões. Durante a colheita plantas doentes apresentam poucas vagens, sua haste tem aspecto branco e com abundância de escleródios no interior da medula da haste. As vagens infectadas também apresentam coloração branca externamente, com presença de micélio e escleródios no seu interior junto com as sementes (THOMPSON; WESTHUIZEN, 1979).

2.3.3 CICLO DE VIDA E INTERFERÊNCIA DE ELEMENTOS DO CLIMA, ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES POPULACIONAIS

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* desenvolve-se em uma ampla faixa de temperatura, de 5 °C a 30 °C, com temperaturas ideais variando entre 11 e 25 °C, sob alta umidade relativa do ar e do solo. Com isso, culturas cultivadas no período de Outono-Inverno, sob irrigação, são consideravelmente mais afetadas, porém o mofo-branco tem ocorrido também em outras épocas de cultivo. Além disso, culturas que se encontram em solos compactados, sob excesso de umidade, podem sofrer maior ataque por *S. sclerotiorum* (SAHARAN; MEHTA, 2008).

O ciclo de vida do patógeno (Figura 2) tem início com a presença dos escleródios na superfície do solo. As estruturas de resistência do fungo podem se manter viáveis por um período de 3 a 5 anos no solo (STEADMAN, 1983), nos diferentes horizontes do solo. Porém, estudos desenvolvidos por Ferreira; Lehman e Almeida (1979) e por Juliatti e Juliatti (2010) mostram que os escleródios podem permanecer viáveis no solo por um período de dez anos, assegurando a presença do patógeno quando há o plantio de cultura agrícola hospedeira. Por outro lado, Bolton et al. (2006) e Smolinska e Horbowicz (1999) verificaram que os escleródios podem se manter viáveis no solo por um período de 8 anos

Essas estruturas permanecem no solo em estado de dormência até que as condições ambientais sejam favoráveis, tanto para a germinação do micélio (germinação miceliogênica) como para a germinação do apotécio (germinação carpogênica) (BARDIN; HUANG, 2001; HUANG; DUECK, 1980).



Figura 2: Ciclo de vida do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary em plantas de soja (Fonte: Garcia 2008).

No caso da cultura da soja a germinação carpogênica e a liberação de ascósporos no ar é a principal via de infecção do fungo (MILA; YANG, 2008) e a população de escleródios no solo irá determinar a ocorrência de epidemias de mofo branco (SCHWARTZ; STEADMAN, 1978). Para que o escleródio germine e produza o apotécio, é necessário que o corpo de frutificação atinja a maturação. Esse processo ocorre durante os períodos de inverno com temperaturas amenas, entre 10 e 20 °C e umidade relativa do ar elevada e umidade do solo com bom suprimento de água (WILLETTS; WONG, 1980).

Diversos são os trabalhos que retratam a influência dos elementos de clima na germinação dos escleródios. Mila e Yang (2008) analisando o efeito de diferentes temperaturas do solo e flutuações no potencial de água no solo constataram que sob temperatura de 20°C e saturação constante a taxa de germinação carpogênica manteve-se entre 25 e 45%. Analisando em separado as variáveis do meio físico, verificou-se que as maiores taxas de germinação carpogênica ocorreram no intervalo de temperatura entre 16 °C e 24 °C, produzindo 210 apotécios. Considerando a umidade do solo como fator limitante da produção de apotécios, tem-se que em solo sob constante saturação verificou-se maior porcentagem de escleródios germinados e uma maior produção de apotécio.

Napoleão et al. (2007) mantendo a temperatura constante a $19\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ verificaram que solo saturado permitiu maior e mais rápida germinação de escleródios e maiores produções de apotécios, com número máximo de apotécios vivos no solo no período de 47 a 54 dias após a instalação do experimento, período este que coincide com o estádios de floração média da maioria das cultivares de feijão e soja. Geraldine; Lobo Jr. e Hikishima (2010) observaram estreita relação entre a temperatura e umidade do solo na germinação dos escleródios de *S. sclerotiorum*, sendo que nas temperaturas de 13, 15, 18 e 20 °C e com umidade do solo a 75 % da capacidade de campo houve uma maior e mais rápida taxa de germinação carpogênica.

A prática agrícola da irrigação pode tornar o ambiente favorável a germinação do escleródio e produção de apotécio, fornecendo umidade ao solo e ao ambiente aéreo, reduzindo a temperatura do ar e do solo. A partir do início da aplicação de água de irrigação a formação de apotécio inicia-se após 25-30 dias, desde que o solo mantenha-se continuamente úmido (TWENGSTRÖN et al., 1998). Elevando-se a frequência de irrigação e quantidade de água aplicada a germinação carpogênica é elevada (TWENGSTRÖN et al., 1998).

Schwartz e Steadman (1978) verificaram em experimento de campo que aproximadamente 90 % dos apotécios advindos da germinação dos escleródios localizavam-se próximos a locais com irrigação por sulco.

Determinadas condições de temperatura e umidade do solo podem afetar de forma negativa a viabilidade do escleródio no solo. Moore (1949) demonstrou que escleródios de *S. sclerotiorum* são completamente degradados após 24 a 45 dias em solo continuamente inundado com temperaturas elevadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Matheron e Porchas (2005), determinando que com a elevação da temperatura, passando de 15 °C para 40 °C, em solo úmido ($\geq -0,02$ MPa) houve uma drástica redução na germinação dos escleródios, ocorrendo a degradação dos escleródios se tais condições forem mantidas por um intervalo de 3-4 semanas.

Temperaturas elevadas podem inviabilizar os escleródios e sua germinação pelo fato de condicionar condições favoráveis ao desenvolvimento de fungos e bactérias habitantes do solo que atuam como parasitas dos escleródios (GERALDINE; LOBO Jr.; HIKISHIMA, 2010). Temperaturas altas promovem fissuras na estrutura dos escleródios, que liberam no meio ambiente compostos ricos em

carbono e favorecem a colonização dos escleródios por microrganismos, principalmente bactérias termófilas (FERRAZ et al., 2003; KATAN; DeVAY, 1991).

Além de passar pelo processo de maturação é necessário que os escleródios encontrem-se a no máximo a 5 cm de profundidade para que ocorra a produção de apotécio e que esse consiga atingir a superfície do solo para liberação dos ascósporos no ambiente. Assim a utilização de palhada ou “mulch” pode auxiliar no manejo do mofo branco na cultura da soja, pois a cobertura do solo pode atuar como barreira física a produção de apotécios, aumentar a atividade microbiana do solo e dificultar a dispersão de ascósporos no ar (PAULA JUNIOR et al., 2009).

De acordo com Ferraz et al. (1999), cobertura do solo variando entre 6 e 9 cm tem a capacidade de impedir que as estipes dos escleródios atinjam a superfície do solo e, assim, bloqueiam o desenvolvimento do apotécio. Görgen et al. (2009), em cultivo utilizando palhada, obteve redução de 98% no número de apotécios formados; nesse caso a produção de apotécios foi bloqueada, devido a falta de luminosidade e pelo aumento do parasitismo de escleródios.

A utilização de sistemas de cultivo como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária fornecem cobertura morta ao solo e assim podem atuar no controle e na diminuição de inóculo de *S. sclerotiorum*.

O sistema Santa Fé, que tem como intuito disponibilizar forragem verde, especialmente Braquiária, durante a época de estiagem no cerrado brasileiro tem-se mostrado eficiente na formação de barreira física à produção de apotécios (GÖRGEN et al., 2009). Além disso, no sistema Santa Fé durante os meses de outubro a cobertura vegetal de Braquiária apresenta-se densa e uniforme, proporcionando ambiente favorável à germinação carpogênica do escleródio, devido ao aumento da umidade do solo, diminuição da temperatura e condensação de água próxima à superfície do solo (GÖRGEN et al., 2010). Em condições favoráveis ocorre produção de apotécio, porém não há presença de planta hospedeira. Posteriormente, quando a soja, planta hospedeira, encontra-se no campo um menor número de escleródios germina devido à falta de nutrientes e os escleródios que germinam não conseguem atingir a superfície do solo em decorrência da presença de cobertura morta de braquiária (GÖRGEN et al., 2010).

No sistema de plantio direto, forma de cultivo amplamente aplicada no Brasil quando comparado ao plantio convencional, a quantidade de apotécios encontrados na superfície do solo é menor, pois no plantio direto a palhada de outros plantios

atua como barreira física à emergência dos apotécios (NAPOLEÃO et al., 2006). Maiores quantidades de apotécios em plantio convencional quando comparados ao sistema de plantio direto também foram obtidos por Gracia-Garza; Boland e Vyn (2002). Resultados semelhantes foram obtidos por Abawi e Grogan (1975) na cultura do feijão. Nessa ocasião em parcelas de 30 cm² o número de escleródios em solo arado foi em média de 0,1 escleródio a cada 30 cm², já em solo não arado o número de escleródios foi em média de 11 escleródios a cada 30 cm².

Menor número de apotécios e de plantas mortas foi encontrado em campos de cultivo de soja utilizando o sistema de plantio direto, quando comparado com plantio convencional. Isso porque em solos sob o sistema de plantio direto os escleródios permanecem na superfície e ficam mais expostos a deterioração, enquanto que em solos de plantio convencional os escleródios são enterrados e permanecem em regiões mais estáveis do solo (WORKNEH; YANG, 2000). Além disso, em solos de plantio direto há maior quantidade de matéria orgânica e consequentemente existe uma maior microbiota do solo, podendo este ambiente conter microrganismos antagonistas à *S. sclerotiorum*, que inibem a germinação de seus escleródios (GRACIA-GARZA; BOLAND; VYN, 2002).

Quando os escleródios iniciam sua germinação carpogênica formam-se estipes ou talo apotecial (KOHN, 1979). Este fenômeno pode ocorrer na presença ou na ausência de luz, entretanto, diferentes níveis de luminosidade, juntamente com condições de temperatura e umidade do solo, podem afetar sua formação e alterar a produção dos ascósporos (PELTIER; GRAU, 2008).

Interações entre diferentes regimes de temperatura, umidade do solo com diferentes intensidades luminosas afetam a produção de apotécios, o que por consequência pode afetar diretamente a produção primária de plantas de soja (SUN; YANG, 2000). Sun e Yang (2000) determinaram que maiores níveis de germinação carpogênica estão diretamente relacionados a elevada intensidade luminosa (120 – 130 mol m⁻¹ s⁻¹), temperatura média do ar de 20 °C e solo com bom suprimento de água, e considerando que sob tais condições do ambiente o desenvolvimento do apotécio ocorre em aproximadamente 10 dias. Os mesmos autores também determinaram que em condições de elevada intensidade luminosa e elevado suprimento de água no solo os escleródios germinaram e produziram apotécios mais robustos e longos, quando comparado aos apotécios advindos de ambiente com baixa intensidade luminosa (80 - 90 mol m⁻¹ s⁻¹).

A influência da luminosidade na germinação carpogênica dos escleródios é corroborada por Silva et al. (2011), em trabalho com objetivo de verificar a ação de diferentes tipos de cobertura do solo na germinação de escleródios. Verificou-se que ao ser removida a cobertura morta distribuída na superfície do solo, onde encontravam-se os escleródios, os mesmos iniciaram o processo de germinação e produziram apotécios.

A formação do apotécio é também, dependente de umidade no ar e no solo e um pequeno estresse osmótico pode interromper na formação dos apotécios, e após esse estresse o escleródio pode falhar ao produzir novos apotécios (ABAWI; GROGAN, 1975). Dois tipos de células localizadas no envoltório dos escleródios apresentam funções e características diferentes, uma delas origina os apotécios e outra tem a capacidade de formar micélios. Células responsáveis pela formação dos apotécios não são resistentes a dessecação e sob tais condições são lesionadas e a formação dos apotécios é interrompida pelo escleródio (TREVETHICK; COOKE, 1973).

Quando os ascósporos, considerados como fonte de inóculo primário do patógeno (MASSOLA JÚNIOR; KRUGNER, 2011) atingem sua maturação, aproximadamente 10.000 a 30.000, ocorre uma descarga forçada de ascósporos no ar, provocando uma turbulência que auxilia na dispersão aérea dos ascósporos. Esse fenômeno inicia-se quando há alguma mudança brusca nas condições microclimáticas locais, principalmente quando essa mudança é observada na umidade do ar.

Passado pelo processo de maturação, o escleródio está apto a germinar, podendo ocorrer em qualquer fase da cultura. Porém, geralmente a germinação de escleródios dá-se quando o dossel da cultura encontra-se fechado, tornando o microclima aí favorável ao patógeno, ou seja, elevam-se os valores de umidade relativa do ar e as oscilações da temperatura do ar e do solo são menores. Na cultura da soja o desenvolvimento do dossel e, seu respectivo fechamento, ocorre próximo ao estágio fenológico da floração, fase em que a planta é susceptível a infecção pelo mofo branco. Assim o patógeno tem a seu favor as ótimas condições microclimáticas do ambiente e o hospedeiro encontra-se susceptível a infecção. Além disso, sob condições climáticas ótimas acelera-se a germinação carpogênica e dentro de 10 a 14 dias, em solo com potencial mátrico de -0,25 bars e temperatura

entre 15 e 18 °C, ocorre a germinação de uma gama de escleródios (SAHARAN; MEHTA, 2008).

Atendida as condições para a germinação dos escleródios para que haja infecção do hospedeiro os ascósporos necessitam de uma fonte exógena de energia. Essa fonte, no caso da soja, advém, principalmente, das flores senescentes, podendo ser também outros órgãos senescentes da planta (ABAWI; GROGAN, 1979; BOLAND; HALL, 1988; NATTI, 1971). Após colonizar a flor o micélio do fungo pode infectar tecidos adjacentes em um curto período de 2 a 3 dias (ABAWI; GROGAN, 1979; BOLAND; HALL, 1988). E uma vez colonizado o órgão senescente o micélio permanece viável por aproximadamente um mês (STEADMAN, 1983).

Quando em contato com o tecido saudável do hospedeiro o ascósporo germina e emite seu apressório (ABAWI; POLACH; MOLIN, 1975). A penetração então pode ocorrer de duas maneiras. A primeira é através da cutícula do hospedeiro de forma mecânica por meio de uma hifa diferenciada denominada de “hifa de infecção” ou “peg de infecção” e a segunda dá-se pela abertura estomática (ABAWI; POLACH; MOLIN, 1975; WILLETTS; WONG, 1980). Depois de penetrar no hospedeiro, o fungo cresce através do tecido vegetal, provocando morte celular e posteriormente ocorre uma desorganização dos tecidos do hospedeiro, em decorrência de processos enzimáticos fúngicos que afetam a lamela média e causam degradação da parede celular (STEADMAN, 1983).

As condições microclimáticas locais são fundamentais para que os processos de germinação dos escleródios e dos ascósporos, colonização micelial e posterior infecção do hospedeiro ocorram de forma ideal para o fungo, e para que essas condições sejam alcançadas o dossel das plantas de soja tem um papel muito relevante. O dossel das plantas de soja mantém o ambiente mais úmido e com temperaturas mais baixas, assim a chance de se atingir a temperatura do ponto de orvalho é maior e consequentemente a probabilidade de se obter molhamento foliar crítico sobre a cultura é maior.

Dessa maneira temperaturas inferiores a 30 °C e umidade na superfície da planta recorrente entre 12 e 16 horas, numa base diária ou molhamento foliar contínuo por 42-72 horas são pré-requisitos para o desenvolvimento do mofo branco. Essas condições microclimáticas podem ser intensificadas por baixas temperaturas ao longo do dia e pela ausência de ventos (STEADMAN, 1983).

Em geral, a rota de desenvolvimento do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* aumenta com a elevação da temperatura alcançando valores máximos de desenvolvimento a 25 °C (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980). Weiss; Kerr e Steadman (1980) demonstraram que na temperatura de 25 °C, as lesões afetaram 60 % do tecido infeccioso (folhas de feijão) em um período de 10,2 horas mais rápido comparado à temperatura de 20 °C. Temperaturas de 25 °C correspondem a faixa ideal para o desenvolvimento da podridão de esclerotínia, pois nessa temperatura o desenvolvimento micelial e a produção de escleródios dá-se de maneira rápida e contínua (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980).

Pennypacker e Risius (1999) determinaram que na cultura da soja o fungo *S. sclerotiorum* desenvolve-se melhor a temperaturas entre 15 °C e 20 °C. Valores próximos foram determinados por Boland e Hall (1988) que determinaram que a faixa de temperatura ótima ao desenvolvimento da doença encontra-se entre 12 e 24 °C.

Na cultura do feijão, analisando o progresso da doença em sementes infectadas, Harikrishnan e Del Río (2006) determinaram que na umidade relativa do ar de 25 % o desenvolvimento da doença foi duas vezes mais rápido a 18 °C, quando comparada a 22 °C. Já Abawi e Grogan (1979) verificaram que na cultura do feijão a infecção por esclerotínia e o desenvolvimento da doença ocorrem de melhor forma em temperaturas entre 20 °C e 25 °C. Hannusch e Boland (1996) determinaram que temperaturas entre 15 °C e 25 °C são ótimas para o desenvolvimento do mofo branco na cultura do feijão.

Em temperaturas amenas, inferiores a 10 °C ocorre o desenvolvimento da doença, porém seu progresso é lento (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980), e com temperaturas abaixo de 5 °C não há o desenvolvimento da doença (ABAWI; GROGAN, 1979), devido à formação do tubo germinativo ser prejudicado pelos baixos valores de temperatura (ABAWI; GROGAN, 1975). Em contrapartida aos trabalhos anteriores, Hikishima; Geraldine e Lobo Jr. (2010) demonstraram que o fungo *S. sclerotiorum* foi capaz de provocar doença a 10°C, porém apenas quando o molhamento sobre a superfície do vegetal foi igual ou superior a 28 horas.

Sob condições de temperaturas de 30 °C, ou superiores, o desenvolvimento do fungo é cessado e lesões não aparecem (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980; ABAWI; GROGAN, 1979; HANNUSCH; BOLAND, 1996; HIKISHIMA; GERALDINE; LOBO Jr, 2010). Sob temperatura de 30 °C a infecção não ocorre, pois não há

desenvolvimento do tubo germinativo (ABAWI; GROGAN, 1975). Porém, sob condições de temperatura 28 °C há o desenvolvimento de doença e o tamanho das lesões é variável de acordo com as condições de umidade relativa do ambiente. Assim com umidade relativa de 95 % as lesões provocadas pelo fungo serão grandes e a 100 % de umidade relativa as lesões terão tamanho reduzido (HANNUSCH; BOLAND, 1996).

Além da temperatura, a presença de elevada umidade relativa do ar e a disponibilidade de água no solo e sobre a planta são fundamentais para que ocorra o desenvolvimento do fungo e a doença se manifeste em culturas hospedeiras. Tais condições podem ser fornecidas por diferentes sistemas de irrigação e/ou precipitação.

Diversos são os trabalhos que retratam a relação direta entre a presença de água no ambiente e a ocorrência de mofo branco. A frequente e constante utilização de sistemas de irrigação pode aumentar a ocorrência de esclerotínia nas diferentes culturas. Steadman (1983) demonstrou que 90 % dos escleródios germinados carpogenicamente e por consequência com maior índice de plantas infectadas foram encontrados próximos a locais com irrigação por sulco. Weiss; Kerr e Steadman (1980) verificaram que na cultura do feijão 40 % das plantas infectadas encontravam-se em locais de cultivo com uso de sistemas de irrigação.

Abawi e Grogan (1979) demonstraram que para que ocorra mofo branco na cultura do feijão são necessários longos períodos com contínua e elevada umidade do ar. E que em determinados casos umidade relativa do ar próximo a 100% não é suficiente para iniciar e manter o desenvolvimento da lesão (ABAWI; GROGAN, 1975).

Resultados contrastantes aos anteriores foram relatados por Tores e Moreno (1991) para a cultura da berinjela; nesse caso a incidência e severidade do mofo branco variou com as horas acumuladas de umidade relativa superior a 80 %. Hannusch e Boland (1996) determinaram que sob umidade relativa frequente superior a 90 % a doença se desenvolveu na cultura do feijão, com temperaturas variando entre 20 – 28 °C. Assim os referidos autores estabeleceram que *S. sclerotiorum* pode provocar doença sob condições de elevada umidade relativa sem que necessariamente ocorram longos períodos de molhamento sobre a superfície do hospedeiro.

Analisando a epidemiologia de *S. sclerotiorum* na cultura da soja em Ontário, Canadá, Boland e Hall (1988) verificaram que ocorrência de chuvas não contínuas durante 4 dias e 2 dias após o fechamento do dossel da cultura e na presença de peças florais é fundamental para o desenvolvimento da doença.

A interação entre a umidade relativa do ar e a temperatura pode gerar molhamento foliar, outro fator determinante no desenvolvimento da doença em plantas hospedeiras. Na cultura da soja sintomas da doença são observados sempre após o florescimento da cultura, após o surgimento dos apotécios e depois de longos períodos de molhamento sobre a superfície da planta (BOLAND; HALL, 1988).

Para que a infecção em plantas de feijão tenha sucesso são necessárias 16-24 horas de molhamento sobre a superfície vegetal, em um período total de 72 horas (ABAWI; GROGAN, 1979). Resultados semelhantes foram obtidos por Boland e Hall (1988) e por Hannusch e Boland (1996) determinando que um intervalo de 14-15 horas de molhamento é suficiente para que ocorra infecção e desenvolvimento da doença no feijão. Já Hikishima; Geraldine e Lobo Jr. (2010) verificaram sintomas iniciais da doença com 8 horas de molhamento foliar, com temperatura do ambiente entre 20 e 25 °C, e o desenvolvimento da lesão foi observado com no mínimo 12 horas de molhamento foliar.

Na cultura da soja a incidência e a severidade da doença também foram elevadas com acréscimo no período de molhamento sobre a superfície vegetal. Esses valores foram ainda maiores na presença de precipitação e orvalho (BOLAND; HALL, 1988). Em ambiente controlado a duração do molhamento sobre a superfície vegetal a 20 °C requerida para o desenvolvimento das lesões é de 54 horas em média, já em condições de campo o molhamento foliar necessário para ocorrência de mofo branco é em média de 39 horas (BOLAND; HALL, 1988).

Considerando a importância de cada elemento de clima na incidência e na severidade de mofo branco nas diferentes culturas hospedeiras verifica-se que a distribuição da doença nas folhas é mais limitada pela umidade do que pela temperatura (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980).

Entretanto, Sun e Yang (2000) relatam que os elementos de clima têm diferentes graus de importância antes e depois do fechamento do dossel da cultura da soja. Antes do fechamento do dossel a intensidade luminosa e a umidade do solo são fundamentais para que ocorra infecção, assim nesse período a ocorrência de

precipitações favorecem o desenvolvimento de mofo branco na soja. Após o fechamento do dossel da cultura, a importância da umidade decresce, devido a redução da intensidade luminosa decorrente do fechamento do dossel, e a partir desse ponto a temperatura torna-se o fator mais importante no desenvolvimento da doença em plantas de soja.

A luminosidade também pode afetar a incidência e a severidade de mofo branco na cultura da soja. Peltier e Grau (2008) demonstraram esse efeito e em condição de baixa incidência de fração PAR a severidade do mofo na cultura da soja foi maior, a $146 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ do que a $434 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Além disso, o número de dias para que as plantas de soja murchassem foi menor sob condições de baixa intensidade da fração PAR, os quais reduziram a quantidade de fotoassimilados produzidos na fotossíntese e a quantidade de compostos fenólicos e metabólitos secundários que atuam na defesa das plantas de soja.

Práticas agronômicas com fins de elevar a produtividade, como menores espaçamentos, elevada densidade de plantio e épocas de semeadura, juntamente com rotação de culturas susceptíveis e transmissão via semente de *S. sclerotiorum* podem estar relacionados com aumentos nos casos de mofo branco (PENNYPACKER; RISIUS, 1999). Da mesma maneira, tais práticas de manejo podem contribuir na manutenção de um microclima favorável ao desenvolvimento do patógeno (MILA et al., 2003; WORKNEH; YANG, 2000).

Práticas culturais, como o aumento no espaçamento entre linhas de cultivo, redução na população de plantas e o manejo adequado de sistemas de irrigação podem reduzir a incidência de mofo branco. Na cultura da soja, cultura susceptível ao patógeno em questão, cultivares com dossel alto, arquitetura aberta reduzem a movimentação do ar e criam um microclima favorável ao desenvolvimento da doença (PENNYPACKER; RISIUS, 1999). Além disso, plantios mais adensados reduzem a intensidade luminosa sobre a superfície vegetal, uma vez que essa redução pode provocar o estiolamento das plantas de soja e assim, torná-las mais susceptível à incidência de mofo branco. Com redução da luminosidade ocorrerá como consequência a diminuição da fotossíntese, isto é, a síntese de fotoassimilados diminui e a expressão de genes responsáveis pela produção de substâncias antifúngicas e fitoalexinas é bloqueada (PENNYPACKER; RISIUS, 1999).

Hartman; Kull e Huang (1998) verificaram que há aumento na incidência de mofo branco no cultivo de soja em menores espaçamentos, entre 25-38 cm,

comparadas a linhas com 76 cm de espaçamento. Dentre 68 campos de produção de soja analisados 46 deles apresentavam espaçamentos entre linhas menores que 76 cm e com incidência da doença de 48 %. Por outro lado, nos 22 campos restantes com espaçamentos superiores a 76 cm os níveis de doença foram de 36 %. Considerando que elevações de 10 % na incidência da doença podem acarretar em reduções na produção de soja de aproximadamente 200 kg ha⁻¹ (CHUN; KAO; LOCKWOOD, 1987; HOFFMAN, et al., 1998), aumentar o espaçamento entre linhas pode ser uma prática de manejo favorável no controle do mofo branco na soja.

Densidades populacionais elevadas também podem favorecer a ocorrência e o desenvolvimento de mofo branco na cultura da soja. Segundo Chad et al. (2005) redução na população de plantas de soja é mais eficaz no controle do mofo branco, comparado ao espaçamento entre linhas. Mila et al. (2003) também associou elevada incidência e severidade de *S. sclerotiorum* a elevadas densidades de plantio na cultura da soja.

Vieira et al. (2010) verificaram que a incidência e a severidade de mofo branco na cultura do feijão decresceu linearmente com a redução de 15 para 5 plantas por metro, ou de 16 para 4 plantas por metro; em ambos os casos o espaçamento entre linhas foi mantido a 0,5 metros e utilizou-se plantas com hábito de crescimento indeterminado.

Plantios com elevada densidade de plantas em conjugação com aplicação de água de irrigação podem proporcionar ambiente muito favorável ao desenvolvimento do patógeno, pois a irrigação fornece água necessária para a germinação do escleródio e ascósporos, auxilia no processo de infecção e colonização do tecido vegetal, e plantios adensados não permitem que haja circulação de vento nem que a radiação solar penetre entre as linhas de cultivo. Assim a evaporação da água é menor e a condição favorável ao fungo é mantida por mais tempo (ABAWI; GROGAN, 1979).

A arquitetura das plantas também afeta a incidência de *S. sclerotiorum* em feijão, e há correlação positiva entre o porte da planta e a incidência da doença. Plantas de maior porte sofrem com a exposição excessiva ao vento, que podem ocasionar lesões no tecido vegetal, sendo que essas lesões poderão ser fonte de energia exógena necessária para que ocorra a infecção do fungo (ABAWI; GROGAN, 1975).

Em cultivos de feijão com plantas de hábito de crescimento ereto há maior circulação de ar e penetração da luz solar, o que reduzirá a umidade necessária para o desenvolvimento do patógeno (NAPOLEÃO et al., 2006). Cultivares de porte ereto possuem uma linha de plantas mais estreita, ou seja, a largura do dossel é menor comparada às plantas com crescimento prostrado ou semi-ereto, evitando que linhas adjacentes de cultivo se toquem. Plantas com arquitetura significativamente mais densa, devido a maior proximidade de suas folhas podem apresentar maior incidência da doença, pois o contato entre folha infectada e tecidos saudáveis da planta torna-se um meio de disseminação do patógeno (SCHWARTZ; GÁVES 1980).

A incidência e a severidade de mofo branco nas culturas agrícolas podem ser reduzidas com a rotação de cultura, fazendo uso de plantas não hospedeiras. Em estudo conduzidos por Schwartz e Steadman (1978) depois do plantio de cana, planta não hospedeira, foram encontrados em média 8 escleródios por metro quadrado na superfície do solo. Já com o plantio de feijão, planta hospedeira, esse número passou para 12 escleródios m^{-2} . Considerando que em média a descarga de ascósporos por apotécio por dia é de aproximadamente $2,58 \cdot 10^5$, a redução de 4 apotécios por metro quadrado pode reduzir a incidência da doença em culturas susceptíveis (SCHWARTZ; STEADMAN, 1978).

Plantios de soja em diferentes campos de produção no centro-leste de Illinois, EUA, demonstraram que epidemias de mofo branco foram mais frequentes e severas em locais onde o plantio de soja deu-se anualmente, e que o plantio de plantas não hospedeiras, como a cultura do milho, podem reduzir a fonte de inóculo primária do fungo (HARTMAN; KULL; HUANG, 1998).

Depois de crescer através do tecido do hospedeiro, os micélios começam a se compactar e originam escleródios externamente e internamente nas cavidades da medula vascular do hospedeiro (BOLTON et al., 2006). Durante a colheita, os escleródios atingem a superfície do solo e aí permanecem juntamente com os restos da cultura. Alguns escleródios são enterrados no solo e aí permanecem para germinar e reiniciar o processo infeccioso. Além da presença dos escleródios no solo, na cultura da soja, as estruturas fúngicas podem ser disseminadas por meio de sementes.

2.4 EPIDEMIOLOGIA: UMA RELAÇÃO ENTRE AGROMETEOROLOGIA E DOENÇAS EM PLANTAS

O conceito de doença na fitopatologia foi elaborado por diversos pesquisadores ao longo do tempo, porém tal conceito não apresenta uma definição satisfatória até os dias atuais. A última definição dada à doença foi proposta por Lucas; Campbell e Lucas (1992) os quais relatam que “doença é qualquer distúrbio que impede o desenvolvimento normal de uma planta e reduz seu valor econômico ou estético”.

Para que ocorra doença em plantas é necessário que: o patógeno contenha em seu material genético um gene de virulência (fator 1); o hospedeiro apresente em seu material genético um gene de susceptibilidade ao patógeno (fator 2); e ainda, ao ocorrer o contato direto entre hospedeiro-patógeno, é necessário que as condições do ambiente (clima) sejam favoráveis para o desenvolvimento do patógeno (fator 3), dando início ao processo de doença.

Dentre os três fatores necessários para o desenvolvimento da doença, pode-se dizer que, o ambiente assume um papel fundamental, pois interfere diretamente no desenvolvimento das populações tanto dos patógenos quanto do hospedeiro, e pode determinar a quantidade de doença no hospedeiro. Portanto, observações contínuas das condições ambientais, da cultura e do patógeno são indispensáveis para o entendimento e quantificação dessas relações (SUTTON; GILLESPIE; HILDEBRANS, 1984).

Dentre os fatores meteorológicos que influenciam na ocorrência e desenvolvimento de doenças em plantas, a temperatura e a umidade do ar tem efeito direto no desenvolvimento de doenças. Dentre os dois elementos meteorológicos, a temperatura do ar é tida como um fator menos limitante do que a umidade no desenvolvimento de doenças. É na verdade a combinação entre temperatura-umidade que irá condicionar o sucesso do processo infeccioso nas plantas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

A combinação desses elementos meteorológicos resultará em uma variável meteorológica que tem influência direta na ocorrência e severidade de doenças, principalmente fúngicas, em plantas superiores: a duração do período de molhamento foliar (*DPM*) (SENTELHAS, 2004). A presença de molhamento sobre a

superfície dos vegetais provê água requerida pelos patógenos para o processo de germinação e infecção do tecido foliar (LULU, 2008).

Visto a grande influência da DPM no estabelecimento e desenvolvimento de doenças, principalmente nas culturas agrícolas, diversos autores relataram que a presença de água sob a forma líquida em determinadas regiões do vegetal, como folhas e frutos, atuam na germinação, favorecendo o processo de penetração do tubo germinativo, verificando que quanto maior a DPM maior será a taxa de infecção (SENTELHAS, 1992; SENTELHAS et al., 1996; CANIHOS; PEEVER; TIMMER, 1999; CIARISSE; BOURGEOIS; DUTHIE, 2000).

Além dos fatores hospedeiro, patógeno e ambiente, um quarto elemento, o homem, pode ser incorporado ao processo infeccioso, pois atuará diretamente sobre ele, e conseqüentemente afetará de forma positiva ou negativa a incidência e o progresso da doença nos diferentes sistemas vegetais (BERGAMIN FILHO, 2011). Dessa maneira, a interação dos quatro fatores anteriormente citados, irá determinar a ocorrência ou não da doença em campos de cultivo.

O estudo entre esses quatro fatores é denominado de epidemiologia e foi definida por Kranz (1974) como sendo a ciência que estuda as interações entre os patógenos e os hospedeiros sob a influência do ambiente e do homem. E o princípio básico da epidemiologia é determinado através da quantidade de doença no campo e o respectivo balanço entre seus componentes infecção e remoção (VANDERPLANK, 1963). Assim, quando o processo de infecção for superior ao de remoção tem-se grande intensidade de doença, caso contrário, se o processo de infecção for superado pelo processo de remoção os níveis de doença serão reduzidos. Esse balanço entre o processo de remoção e infecção determinará se a doença em campo se comportará como uma epidemia ou uma endemia.

O mofo branco é uma doença endêmica (HARIKRIHSNAN; DEL RIO, 2008), ou seja, está sempre presente em uma área de cultivo, e caracteriza-se por não estar em expansão, apresentando balanço neutro entre os processos de infecção e remoção do tecido lesionado. Entretanto, de acordo com as condições climáticas endemias de mofo branco podem dar início a epidemias, já que epidemias de mofo branco são desencadeadas principalmente pelas condições meteorológicas e pelo microclima gerado pelo dossel da planta (HARIKRIHSNAN; DEL RIO, 2008).

Segundo Abawi e Grogan (1975), os fatores climáticos são fundamentais no desenvolvimento de epidemias de mofo branco na cultura da soja, pois atuarão

diretamente na produção de ascósporos e na inicialização e desenvolvimento das lesões. O clima através de seus elementos, principalmente temperatura, precipitação e umidade, geralmente afeta uma ou mais fases do ciclo de vida do patógeno, alterando a velocidade de desenvolvimento e o número de gerações (PEZZOPANE et al., 1996). Além das condições meteorológicas locais, a população de escleródios na superfície do solo contribui para o desenvolvimento de epidemias de mofo branco na cultura da soja (SCHWARTZ; STEADMAN, 1978), já que a germinação carpogênica dos escleródios e a produção de apotécios é a chave para o início da epidemia (TWENGSTRÖM et al., 1998).

Estabelecidas as condições para que ocorram epidemias, a doença poderá se distribuir e sofrer mudanças no tempo e no espaço. Análises temporais e espaciais da doença permitem o conhecimento da estrutura e comportamento de um patossistema, possibilitando compreender sua dinâmica populacional e definir estratégias de controle da doença em campos de produção. A doença provocada pelo fungo *S. sclerotiorum* na cultura da soja apresenta padrão de distribuição espacial do tipo agregada (HARTMAN; KULL; HUANG, 1998) e seu desenvolvimento pode ocorrer de forma exponencial (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980) ou de forma logística (HARIKRISHNAN; DEL RIO, 2008; MILA; CARRIQUIRY; YANG, 2004) em função do tempo.

A análise da intensidade da doença pode ser realizada através da curva de progresso da doença (SENTELHAS et al., 1996). Segundo Bergamin Filho e Amorim (1996), essa é a melhor representação de uma epidemia, pois caracteriza a interação entre o patógeno, o hospedeiro e o ambiente. Curvas de progresso da doença podem ser descritas por meio de modelos matemáticos de crescimento. Vanderplank (1963) empregou os modelos Logístico e Monomolecular para descrever o progresso da doença. Já Berger (1981) fez uso dos modelos de Gompertz, de Mitscherlich e de Von Bertalanfy para descrever o progresso de doenças em plantas.

Modelos matemáticos vêm sendo constantemente empregados para determinar o comportamento das diferentes fases de desenvolvimento do fungo *S. sclerotiorum*, sua incidência em plantas susceptíveis e sua prevalência em campos de produção de culturas agrícolas. Tais modelos diferem no grau de complexidade e de acordo com as diferentes variáveis de entrada do modelo.

Geraldine; Lobo Jr. e Hikishima (2010), analisando a influência da temperatura e da umidade do solo na germinação carpogênica, determinaram que a germinação dos escleródios em função da umidade do solo ajustou-se ao modelo monomolecular. Já Hikishima; Geraldine e Lobo Jr. (2010) verificaram que a germinação carpogênica de escleródios de *S. sclerotiorum* em função da temperatura e da umidade do solo foram bem representadas através do modelo linear generalizado com função de ligação logística.

Harikrishnan e Del Rio (2008) determinaram que o modelo de regressão logística para a previsão do risco de mofo branco sobre feijão na Dakota do Norte – EUA – explicou em 75 % a incidência de mofo branco na cultura em questão.

McDonald e Boland (2004) desenvolveram para as condições de Nova York, EUA, um modelo de previsão de incidência de esclerotínia para a cultura da soja que utiliza como variáveis de entrada a densidade da cultura, umidade do solo e a precipitação. O modelo baseia-se em um sistema de pontos que são acumulados se as condições forem favoráveis à ocorrência da doença. Tais pontos são combinados com a presença de apotécios nos campos de produção. Posteriormente, calcula-se o risco de infecção e determina-se a necessidade de aplicar ou não defensivos químicos na lavoura.

Mila; Carriquiry e Yang (2004) fizeram uso de métodos não paramétricos, como a regressão logística, para prever a prevalência de *S. sclerotiorum* em soja. No modelo foram empregadas variáveis de entrada: tipo de cultivo, textura do solo e as variáveis climáticas. Nesse estudo o referido autor obteve um coeficiente de determinação (R^2) de 0,65. Na mesma ocasião Mila; Carriquiry e Yang (2004) utilizaram a regressão de Poisson para estimar a incidência de podridão de esclerotínia em planta de soja. Além das variáveis anteriores, incorporou-se ao modelo o tratamento de sementes com fungicidas, controle de plantas daninhas, o uso de esterco na adubação e o uso de fertilizantes, obtendo-se um R^2 de 0,076. Esse baixo coeficiente de determinação pode estar relacionado ao plantio de cultivares diferentes, às diferenças microclimáticas nos campos de produção, às diferentes práticas de manejo e à falta de informação sobre a quantidade de inóculo no campo.

Estudos têm empregado a análise bayesiana para descrever o comportamento de doenças de plantas em campos de produção (MILA; CARRIQUIRY; YANG, 2004). Para descrever o progresso da doença a análise

bayesiana considera a probabilidade estatística, utiliza variáveis aleatórias como parâmetros, e utiliza distribuições de probabilidade. Dentre os três parâmetros utilizados na análise tem-se a distribuição prévia, a função de probabilidade e a distribuição posterior, os quais são combinados pela regra de Bayes e irão descrever o progresso da doença (MILA; CARRIQUIRY; YANG, 2004). Utilizando a regressão logística bayesiana, Mila et al. (2003) determinaram a prevalência de *Sclerotinia sclerotiorum* no centro norte americano, porém os quatro anos de dados utilizados na regressão não foram necessários para determinar a prevalência de mofo branco nessa região dos Estados Unidos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado na safra de verão 2011/2012, no município de Arapoti – PR, região dos Campos Gerais do Paraná, localizado a uma altitude de 966 metros, nas seguintes coordenadas geográficas aproximadas latitude 24° 16' Sul e longitude 50° 06' Oeste, em área naturalmente infestada pela doença.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E SOLO

O clima de Arapoti é classificado segundo Köppen como Cfb (MAACK, 1981), ou seja, o clima da região é subtropical, sempre úmido, sem estação seca definida e com verões amenos, apresentando temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico), e temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e com temperatura média anual de aproximadamente 19 °C (CAVIGLIONE, et al., 2000). A precipitação média anual normal varia de 1400 a 1600 milímetros (mm), sendo os meses de junho, julho e agosto os meses mais secos com precipitação acumulada variando entre 225 a 250 mm, e sendo o trimestre mais chuvoso aquele compreendido entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro com um total de chuvas entre 500 e 600 mm (CAVIGLIONE, et al., 2000).

O solo no local do experimento é classificado como Argissolo (EMBRAPA, 2006) com $CTC_{0-10\text{ cm}} = 8,98\text{ cmol dm}^{-3}$ e matéria orgânica $_{0-10\text{ cm}} = 30,89\text{ g dm}^{-3}$.

3.3 CULTURA: CULTIVAR, SEMEADURA, CONDUÇÃO DA CULTURA

Antes da instalação do experimento coletou-se solo de quatro pontos distintos, escolhidos ao acaso, com área de 0,25 m² a uma profundidade de 0,05 m, para determinar a quantidade de escleródios na área de instalação do experimento, a qual foi de 31 escleródios por metro quadrado de terreno (SARTORI et al., 2011).

No experimento utilizou-se sementes de soja, cultivar BMX Apolo RR®. Essa cultivar é susceptível ao mofo branco e apresenta ciclo superprecoce, pertencendo ao grupo de maturação 5.5 e apresentando hábito de crescimento indeterminado, com flor de coloração branca, pubescência de cor cinza e hilo amarelo.

A semeadura foi realizada no dia 11 de outubro de 2011, com semeadora de parcelas da marca Semeato®. Ao longo do ciclo da cultura as práticas de manejos foram realizadas de acordo com os padrões da propriedade onde o experimento se encontrava instalado, com exceção para a aplicação de produtos cujo alvo fosse o mofo branco.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) distribuídos em esquema fatorial, sendo combinados quatro espaçamentos entre linhas (0,35; 0,45; 0,60; 0,75m) e quatro populações (150; 200; 250; 300 mil plantas ha⁻¹), totalizando dezesseis tratamentos (Tabela 5) e quatro repetições.

As parcelas foram compostas por doze linhas com dez metros de comprimento, com variação na largura, em função do espaçamento utilizado.

Tabela 5: Tratamentos que compuseram o experimento durante a safra 2011/2012, Arapoti – PR, com o objetivo de avaliar o progresso do mofo branco na cultura da soja.

TRATAMENTO	ESPAÇAMENTO (m)	POPULAÇÃO (mil plantas ha ⁻¹)
1	0,35	150
2	0,35	200
3	0,35	250
4	0,35	300
5	0,45	150
6	0,45	200
7	0,45	250
8	0,45	300
9	0,60	150
10	0,60	200
11	0,60	250
12	0,60	300
13	0,75	150
14	0,75	200
15	0,75	250
16	0,75	300

3.4 ESTAÇÃO METEOROLÓGICA

Na área experimental foi instalada uma Estação Meteorológica Automática (EMA), da marca Campbell Scientific Inc., para o monitoramento dos elementos meteorológicos locais. Acoplados à EMA encontravam-se os sensores responsáveis pelo registro do saldo de radiação (R_n), radiação solar global (Q_g), radiação

fotossinteticamente ativa (*PAR*), temperatura do ar (*T_{ar}*), umidade relativa do ar (*UR*) e pressão barométrica (*P_{bar}*).

Todos os sensores foram acoplados a um DataLogger modelo CR-1000, da marca Campbell Scientific Inc. que através do programa PC208W para ambiente Windows foram programados para efetuar leituras com uma frequência de 60 segundos, armazenando médias a cada 15 minutos.

Além dos sensores e do DataLogger, a EMA possuía um painel solar modelo SP10, responsável pelo abastecimento de uma bateria, modelo PS100 12 volts, que mantinha os componentes da EMA em funcionamento (Figura 3).

3.4.1 SALDO-RADIÔMETRO NR LITE

O *R_n* foi medido por um saldo-radiômetro, sem cúpula, modelo NR LITE, marca Kipp & Zonen. O saldo-radiômetro foi instalado e nivelado a uma altura de 1 metro do nível do solo. Inicialmente, foram obtidos valores instantâneos de *R_n* (W m^{-2}), que posteriormente foram integrados ao longo do dia e expressos em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (Equação 1), como segue abaixo:

$$R_{n(\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1})} = R_{n(\text{W m}^{-2})} * 0,0864 \quad (1)$$

em que: 0,0864 - é o fator de conversão de W m^{-2} para $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$.

3.4.2 PIRANÔMETRO LI-200X

Os valores de *Q_g* foram registrados por um Piranômetro fotodiodo de silício, fabricado pela LI-COR, modelo LI-200X, de resposta espectral no intervalo de 0,4 e 1,2 μm . O piranômetro foi instalado a 2 metros do nível do solo. Inicialmente foram obtidos valores instantâneos de *Q_g* (W m^{-2}), que posteriormente foram integrados ao longo do dia e expressos em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$. Para tal conversão utilizou-se o mesmo fator de conversão da Equação 1.

3.4.3 SENSOR QUANTUM LI-190SB

A fração *PAR* foi medida por meio de um sensor Quantum, modelo LI-190SB, de resposta espectral no intervalo entre 0,4 e 0,7 μm também da marca LI-COR, e encontrava-se instalado a 2 metros do nível do solo. Os valores de *PAR* foram, inicialmente, registrados em unidade de medida instantânea ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) e posteriormente foram integralizados ao longo do dia e transformados em $\text{mol m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (Equação 2):

$$PAR_{(\text{mol m}^{-2} \text{dia}^{-1})} = \left(\sum \text{diário } PAR_{(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})} * t_{(s)} \right) * 10^{-6} \quad (2)$$

em que: *PAR* - é a radiação fotossinteticamente ativa ($\text{mol m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ para o período diário; e $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ para intervalo de segundos); *t* - é o tempo entre as coletas em segundos;

Na sequência os dados foram transformados e expressos em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ utilizando-se um valor de conversão conforme propõem Thimijan e Heins (1983) (BECKMANN et al., 2006) (Equação 3):

$$PAR_{(\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1})} = PAR_{(\text{mol m}^{-2} \text{dia}^{-1})} * 4,57 \quad (3)$$

3.4.4 SENSOR HMP45C

O Sensor HMP45C Temperature and Relative Humidity Probe, fabricado pela empresa Vaisala, é composto por dois sensores responsáveis pelo registro da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, sendo estas variáveis registradas em $^{\circ}\text{C}$ e %, respectivamente. O sensor foi instalado a 2 metros do nível do solo em abrigo meteorológico para evitar a incidência de chuva e radiação direta no sensor, reduzindo falhas no seu registro.

3.4.5 SENSOR CS106

As medidas da *Pbar* foram efetuadas por meio do sensor CS106, marca Vaisala, sendo tais medidas registradas em milibares (mb). O barômetro foi instalado no interior da “caixa”, que contém o sistema de aquisição de dados, para evitar o contato direto com precipitações e radiação solar.

3.4.6 PLUVIÔMETRO

O registro das precipitações (mm) deu-se por um pluviômetro de báscula, CSI modelo TB4, fabricado pela Hydrological Services Pty. Ltd, com precisão de 0,254 mm. O equipamento encontrava-se nivelado a 1,5 metros em relação à superfície do solo.

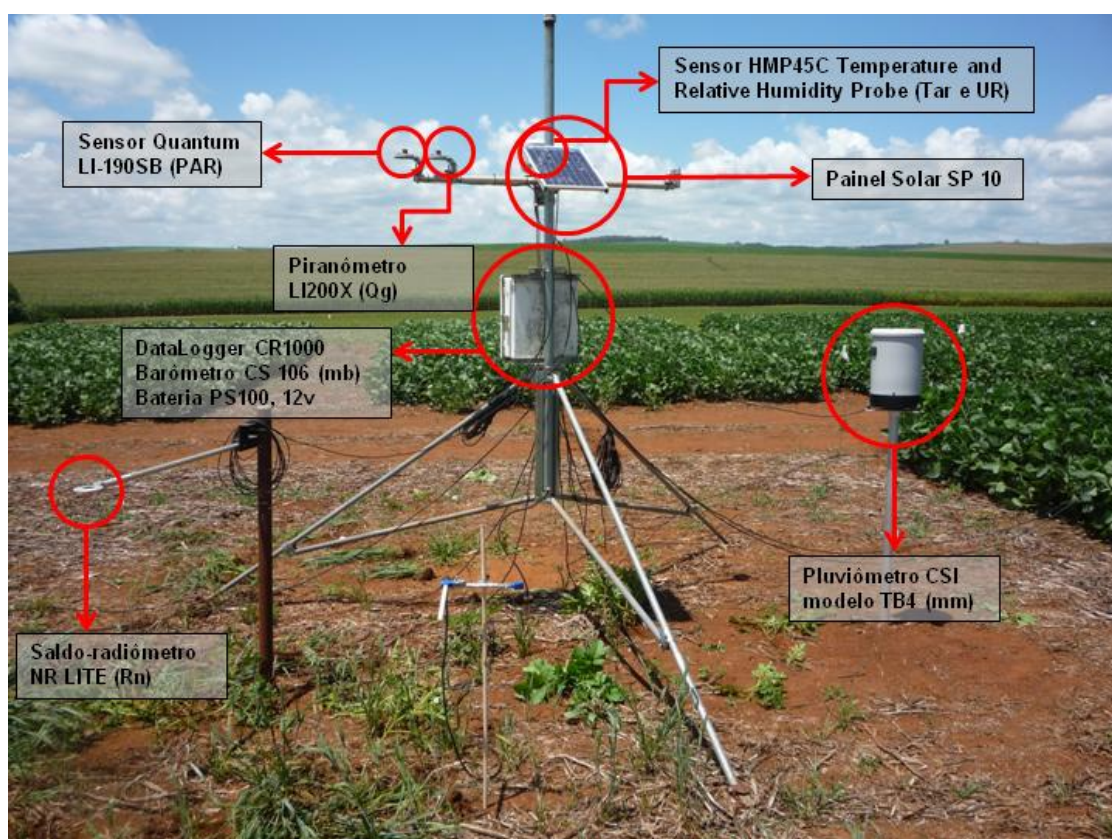


Figura 3: Estação Meteorológica Automática (EMA) e seus respectivos sensores e componentes, responsáveis pelo registro e armazenamento dos elementos meteorológicos locais, Arapoti, PR.

3.5 ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR

Para estimativa da duração do período de molhamento foliar (*DPM*) utilizou-se os dados coletados pelo sensor HMP45C Temperature and Relative Humidity Probe. O modelo utilizado para estimar a *DPM* considerou o número de horas com umidade relativa do ar acima de 90% ($NHUR > 90\%$) (SENTELHAS, 2004).

No modelo $NHRU > 90\%$ a UR igual a 90%, registrada no interior do abrigo meteorológico, foi considerada como o limite para o início da deposição do orvalho

(SENTELHAS, 2004). O número de intervalos de 15 minutos durante o dia (das 12h20min do dia 1 às 12h00min do dia 2) com *UR* acima de 90% dividido por quatro foi considerado como a *DPM* (horas).

3.6 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Com os registros dos elementos meteorológicos efetuados pela EMA e com o uso do modelo de estimativa da *DPM*, correlacionou-se as seguintes variáveis meteorológicas com os valores de taxa de infecção e progresso do mofo branco na cultura da soja: temperatura média do ar, em °C (*TarMed*), temperatura mínima do ar, em °C (*TarMin*), temperatura máxima do ar, em °C (*TarMax*), umidade relativa máxima do ar, em % (*URMax*), umidade relativa média do ar, em % (*URMed*), umidade relativa mínima do ar, em % (*URMin*), radiação solar global, em MJm⁻² dia⁻¹ (*Qg*), precipitação, em milímetros dia⁻¹ (*PRECIP*) e a duração do período de molhamento foliar, em horas (*DPM*).

3.7 AVALIAÇÕES

As avaliações de incidência (número de plantas com a doença), severidade, (porcentagem de sintomas das plantas infectadas com mofo branco na cultura na soja) foram realizadas a partir do estágio fenológico R1, no início de florescimento (FEHR; CAVINESS, 1977), tendo sido esta fase aquela em que a cultura é mais susceptível a doença. A partir de R1 efetuaram-se 4 avaliações nas seguintes datas: 12/01/2012, 25/01/2012, 10/02/2012 e 24/02/2012. Dentre as datas acima descritas apenas a primeira avaliação não foi utilizada nas análises estatísticas e epidemiológicas, visto que não havia sintomas de infecção nas plantas avaliadas.

Para determinação dos valores de incidência da doença na cultura lançou-se mão do percentual de plantas infectadas por parcela. Para quantificar a severidade da doença foram atribuídas notas de 5 até 90 (Figura 4), segundo Juliatti e Juliatti (2010).



Figura 4: Escala para avaliação de severidade de *Sclerotinia sclerotiorum* em plantas individuais de soja. Fonte Juliatti e Juliatti (2010).

3.8 ÁREA ABAIXO DA CURVA DE PROGRESSO DA DOENÇA

Sob posse dos dados de severidade da doença, em cada avaliação, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para os dezesseis diferentes tratamentos.

A AACPD é um modelo integral que sintetiza e quantifica quais foram as perdas provocadas por determinada doença ao longo do ciclo da cultura. A AACPD pode ser estimada pela equação proposta por Shaner e Finney (1977) (Equação 4):

$$AACPD = \sum_i^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) * (t_{i+1} - t_i) \quad (4)$$

em que: n - representa o número observações;

y_i - é a severidade da doença medida na "i"-ésima observação;

t_i - é o tempo em dias na “i”-ésima observação.

$(y_i + y_{i+1})$ - corresponde a altura média do retângulo entre os pontos y_i e y_{i+1}

$(t_{i+1} - t_i)$ - a diferença da base do retângulo entre os pontos t_{i+1} e t_i que corresponde ao intervalo de tempo em dias entre duas avaliações consecutivas (CAMPBELL; MADDEN, 1990; VALE, JESUS JUNIOR, ZAMBOLIM, 2004).

Dessa maneira verifica-se que a AACPD é a doença (y) integrada entre dois pontos e pode ser aproximada utilizando a regra do ponto médio ou o método de integração trapezoidal (COOKE, 2006).

3.9 ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA

A análise temporal da epidemia de mofo branco na soja foi realizada a partir da plotagem da incidência em cada avaliação e dos dados de severidade acumulada ao longo das avaliações em função do tempo, construindo dessa maneira curvas de progresso da doença, as quais foram analisadas seguindo os modelos Logístico, Monomolecular e Gompertz.

3.9.1 MODELO LOGÍSTICO

O modelo logístico, proposto por Verhulst (1838), vem sendo amplamente empregado para descrever o progresso de epidemias e é descrito pela seguinte equação diferencial (Equação 5):

$$\frac{dx}{dt} = r_L x * (1 - x) \quad (5)$$

em que: $\frac{dx}{dt}$ - taxa absoluta de aumento da doença;

r_L - é a taxa de aumento específica para o modelo logístico (taxa de infecção aparente);

x - quantidade da doença;

$(1 - x)$ - é o fator de correção que representa o tecido sadio do hospedeiro.

Segundo Bergamin Filho e Amorim (1996), a Equação 5 indica que a velocidade de aumento da doença (dx/dt) é proporcional à quantidade de doença x e à quantidade de tecido sadio disponível no hospedeiro ($1 - x$).

A integração da Equação 5 produz:

$$x = 1 / (1 + \left(\left(\frac{1}{x_0} \right) - 1 \right) \exp(-r_L t)) \quad (6)$$

A plotagem de x contra o tempo origina uma curva em forma de “S”, conhecida como curva logística, simétrica em torno de $x = 0,5$. Para comparação entre as curvas de progresso da doença faz-se necessário a linearização do modelo logístico (Equação 7):

$$x = \ln \left(\frac{x}{1-x} \right) \quad (7)$$

3.9.2 MODELO MONOMOLECULAR

O modelo monomolecular considera que a velocidade do progresso da doença é proporcional ao inóculo inicial e a uma taxa que é determinada pela quantidade de inóculo previamente (QR) existente em um dado local, e tem como equação diferencial a seguinte expressão:

$$dx/dt = r_M * (1 - x) \quad (8)$$

em que: r_M - é a taxa de aumento específica para o modelo monomolecular ($r_M = QR$);

($1 - x$) - é o fator de correção que representa o tecido sadio do hospedeiro.

A plotagem de dx/dt contra o tempo evidencia que os incrementos são sempre decrescentes e que se aproximam de zero à medida que o tecido sadio esgota-se. A integralização da equação 8 gera:

$$x = 1 - (1 - x_0) \exp(-r_M t) \quad (9)$$

Diferente do modelo logístico e de Gompertz, no modelo monomolecular a curva gerada pela plotagem de x contra o tempo, gera uma curva côncava em relação a abscissa, aproximando-se assintoticamente da máxima quantidade de doença.

Para comparação entre as curvas de progresso da doença faz-se necessário a linearização de modelo monomolecular:

$$x = \ln (1/(1 - x)) \quad (10)$$

3.9.3 MODELO DE GOMPERTZ

Assim como o modelo Logístico o modelo de Gompertz (GOMPERTZ, 1825) é amplamente utilizado para descrever o progresso de doenças. Sua equação diferencial é dada por:

$$dx/dt = r_G x * (-\ln(x)) \quad (11)$$

em que: r_G - é a taxa de aumento específica para o modelo de Gompertz (taxa de infecção aparente);

x - quantidade da doença;

$\ln(x)$ - é o logaritmo neperiano da quantidade de doença.

Segundo Bergamin Filho e Amorim (1996), a plotagem de dx/dt contra o tempo mostra incrementos crescentes até que o ponto de inflexão seja atingido, seguindo-se incrementos decrescentes que tendem a zero. Neste modelo o ponto de inflexão ocorre em $x = 0,37$, fazendo com que sua curva seja assimétrica.

A integralização da equação 11 produz:

$$x = \exp (-(-\ln(x_0)) \exp(-r_G t)) \quad (12)$$

Para comparação entre as curvas de progresso da doença faz-se necessário a linearização do modelo Gompertz:

$$x = -\ln(-\ln(x)) \quad (13)$$

A escolha do melhor modelo foi feita com base na plotagem do resíduo padrão obtido pela diferença entre a doença observada e a doença prevista e, também, de acordo com o coeficiente de determinação (R^2) obtido através da regressão linear simples entre os dados observados da doença e valores previstos, e na existência ou não de padrões no gráfico de resíduos versus valores previstos da doença (JEGER, 1986; CAMPBELL; MADDEN, 1990; BEGAMIN FILHO, 1995). Além disso, para a comparação dos dados observados e previstos da doença os seguintes parâmetros estatísticos foram adotados: erro absoluto médio (EAM) e raiz quadrada do erro médio quadrático normalizado (RQEM) (SENTELHAS et al., 1997). Índices obtidos por meio das seguintes expressões:

$$EAM = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i) \right] \quad (14)$$

$$RQEM = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right]^{0,5} \times \left(\frac{100}{\bar{O}} \right) \quad (15)$$

nos quais, P_i corresponde aos dados observados da doença obtidos nas avaliações de incidência e severidade; O_i representa os dados estimados da doença por meio dos diferentes modelos epidemiológicos; n é o número de observações; e segundo Zacharias; Heatwole e Coakley (1996) $\bar{O}$ é:

$$\bar{O} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n O_i \quad (16)$$

3.10 PRODUTIVIDADE E MASSA DE MIL GRÃOS

Ao final do ciclo avaliou-se o rendimento por meio da produtividade e da massa de mil grãos (MMG) da cultura da soja. Para tais avaliações foram colhidas quatro linhas com quatro metros de comprimento e bordadura mínima de três linhas.

Para determinação da MMG foram pesadas amostras de 1000 grãos de cada parcela, em balança, com precisão de centésimos de grama. A MMG foi

determinada a partir dos valores de massa obtidos na pesagem, após correção do teor de água para 130 g kg^{-1} (13%).

A produtividade foi obtida através da pesagem de toda soja colhida em cada parcela útil. Os dados foram obtidos em gramas e convertidos em quilogramas por hectare (kg ha^{-1}). Assim como MMG, a produtividade foi corrigida pelo teor de água para 130 g kg^{-1} (13%).

3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística, os dados de incidência, severidade, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foram previamente transformados, utilizando-se a expressão $(x + 1)^{1/2}$ antes de proceder-se a análise de variância com aplicação do teste F, com o objetivo de reduzir os coeficientes de variação dos dados de doença.

Os dados de incidência, severidade, AACPD, MMG e produtividade da cultura foram submetidos ao teste F para análise de variância. Posteriormente, utilizou-se o teste de Tukey, a 5% ($\alpha = 0,05\%$) de probabilidade, para comparação entre as médias. Tanto para a análise da variância, quanto para a comparação entre as médias de tratamentos utilizou-se o pacote estatístico Sisvar 4.0 – Sistema de Análise de Variância.

Efetuuou-se análise de regressão linear simples entre as variáveis climáticas (variável independente) e a taxa de progresso da doença (variável dependente), obtida pelo modelo epidemiológico que melhor representou o progresso da doença. Os valores do coeficiente de correlação de Pearson (R) foram utilizados para a identificação da variável que apresentou maior proporção de variabilidade com a taxa de progresso aparente da doença (PEDRO JUNIOR, 1983).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos locais representam de forma clara e concisa as condições atmosféricas reinantes durante a estação de cultivo no local do experimento, visto que a estação meteorológica automática (EMA) encontrava-se no interior do experimento. Os dados meteorológicos foram tabulados e expressos em médias decendiais com início dos registros em 01 de outubro de 2011 até 19 de março de 2012, representando toda a safra da cultura da soja, no período e local em questão (Tabela 6).

Tabela 6: Dados meteorológicos coletados em EMA no município de Arapoti, PR, durante a estação de cultivo da soja, safra 2011/2012, agrupados em médias decendiais.

Médias Decendiais	* VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS										
	<i>TarMed</i>	<i>TarMin</i>	<i>TarMax</i>	<i>URMed</i>	<i>URMin</i>	<i>URMax</i>	<i>PRECIP</i>	<i>Qg</i>	<i>PAR</i>	<i>Rn</i>	<i>DPM (NH>90%)</i>
	°C			%			mm	MJ m ⁻²	MJ m ⁻² dia ⁻¹	MJ m ⁻²	horas
01/10 - 10/10/2011	18,5	13,2	25,3	77,2	48,8	95,9	30,0	17,1	6,9	8,9	92,0
11/10 - 20/10/2011	16,9	13,0	22,0	83,2	62,9	94,7	114,0	15,1	6,0	8,0	82,3
21/10 - 30/10/2011	18,2	18,2	24,9	72,3	44,5	93,4	64,0	19,9	7,8	9,9	53,2
31/10 - 09/11/2011	17,1	10,1	25,1	64,8	33,0	90,4	0,0	23,5	9,4	11,2	17,2
10/11 - 19/11/2011	17,4	13,1	23,6	77,3	52,3	93,3	67,8	18,3	7,4	9,0	41,0
20/11 - 29/11/2011	20,2	13,9	27,4	68,7	37,3	92,0	31,5	23,3	9,5	11,8	35,0
30/11 - 09/12/2011	19,5	14,3	26,5	74,8	44,4	93,6	29,5	21,8	8,8	11,0	49,2
10/12 - 19/12/2011	19,8	13,9	26,4	67,5	38,9	90,4	24,9	25,4	10,0	13,0	39,2
20/12 - 29/12/2011	21,2	15,3	28,5	67,3	40,9	86,1	6,9	23,5	9,4	12,0	21,2
30/12 - 08/01/2012	19,9	14,5	26,8	78,4	49,3	94,7	45,5	22,6	8,8	12,2	72,3
09/01 - 18/01/2012	19,3	16,0	25,1	86,2	61,0	95,3	144,5	17,4	6,7	9,4	141,3
19/01 - 28/01/2012	19,0	14,9	24,7	85,4	61,7	95,6	16,0	15,7	6,2	8,7	107,5
29/01 - 07/02/2012	21,6	14,7	29,2	67,4	36,8	90,0	0,0	25,8	9,7	12,9	26,2
08/02 - 17/02/2012	20,4	15,4	27,9	79,4	48,6	93,7	74,4	20,9	7,1	11,1	77,5
18/02 - 28/02/2012	20,8	16,6	28,0	83,4	55,3	95,2	50,3	18,8	6,2	10,6	112,0
29/02 - 09/03/2012	21,4	15,0	30,0	71,0	35,8	92,2	0,3	25,0	9,1	12,8	51,0
10/03 - 19/03/2012	19,7	14,2	26,9	76,4	49,1	93,4	0,0	18,4	7,4	9,0	49,3

* *TarMed* – Temperatura média do ar; *TarMin* – Temperatura mínima do ar; *TarMax* – Temperatura máxima do ar; *URMed* – Umidade relativa média do ar; *URMin* – Umidade relativa mínima do ar; *URMax* – Umidade relativa máxima do ar; *PRECIP* – Precipitação; *Qg* – Radiação solar global; *PAR* – Radiação fotossinteticamente ativa; *Rn* – Saldo de radiação; *DPM (NHUR ≥ 90%)* – Duração do período de molhamento estimado pelo método que considera que está ocorrendo molhamento se a umidade relativa do ar encontrar-se igual ou superior a 90%.

Analisando-se os dados meteorológicos ao longo da estação de cultivo da soja, do plantio até a colheita, verificou-se que as condições meteorológicas locais foram favoráveis ao desenvolvimento do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* na área experimental. Ou seja, o período em questão apresentou temperaturas do ar amenas, elevada umidade relativa do ar, elevada precipitação, sendo esta bem

distribuída ao longo da estação de cultivo, a alta duração do período de molhamento.

A temperatura média do ar (*TarMed*), um dos fatores limitantes da ocorrência ou não de *S. sclerotiorum* em soja, mostrou-se favorável ao desenvolvimento do fungo. Durante toda a estação de cultivo a temperatura média do ar apresentou valores médios de 19,5 °C. Resultados semelhantes foram obtidos por Pennypacker e Risius (1999) e Boland e Hall (1988), os quais determinaram que o fungo em questão desenvolve-se melhor na cultura da soja se a temperatura média do ar apresentar valores entre 15 °C e 20 °C e 12 e 24 °C, respectivamente.

Muitos trabalhos demonstraram que temperaturas elevadas superiores a 30 °C e temperaturas com valores muito baixos, inferiores a 10 °C podem prejudicar o desenvolvimento de *S. sclerotiorum*, retardando ou até mesmo cessando seu desenvolvimento e o processo infeccioso (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980; ABAWI; GROGAN, 1979; HANNUSCH; BOLAND, 1996; HIKISHIMA; GERALDINE; LOBO Jr, 2010). Essas condições ou condições muito próximas a essas foram observadas em apenas 2 momentos durante o período de coleta de dados.

O menor valor médio da temperatura mínima do ar (*TarMin*) foi de 10,1 °C registrada no período entre 31/10 – 09/11/2011. O valor de temperatura mínima foi muito próximo daqueles valores considerados prejudiciais ao desenvolvimento de *S. sclerotiorum* (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980; ABAWI; GROGAN, 1975; ABAWI; GROGAN, 1979). Entretanto, o valor de temperatura mínima de 10,1 °C foi registrado no momento em que as plantas de soja encontravam-se em crescimento vegetativo, fase de desenvolvimento em que as plantas de soja não estão no período favorável à infecção do patógeno. Além disso, nessa fase de desenvolvimento da soja o dossel da cultura não se apresentava fechado, e as condições microclimáticas no interior da cultura apresentavam-se desfavoráveis ao desenvolvimento do fungo. No momento em que plantas de soja não apresentam seu dossel totalmente fechado a movimentação do ar nesse ambiente é maior e há incidência de radiação direta sobre todas as partes da planta e sobre a superfície do solo, assim a temperatura do solo eleva-se, sua umidade decresce e há o secamento mais rápido da água presente sobre a superfície da planta, reduzindo a duração do período de molhamento (*DPM*).

Por outro lado, o valor médio da temperatura máxima do ar (*TarMax*) registrada no período entre 29/02 – 09/03/2012 foi de 30,0 °C. Nesse período as

plantas de soja encontravam-se no estágio fenológico R6-R7, em fase de granação completa e início da maturação fisiológica de grãos. Durante a fase de maturação a planta de soja está praticamente sem folhas, devido à constante translocação de nutrientes das folhas para as vagens para que os grãos se formem. Assim as plantas não apresentam a fonte de nutrientes exógena requerida pelo fungo, e as condições microclimáticas passam a ser desfavoráveis ao patógeno, pois haverá maior circulação de ar no ambiente e a radiação volta a incidir diretamente sobre a superfície do solo. Devido às condições ambientais acima relatadas, pode-se assumir que a temperatura máxima não tenha afetado o desenvolvimento do fungo e seu processo infeccioso, como foi reportado por Weiss; Kerr e Steadman (1980); Abawi e Grogan (1979); Hannusch e Boland (1996); Hikishima; Geraldine e Lobo Jr (2010).

Analisando os valores de umidade relativa média, mínima e máxima (*URMed*, *URMin* e *URMax*) coletados pela EMA verificou-se que a *URMed* ao longo do ciclo da cultura apresentou valores médios diários de 75,3 %, com médias nos diferentes períodos decendiais variando entre 67,3 % e 86,2 %. A *URMin* durante o desenvolvimento da cultura apresentou valores médios diários de 47,1 %, variando de 33,0 % a 62,9 %. Já o valor médio da *URMax* foi de 92,9 % variando entre 86,1 % e 95,9 %.

A *UR* apresentou valores elevados ao longo do ciclo da cultura no local em estudo. A literatura reporta que elevados valores de *UR* são de extrema importância para que o fungo *S. sclerotiorum* se desenvolva e tenha a capacidade de provocar doença nas plantas de soja (ABAWI; GROGAN, 1979; HANNUSCH; BOLAND, 1996; TORES; MORENO, 1991).

Os elevados valores de *UR* muito provavelmente estão associados às elevadas e bem distribuídas precipitações (*PRECIP*) ao longo da estação de cultivo da soja no local do experimento. De um total de 17 decêndios apenas 4 não apresentaram registro de chuvas, ou esse registro foi inferior a 1 milímetro, sendo que dois deles encontravam-se no período entre 29/02 – 09/03/2012 e 10/03 – 19/03/2012, nos quais as plantas de soja se encontravam em processo de maturação fisiológica e a doença já não era mais observada no local do experimento. Os outros dois períodos sem ocorrência de chuva foram de 31/10 – 09/11/2011, durante esse período as plantas de soja encontravam-se no período de desenvolvimento vegetativo e possivelmente a falta de chuva não afetou o

desenvolvimento do patógeno, e no período compreendido entre 29/01 – 07/02/2012, no qual pode ter afetado o desenvolvimento de *S. sclerotiorum*.

De acordo com a Tabela 6 verifica-se que houve estreita relação entre os elevados valores *UR* e a ocorrência *PRECIP* durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. Dessa maneira durante períodos decendiais em que os níveis de *PRECIP* foram elevados, os valores médios de *UR* também foram maiores. Tal inter-relação pode ser observada analisando-se 2 períodos distintos, o primeiro compreendido entre 31/10 – 09/11/2011 e o segundo de 09/01 – 18/01/2012. Entre 31/10 – 09/11/2011 não ocorreram chuvas e os valores de *URMed*, *URMax* e *URMin* diminuíram apresentando valores de 64,8; 33,0 e 90,4 %, respectivamente. Já durante 09/01 – 18/01/2012 o pluviômetro acoplado a EMA registrou um total de chuva de 144,5 milímetros, elevando os valores de *URMed*, *URMax* e *URMin* para 86,2; 61,0 e 95,3 %, respectivamente.

Interações entre a *Tar* e *UR* podem gerar molhamento sobre a superfície do vegetal, sendo que esse processo pode ser intensificado pela ocorrência de precipitações. A quantificação da *DPM* apresenta correlações diretas com a incidência e na severidade de mofo branco na cultura da soja (BOLAND; HALL, 1988).

Baseado no modelo de estimativa $UR \geq 90\%$ verificou-se que a *DPM* média ao longo do ciclo da cultura foi de 63 horas e 15 minutos, para um intervalo de 10 dias consecutivos, sendo que os valores extremos de *DPM* variaram entre 17:15 horas e 141:30 horas. Provavelmente, os valores elevados na *DPM* foram fatores determinantes para a ocorrência de mofo branco na cultura da soja no local do experimento. Segundo Boland e Hall (1988) para a cultura da soja a duração de *DPM* necessária para o desenvolvimento das lesões de Sclerotinia é de 54 horas em média em ambiente controlado e de 39 horas em condições de campo.

Confrontando os resultados de *DPM* obtida pelo modelo de estimativa $UR \geq 90\%$ com os resultados obtidos por Boland e Hall (1988) verifica-se que durante ciclo da cultura a duração do período de molhamento foliar foi favorável ao desenvolvimento da doença em campos de produção de soja, já que a *DPM* média ao longo do ciclo da cultura foi de 79 horas.

As condições meteorológicas são essenciais para que a doença ocorra e se desenvolva no hospedeiro. Porém, é necessário que o patógeno encontre-se no ambiente e que o hospedeiro seja susceptível ao patógeno ou esteja no momento de

susceptibilidade. Para ter sucesso na infecção os ascósporos liberados pelos escleródios de *S. sclerotiorum* necessitam de uma fonte exógena de energia, proveniente de flores senescentes e outros órgãos senescentes da planta (ABAWI; GROGAN, 1979; BOLAND; HALL, 1988; NATTI, 1971). Baseado nisso determina-se que a fase mais susceptível das plantas de soja à ocorrência de mofo branco é durante o florescimento e início de enchimento de grãos. Faz-se necessário verificar se as condições meteorológicas durante o período de florescimento foram ou não favoráveis ao desenvolvimento de *S. sclerotiorum*.

No período de susceptibilidade do hospedeiro as condições meteorológicas foram ainda mais favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, quando comparadas ao ciclo como um todo. Durante esse período, compreendido entre 30 de dezembro de 2011 até 28 de fevereiro de 2012 registrou-se temperaturas amenas, elevados valores de umidade relativa do ar, precipitações abundantes e bem distribuídas, valores de radiação inferiores e elevada DPM, quando comparado ao ciclo como um todo (STEADMAN, 1983).

A *TarMed* durante o período susceptível à ocorrência e desenvolvimento do mofo branco na cultura da soja foi de 20,16 ° C, com valores médios de *TarMin* e *TarMax* de 15,35 °C e 26,93 °C, respectivamente. No período de susceptibilidade os valores de temperatura encontravam-se na faixa ideal de desenvolvimento do patógeno entre 15 e 25 °C (HARIKRISHNAN; DEL RÍO, 2006; ABAWI; GROGAN, 1979; HANNUSCH; BOLAND, 1996; PENNYPACKER; RISIUS, 1999; BOLAND; HALL, 1988; WEISS; KERR; STEADMAN, 1980). Além disso, neste período não se registrou temperaturas inferiores a 10 °C ou superiores a 30 °C, temperaturas as quais poderiam afetar o desenvolvimento do fungo e cessar o progresso da doença nas plantas de soja (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980; ABAWI; GROGAN, 1979; ABAWI; GROGAN, 1975; HIKISHIMA; GERALDINE; LOBO Jr., 2010; HANNUSCH; BOLAND, 1996).

UR superior a 80 % no ambiente durante o período em que o hospedeiro está susceptível à doença é um dos fatores determinantes para que a *S. sclerotiorum* se desenvolva e provoque doenças em plantas de soja e em outras culturas (TORES; MORENO, 1991; HANNUSCH; BOLAND, 1996). Nesse período, as condições de *URMed* no local do experimento foi de 80,0 %, com valores médios extremos variando entre 52,1 % (*URMin*) e 94,1 % (*URMax*).

A ocorrência de precipitações durante a época de susceptibilidade da cultura da soja elevam os valores de *UR*, induzem ao molhamento sobre a superfície vegetal, elevam os níveis de água disponível no solo e reduzem a temperatura do ar e do solo, tornando as condições microclimáticas favoráveis à germinação dos escleródios, a liberação de ascósporos, a deposição dos ascósporos sobre a superfície vegetal e sua posterior penetração, acelerando o progresso da doença no organismo hospedeiro (BOLAND; HALL, 1988).

Durante o período em análise, apenas entre 29/01 à 07/02/2012 não houve registro de precipitações. Já nas demais médias decendiais registrou-se elevados e bem distribuídos índices de chuva, com valores extremos variando entre 16,0 a 144,55 mm. Confrontando o período susceptível com todo o ciclo da cultura da soja verifica-se que as precipitações foram maiores durante o período susceptível, com valores de 55,1 mm, por outro lado durante o ciclo todo da cultura os totais médios de chuva foram de 41,2 mm, demonstrando que durante o período susceptível as condições climáticas foram favoráveis ao desenvolvimento da doença no campo de produção de soja.

Durante o período susceptível ao desenvolvimento do mofo branco na cultura da soja a interação entre temperaturas amenas e elevados valores de umidade e precipitação, resultaram em um maior número de horas com molhamento, comparado ao ciclo total da cultura. No ciclo como um todo a *DPM* média foi de 63 horas e 16 minutos, já no período susceptível a *DPM* média foi de aproximadamente 90 horas. Boland e Hall (1988) determinaram que em condições de campo a *DPM* necessária para ocorrência de mofo branco é em média de 39 horas. Assim resultados anteriores evidenciam que as condições de *DPM* estimadas durante a fase susceptível das plantas de soja em Arapoti, PR, foram favoráveis a ocorrência de mofo branco.

Em escala diária a *DPM* média durante a fase susceptível à ocorrência de mofo branco na cultura da soja foi de 9 horas. Segundo Saharan e Mehta (2008) a duração do período de molhamento, em base diária, necessária para o desenvolvimento de *Sclerotinia* na cultura da soja é de 12 a 16 horas. Comparando tais resultados verifica-se que para as condições de Arapoti, PR, a *DPM* necessária para a ocorrência de mofo branco na cultura da soja foi reduzida em aproximadamente 3 horas, possivelmente em decorrência dos valores de

temperatura do ar que se mantiveram favoráveis ao desenvolvimento do mofo branco na cultura da soja.

Outro elemento de clima que pode ter favorecido o desenvolvimento do fungo no local do experimento foram os menores níveis de radiação encontrados durante a fase favorável à ocorrência de mofo branco na cultura da soja. Os baixos valores de Q_g , fração PAR e R_n foram registrados nos dias em que os níveis de precipitação foram elevados, possivelmente em decorrência de maiores níveis de nebulosidade no local do experimento. Peltier e Grau (2008) demonstraram que plantas de soja expostas a baixos níveis de radiação solar apresentaram elevados índices de incidência e severidade de mofo branco. Isso se deve ao fato de que sob reduzida exposição à radiação solar as plantas de soja reduzem a quantidade de fotoassimilados, pois reduzem o processo da fotossíntese, e como consequência tem-se uma significativa redução na síntese de compostos fenólicos e metabólitos secundários que atuam na defesa das plantas de soja, tornando-as mais susceptíveis ao ataque de *S. sclerotiorum*.

4.2 INCIDÊNCIA, SEVERIDADE E ÁREA ABAIXO DA CURVA DE PROGRESSO DA DOENÇA (AACPD)

As avaliações de incidência e severidade de mofo branco na cultura da soja foram efetuadas durante a fase susceptível à ocorrência e desenvolvimento da doença, ou seja, a partir da fase de florescimento da cultura (R1) até a fase de enchimento de grãos (R5.5). As análises de variância com aplicação do teste F aos dados de incidência e severidade da doença foram realizadas a partir da segunda avaliação, visto que na primeira avaliação não houve registro da doença em campo de cultivo de soja. Do mesmo modo efetuou-se a análise de comparação de média, utilizando o teste de Tukey a 5 % de confiabilidade.

Os resultados da análise de variância (ANOVA) aplicados às 3 avaliações são apresentados na Tabela 7. De acordo com a aplicação do teste F aos dados de incidência verifica-se que durante as 3 avaliações não houveram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, ou seja, as amostras foram tiradas da mesma população e não há diferenças entre as médias dos tratamentos.

Com base na análise de variância com aplicação do teste F aos dados experimentais verificou-se que não houveram diferenças estatísticas entre as

médias dos tratamentos em nenhuma das avaliações. Ou seja, alterações nos espaçamentos e nas densidades populacionais de plantas de soja não afetaram a incidência de mofo branco na cultura da soja, cultivada ao longo da safra 2011/2012 no município de Arapoti, PR. Resultados semelhantes foram obtidos por Buzzell; Welacky e Anderson (1993) analisando diferentes cultivares de soja, cultivadas sob diferentes espaçamentos entre linhas em Ontário, Canadá.

Tabela 7: Análise da variância com aplicação do teste F (ANOVA) aos dados de incidência de mofo branco (*S. sclerotiorum*) durante três avaliações na cultura da soja em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.

Tabela da Análise de Variância - Incidência na 2ª Avaliação					
FV	GL	SQ	SQM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	15	13,65	0,91	0,75	0,7249
Bloco	3	7,58	2,53	2,07	0,1170
Erro	45	54,81	1,22		
Total Corrigido	63	76,04			
CV (%)	41,60				
Média Geral	2,65	Número de Observações:			64
Tabela da Análise de Variância - Incidência na 3ª Avaliação					
FV	GL	SQ	SQM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	15	11,97	0,80	0,58	0,8736
Bloco	3	3,50	1,17	0,85	0,4740
Erro	45	61,78	1,37		
Total Corrigido	63	77,25			
CV (%)	37,86				
Média Geral	3,10	Número de Observações:			64
Tabela da Análise de Variância - Incidência na 4ª Avaliação					
FV	GL	SQ	SQM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	15	25,56	1,70	1,60	0,1119
Bloco	3	7,51	2,50	2,35	0,0849
Erro	45	47,91	1,06		
Total Corrigido	63	80,98			
CV (%)	32,78				
Média Geral	3,15	Número de Observações:			64
Opção de transformação dos dados: Raiz quadrada de Y + 1,0 - SORT (Y + 1,0) - (X+1)^0,5					

Opção de transformação dos dados: Raiz quadrada de Y + 1,0 - $\text{SQRT}(Y + 1,0) - (X+1)^{0,5}$

Analisando a incidência média de mofo branco na cultura da soja nos diferentes tratamentos, verificou-se que os valores de incidência não foram elevados, com valor máximo de 19,68 % de plantas infectadas no tratamento com espaçamento entre linhas de 0,45 metros e população de 200.000 plantas ha⁻¹ durante a 4ª e última avaliação. O valor mínimo de incidência na 4ª avaliação foi registrado na parcela com densidade populacional de 300.000 plantas ha⁻¹ e espaçamento de 0,75 metros.

De maneira geral, mesmo sem diferenças estatísticas significativas verificou-se que o cultivo da soja conduzido em maiores espaçamentos entre linhas (0,75 e 0,60 metros), quando comparado ao cultivo em menores espaçamentos entre linhas (0,45 e 0,35 metros), apresentaram menores níveis de incidência do mofo branco independente da densidade populacional utilizada. Esses resultados condizem com Hartman; Kull e Huang (1998) que analisando diferentes campos de produção de soja no centro-leste de Illinois, EUA, determinaram que a incidência de mofo branco foi maior em soja cultivada sob espaçamentos variando entre 25-38 cm, comparadas a linhas de cultivo com 76 cm de espaçamento.

Maiores espaçamentos entre linhas criam um microclima desfavorável ao desenvolvimento do fungo *S. sclerotiorum*. Os efeitos adversos são decorrentes de uma maior circulação de ar no interior da cultura e a maior incidência de raios solares no solo e sobre a superfície da planta, assim as correntes de ar e a radiação solar reduzem a UR do ar e do solo, acentuam o processo de evaporação reduzindo a DPM sobre a superfície vegetal e a quantidade de água no solo. Além disso, em maiores espaçamentos entre linhas ocorre menor contato entre as plantas adjacentes, diminuindo assim a dispersão do mofo branco pelo contato direto entre plantas doentes e sadias (ABAWI; GROGAN, 1979).

Considerando que elevações de 10 % na incidência da doença podem acarretar em reduções na produção de soja de aproximadamente 200 kg ha⁻¹ (CHUN; KAO; LOCKWOOD, 1987; HOFFMAN et al., 1998), aumentar o espaçamento entre linhas pode ser uma prática de manejo favorável no controle do mofo branco na soja.

Os resultados de ANOVA com aplicação de teste F aos dados de severidade de mofo branco durante as três avaliações nos diferentes tratamentos encontram-se expostos na Tabela 8. De acordo com a ANOVA verificou-se que apenas durante a 2ª avaliação não houveram diferenças entre os tratamentos. Na terceira e quarta avaliação a ANOVA acusou diferenças entre as médias de um dos tratamentos, dessa maneira rejeitou-se a hipótese de nulidade e aceitou-se a hipótese alternativa que determina que há diferenças entre pelo menos um dos tratamentos em questão.

De acordo com o teste de Tukey, a 5 % de significância, verificou-se que o tratamento com espaçamento de 0,35 metros e densidade populacional de 200 mil plantas por hectare apresentou 42,92 % de severidade média, sendo este o menor valor dentre os tratamentos empregados no experimento (Tabela 9). Diferente dos

valores de incidência os níveis de severidade de mofo branco na cultura da soja foram afetados pela densidade populacional, e como pode ser verificado na tabela 5 menores valores de severidade foram registrados nos tratamentos com menor população de plantas.

Tabela 8: Análise da variância com aplicação do teste F (ANOVA) aos dados de severidade de mofo branco (*S. sclerotiorum*) durante três avaliações na cultura da soja em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.

Tabela da Análise de Variância - Severidade na 2ª Avaliação					
FV	GL	SQ	SQM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	15	7,39	0,49	1,09	0,3948
Bloco	3	5,84	1,95	4,29	0,0096
Erro	45	20,42	0,45		
Total Corrigido	63	33,65			
CV (%)	23,06				
Média Geral	2,92				
				Número de Observações:	64
Tabela da Análise de Variância - Severidade na 3ª Avaliação					
FV	GL	SQ	SQM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	15	42,76	2,85	2,20	0,0213
Bloco	3	18,95	6,32	4,87	0,0051
Erro	45	58,36	1,30		
Total Corrigido	63	120,06			
CV (%)	19,91				
Média Geral	5,72				
				Número de Observações:	64
Tabela da Análise de Variância - Severidade na 4ª Avaliação					
FV	GL	SQ	SQM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	15	53,27	3,55	2,69	0,0053
Bloco	3	9,06	3,02	2,29	0,0916
Erro	45	59,44	1,32		
Total Corrigido	63	121,76			
CV (%)	12,65				
Média Geral	9,09				
				Número de Observações:	64

Opção de transformação dos dados: Raiz quadrada de Y + 1,0 - $\text{SQRT}(Y + 1,0) - (X+1)^{0,5}$

Em plantios de soja com baixas densidades populacionais as plantas apresentam menores índices de área foliar podendo levar a uma maior circulação de ar e penetração de luz, tornando as condições microclimáticas do ambiente desfavoráveis ao desenvolvimento do patógeno, e isso consequentemente acarretará em menores severidades da doença (HEIFFIG et al., 2006).

Como visto, densidades populacionais elevadas também podem favorecer a severidade de *S. sclerotiorum* em campos de produção de soja. Segundo Chad et al. (2005) e Mila et al. (2003) redução na população de plantas de soja é uma prática de cultivo efetiva no controle de mofo branco na cultura da soja. Analisando a cultura do feijão, cultura com desenvolvimento semelhante ao da soja, Vieira et al. (2010)

determinaram que a severidade de mofo branco decresceu linearmente com a redução de 15 para 5 plantas por metro, ou de 16 para 4 plantas por metro.

Tabela 9: Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicados aos dados de severidade de mofo branco (*S. sclerotiorum*) durante três avaliações, em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais na cultura da soja em Arapoti, PR.

Severidade na 2ª Avaliação			Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) Severidade na 3ª Avaliação			Severidade na 4ª Avaliação		
Tratamentos	Médias	Resultados do Teste	Tratamentos	Médias	Resultados do Teste	Tratamentos	Médias	Resultados do Teste
T1-2	3,65	a	T1-2	16,55	a	T1-2	42,92	a
T1-1	4,81	a	T1-1	17,48	a b	T3-1	68,97	a b
T2-3	6,85	a	T1-4	27,31	a b	T3-2	74,88	a b
T3-1	8,33	a	T2-3	28,21	a b	T4-2	75,10	a b
T4-4	7,21	a	T4-2	28,13	a b	T1-1	78,00	a b
T3-2	8,39	a	T4-3	31,31	a b	T1-3	81,20	a b
T4-3	7,44	a	T3-3	33,34	a b	T4-3	84,20	b
T1-4	8,10	a	T2-2	32,89	a b	T1-4	84,62	b
T4-1	8,63	a	T3-1	32,43	a b	T4-1	88,35	b
T4-2	8,44	a	T1-3	34,40	a b	T3-4	89,75	b
T2-4	8,60	a	T3-4	36,07	a b	T2-1	89,64	b
T2-1	8,47	a	T2-1	36,74	a b	T2-4	90,93	b
T1-3	8,85	a	T3-2	42,20	a b	T2-2	94,91	b
T3-4	9,35	a	T4-1	42,63	a b	T3-3	94,93	b
T3-3	9,59	a	T2-4	46,64	b	T4-4	96,98	b
T2-2	12,26	a	T4-4	51,07	b	T2-3	99,89	b
DMS: 9,68			DMS: 32,15			DMS: 41,95		

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível α de significância.

Plantios de soja com elevada densidade populacional podem reduzir a intensidade luminosa sobre a superfície vegetal. Essa redução pode provocar o estiolamento das plantas e assim, torná-las mais susceptíveis ao mofo branco, com redução da luminosidade e, conseqüentemente, com diminuição da fotossíntese, a síntese de fotoassimilados diminui e a expressão de genes responsáveis pela produção de substâncias antifúngicas e fitoalexinas é bloqueada (PENNYPACKER; RISIUS, 1999).

Além disso, em condição de grande densidade de plantio o dossel da cultura fechará mais cedo, assim no interior do dossel da cultura haverá menor circulação de ar e reduzida penetração da luz solar, o que elevará os valores de *UR* do ar e do solo, reduzindo a *Tar* e conseqüentemente elevando a *DPM* sobre a superfície vegetal, condições estas que favorecem o desenvolvimento do patógeno (NAPOLEÃO, et al., 2006).

Embora tenha se registrado menores valores de severidade em plantas de soja cultivadas em menores densidades populacionais, verifica-se que durante a safra 2011/2012 observou-se elevados valores de severidade da doença, independente do espaçamento ou da população empregada (Tabela 9). Esse

resultado está relacionado às condições climáticas durante a safra em questão, e durante o período de susceptibilidade à ocorrência de mofo branco na cultura da soja.

De acordo com os dados meteorológicos (Tabela 6) verificou-se que durante o período susceptível a ocorrência de doença, as condições meteorológicas locais foram favoráveis ao desenvolvimento do fungo *S. sclerotiorum* na cultura da soja. Durante esse período registrou-se valores diários de temperatura do ar, médias, mínimas e máximas, de respectivamente, 20,2; 15,4 e 26,9 °C. Estes valores se encontram, praticamente, dentro do intervalo ótimo ao desenvolvimento do fungo *S. sclerotiorum*, entre 15 e 25 °C (WEISS; KERR; STEADMAN, 1980; BOLAND; HALL, 1988; PENNYPACKER; RISIUS, 1999).

Além da temperatura, elevados valores de umidade relativa, ocorrência de chuvas e presença de molhamento sobre a superfície das plantas intensificaram as condições favoráveis para o desenvolvimento do fungo e da doença no campo de produção de soja. Ao longo do período susceptível do hospedeiro registraram-se valores médios de *URMed* de 80,04 % e *URMax* de 94,09 %. Segundo Hannusch e Boland (1996) *UR* superior a 90 % intensifica a ocorrência de mofo branco na cultura do feijão. Já Tores e Moreno (1991), analisando a cultura da berinjela, determinaram que a incidência e severidade do mofo branco atingem valores elevados quando a *UR* apresenta valores superiores a 80 %.

A ocorrência de precipitações de grande volume e com boa distribuição nesse período também foi um dos fatores que tornam o ambiente favorável ao desenvolvimento da doença em campo. Primeiramente, as chuvas irão aumentar a *UR* do ar, a quantidade de água disponível no solo, reduzirá a *Tar* e *Tsolo*, o que consequentemente fará com que a *DPM* sobre a superfície vegetal torne-se mais frequente e permaneça por mais tempo sobre a planta de soja. Essas alterações nos elementos de clima tornaram o microclima no interior do dossel da cultura favorável ao desenvolvimento do patógeno, desde a germinação do escleródio até a infecção do hospedeiro e o desenvolvimento da doença. Efeitos semelhantes da precipitação foram obtidos por Boland e Hall (1988) na cultura da soja em Ontário, Canadá, onde a ocorrência de chuvas 2 dias a 4 dias após o fechamento do dossel da cultura, na presença de peças florais foi fundamental para o desenvolvimento do mofo branco.

A interdependência entre os valores de *UR*, *Tar* e *PRECIP*, e seus valores obtidos durante a fase susceptível do hospedeiro foram fundamentais para

intensificar a *DPM* mantendo por mais tempo o molhamento sobre a superfície das plantas de soja no campo, favorecendo a penetração do fungo no hospedeiro e o progresso da doença. Nesse período, a *DPM* média foi de 89 horas e 44 minutos, convertendo esse valor em *DPM* diária tem-se um valor de aproximadamente 9 horas diárias de molhamento sobre a superfície vegetal, durante o período favorável a ocorrência do mofo branco.

Alguns trabalhos relatam que a *DPM* diária necessária para que a infecção se estabeleça e haja o progresso da doença sobre plantas de feijão é de 16-24 horas (ABAWI; GROGAN, 1979), 14-15 horas (BOLAND; HALL, 1988; HANNUSCH; BOLAND, 1996). Entretanto, Hikishima; Geraldine e Lobo Jr. (2010) verificaram sintomas iniciais da doença com 8 horas de molhamento foliar, e a partir dessa *DPM* já ocorre o desenvolvimento da doença.

Já em trabalho confrontando a incidência e a severidade da doença em plantas de soja com a *DPM*, Boland e Hall (1988) determinaram que em campo é necessário em média de 39 horas de *DPM* para que haja doença. Diante dos resultados da *DPM* estimada, pode-se verificar que para as condições de Arapoti, utilizando a cultivar Apollo a partir de uma *DPM* diária média de 9 horas, no período em que o hospedeiro está susceptível, a doença ocorre e se desenvolve em campo de produção de soja.

Além dos valores de severidade da doença nas diferentes avaliações expostos na tabela 9, o progresso da doença também pode ser observado por meio da área abaixo a curva de progresso da doença (AACPD) (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10: Análise da variância (ANOVA) com aplicação do teste F aos dados da área abaixo a curva de progresso da doença (AACPD) de mofo branco (*S. sclerotiorum*) na soja em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.

Tabela da Análise de Variância

FV	GL	SQ	SQM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	15	835,37	55,69	2,45	0,0104
Bloco	3	324,16	108,05	4,75	0,0058
Erro	45	1022,79	22,73		
Total Corrigido	63	2182,32			
CV (%)	13,93				
Média Geral	34,23		Número de Observações:		64

Opção de transformação dos dados: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y + 1,0) - (X+1)^{0,5}$

Tabela 11: Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado aos dados experimentais da área abaixo a curva de progresso da doença (AACPD) de mofo branco (*S. sclerotiorum*) na soja em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.

Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Tratamentos	Médias	Resultados do Teste
T1-2	601,63	a
T1-1	877,84	a b
T4-2	1070,01	a b
T3-1	1089,89	a b
T1-4	1119,36	a b
T3-2	1278,87	a b
T4-3	1166,79	a b
T1-3	1212,75	a b
T2-3	1221,70	a b
T3-3	1303,60	b
T3-4	1304,79	b
T2-1	1301,45	b
T2-2	1335,36	b
T4-1	1382,99	b
T2-4	1460,77	b
T4-4	1549,37	b

DMS: 734,60

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível α de significância.

De acordo com as análises efetuadas com os dados de incidência e severidade do mofo branco na cultura da soja para a localidade de Arapoti no Paraná, durante a safra 2011/2012, verificou-se que os níveis mais baixos de incidência foram obtidos em maiores espaçamentos entre linhas de cultivo. Já os menores índices de severidade da doença foram observados nas parcelas experimentais com menor densidade populacional.

4.3 ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA

No estudo do progresso do mofo branco na cultura da soja foram empregadas três transformações de linearização: logística, monomolecular e Gompertz. Para determinação da transformação que proporcionou o melhor ajuste aos dados, foram correlacionados a proporção da incidência e severidade de mofo branco observada e a estimada pelos modelos Logístico, Monomolecular e de Gompertz, com os diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais (Figuras 5a, 5b, 6a e 6b). Além disso, para determinar o modelo de melhor ajuste efetuou-se a plotagem do resíduo padrão entre os dados observados e previstos da doença em campos de produção de soja.

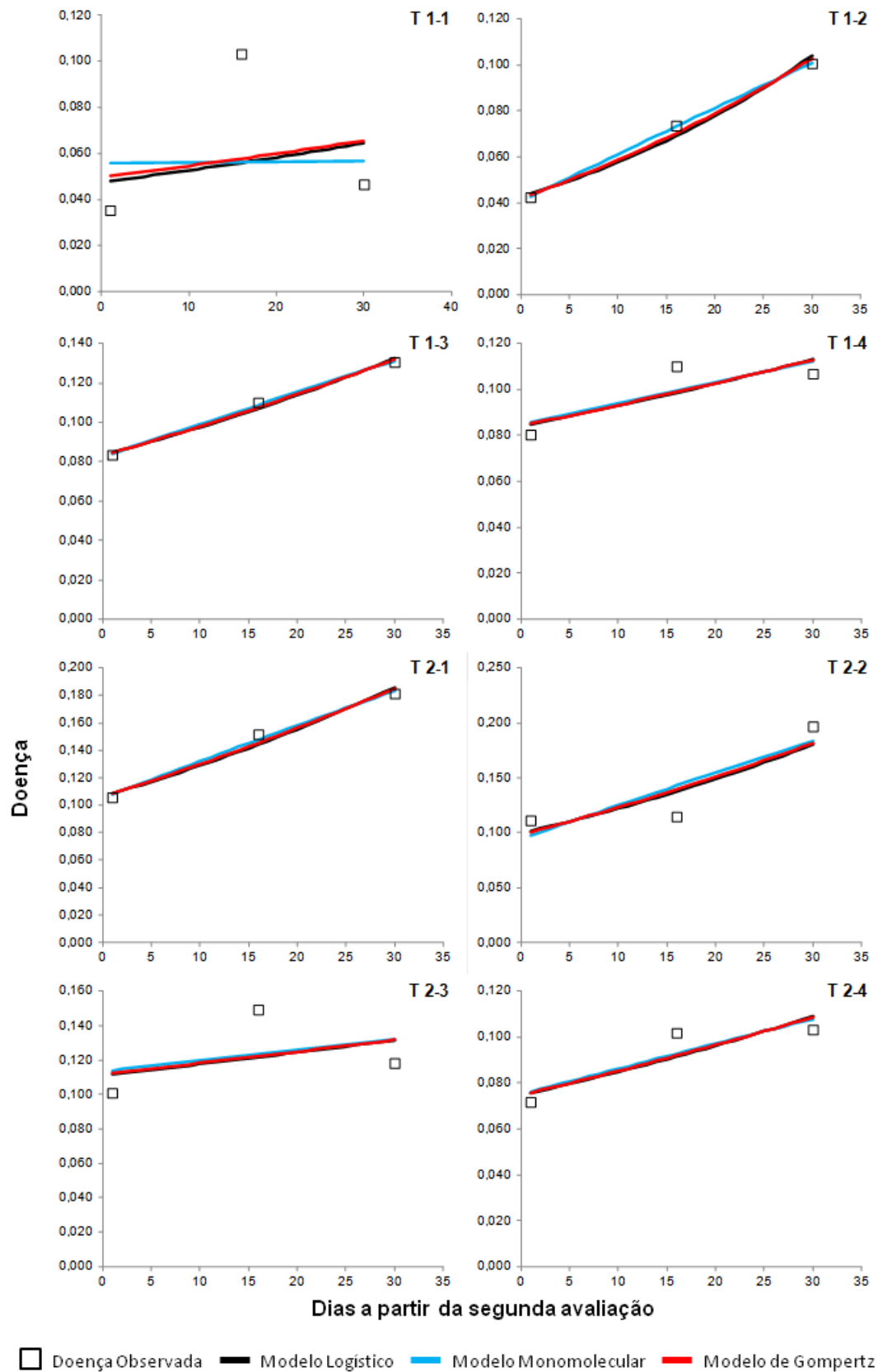


Figura 5a: Incidência de mofo branco observada e estimada para cultura da soja no transcorrer do tempo considerando os modelos epidemiológicos Logístico, Monomolecular e de Gompertz em função da taxa aparente de infecção.

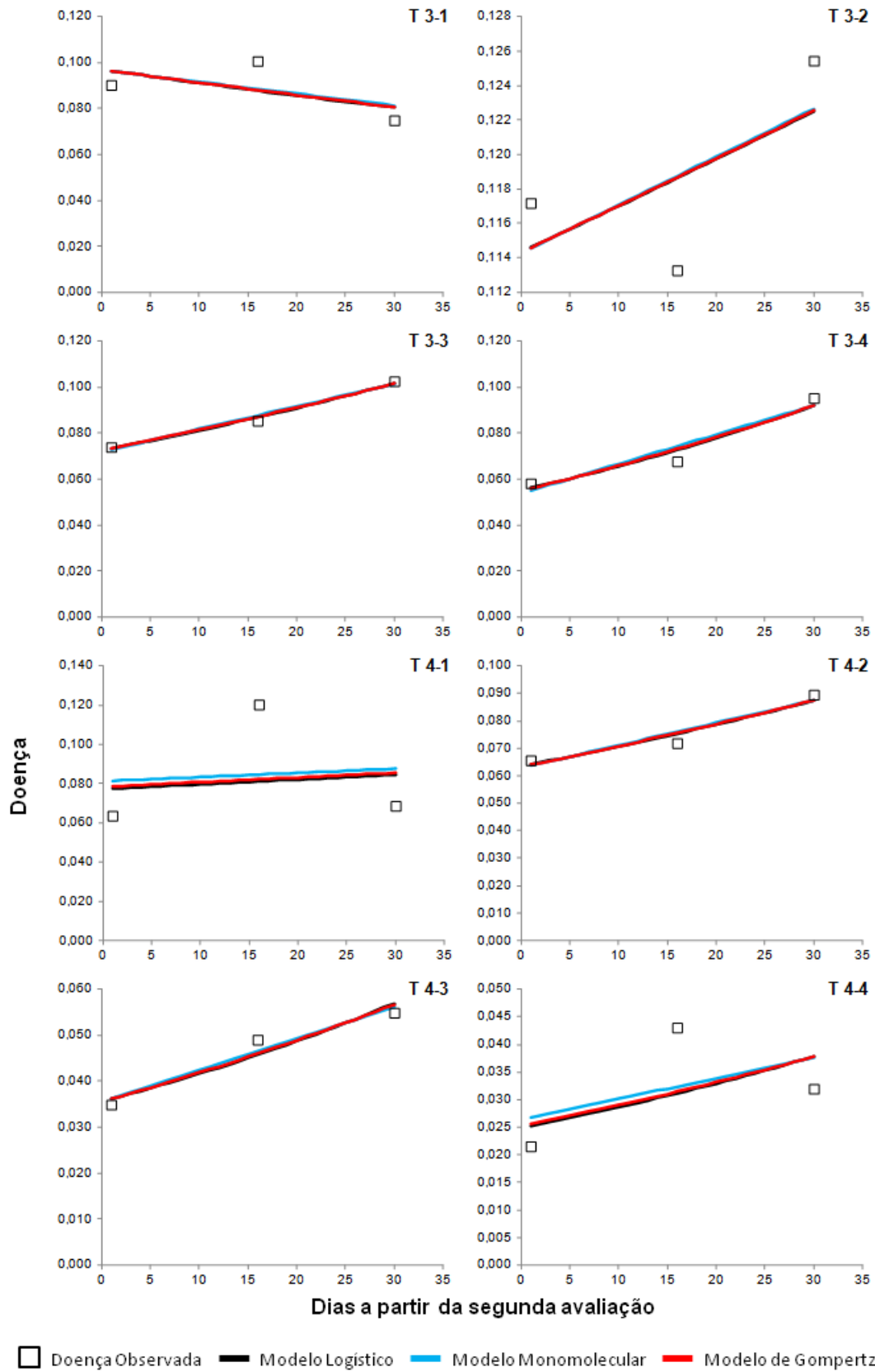


Figura 5b: Incidência de mofo branco observada e estimada para cultura da soja no transcorrer do tempo considerando os modelos epidemiológicos Logístico, Monomolecular e de Gompertz em função da taxa aparente de infecção.

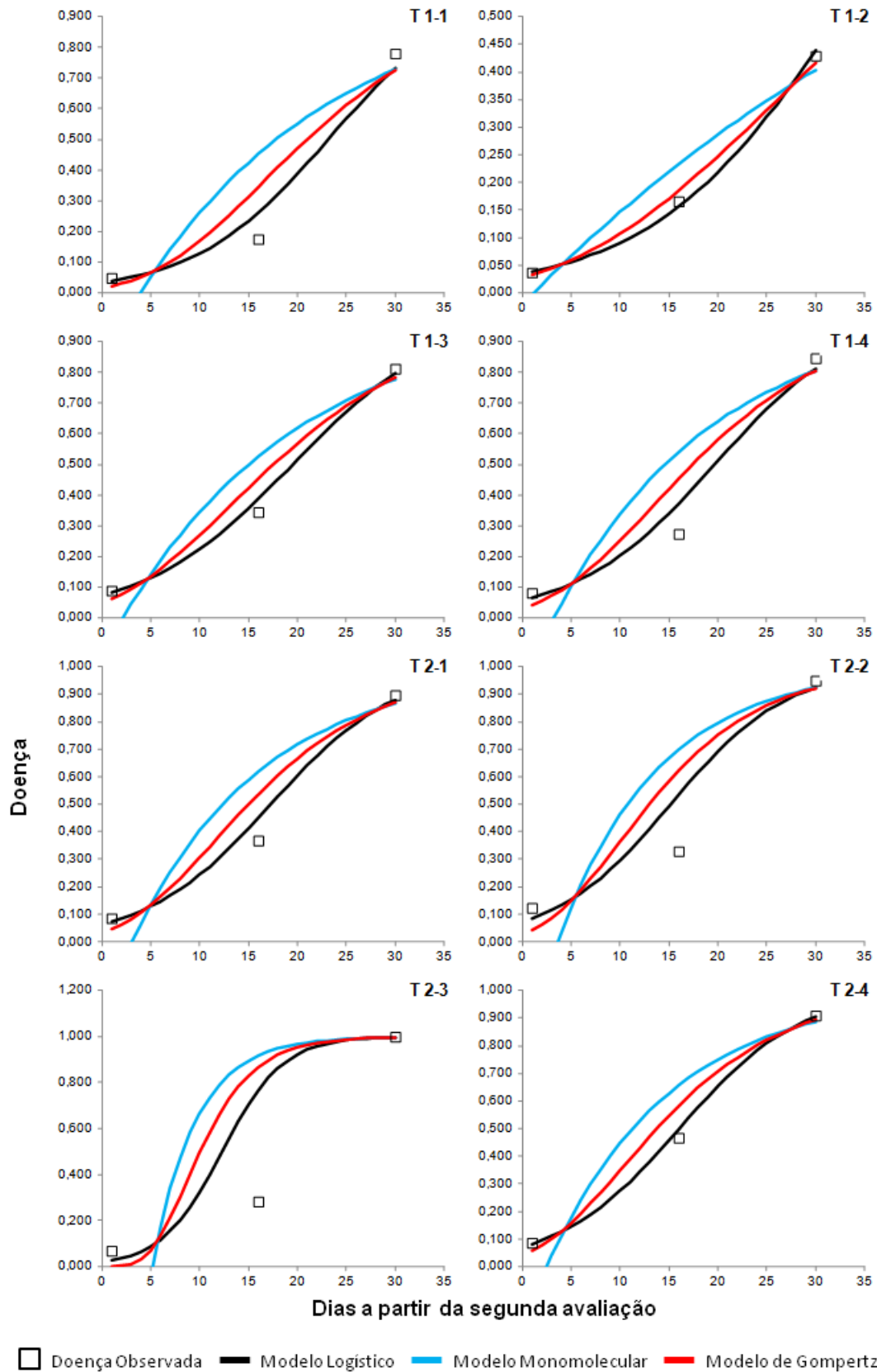


Figura 6a: Severidade de mofo branco observada e estimada para cultura da soja no transcorrer do tempo considerando os modelos epidemiológicos Logístico, Monomolecular e de Gompertz em função da taxa aparente de infecção.

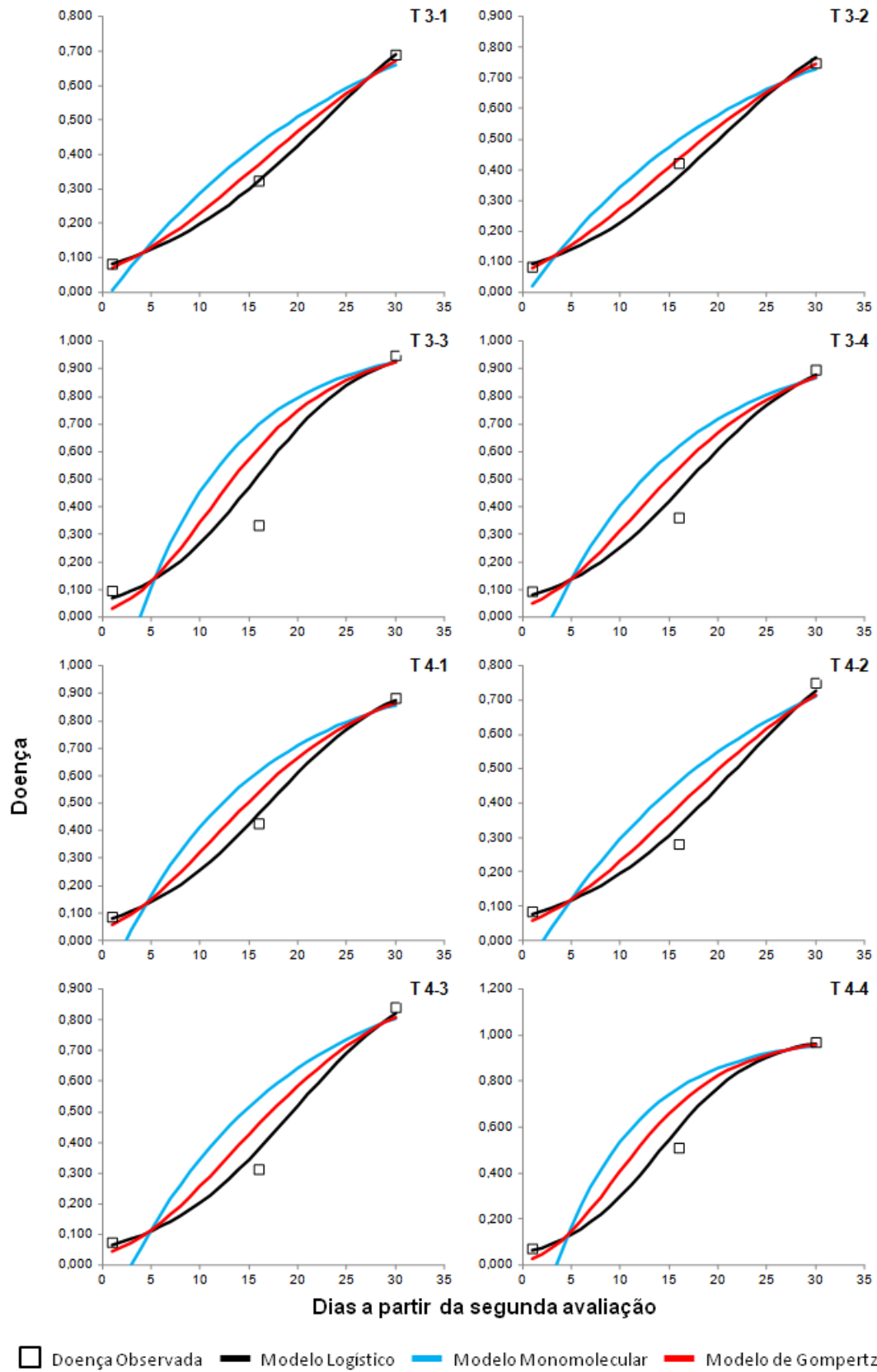


Figura 6b: Severidade de mofo branco observada e estimada para cultura da soja no transcorrer do tempo considerando os modelos epidemiológicos Logístico, Monomolecular e de Gompertz em função da taxa aparente de infecção.

Para os dados de incidência de mofo branco na cultura da soja (Tabela 12) verificou-se que os modelos que se ajustaram melhor aos dados experimentais foram o logístico e o monomolecular. Dentre os 16 diferentes tratamentos adotados em 11 deles o modelo logístico apresentou maiores coeficientes de determinação (R^2), sendo que os 5 tratamentos restantes ajustaram-se ao modelo monomolecular.

Segundo Jeger (1986) o coeficiente de determinação (R^2) obtido da regressão linear entre os dados observados e previstos da doença não é suficiente para determinar o modelo que melhor se ajusta aos dados de doença em campos de produção. Assim além dos valores de R^2 é analisado o gráfico de resíduo obtido pela diferença dos dados observados e previstos da doença, juntamente com análises de dispersão dos dados, obtida nesse caso pelo cálculo do EAM e RQEM.

De acordo com Weiss; Kerr e Steadman (1980); Harikrishnan e Del Rio (2008); Mila; Carriquiry e Yang (2004) o progresso da doença provocada pelo fungo *S. sclerotiorum* na cultura da soja pode ser melhor representado pelos modelos exponencial ou logístico em função do tempo. Em contrapartida, no presente trabalho verificou-se baseado nos valores de EAM e RQEM que o modelo monomolecular melhor representou o progresso da doença em campo (Tabela 13).

O coeficiente de determinação médio obtido pelo modelo monomolecular sob os dados de incidência de mofo branco nos diferentes tratamentos foi de 0,64 com valores mínimo e máximo de 0,01 a 1,00, respectivamente. Tanto em trabalhos nacionais quanto internacionais não foram encontradas análises epidemiológicas empregando dados de incidência de mofo branco na cultura da soja, sendo essa informação escassa na literatura.

Vanderplank (1963) classificou as doenças em plantas como juro compostos e simples, em função da capacidade com que plantas infectadas servirão ou não, respectivamente, de fonte de inóculo para futuras infecções durante o mesmo ciclo. Segundo Bergamin Filho e Amorim (1996) a doença provocada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* é classificada como doença de juro simples. E dentre os modelos matemáticos empregados na análise epidemiológica de doenças em plantas, o modelo monomolecular é o modelo que melhor se ajusta a doenças de juro simples (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996).

Tabela 12: Valores de coeficientes de determinação (R^2), coeficiente linear (y^0) e angular (r) da equação de regressão linear simples obtida entre os valores observados e os valores estimados pelos modelos Logístico, Monomolecular e de Gompertz de incidência de mofo branco na cultura da soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais no município de Arapoti, PR.

Dados de Incidência				
Tratamentos	Modelo	R^2	y^0	r
T1-1	Logístico	0,068	-2,9964	0,0107
	Monomolecular	0,029	0,0571	0,0005
	Gompertz	0,054	-1,0998	0,0032
T1-2	Logístico	0,983	-3,1151	0,0321
	Monomolecular	1,000	0,0414	0,0022
	Gompertz	0,991	-1,1531	0,0110
T1-3	Logístico	0,988	-2,3983	0,0173
	Monomolecular	0,998	0,0860	0,0018
	Gompertz	0,992	-0,9116	0,0069
T1-4	Logístico	0,689	-2,3889	0,0110
	Monomolecular	0,677	0,0885	0,0010
	Gompertz	0,686	-0,9060	0,0042
T2-1	Logístico	0,974	-2,1286	0,0217
	Monomolecular	0,992	0,1109	0,0031
	Gompertz	0,981	-0,8085	0,0095
T2-2	Logístico	0,772	-2,2032	0,0230
	Monomolecular	0,762	0,0987	0,0035
	Gompertz	0,768	-0,8431	0,0103
T2-3	Logístico	0,170	-2,0790	0,0064
	Monomolecular	0,133	0,1203	0,0007
	Gompertz	0,157	-0,7842	0,0026
T2-4	Logístico	0,795	-2,5169	0,0139
	Monomolecular	0,800	0,0781	0,0012
	Gompertz	0,797	-0,9527	0,0052
T3-1	Logístico	0,367	-2,2307	-0,0068
	Monomolecular	0,329	0,1017	-0,0006
	Gompertz	0,355	-0,8476	-0,0025
T3-2	Logístico	0,412	-2,0472	0,0026
	Monomolecular	0,424	0,1213	0,0003
	Gompertz	0,416	-0,7742	0,0011
T3-3	Logístico	0,991	-2,5492	0,0124
	Monomolecular	0,981	0,0745	0,0011
	Gompertz	0,988	-0,9659	0,0046
T3-4	Logístico	0,942	-2,8397	0,0183
	Monomolecular	0,914	0,0551	0,0014
	Gompertz	0,934	-1,0660	0,0065
T4-1	Logístico	0,016	-2,4810	0,0033
	Monomolecular	0,009	0,0847	0,0002
	Gompertz	0,013	-0,9346	0,0012
T4-2	Logístico	0,935	-2,6920	0,0115
	Monomolecular	0,918	0,0648	0,0009
	Gompertz	0,930	-1,0154	0,0041
T4-3	Logístico	0,934	-3,3008	0,0164
	Monomolecular	0,956	0,0361	0,0007
	Gompertz	0,940	-1,2053	0,0050
T4-4	Logístico	0,339	-3,6685	0,0144
	Monomolecular	0,249	0,0268	0,0004
	Gompertz	0,315	-1,3029	0,0039

R^2 - Coeficiente de determinação obtido para regressão linear entre os valores previstos e observados da doença; y^0 - é o coeficiente linear (a) da equação de regressão linear, o qual representa o inóculo inicial da doença; r - é o coeficiente angular (b) da equação de regressão linear simples, o qual representa a taxa de infecção da doença.

Tabela 13: Valores do erro absoluto médio (EAM) e raiz quadrada do erro médio quadrático normalizado (RQEM) calculados utilizando os dados de incidência de mofo branco obtida pelo modelo Logístico, Monomolecular e de Gompertz nos diferentes tratamentos adotados.

Tratamentos	Dados de Incidência		
	Modelo	EAM	RQEM
T1-1	Logístico	0,0056	48,67
	Monomolecular	-0,0005	47,33
	Gompertz	0,0039	48,05
T1-2	Logístico	0,0000	4,72
	Monomolecular	0,0000	0,43
	Gompertz	0,0000	3,32
T1-3	Logístico	0,0000	2,02
	Monomolecular	0,0000	0,85
	Gompertz	0,0000	1,62
T1-4	Logístico	0,0003	8,08
	Monomolecular	0,0000	7,58
	Gompertz	0,0002	7,90
T2-1	Logístico	0,0000	3,62
	Monomolecular	0,0000	1,93
	Gompertz	0,0001	3,00
T2-2	Logístico	0,0010	12,24
	Monomolecular	-0,0002	14,04
	Gompertz	0,0005	12,73
T2-3	Logístico	0,0011	15,31
	Monomolecular	-0,0002	15,12
	Gompertz	0,0007	15,23
T2-4	Logístico	0,0002	7,78
	Monomolecular	0,0000	6,97
	Gompertz	0,0001	7,50
T3-1	Logístico	0,0004	9,97
	Monomolecular	0,0000	9,76
	Gompertz	0,0002	9,89
T3-2	Logístico	0,0001	3,23
	Monomolecular	0,0000	3,25
	Gompertz	0,0000	3,23
T3-3	Logístico	0,0000	1,26
	Monomolecular	0,0000	1,88
	Gompertz	0,0000	1,45
T3-4	Logístico	0,0001	4,93
	Monomolecular	0,0000	6,30
	Gompertz	0,0001	5,31
T4-1	Logístico	0,0031	30,57
	Monomolecular	-0,0004	30,30
	Gompertz	0,0021	30,43
T4-2	Logístico	0,0000	3,30
	Monomolecular	0,0000	3,85
	Gompertz	0,0000	3,46
T4-3	Logístico	0,0000	5,03
	Monomolecular	0,0000	3,80
	Gompertz	0,0000	4,66
T4-4	Logístico	0,0008	24,74
	Monomolecular	0,0000	23,60
	Gompertz	0,0006	24,36

Sendo assim, o modelo monomolecular considera que a velocidade de aumento da doença é proporcional ao inóculo inicial, que para o patógeno *Sclerotinia* será os escleródios distribuídos nos diferentes perfis de solo, e que a incidência da doença na cultura da soja estará relacionada à germinação desses escleródios que produzirão apotécios, os quais liberarão no ar os ascósporos, sendo a principal via de infecção do patógeno em questão.

A grande variação nos valores de R^2 obtidos na regressão linear simples entre os valores observados e estimados da doença através do modelo monomolecular, e para os demais, pode estar relacionada a possíveis diferenças na concentração de inóculo presente no solo. Os escleródios de *S. sclerotiorum*, presentes nos diferentes horizontes do solo, germinam e originam os apotécios que liberam no ambiente os ascósporos, inóculo primário da doença para a cultura da soja. A quantidade de escleródios no solo determinará a quantidade de ascósporos liberados no ar, e conseqüentemente afetará a incidência da doença em campos de produção.

Outro fator relacionado aos baixos valores de R^2 obtidos entre os valores observados e previstos de incidência de mofo branco é a grande variabilidade da incidência nos diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. Segundo Harikrishnan e Del Rio (2008), a acurácia do modelo é prejudicada pela variação nos valores observados de incidência obtidos em campos de produção de soja. Os referidos autores relatam que a precisão de modelos é elevada quando a incidência do mofo branco é superior a 20 % em plantas de soja.

Baixos valores de R^2 obtidos em análises epidemiológicas podem estar relacionados ao comportamento do patógeno e a aspectos morfofisiológicos das plantas. Entretanto, vale ressaltar que dentre os modelos mais utilizados para o estudo do progresso das epidemias em plantas estão o modelo Exponencial, Monomolecular, Logístico e de Gompertz. Tais modelos a princípio não foram desenvolvidos especificamente para a fitopatologia e, muitas vezes são modelos teóricos baseados em premissas que nem sempre ocorrem na natureza (CAMPEBELL; MADDEN, 1990; BERGAMIN FILHO, 1995).

Além do coeficiente de determinação (R^2), na Tabela 12 encontram-se tabulados os coeficientes linear (y^0) e angular (r) obtidos por meio da regressão linear simples entre os dados observados e estimados da doença. O coeficiente

linear representa o inóculo inicial da doença, já o coeficiente angular da equação de regressão representa a taxa de infecção aparente da doença.

A taxa de infecção média aparente (unidade dia^{-1}) obtida para os diferentes níveis de espaçamento e densidades populacionais foi de 0,013 unidade dia^{-1} . Os valores da taxa de infecção aparente variaram de 0,032 a -0,006 unidade dia^{-1} . A obtenção de taxas de infecção aparente negativa da doença está associada à área experimental onde se efetuou a análise de progresso da doença. As análises de progresso da doença não foram efetuadas sempre nas mesmas plantas, assim havia a possibilidade do número de plantas doentes ser menor nas avaliações posteriores, comparadas as primeiras avaliações.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 12 variações nos valores do coeficiente angular da equação de regressão, aparentemente, não apresentaram correlações com as variações nos níveis de espaçamentos entre linhas e densidade populacional de plantas de soja.

Na Tabela 14 encontram-se os valores do coeficiente de determinação (R^2) e dos coeficientes linear (y^0) e angular (r) da equação de regressão linear simples obtida entre os dados observados de mofo branco na cultura da soja e estimados pelos modelos logístico, monomolecular, e de Gompertz, sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais de plantas de soja em Arapoti, PR.

O modelo logístico apresentou melhor ajuste para 15, dos 16 tratamentos propostos no experimento, revelando um coeficiente de determinação (R^2) médio de 0,971. O elevado valor de R^2 evidencia que 97,1% das variações da severidade, ou nas curvas de progresso do mofo branco na cultura da soja podem ser explicadas pelo modelo logístico obtido. Elevado valor de R^2 revela alta precisão do modelo logístico para a previsão e confiabilidade do mofo branco na cultura da soja, cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais na região de Arapoti, PR.

A escolha do modelo logístico como sendo o que melhor se ajustou aos dados de severidade de mofo branco na cultura da soja foi confirmada analisando os gráficos de resíduos obtidos pela diferença entre os dados observados e previstos da doença e por meio do cálculo do EAM e do RQEM (Tabela 15).

Tabela 14: Valores de coeficientes de determinação (R^2), coeficiente linear (y^0) e angular (r) da equação de regressão linear simples obtida entre os valores observados e os valores estimados pelos modelos Logístico, Monomolecular e de Gompertz de severidade de mofo branco na cultura da soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais no município de Arapoti, PR.

Dados de Severidade				
Tratamentos	Modelo	R^2	y^0	r
T1-1	Logístico	0,958	-3,3777	0,1460
	Monomolecular	0,807	-0,1986	0,0500
	Gompertz	0,894	-1,4341	0,0857
T1-2	Logístico	0,998	-3,3410	0,1031
	Monomolecular	0,927	-0,0216	0,0180
	Gompertz	0,993	-1,2748	0,0470
T1-3	Logístico	0,993	-2,5515	0,1306
	Monomolecular	0,886	-0,1182	0,0540
	Gompertz	0,957	-1,1143	0,0843
T1-4	Logístico	0,964	-2,7928	0,1420
	Monomolecular	0,832	-0,1986	0,0611
	Gompertz	0,908	-1,2532	0,0929
T2-1	Logístico	0,983	-2,7001	0,1561
	Monomolecular	0,859	-0,2296	0,0745
	Gompertz	0,935	-1,2387	0,1069
T2-2	Logístico	0,916	-2,5468	0,1678
	Monomolecular	0,804	-0,3541	0,0972
	Gompertz	0,861	-1,2782	0,1264
T2-3	Logístico	0,866	-3,9542	0,3212
	Monomolecular	0,762	-1,1904	0,2288
	Gompertz	0,806	-2,3020	0,2652
T2-4	Logístico	0,998	-2,5840	0,1608
	Monomolecular	0,902	-0,2006	0,0792
	Gompertz	0,968	-1,1742	0,1117
T3-1	Logístico	1,000	-2,5059	0,1103
	Monomolecular	0,930	-0,0324	0,0372
	Gompertz	0,987	-1,0376	0,0654
T3-2	Logístico	0,992	-2,4224	0,1203
	Monomolecular	0,966	-0,0240	0,0445
	Gompertz	0,999	-0,9995	0,0740
T3-3	Logístico	0,940	-2,7829	0,1775
	Monomolecular	0,813	-0,3789	0,0984
	Gompertz	0,880	-1,3720	0,1303
T3-4	Logístico	0,976	-2,6171	0,1527
	Monomolecular	0,853	-0,2268	0,0745
	Gompertz	0,926	-1,2112	0,1059
T4-1	Logístico	0,997	-2,5769	0,1511
	Monomolecular	0,897	-0,1733	0,0705
	Gompertz	0,965	-1,1557	0,1025
T4-2	Logístico	0,986	-2,6189	0,1200
	Monomolecular	0,871	-0,0951	0,0446
	Gompertz	0,945	-1,1229	0,0740
T4-3	Logístico	0,986	-2,8052	0,1443
	Monomolecular	0,859	-0,1814	0,0605
	Gompertz	0,939	-1,2408	0,0931
T4-4	Logístico	0,990	-2,9294	0,2074
	Monomolecular	0,871	-0,4067	0,1172
	Gompertz	0,944	-1,4217	0,1528

R^2 - Coeficiente de determinação obtido para regressão linear entre os valores previstos e observados da doença; y^0 - é o coeficiente linear (a) da equação de regressão linear, o qual representa o inóculo inicial da doença; r - é o coeficiente angular (b) da equação de regressão linear simples, o qual representa a taxa de infecção da doença.

Tabela 15: Valores do erro absoluto médio (EAM) e raiz quadrada do erro médio quadrático normalizado (RQEM) calculados utilizando os dados de severidade de mofo branco obtida pelo modelo Logístico, Monomolecular e de Gompertz nos diferentes tratamentos adotados.

Dados de Severidade			
Tratamentos	Modelo	EAM	RQEM
T1-1	Logístico	-0,0091	17,16
	Monomolecular	-0,0058	60,58
	Gompertz	-0,0296	31,18
T1-2	Logístico	-0,0002	3,74
	Monomolecular	-0,0007	22,71
	Gompertz	-0,0013	6,35
T1-3	Logístico	-0,0069	6,36
	Monomolecular	0,0024	33,59
	Gompertz	-0,0179	16,16
T1-4	Logístico	-0,0170	15,32
	Monomolecular	0,0006	51,15
	Gompertz	-0,0333	27,21
T2-1	Logístico	-0,0175	10,87
	Monomolecular	0,0109	45,88
	Gompertz	-0,0340	22,48
T2-2	Logístico	-0,0472	26,03
	Monomolecular	0,0237	68,92
	Gompertz	-0,0618	37,70
T2-3	Logístico	-0,1463	62,34
	Monomolecular	0,3511	230,98
	Gompertz	-0,1713	75,48
T2-4	Logístico	-0,0070	3,77
	Monomolecular	0,0163	34,06
	Gompertz	-0,0227	14,28
T3-1	Logístico	0,0002	0,28
	Monomolecular	0,0004	21,27
	Gompertz	-0,0058	8,11
T3-2	Logístico	0,0065	6,59
	Monomolecular	0,0024	13,82
	Gompertz	-0,0019	2,02
T3-3	Logístico	-0,0438	23,15
	Monomolecular	0,0271	69,88
	Gompertz	-0,0632	36,15
T3-4	Logístico	-0,0201	12,72
	Monomolecular	0,0102	46,99
	Gompertz	-0,0353	23,89
T4-1	Logístico	-0,0071	4,34
	Monomolecular	0,0107	33,82
	Gompertz	-0,0216	14,80
T4-2	Logístico	-0,0061	8,78
	Monomolecular	-0,0011	35,51
	Gompertz	-0,0157	18,22
T4-3	Logístico	-0,0118	9,74
	Monomolecular	0,0030	43,67
	Gompertz	-0,0272	21,51
T4-4	Logístico	-0,0230	9,60
	Monomolecular	0,0543	53,93
	Gompertz	-0,0442	21,50

De acordo com Weiss; Kerr e Steadman (1980); Harikrishnan e Del Rio (2008); Mila; Carriquiry e Yang (2004) o progresso da doença provocada pelo fungo *S. sclerotiorum* na cultura da soja pode ser melhor representado pelos modelos exponencial ou logístico em função do tempo. No presente trabalho não se fez uso do modelo exponencial para descrever o progresso da doença em campo de produção de soja, porém verificou-se que o modelo logístico melhor representou o progresso da doença em campo, corroborando assim como resultados obtidos pelos autores supra citados.

Em trabalho empregando a regressão logística para determinar o progresso da *S. sclerotiorum* em soja Mila; Carriquiry e Yang (2004) obtiveram um coeficiente de determinação (R^2) de 0,65, confirmando a precisão e confiabilidade dos resultados obtidos no presente trabalho.

A taxa de infecção média aparente (unidade dia^{-1}) para os dados de severidade da doença obtida para os diferentes níveis de espaçamento e densidades populacionais foi de 0,157 unidade dia^{-1} . Os valores da taxa de infecção aparente variaram de 0,103 a 0,321 unidade dia^{-1} . Analisando os valores dos coeficientes angulares da equação de regressão, verifica-se que estes apresentaram um desvio padrão de 0,051 unidade dia^{-1} e um coeficiente de variação de 32,54 %. A variação na taxa de infecção aparente está associada a variações nos níveis de espaçamentos e densidades populacionais.

A variabilidade nas taxas de infecção aparente de mofo branco, em soja, obtida para os dados de incidência e severidade, em função de diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais sugere que variações microclimáticas ocorrem em função de diferentes espaçamentos e populações de plantas e que há uma estreita relação entre tais mudanças no microclima e as taxas de incidência e severidade da doença em plantas de soja.

Considerando que o modelo monomolecular e o modelo logístico apresentou melhor ajuste aos dados de incidência e severidade de mofo branco, respectivamente, na cultura da soja para a maioria dos tratamentos, em Arapoti, PR, estes modelos foram utilizados para relacionar a taxa de infecção aparente de mofo branco sob diferentes condições do meio físico onde o experimento foi conduzido, com o objetivo de verificar a contribuição de cada elemento de clima no progresso da doença em plantas de soja.

4.4 CORRELAÇÃO ENTRE O PROGRESSO APARENTE DO MOFO BRANCO (INCIDÊNCIA E SEVERIDADE) E ELEMENTOS METEOROLÓGICOS LOCAIS.

Com base nas análises epidemiológicas determinou-se que o modelo logístico apresentou o melhor ajuste para os dados de incidência e severidade de mofo branco na cultura da soja. Sendo assim fez-se uso desse modelo para estimar a taxa de infecção aparente de mofo branco na cultura da soja, utilizando tanto dados de incidência quanto de severidade. E, posteriormente, os dados aparentes de infecção foram correlacionados por meio de regressão linear simples a variáveis meteorológicas locais, coletadas em posto de observação de superfície na região em estudo.

Na Tabela 16 encontram-se tabulados os coeficientes de correlação de Pearson, linear e angular da equação de regressão linear entre as variáveis climáticas temperatura média (TarMed), mínima (TarMin) e máxima do ar (TarMax) (°C) e a radiação global (Qg) ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e a taxa de infecção aparente da doença (incidência) em plantas de soja cultivadas sob quatro diferentes espaçamentos entre linhas e quatro densidades populacionais, no município de Arapoti, PR.

A temperatura média do ar apresentou maiores coeficientes de correlação de Pearson (R) (Tabela 16), com valores médios de 0,64, o que nos permite afirmar que 64% do progresso da doença sofre influência marcante da TarMed. Não houveram variações nos coeficientes R em função dos diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. Além de elevados coeficientes R, estes apresentaram um baixo desvio padrão da média (0,06) e um reduzido coeficiente de variação (10 %).

Os maiores coeficientes R para os dados de TarMed estão relacionados ao efeito que tal elemento meteorológico apresenta sobre a germinação carpogênica dos escleródios, elemento chave para desencadear o início de epidemias de mofo branco em culturas agrícolas (TWENGSTRÖM et al., 1998), tendo em vista que um apotécio tem a capacidade de produzir e liberar no ambiente aproximadamente 3.10^{-3} ascósporos (STEADMAN, 1983; ABAWI; GROGAN, 1979). A tabela 5 evidencia que as temperaturas mínima e média do ar durante a fase susceptível a ocorrência de mofo branco mantiveram-se próximas a 15 e 20 °C, respectivamente. Temperaturas nessa faixa são favoráveis à germinação carpogênica, produção de apotécios e liberação de ascósporos (NAPOLEÃO et al., 2005; MATHERON;

PORCHAS, 2005; WILLETTS; WONG, 1980; TWENGSTRÖM et al., 1998; SUN; YANG, 2000).

As variáveis meteorológicas locais temperatura mínima (TarMin), máxima (TarMax) e radiação solar global (Qg) apresentaram valores médios de coeficiente R de 0,37; 0,41 e 0,33, respectivamente. Diferente da variável TarMed, as variáveis TarMin, TarMax e Qg mostraram elevados valores de desvio padrão e de coeficiente de variação (17,42; 30,79 e 30,02 %, respectivamente). Porém, assim como para a TarMed, não houveram variações nos valores R para as variáveis TarMin, TarMax e Qg em função da variação nos diferentes tratamentos adotados.

Tabela 16: Coeficientes linear (y^0), angular (r) e de correlação de Pearson (R) da regressão linear entre a taxa de infecção aparente de mofo branco (incidência), em soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, e variáveis climáticas coletadas em posto de observação de superfície em área experimental do município de Arapoti, PR.

TRATAMENTO	VARIÁVEL CLIMÁTICA*											
	TarMed			TarMin			TarMax			Qg		
	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r
T1-1	0,6132	-0,6882	0,0365	0,4137	-0,2452	0,0192	0,3534	-0,2662	0,0116	0,3954	0,1216	-0,0037
T1-2	0,7348	-1,1550	0,0601	0,2350	-0,1735	0,0149	0,6354	-0,7182	0,0287	0,1320	0,0886	-0,0017
T1-3	0,6803	-1,4032	0,0738	0,3441	-0,3609	0,0290	0,4853	-0,7010	0,0291	0,2881	0,1805	-0,0049
T1-4	0,6358	-1,1534	0,0611	0,3939	-0,3735	0,0294	0,3949	-0,4889	0,0210	0,3640	0,1856	-0,0054
T2-1	0,6982	-1,9986	0,1049	0,3181	-0,4558	0,0371	0,5249	-1,0612	0,0436	0,2507	0,2295	-0,0059
T2-2	0,7145	-2,0363	0,1065	0,2893	-0,4048	0,0335	0,5660	-1,1477	0,0466	0,2095	0,2052	-0,0049
T2-3	0,5984	-1,3060	0,0695	0,4262	-0,4945	0,0385	0,3290	-0,4762	0,0211	0,4138	0,2442	-0,0075
T2-4	0,6569	-1,1286	0,0596	0,3726	-0,3307	0,0263	0,4362	-0,5183	0,0219	0,3308	0,1647	-0,0047
T3-1	0,4626	-0,7209	0,0392	0,4952	-0,4296	0,0326	0,1148	-0,0779	0,0054	0,5400	0,2120	-0,0071
T3-2	0,5650	-1,1879	0,0635	0,4476	-0,5065	0,0391	0,2707	-0,3630	0,0168	0,4518	0,2506	-0,0079
T3-3	0,6527	-1,0570	0,0558	0,3771	-0,3163	0,0251	0,4278	-0,4780	0,0202	0,3377	0,1574	-0,0045
T3-4	0,6936	-0,9962	0,0523	0,3248	-0,2346	0,0190	0,5167	-0,5233	0,0215	0,2592	0,1175	-0,0030
T4-1	0,5668	-0,8494	0,0454	0,4465	-0,3599	0,0278	0,2737	-0,2622	0,0121	0,4499	0,1781	-0,0056
T4-2	0,6488	-0,9073	0,0479	0,3812	-0,2767	0,0219	0,4202	-0,4045	0,0172	0,3440	0,1377	-0,0040
T4-3	0,6787	-0,5991	0,0315	0,3463	-0,1557	0,0125	0,4830	-0,2985	0,0124	0,2906	0,0777	-0,0021
T4-4	0,6538	-0,3910	0,0206	0,3760	-0,1164	0,0092	0,4306	-0,1778	0,0075	0,3356	0,0579	-0,0016

R - Coeficiente de correlação de Pearson obtido para regressão linear entre os valores de incidência estimados pelo modelo logístico e as variáveis meteorológicas locais coletadas em posto de observação de superfície; y^0 - é o coeficiente linear (a) da equação de regressão linear, o qual representa o inóculo inicial da doença em função de diferentes elementos meteorológicos locais; r - é o coeficiente angular (b) da equação de regressão linear simples, o qual representa a taxa de infecção da doença em função de diferentes elementos meteorológicos locais.

* TarMed – Temperatura média do ar; TarMin – Temperatura mínima do ar; TarMax – Temperatura máxima do ar, registrados em ° C; Qg – Radiação solar global, registrado em MJ m⁻² dia⁻¹.

Na Tabela 17 têm-se os coeficientes de correlação de Pearson (R), linear e angular da equação de regressão linear entre as variáveis climáticas umidade relativa média (URMed), mínima (URMin) e máxima (URMax) do ar (%), a precipitação (PRECIP) (mm dia⁻¹) e a duração do período de molhamento foliar (DPM), estimada pelo método NHUR $\geq 90\%$ (horas), e a taxa de infecção aparente da doença (incidência) em plantas de soja cultivadas sob quatro diferentes espaçamentos entre linhas e quatro densidades populacionais, no município de Arapoti, PR.

Tabela 17: Coeficientes linear (y^0), angular (r) e de correlação de Pearson (R) da regressão linear entre a taxa de infecção aparente de mofo branco (incidência), em soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, e variáveis climáticas coletadas em posto de observação de superfície em área experimental do município de Arapoti, PR.

TRATAMENTO	VARIÁVEL CLIMÁTICA*														
	URMed			URMin			URMax			PRECIP			DPM		
	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r
T1-1	0,0080	0,0497	0,0000	0,0945	0,0277	0,0004	0,1902	0,2804	-0,0025	0,2521	0,0353	0,0002	0,0231	0,0480	-0,0002
T1-2	0,1597	0,1369	-0,0010	0,1334	0,0909	-0,0007	0,2477	0,4722	-0,0044	0,0509	0,0511	0,0000	0,2012	0,0707	-0,0019
T1-3	0,0751	0,1326	-0,0006	0,0038	0,0824	0,0000	0,2199	0,5729	-0,0052	0,1690	0,0672	0,0002	0,1021	0,0921	-0,0013
T1-4	0,0285	0,0917	-0,0002	0,0649	0,0534	0,0004	0,1999	0,4701	-0,0042	0,2276	0,0579	0,0002	0,0473	0,0789	-0,0005
T2-1	0,0975	0,2024	-0,0012	0,0365	0,1281	-0,0004	0,2295	0,8202	-0,0076	0,1399	0,0939	0,0002	0,1282	0,1289	-0,0022
T2-2	0,1208	0,2198	-0,0014	0,0714	0,1416	-0,0007	0,2381	0,8376	-0,0078	0,1083	0,0936	0,0002	0,1553	0,1289	-0,0027
T2-3	0,0055	0,0872	0,0001	0,1127	0,0473	0,0009	0,1822	0,5274	-0,0046	0,2673	0,0679	0,0003	0,0045	0,0928	-0,0001
T2-4	0,0492	0,0975	-0,0004	0,0344	0,0588	0,0002	0,2090	0,4599	-0,0042	0,2020	0,0554	0,0002	0,0718	0,0758	-0,0008
T3-1	0,0986	0,0136	0,0007	0,2454	-0,0034	0,0014	0,1318	0,2966	-0,0024	0,3668	0,0431	0,0003	0,1043	0,0577	0,0010
T3-2	0,0306	0,0672	0,0003	0,1502	0,0322	0,0011	0,1709	0,4849	-0,0042	0,2963	0,0639	0,0003	0,0228	0,0864	0,0003
T3-3	0,0449	0,0898	-0,0003	0,0407	0,0538	0,0002	0,2071	0,4306	-0,0039	0,2073	0,0522	0,0002	0,0667	0,0712	-0,0007
T3-4	0,0913	0,0989	-0,0005	0,0287	0,0626	-0,0001	0,2256	0,4059	-0,0037	0,1472	0,0469	0,0001	0,1214	0,0645	-0,0011
T4-1	0,0293	0,0485	0,0002	0,1483	0,0234	0,0008	0,1715	0,3467	-0,0030	0,2948	0,0456	0,0002	0,0212	0,0617	0,0002
T4-2	0,0410	0,0759	-0,0002	0,0464	0,0452	0,0002	0,2053	0,3695	-0,0033	0,2122	0,0449	0,0002	0,0621	0,0613	-0,0005
T4-3	0,0729	0,0561	-0,0003	0,0013	0,0349	0,0000	0,2181	0,2436	-0,0022	0,1714	0,0287	0,0001	0,0998	0,0394	-0,0005
T4-4	0,0458	0,0333	-0,0001	0,0389	0,0200	0,0001	0,2070	0,1590	-0,0014	0,2060	0,0193	0,0001	0,0679	0,0263	-0,0003

R - Coeficiente de correlação de Pearson obtido para regressão linear entre os valores de incidência estimados pelo modelo logístico e as variáveis meteorológicas locais coletadas em posto de observação de superfície; y^0 - é o coeficiente linear (a) da equação de regressão linear, o qual representa o inóculo inicial da doença em função de diferentes elementos meteorológicos locais; r - é o coeficiente angular (b) da equação de regressão linear simples, o qual representa a taxa de infecção da doença em função de diferentes elementos meteorológicos locais.

* URMEd – Umidade relativa média do ar; URMin – Umidade relativa mínima do ar; URMax – Umidade relativa máxima do ar, registrados em %; PRECIP – Precipitação, registrada em mm dia⁻¹; DPM (NHUR $\geq 90\%$) – Duração do período de molhamento em horas estimado pelo método que considera que está ocorrendo molhamento se a umidade relativa do ar encontrar-se igual ou superior a 90%.

Todos os coeficientes de correlação de Pearson (R) obtidos entre as variáveis meteorológicas URMEd, URMin, URMax, PRECIP e DPM e a taxa de

infecção aparente dos dados de incidência de mofo branco na cultura da soja sob diferentes níveis de espaçamentos entre linhas e densidades populacionais foram muito baixos. De maneira detalhada os coeficientes R médios para as variáveis URMed, URMin, URMMax, PRECIP e DPM foram de 0,06; 0,07; 0,20; 0,20 e 0,08, respectivamente.

Os elementos meteorológicos temperatura e umidade tem efeito direto no desenvolvimento de patossistemas vegetais. No presente estudo verificou-se que a variável temperatura apresentou os maiores coeficientes de correlação de Pearson, quando confrontados aos dados de incidência de mofo branco. Porém, o mesmo não foi observado quando se confrontou os dados de incidência estimada pelo modelo logístico aos dados de umidade relativa do ar, precipitação e duração do período de molhamento foliar, onde se obteve baixos coeficientes de correlação.

Os maiores valores de R obtidos confrontando os dados de incidência aos valores de temperatura podem estar relacionados a baixa oscilação diurna do elemento meteorológico em questão, mantendo-se na faixa favorável ao desenvolvimento do patógeno ao longo do ciclo da cultura e, principalmente durante a fase susceptível à ocorrência de mofo branco na soja, a qual se refere à fase de florescimento e formação de vagens (Tabela 5).

O valor de temperatura média (TarMed), variável que apresentou maior coeficiente R, durante a fase susceptível a ocorrência da doença foi de 20,2 °C, sendo que o referido elemento meteorológico apresentou durante a primeira, segunda, terceira e quarta avaliação valores de 19,7; 19,7; 20,8 e 20,3 °C, respectivamente. Segundo Pennypacker e Risius (1999) e Boland e Hall (1988), o fungo em questão desenvolve-se melhor na cultura da soja se a temperatura média do ar se encontrar entre os valores de 15 °C e 20 °C, para a região de Ontário no Canadá, e 12 e 24 °C, na localidade da Pennsylvania nos Estados Unidos.

Como relatado anteriormente, a umidade é um dos elementos climáticos que apresenta maior influência sobre a ocorrência de doenças em plantas, inclusive de mofo branco. Para a maioria dos patógenos de plantas há necessidade de água livre na superfície foliar, ou elevada umidade relativa do ar, para que a infecção seja bem sucedida, sendo essa variável chave que determina a ocorrência da doença (SUTTON, 1988; HUBER; GILLESPIE, 1992; VALE; ZAMBOLIM, 1996). Entretanto, os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam baixa correlação entre a

incidência de mofo branco na cultura da soja com os dados de umidade, precipitação e duração do período de molhamento foliar.

A primeira possível explicação atribuída a essa baixa correlação pode estar relacionada à medição das variáveis meteorológicas. No presente trabalho as medições foram efetuadas apenas na estação meteorológica automática (EMA). Registros das variáveis meteorológicas na EMA representam a condição média da área experimental, sendo tais medidas influenciadas principalmente pelo macroclima da região em estudo. A não medição das variáveis meteorológicas no interior do dossel da cultura pode ser mascarada pela influência do dossel da cultura no microclima de cada unidade experimental, em função das diferenças de espaçamentos entre linhas e densidades populacionais de plantas (MONTEIRO; SENTELHAS; CHIAVEGATO, 2004).

Monteiro; Sentelhas e Chiavegato (2004), analisando o microclima da cultura do algodoeiro em três densidades populacionais, verificaram grandes oscilações nos valores da umidade relativa e da duração do período de molhamento medidos no interior do dossel da cultura comparado ao registro dessas variáveis do meio físico na EMA. Dessa maneira os referidos autores determinaram que a umidade e a DPM medida na EMA não representam as condições que ocorrem ao nível do dossel da cultura.

Outra explicação que pode ser dada aos baixos valores de R para umidade, precipitação e duração do período de molhamento, quando confrontados com os dados de incidência de mofo branco é que tais variáveis preditoras não foram limitantes para o desenvolvimento do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* na região em estudo.

Segundo a classificação climática de Köppen a região em estudo tem seu clima classificado como sendo do tipo Cfb, caracterizado como clima mesotérmico, sempre úmido e com verões com temperaturas amenas. Os níveis das médias de precipitação durante o trimestre mais chuvoso (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) do ano variam de 500 a 600 milímetros sendo que, tais valores no estado do Paraná são inferiores apenas aos registrados na região litorânea do Estado. Dessa maneira os índices pluviométricos na região em estudo durante a época em que há suscetibilidade do hospedeiro à ocorrência de mofo branco são elevados e bem distribuídos, sempre atendendo as exigências do patógeno para a infecção.

A umidade do ar e a duração do período de molhamento sobre a superfície do vegetal são variáveis meteorológicas que estão intimamente relacionadas aos níveis de precipitação. Assim, elevados e bem distribuídos índices pluviométricos durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro também podem elevar as taxas de umidade do ar e aumentar o tempo em que a superfície vegetal permanece molhada, favorecendo a ocorrência e o desenvolvimento do patógeno na cultura da soja no local de estudo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Workneh e Yang (2000), analisando a prevalência de podridão de Esclerotínia em soja no centro norte americano em função do tipo de cultivo, clima e posição latitudinal. Nesse trabalho os referidos autores não observaram relação de dependência entre a ocorrência de mofo branco na cultura da soja e as variáveis precipitação e umidade relativa do ar nos locais em estudo. Segundo os mesmos, isso evidencia que tais variáveis meteorológicas não foram limitantes para a ocorrência de mofo branco na cultura da soja.

Assim como no presente trabalho, Workneh e Yang (2000) retratam que as variações anuais de temperatura são mais importantes na ocorrência de mofo branco na cultura da soja, quando comparados aos valores de umidade e precipitação. Cabe ressaltar que os fatores limitantes para a ocorrência de mofo branco na cultura da soja variam de região para região, ano após ano, de acordo com as variações de temperatura e umidade no local de cultivo (WORKNEH; YANG, 2000).

Os valores do coeficiente R entre a variável temperatura e os dados de incidência possivelmente não foram muito afetados, como a umidade, com o registro efetuado apenas na EMA. Segundo Monteiro; Sentelhas e Chiavegato (2004), as diferenças nos valores de temperatura registrados na EMA e no dossel da cultura do algodão são de aproximadamente 0,2 °C. Considerando que a temperatura média do ar registrada na EMA em Arapoti, PR, durante à fase susceptível a ocorrência do mofo branco foi de 20,16 °C, oscilações de 0,2 °C na temperatura em questão não alteraria o desenvolvimento do fungo no local e cultura em questão.

Nas Tabelas 18 e 19 encontram-se tabulados os coeficientes de correlação de Pearson, linear e angular da equação de regressão linear entre as variáveis climáticas temperatura média (TarMed), mínima (TarMin) e máxima (TarMax) do ar (°C), a radiação global (Qg) ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), umidade relativa média (URMed), mínima

(URMin) e máxima (URMax) do ar (%), precipitação (PRECIP) (mm dia⁻¹) e a duração do período de molhamento foliar (DPM), estimada pelo método NHUR $\geq$ 90% (horas), e a taxa de infecção aparente da doença (severidade) em plantas de soja cultivadas sob quatro diferentes espaçamentos entre linhas e quatro densidades populacionais, no município de Arapoti, PR.

Tabela 18: Coeficientes linear (y^0), angular (r) e de correlação de Pearson (R) da regressão linear entre a taxa de infecção aparente de mofo branco (severidade), em soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, e variáveis climáticas coletadas em posto de observação de superfície em área experimental do município de Arapoti, PR.

TRATAMENTO	VARIÁVEL CLIMÁTICA*											
	TarMed			TarMin			TarMax			Qg		
	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r
T1-1	0,578	-7,136	0,368	0,172	-1,041	0,085	0,688	-6,240	0,242	0,019	0,220	0,002
T1-2	0,565	-4,107	0,212	0,205	-0,753	0,060	0,666	-3,555	0,138	0,016	0,177	-0,001
T1-3	0,672	-8,917	0,459	0,125	-0,698	0,067	0,737	-7,162	0,278	0,046	0,216	0,005
T1-4	0,657	-8,947	0,461	0,126	-0,731	0,069	0,734	-7,333	0,284	0,051	0,199	0,006
T2-1	0,698	-10,37	0,533	0,089	-0,456	0,053	0,762	-8,294	0,322	0,080	0,156	0,010
T2-2	0,745	-11,76	0,604	0,049	-0,081	0,031	0,790	-9,126	0,354	0,110	0,102	0,014
T2-3	0,863	-16,29	0,833	0,125	1,873	-0,094	0,882	-12,20	0,471	0,257	-0,343	0,039
T2-4	0,725	-11,13	0,572	0,067	-0,259	0,041	0,778	-8,742	0,339	0,095	0,131	0,012
T3-1	0,652	-7,399	0,382	0,155	-0,803	0,071	0,716	-5,949	0,232	0,018	0,242	0,002
T3-2	0,674	-8,537	0,440	0,134	-0,727	0,068	0,732	-6,788	0,264	0,035	0,235	0,004
T3-3	0,732	-11,64	0,598	0,051	-0,114	0,032	0,788	-9,177	0,355	0,112	0,086	0,014
T3-4	0,704	-10,41	0,535	0,088	-0,441	0,052	0,763	-8,275	0,321	0,079	0,161	0,009
T4-1	0,706	-10,43	0,536	0,088	-0,435	0,052	0,764	-8,263	0,321	0,079	0,164	0,009
T4-2	0,648	-7,800	0,402	0,148	-0,805	0,072	0,719	-6,344	0,247	0,027	0,230	0,003
T4-3	0,659	-9,080	0,467	0,123	-0,714	0,068	0,736	-7,438	0,289	0,054	0,195	0,006
T4-4	0,777	-13,15	0,674	0,002	0,421	-0,001	0,820	-10,17	0,393	0,156	-0,024	0,021

R - Coeficiente de correlação de Pearson obtido para regressão linear entre os valores de severidade estimados pelo modelo logístico e as variáveis meteorológicas locais coletadas em posto de observação de superfície; y^0 - é o coeficiente linear (a) da equação de regressão linear, o qual representa o inóculo inicial da doença em função de diferentes elementos meteorológicos locais; r - é o coeficiente angular (b) da equação de regressão linear simples, o qual representa a taxa de infecção da doença em função de diferentes elementos meteorológicos locais.

* TarMed – Temperatura média do ar; TarMin – Temperatura mínima do ar; TarMax – Temperatura máxima do ar, registrados em ° C; Qg – Radiação solar global, registrado em MJ m⁻² dia⁻¹.

Os valores dos coeficientes de correlação entre taxa de infecção aparente da doença obtida com os dados de severidade da doença e os elementos meteorológicos locais evidenciam, assim como para os dados de incidência, que a

temperatura média do ar afetou mais significativamente o desenvolvimento do fungo do que as outras variáveis do meio físico consideradas nesse estudo de regressão, tendo em vista o valor de R da ordem de 0,69. Para os dados de severidade além da TarMed a temperatura máxima do ar apresentou elevada correlação com o desenvolvimento da doença, com valores médios de R de 0,75.

Diferente da TarMed e TarMax, as variáveis temperatura mínima do ar e radiação solar global apresentaram baixa correlação com a severidade do mofo branco na cultura da soja. O coeficiente de correlação R obtido entre as variáveis TarMin e Qg e a taxa aparente de infecção foi de 0,11 e 0,08, respectivamente. Além de baixos valores de R tais variáveis apresentaram um altíssimo coeficiente de variação, com valores de 47,37 % para TarMin e 80,95 % para a Qg.

Os coeficientes R determinados entre as variáveis do meio físico e as taxas de infecção aparente, obtidas através de dados de incidência e severidade de mofo branco na cultura da soja, não expressam relação de dependência entre os tratamentos adotados no presente estudo e a curva de progresso da doença.

De acordo com a Tabela 19 verifica-se que os coeficientes de correlação de Pearson R determinados entre as variáveis do meio físico URMed, URMin, URMax, PRECIP e DPM e as taxas de infecção aparente, obtidas por meio dos dados de severidade de mofo branco na cultura da soja cultivada sob diferentes níveis de espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, foram baixos, porém apresentaram valores superiores aos obtidos entre as variáveis meteorológicas e a taxa de infecção aparente obtida com dados de incidência da doença.

Os valores médios de R obtidos entre as variáveis do meio físico e a taxa de infecção aparente foi de 0,21 para URMed, 0,26 para URMin, 0,20 para URMax, 0,08 para PRECIP e 0,27 para a DPM estimada. Para todas variáveis os coeficientes de variação foram extremamente elevados, atingindo valor de 85,52 % para os dados de PRECIP.

Os coeficientes de correlação obtidos entre os dados de severidade e as variáveis umidade relativa do ar, precipitação e molhamento foram superiores aos calculados para os dados de incidência de mofo branco na cultura da soja sob as condições climáticas de Arapoti, PR. O aumento do coeficiente R obtido entre os dados de severidade de mofo e as variáveis meteorológicas sugere que a umidade relativa, a precipitação e a duração do período de molhamento foliar apresentem maior influência sobre a severidade do mofo branco na cultura da soja.

Tabela 19: Coeficientes linear (y^0), angular (r) e de correlação de Pearson (R) da regressão linear entre a taxa de infecção aparente de mofo branco (severidade), em soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, e variáveis climáticas coletadas em posto de observação de superfície em área experimental do município de Arapoti, PR.

TRATAMENTO	VARIÁVEL CLIMÁTICA*														
	URMed			URMin			URMax			PRECIP			DPM		
	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r	R	y^0	r
T1-1	0,097	0,650	-0,005	0,172	0,626	-0,007	0,064	1,098	-0,009	0,007	0,254	0,000	0,164	0,362	-0,012
T1-2	0,070	0,323	-0,002	0,141	0,336	-0,003	0,043	0,488	-0,004	0,039	0,147	0,000	0,135	0,209	-0,006
T1-3	0,181	1,099	-0,010	0,233	0,851	-0,010	0,172	2,737	-0,026	0,049	0,342	0,000	0,242	0,482	-0,019
T1-4	0,172	1,075	-0,010	0,229	0,854	-0,011	0,155	2,559	-0,024	0,047	0,338	0,000	0,234	0,477	-0,019
T2-1	0,219	1,409	-0,013	0,269	1,041	-0,013	0,209	3,638	-0,035	0,087	0,400	-0,001	0,280	0,564	-0,025
T2-2	0,273	1,785	-0,018	0,312	1,236	-0,017	0,272	4,926	-0,048	0,130	0,465	-0,001	0,330	0,653	-0,031
T2-3	0,456	3,232	-0,035	0,477	1,994	-0,030	0,461	9,627	-0,098	0,304	0,668	-0,003	0,506	0,936	-0,057
T2-4	0,249	1,614	-0,016	0,293	1,147	-0,015	0,245	4,346	-0,042	0,110	0,436	-0,001	0,308	0,614	-0,028
T3-1	0,150	0,832	-0,007	0,203	0,673	-0,008	0,143	2,001	-0,018	0,019	0,282	0,000	0,212	0,398	-0,014
T3-2	0,177	1,040	-0,009	0,225	0,804	-0,010	0,172	2,623	-0,025	0,042	0,329	0,000	0,238	0,464	-0,018
T3-3	0,263	1,739	-0,017	0,308	1,224	-0,016	0,256	4,691	-0,046	0,127	0,455	-0,001	0,322	0,641	-0,031
T3-4	0,223	1,427	-0,013	0,271	1,046	-0,013	0,215	3,727	-0,036	0,088	0,404	-0,001	0,283	0,568	-0,025
T4-1	0,225	1,435	-0,014	0,272	1,048	-0,013	0,218	3,769	-0,036	0,089	0,405	-0,001	0,285	0,571	-0,025
T4-2	0,153	0,883	-0,008	0,208	0,718	-0,008	0,141	2,083	-0,019	0,025	0,295	0,000	0,215	0,417	-0,016
T4-3	0,175	1,101	-0,010	0,232	0,871	-0,011	0,158	2,633	-0,025	0,050	0,343	0,000	0,237	0,485	-0,020
T4-4	0,323	2,183	-0,022	0,360	1,457	-0,020	0,321	6,151	-0,061	0,180	0,523	-0,002	0,380	0,735	-0,039

R - Coeficiente de correlação de Pearson obtido para regressão linear entre os de valores severidade estimados pelo modelo logístico e as variáveis meteorológicas locais coletadas em posto de observação de superfície; y^0 - é o coeficiente linear (a) da equação de regressão linear, o qual representa o inóculo inicial da doença em função de diferentes elementos meteorológicos locais; r - é o coeficiente angular (b) da equação de regressão linear simples, o qual representa a taxa de infecção da doença em função de diferentes elementos meteorológicos locais.

* URMEd – Umidade relativa média do ar; URMin – Umidade relativa mínima do ar; URMax – Umidade relativa máxima do ar, registrados em %; PRECIP – Precipitação, registrada em mm dia⁻¹; DPM (NHUR ≥ 90%) – Duração do período de molhamento em horas estimado pelo método que considera que está ocorrendo molhamento se a umidade relativa do ar encontrar-se igual ou superior a 90%.

Entretanto, mesmo com maiores coeficientes R, estes valores ainda foram relativamente baixos. Possivelmente os baixos coeficientes de R estão relacionados às variações no regime das variáveis meteorológicas locais registradas na estação meteorológica automática (EMA), os quais não expressam efetivamente as variações das mesmas no interior do dossel da cultura (MONTEIRO; SENTELHAS; CHIAVEGATO, 2004). Segundo Hannusch e Boland (1996), podem ocorrer diferenças no registro da umidade e do molhamento foliar na estação e no interior do dossel da cultura devido às diferenças do fluxo de radiação líquida no ambiente foliar.

Assim como para os dados de incidência as variáveis umidade relativa, precipitação e duração do período de molhamento não foram limitantes para o desenvolvimento do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* na região em estudo (WORKNEH; YANG, 2000).

Diferente das variáveis umidade, precipitação e duração do período de molhamento, os valores do coeficiente de correlação obtidos entre os elementos meteorológicos temperatura média e máxima do ar e os valores de severidade da doença foram elevados, comparados aos demais elementos meteorológicos, evidenciando elevada correlação entre o progresso do mofo branco na cultura da soja e tais variáveis do meio físico.

A temperatura do ar é a variável do ambiente que, frequentemente, está mais relacionada com as respostas biológicas e quase sempre é um fator limitante e que apresenta grande influência na epidemiologia de uma dada doença (SUTTON; GILLESPIE; HILDEBRANS, 1984). Além disso, a temperatura tem um efeito regulador, modulando assim o progresso da doença (ROTEM, 1978; VALE; ZAMBOLIM, 1996).

Os maiores valores do coeficiente R obtidos confrontando os dados de severidade aos valores de temperatura média e máxima podem estar relacionados a baixa variação do elemento meteorológico em questão, mantendo-se na faixa favorável ao desenvolvimento do patógeno ao longo do ciclo da cultura e, principalmente durante a fase susceptível a ocorrência de mofo branco na soja, a qual se refere à fase de florescimento e formação de vagens (PENNYPACKER; RISIUS, 1999; BOLAND; HALL, 1988).

Tanto para os dados de incidência como de severidade de mofo branco na cultura da soja, independente das variações de espaçamento entre linhas e densidade de plantas, verificou-se para a grande maioria das variáveis meteorológicas que os coeficientes de correlação obtidos foram muito baixos. Resultado semelhante foi obtido por Lulu (2008) analisando a duração do período de molhamento em vinhedo de “Niágara Rosada” e sua relação com a ocorrência de míldio (*Plasmopara viticola*). Segundo Lulu (2008), correlações feitas com apenas um elemento meteorológico de cada vez apresentam valores muito baixo de R, sugerindo regressões múltiplas para obtenção de resultados mais satisfatórios.

Segundo Sentelhas (1992) e Fiorine (2006), o desenvolvimento das doenças em vegetais não deve ser influenciado apenas por uma variável meteorológica

isolada, mas pela interação entre diferentes variáveis do meio físico, além de fatores e características das plantas que certamente influenciam o progresso da doença em campos de produção.

4.5 PRODUTIVIDADE E MASSA DE MIL GRÃOS

Os resultados de ANOVA com aplicação de teste F aos dados de produtividade e massa de mil grãos de plantas de soja cultivada sob diferentes tratamentos encontram-se expostos nas Tabelas 20 e 22, respectivamente. De acordo com a ANOVA verificou-se que houve efeito de tratamentos sobre as variáveis respostas consideradas. Dessa maneira rejeitou-se a hipótese de nulidade e aceitou-se a hipótese alternativa, a qual determina que há diferenças entre pelo menos um dos tratamentos em questão.

De acordo com o teste de Tukey, a 5 % de significância, verificou-se que a produtividade da soja foi elevada com a diminuição do espaçamento entre linhas (Tabela 21). O tratamento composto por parcelas de 0,35 metros e população de 250 mil plantas por hectare apresentou a maior produtividade, com valores de 5.364,33 kg ha⁻¹. Os quatro maiores valores de produtividade da soja estiveram relacionados com os menores níveis de espaçamento entre linhas, independente da população adotada. Segundo Knebel et al. (2006) e Rambo et al. (2003), a produtividade da soja é diretamente afetada por redução no espaçamento; assim quanto menor o espaçamento, maior será sua produtividade.

A produção das plantas de soja, assim como de outras culturas agrícolas, é influenciada pela maneira como são distribuídas em campos de produção, de modo a maximizar a interceptação de água, nutrientes e radiação solar, por outro lado minimizando a competição intraespecífica (HEIFFIG et al., 2006). Maiores valores de produtividade obtidos em unidades experimentais com menores espaçamentos estão associados à elevação do índice de área foliar das plantas de soja, fato que consequentemente gera um acréscimo na interceptação de radiação, elevando as taxas de fotossíntese do vegetal, aumentando assim o rendimento de grãos (BOARD; HARVILLE, 1992; PIRES; COSTA; THOMAS, 1998; SHAW; WEBER, 1967).

Tabela 20: Análise da variância (ANOVA) com aplicação do teste F aos dados de produtividade de soja (kg ha^{-1}) em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.

Tabela da Análise de Variância - Produtividade (kg ha^{-1})

FV	GL	SQ	SQM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	15	19443938,58	1296262,57	4,89	0,0000
Bloco	3	1934505,48	644835,16	2,43	0,0772
Erro	45	11925047,41	265001,05		
Total Corrigido	63	33303491,47			
CV (%)	12,05				
Média Geral	4272,34		Número de Observações:		64

Tabela 21: Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado aos dados experimentais de produtividade de soja (kg ha^{-1}) em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.

Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Tratamentos	Médias	Resultados do Teste
T4-1	3540,07	a
T2-4	3695,44	a
T4-2	3731,54	a
T2-2	3761,31	a
T4-4	3832,11	a b
T4-3	3851,48	a b
T2-3	4030,32	a b
T3-2	4073,86	a b c
T3-3	4166,39	a b c
T2-1	4314,19	a b c
T3-4	4446,68	a b c
T3-1	4556,87	a b c
T1-4	4775,45	a b c
T1-2	5093,12	b c
T1-1	5124,32	b c
T1-3	5364,33	c

DMS: 1319,82

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível α de significância.

Menores produtividades foram registradas, na maioria dos casos, nos tratamentos que utilizaram elevados espaçamentos entre linhas de cultivo, (0,75 metros). Já as produtividades intermediárias foram registradas nos espaçamentos intermediários de 0,45 e 0,60 metros. Em todos os casos, para a variável produtividade não foi observada nenhuma relação de dependência entre os diferentes níveis populacionais e a produtividade de plantas de soja cultivadas em Arapoti, PR.

Napoleão et al. (2006), analisando o efeito do espaçamento e da cultivar de feijoeiro sobre a intensidade do mofo-branco e a sanidade de sementes, verificaram

que a elevação nos espaçamentos entre linhas pode reduzir a produtividade final de plantas de feijão, em decorrência da redução na densidade populacional de plantas. Segundo os referidos autores, dependendo da cultivar de feijão utilizada em campos de produção, reduções no espaçamento podem ocasionar diminuição na produtividade da cultura da ordem de 500 a 600 kg ha⁻¹.

A não diferença de valores de produtividade atribuída aos diferentes níveis de densidades populacionais, também foi obtido na cultura do feijão por Napoleão et al. (2006). Nesse caso, maiores populações de plantas de feijão não refletiram em maiores produtividades, devido a grande ocorrência de doença nos campos de produção. No presente trabalho a falta de relação entre a adoção de diferentes densidades populacionais e a produtividade também pode estar sendo condicionada pelos elevados níveis de doença no campo, apresentando valores de severidade muito elevados em sua grande maioria (superiores a 75 %).

Embora não se tenha obtido correlação entre diferenças na produtividade e variação nos níveis de densidade de plantas, inúmeros são os trabalhos que retratam que a produtividade da soja pode ser alterada em função de diferentes densidades populacionais, principalmente em decorrência dos efeitos que tais variações provocarão na incidência e na severidade de mofo branco nas culturas agrícolas. Chad et al. (2005) reportam maior importância no controle do mofo branco na cultura da soja quando há redução nos níveis populacionais de plantas, em comparação à adoção de diferentes espaçamentos entre linhas de cultivo para a referida cultura.

Analisando a intensidade de mofo branco em função de densidades populacionais de plantas de feijão, Paula Jr. et al. (2009) verificaram que reduções na densidade populacional resultaram em maior controle da doença e elevaram a produtividade. Resultados semelhantes foram obtidos por Vieira et al. (2010), em que a redução na densidade populacional, além de reduzir os níveis de doença elevaram a produtividade de plantas de feijão em campos de produção.

Pouca relação foi observada entre os níveis de incidência no campo e as produtividades finais da cultura da soja cultivada sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. Contrapondo os resultados obtidos neste estudo, Hoffman et al. (1998) determinaram que aumentos de 10 % nos níveis de incidência de mofo branco na cultura da soja acarretaram reduções de produtividades de 147 até 263 kg ha⁻¹. O mesmo foi verificado por Chun, Kao e Lockwood (1987) para a

cultura da soja, determinando que uma elevação de 10 % na incidência de mofo branco reduz a produtividade da soja em 235 kg ha⁻¹.

Tabela 22: Análise da variância (ANOVA) com aplicação do teste F aos dados de massa de mil grãos de soja (gramas) em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.

Tabela da Análise de Variância - Massa de Mil Grãos (gramas)

FV	GL	SQ	SQM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	15	8,21	0,55	3,04	0,0020
Bloco	3	3,13	1,04	5,79	0,0019
Erro	45	8,10	0,18		
Total Corrigido	63	19,44			
CV (%)	2,27				
Média Geral	18,70		Número de Observações:		64

De acordo com o teste de Tukey, a 5 % de significância, verificou-se que os menores valores da massa de mil grãos foram obtidos, na maioria dos casos, nos tratamentos em que o cultivo da soja deu-se sob maior população (300 mil plantas ha⁻¹), com valores variando entre 17,74 a 18,44 gramas. Já as maiores massas atribuídas a mil grãos foram encontrados sob os tratamentos cultivados com menor densidade populacional, com valores próximos a 19 gramas. No cultivo de soja com reduzida densidade populacional há menor competição intraespecífica, refletindo em níveis maiores de nutrientes e água nos sistemas agrícolas disponíveis para serem incorporados pelos vegetais, refletindo em grãos com maiores massas (PIRES, et al., 2000).

De acordo com a Tabela 23 os valores de massa de mil grãos de plantas de soja não apresentaram nenhuma relação com as variações nos espaçamentos entre linhas de cultivo. Segundo Vazquez; Carvalho e Borba (2008), variações no arranjo espacial, ou seja, no espaçamento entre linhas de cultivo, não interferem na massa de mil grãos da cultura da soja.

A densidade populacional de plantas de soja é tida como um dos fatores que mais altera os componentes de produção da cultura, e dentre estes componentes tem-se a massa de mil grãos (PEIXOTO et al., 2000; DAROISH; HASSAN; AHAD, 2005). As alterações provocadas na massa de mil grãos estão diretamente relacionadas ao maior grau de competição entre as plantas de soja, competição principalmente por água e nutrientes no solo e pela luminosidade (OLIVEIRA, 2010).

Tabela 23: Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) aplicado aos dados experimentais de massa de mil grãos de soja (gramas) em função de diferentes espaçamentos e densidades populacionais em Arapoti, PR.

Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Tratamentos	Médias	Resultados do Teste
T2-4	17,74	a
T1-4	18,20	a b
T4-4	18,44	a b
T3-3	18,45	a b
T2-2	18,56	a b
T3-4	18,59	a b
T1-3	18,72	a b
T4-3	18,79	a b
T3-2	18,81	a b
T4-2	18,87	b
T2-3	18,87	b
T2-1	18,88	b
T1-1	18,90	b
T4-1	18,93	b
T3-1	19,18	b
T1-2	19,23	b

DMS: 1,08

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível α de significância.

No presente trabalho não se verificou relações entre os diferentes níveis de incidência e severidade do mofo branco e a massa de mil grãos. Entretanto autores retratam que elevações nos níveis de incidência e severidade do mofo branco em campos de produção de soja reduzem a massa de mil grãos. Hoffman et al. (1998), analisando a produtividade de soja em campos infectados por *Sclerotinia sclerotiorum*, determinaram que elevações nos níveis de incidência da doença podem reduzir a massa de 1000 grãos de 21 para 12 gramas, ou de 16 para 13 gramas, dependendo da cultivar.

Analisando o efeito da podridão de esclerotínia sobre cultivares de soja, inoculadas em diferentes estádios de desenvolvimento, Danielson; Nelson e Helms (2004) determinaram que plantas inoculadas com o patógeno apresentam reduções médias de 28,6 % na massa de mil grãos.

Segundo Hoffman et al. (1998), elevados níveis de mofo branco em campos de produção de soja reduzem a qualidade da semente, sua germinação e seu teor de óleo, fatores que estão diretamente relacionados com o peso das mesmas. Além da redução na massa de grãos, elevados níveis da doença podem ter efeito nos componentes de produção das plantas de soja (DANIELSON; NELSON; HELMS, 2004).

Analisando as práticas de manejo sobre a prevalência de mofo branco na cultura da soja no centro-norte americano, Mila et al. (2003) determinaram que para todas as localidades estudadas as variáveis meteorológicas locais durante a estação de cultivo da soja, práticas de manejo adotadas e sua interação representam 27 % da variação na produtividade da soja em decorrência da incidência e severidade de mofo branco na cultura em estudo. Em mesmo estudo, os referidos autores retratam que as condições ideais para o desenvolvimento da soja também são extremamente favoráveis para o estabelecimento do patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* em campos de produção dessa espécie.

O mesmo pode ser observado no presente experimento em Arapoti, PR. Embora sob elevados índices de incidência e severidade de mofo branco na cultura da soja, sua produtividade manteve-se elevada, pois as condições ambientais também foram favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas de soja, fato que atenuou o efeito da doença em questão sobre a produtividade e a massa de mil grãos quando diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais foram adotados para a cultura da soja.

Experimentos conduzidos com a cultura da soja nos Estados Unidos por Dillard e colaboradores apontam que época de plantio, variedades, práticas de manejo do solo e da cultura, e condições hídricas do solo promoveram variações significativas sobre a incidência e a severidade de mofo branco na soja, porém não afetaram a produtividade primária da referida cultura (COMUNICAÇÃO PESSOAL - I ENCONTRO INTERNACIONAL DO MOFO BRANCO, PONTA GROSSA, PR, 2012).

Outros dois fatores que podem ter afetado a produtividade e a massa de mil grãos, e sua relação com a incidência e a severidade da doença e a produtividade da soja em campos de produção no município de Arapoti, PR, é a distribuição do inóculo, ou seja, de escleródios no solo (MILA et al. 2003).

Além disso, como relatado anteriormente, as condições climáticas para o desenvolvimento do patógeno foram favoráveis ao seu desenvolvimento ao longo do ciclo da cultura da soja, mas principalmente durante a fase suscetível de ocorrência da doença. Dessa maneira, as variações microclimáticas podem ter sido mascaradas, ou amenizadas devido às condições favoráveis do macroclima da região em estudo.

5 CONCLUSÃO

Durante a safra 2011/2012 os elementos meteorológicos locais foram favoráveis à ocorrência e desenvolvimento do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em campos de produção de soja, cultivada no município de Arapoti, PR.

Os elevados valores de severidade da doença estão relacionados às condições climáticas favoráveis, com temperaturas amenas, em torno de 20 °C, elevados e bem distribuídos índices pluviométricos, principalmente durante a fase susceptível ao desenvolvimento do patógeno.

Alterações nos níveis de espaçamentos entre linhas e densidades populacionais não foram efetivos no controle da doença em campo de produção, durante a safra 2011/2012 na localidade de Arapoti, PR.

Dentre os modelos epidemiológicos empregados no trabalho os modelos Monomolecular e Logístico apresentaram melhores ajustes aos dados de incidência e severidade de mofo branco, respectivamente.

De acordo com os coeficientes de correlação de Pearson (R) obtidos entre os dados de incidência e os diferentes elementos meteorológicos coletados em posto de observação de superfície conclui-se que a temperatura média do ar apresenta correlação com a incidência de mofo branco em campos de produção de soja.

Os coeficientes de correlação de Pearson (R) obtidos entre os dados de severidade e os diferentes elementos meteorológicos coletados em posto de observação de superfície evidenciam que as temperaturas médias e máximas do ar apresentam maior correlação com a severidade de mofo branco em campos de produção de soja.

Os baixos coeficientes R obtidos entre os elementos meteorológicos locais umidade, precipitação e duração do período de molhamento foliar e os dados de incidência e severidade de mofo branco na cultura da soja indicam que estes elementos não são limitantes ao desenvolvimento do patógeno na região em estudo.

A falta de registros das variáveis meteorológicas no interior do dossel da cultura pode estar associado aos reduzidos coeficientes de correlação R entre os dados de incidência e severidade de mofo branco e os dados de umidade

atmosférica e duração do molhamento foliar, devido a grande variabilidade de tais elementos meteorológicos.

Os valores de produtividade variaram em função da adoção de diferentes espaçamentos entre linhas de cultivos, onde maiores produtividades foram obtidas em espaçamentos reduzidos. Já a massa de mil grãos variou em função das diferentes densidades populacionais empregadas, assim maiores valores de massa de mil grãos foram encontradas em menores densidades populacionais.

A produção e o peso de mil sementes não apresentou correlação com as variações nos níveis de incidência e severidade da doença em campos de produção de soja, devido ao macroclima ter sido favorável ao desenvolvimento do mofo branco na cultura da soja e devido à distribuição irregular no inóculo do fungo nos diferentes perfis do solo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Source primary inoculums and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 65, p. 300-309, 1975.

ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, v. 69, p. 899-904, 1979.

ABAWI, G. S.; POLACH, F. J.; MOLIN, W. T. Infection of bean by ascospores of *Whetzelinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 65, p. 673-678, 1975.

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A. ; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças da soja (*Glycine max*). In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia**: Doenças de Plantas Cultivadas. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda. 2005, v. 2.

BARDIN, S. D.; HUANG, H. C. Research on biology and control of *Sclerotinia* diseases in Canada. **Canadian Journal Plant Pathology**, v. 23, p. 88-98, 2001.

BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 86-92, jan./fev. 2006.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de Progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia** – Princípios e conceitos. São Paulo: Ceres, v. 1. 1995. 602-626.

BERGAMIN FILHO, A. Conceitos e Objetivos. In: AMORIM, L.; REZENDE, J A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Org.). **Manual de Fitopatologia volume I** – Princípios e Conceitos. 4.ed. São Paulo: Ceres, v.1. 2011. 149-206 p.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais**: Epidemiologia e controle econômico. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 1996.

BERGER, R. D. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. **Phytopathology**, v. 71, p. 716-719, 1981.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.

BOLAND, G. J.; HALL, R. Epidemiology of *Sclerotinia* stem rot of soybean in Ontario. **Phytopathology**, v. 78, p. 1241-1245, 1988.

BOLAND, G. J.; HALL, R. Index of plants hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal Plant Pathology**, v. 16, p. 93-108, 1994.

BOLTON, M. D.; BART, P. H. J.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, v. 7, p. 1-16, 2006.

BUTLER, M. J.; GARDINER, R. B.; DAY, A. W. Melanin synthesis by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Mycologia**, v. 101, n. 3, p. 296-304, 2009.

BUZZELL, R. I.; WELACKY, T. W.; ANDERSON, T. R. Soybean cultivar reaction and width effect on *Sclerotinia* stem rot. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 73, p. 1169-1175, 1993.

CÂMARA, G. M. S. Fenologia da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba, p. 26-39, 1998.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. John Wiley & Sons, New York, 1990.

CANIHOS, Y.; PEEVER, T. L.; TIMMER, T. W. Temperature, leaf wetness and isolate effects on infection of *Minneola tangela* leaves by *Alternaria* sp. **Plant Disease**, v. 83, n. 5, p. 429-433, 1999.

CARREGAL, L. H.; CAMPOS, H. D.; SILVA, J. R. C. Saiba mais sobre Mofo Branco. 2010. Disponível em: <<http://www.ihara.com.br/index/ezsite.asp?ID=2065>> Acessado em: 02 fev. 2013.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: Trigo, Milho, Soja, Arroz, Mandioca**. Nobel, São Paulo, 1999.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. CD-ROM.

CHAD, D. L.; RENNER, K. A.; PENNER, D.; HAMMERSCHMIDT, R.; KELLY, J. D. Glyphosate-resistant soybean management system effect on *Sclerotinia* stem rot. **Weed Technology**, v. 19, p. 580-588, 2005.

CHAVES, G. M. **Estudos sobre *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary**. 1961, 79 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1961.

CHEN, Y.; WANG, Y. Two convenient methods to evaluate soybean for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 89, p. 1268-1272, 2005.

CHUN, D.; KAO, L. B.; LOCKWOOD, J. L. Laboratory and field assessment of resistance in soybean to stem rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 71, p. 811-815, 1987.

CIARISSE, O.; BOURGEOIS, G.; DUTHIE, J. A. Influence of temperature and leaf wetness duration on infection of strawberry leaves by *Mycosphaella fragariae*. **Phytopathology**, v. 90, n. 10, p. 1120-1125, 2000.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos, terceiro levantamento. Brasília, 2012.

COOKE, B. M. Disease Assessment and Yield Loss. In: COOKE, B. M.; GARETH JONES, D.; KAYE, B. **The Epidemiology of plant disease**. 2.ed. Netherlands: Springer, 2006. Capítulo 2. p. 72-73.

COSTA, J. A. **Cultura da Soja**. Porto Alegre. Evangraf., p. 233, 1996.

COSTA, N. P.; FRANÇA-NETO, J. B.; PEREIRA, J. E.; MESQUITA, C. M.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Efeito de sementes verdes na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 102-107, 2001.

DANIELSON, G. A.; NELSON, B. D.; HELMS, T. C. Effect of *Sclerotinia* stem rot on yield of soybean inoculated at different growth stages. **Plant Disease**, v. 88, p. 297-300, 2004.

DAROISH, M.; HASSAN, Z.; AHAD, M. Influence on planting dates and plant densities on photosynthesis capacity, grain and biological yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] in Karaj, Iran. **Journal of Agronomy**, v.4, n.3, p.230-237, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006, p.412.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de Produção**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/>> Acessado em 04/05/2011.

FAO. Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> Acesso em: 11 dez. 2012.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 12p. (Special report, 80).

FARR, D. F.; BILLS, G. F.; CHAMURIS, G. P.; ROSSMAN, A. Y. **Fungi on Plants and Plant Products in the United States**. The American Phytopathological Society, APS Press, St. Paul: Minnesota, 1989. 1252 p.

FERRAZ, L. C. L.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; NASSER, L. C. B. Viabilidade de *Sclerotinia sclerotiorum* após a solarização do solo na presença de cobertura morta. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 17-26, 2003.

FERRAZ, L. C. L.; CAFÉ-FILHO, A. C.; NASSER, L. C. B.; AZEVEDO, J. Effects of soil moisture, organic matter and grass mulching on the carpogênica germination of sclerotia and infection of bean by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathology**, v. 48, p. 77-82, 1999.

FERREIRA, L. P.; LEHMAN, P. S.; ALMEIDA, A. M. R. **Doenças da Soja no Brasil**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1979, 42 p.

FIORINE, R. A. **Sistemas agrometeorológicos de recomendação de época de pulverização para o controle de doenças fúngicas da videira “Niágara Rosada”**. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, área de concentração: Tecnologia da Produção Agrícola) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas. 2006.

GARCIA, R. **Produção de inóculo, efeito de extratos vegetais e de fungicidas e reação de genótipos de soja à *Sclerotinia sclerotiorum***. 2008. 154 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

GERALDINE, A. M.; LOBO Jr., M.; HIKISHIMA, M. Influência da temperatura e da umidade do solo na germinação carpogênica e parasitismo de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. In: Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas, 3, 2010, Bento Gonçalves. **Anais do III Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas**, Bento Gonçalves, RS, 2010.

GOMPERTZ, B. On the nature of the function expressive of the Law of human mortality. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 36, p. 513-585, 1825.

GÖRGEN, C. A.; CIVARDI, E. A.; RAGAGNIN, V.; SILVEIRA NETO, A. N.; CARNEIRO, L. C.; LOBO Jr., M. Redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja cultivada após o uso do sistema Santa Fé. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1102-1108, 2010.

GÖRGEN, C. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V.; LOBO Jr., M. Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1583-1590, 2009.

GRACIA-GARZA, J. A.; BOLAND, G. J.; VYN, T. J. Influence of crop rotation and reduced tillage on white mold of soybean caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal Plant Pathology**, v. 24, p. 115-121, 2002.

GRAU, D. R. *Sclerotinia* Stem Rot. In: SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. **Compendium of Soybean Diseases**. 3.ed., APS Press, 1989. p. 47-48.

HANNUSCH, D. J.; BOLAND, G. J. Influence of air temperature and relative humidity on biological control of white mold of beans (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Phytopathology**, v. 86, n. 2, p. 156-162, 1996.

HARIKRISHNAN, R.; DEL RÍO, L. E. A logistic regression model for predicting risk of white mold incidence on dry bean in North Dakota. **Plant Disease**, v. 92, p. 42-46, 2008.

HARIKRISHNAN, R.; DEL RÍO, L. E. Influence of temperature, relative humidity, ascospore concentration and length of drying of colonized dry bean flowers on white mold development. **Plant Disease**, v. 90, p. 946-950, 2006.

HARTMAN, G. L.; KULL, L.; HUANG, Y. H. Occurrence of *Sclerotinia sclerotiorum* in soybeans fields in east-central Illinois and enumeration of inocula in soybean seed lots. **Plant Disease**, v. 82, p. 560-564, 1998.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S., MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n 2, p. 285-295, 2006.

HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; RADONS, S. Z.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; HINNAH, F. D. Estimativa do saldo de radiação em girassol como função da radiação solar global. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 194-199, 2012.

HIKISHIMA, M.; GERALDINE, A. M.; LOBO Jr., M. Influência da temperatura e do período de molhamento foliar no desenvolvimento de mofo branco em feijão. In: Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas, 3, 2010, Bento Gonçalves. **Anais do III Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas**, Bento Gonçalves, RS, 2010.

HOFFMAN, D. D.; HARTMAN, G. L.; MUELLER, D. S.; LEITZ, R. A.; NICKELL, C. D.; PEDERSEN, W. L. Yield and seed quality of soybean cultivars infected with *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 82, p. 826-829, 1998.

HOLST-JENSEN, A.; KOHN, L. M.; JAKOBSEN, K. S.; SCHUMACHER, T. Molecular phylogeny and evolution of *Monilinia* (*Sclerotiniaceae*) based on coding and non-coding rDNA sequences. **American Journal of Botany**, v. 84, p. 686-701, 1997.

HOLST-JENSEN, A.; KOHN, L. M.; SCHMACHER, T. Nuclear rDNA phylogeny of the *Sclerotiniaceae*. **Mycologia**, v. 89, p. 885-899, 1997.

HUANG, H. C.; DUECK, J. Wilt of sunflower from infection by mycelial germinating sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal Plant Pathology**, v. 2, p. 47-52, 1980.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic. Botany**, v. 23 p. 408-421, 1970.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> Acessado em: 11 dez. 2012.

JACCOUD FILHO, D. S.; MANOSSO NETO, M. O.; VRISMAN, C. M.; HENNEBERG, L.; GRABICOSKI, E. M. G.; PIERRE, M. L. C.; BERGER NETO, A.; SARTORI, F. F.; DEMARCH, V. B.; ROCHA, C. H. Análise, Distribuição e Quantificação do "Mofo Branco" em Diferentes Regiões Produtoras do Estado do Paraná: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 31, 2010, DF. Brasília. **Resumos...** Brasília: Embrapa - Soja, 2010, 226-228p.

JEGER, M. J. Asymptotic behavior and threshold criteria in model plant disease epidemics. *Plant Pathology*, v. 35, p. 355-361, 1986.

JOLY, A. B.; LEITÃO FILHO, H. F. **Botânica econômica: as principais culturas brasileiras**. São Paulo: EDUSP/HUCITEC, 1979.

JULIATTI, F. C.; JULIATTI, Fa. C. **Podridão branca da haste da soja: Manejo e uso de fungicidas em busca da sustentabilidade nos sistemas de produção**. Uberlândia: Composer, v. 2. 2010. 29p.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C. **Manejo Integrado de Doenças da Cultura da Soja**. 1.ed. Uberlândia [s.n.], 2004. 237 p.

KATAN, J.; DeVAY, J. E. **Soil solarization**. Boca Raton: CRC Press. 1991.

KNEBEL, J. L.; GUIMARAES, V. F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J. R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agrônômicos em soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, p. 385-392, 2006.

KOHN, L. M. A monographic revision of the genus *Sclerotinia*. **Mycotaxon**, v. 9, p. 365-444, 1979.

KRANZ, J. **Epidemics of Plant Disease**. Mathematical Analysis and Modeling. Berlin: Springer, 1974. 170p.

KRUGER, W. Control measures for *Sclerotinia sclerotiorum* in rape. **Phytopathology**, v. 77, p. 125-137, 1973.

LEITE, R. M. V. B. C. Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em soja e girassol. Londrina: EMBRAPA Soja, Comunicado Técnico 76, 2005, 3p.

LUCAS, G. B.; CAMPBELL, C. L.; LUCAS, L. T. **Introduction to plant diseases: identification and management**. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 364p.

LULU, J. **Duração do período de molhamento em vinhedo de “Niágara Rosada” e sua relação com a ocorrência de míldio (*Plasmopara viticola*)**. 2008, 188f. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MAACK R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio. 1981. 442 p.

MASSOLA JÚNIOR, N. S.; KRUGNER, T. L. Fungos Fitopatogênicos. In: AMORIM, L.; REZENDE, J A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Org.). **Manual de Fitopatologia volume I** – Princípios e Conceitos. 4.ed. São Paulo: Ceres, v.1. 2011. 149-206 p.

MATHERON, M. E.; PORCHAS, M. Influence of soil temperature and moisture on eruptive germination and viability of sclerotia of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 89, p. 50-54, 2005.

MCDONALD, M. R.; BOLAND, G. J. Forecasting diseases caused by *Sclerotinia* spp. in eastern Canada: fact or fiction? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 26, p. 480-488, 2004.

MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/>> Acessado em: 11 dez 2012.

MILA, A. L.; CARRIQUIRY, A. L.; ZHAO, J.; YANG, X. B. Impact of management practices on prevalence of soybean *Sclerotinia* stem rot in the north-central United States and on farmers' decisions under uncertainty. **Plant Disease**, v. 87, p. 1048-1058, 2003.

MILA, A. L.; CARRIQUIRY, A. L.; YANG, X. B. Logistic regression modeling of prevalence of soybean *Sclerotinia* stem rot in the north-central United States. **Phytopathology**, v. 94, p. 102-110, 2004.

MILA, A. L.; YANG, X. B. Effects of fluctuating soil temperature and water potential on *Sclerotia* germination and Aphotecial production of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 92, p. 78-82, 2008.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J. Microclima da cultura do algodoeiro em três densidades populacionais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n. 2, p. 257-264, 2004.

MOORE, W. D. Flooding as a means of destroying the sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 39, p. 920-927, 1949.

MOREIRA, A. R.; FAGAN, E. B.; MARTINS, K. V; SOUZA, C. H. E. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 413-423, 2010.

MORRALL, R. A. A.; DUCZEK, I. J.; McKENZIE, D. L.; McGEE, D. C. Some aspects of *Sclerotinia sclerotiorum* in Saskatchewan, 1970–75'. **Canadian Plant Disease Survey**, v. 56: p. 56-62, 1976.

MORSE, W. J. **History of soybean production**. London: Interscience, p. 3-59, 1950.

NAPOLEÃO, R.; CAFÉ-FILHO, A. C.; LOPES, C. A.; NASSER, L. C. B. Efeito do espaçamento e da cultivar de feijoeiro sobre a intensidade do mofo-branco e a sanidade de sementes. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 1, p. 63-66, 2006.

NAPOLEÃO, R.; CAFÉ-FILHO, A. C.; LOPES, C. A.; NASSER, L. C. B.; MAROUELLI, W. A. Efeito da frequência de rega e da umidade do solo sobre a germinação carpogênica de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.1, p.80-82, 2007.

NAPOLEÃO, R.; CAFÉ-FILHO, A. C.; NASSER, L. C. B.; LOPES, C. A.; SILVA, H. R. Intensidade do mofo-branco do feijoeiro em plantio convencional e direto sob diferentes lâminas d'água. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 374-379, 2005.

NATTI, J. J. Epidemiology and control of bean white mold. **Phytopathology**, v. 61, p. 669-674, 1971.

OLIVEIRA, A. B. **Fenologia, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em função de épocas de semeadura e densidades de plantas**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

PARKER, M. W.; BORTHWICK, H. A. Influence of temperature on photoperiodic reactions in leaf blades of Biloxi soybean. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 104, p. 612-619, 1943.

PARTYKA, R. E.; MAI, W. F. Effect of environment and some chemicals on *Sclerotinia sclerotiorum* in laboratory and potato field. **Phytopathology**, v. 52, p. 766-770, 1962.

PAULA JUNIOR, T. J.; VENZON, M. **101 Culturas - Manual de Tecnologias Agrícolas**. EPAMIG, Belo Horizonte, 2007. 800 p.

PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ROCHA, P. R. R.; BERNARDES, A.; COSTA, E. L.; CARNEIRO, J. E. S.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. White mold intensity on common bean in response to plant density, irrigation frequency, grass mulching, *Trichoderma* spp., and fungicide. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 1, p. 44-48, 2009.

PEDERSEN, P.; LAUER, J. G. Soybean agronomic responses to management systems in the Upper Midwest. **Agronomy Journal**, v. 95, p. 1146-1151, 2003.

PEDRO JUNIOR, M. J. Effects of meteorological factors on the development of coffeea leaf rust. **EPPO Bulletin**, v. 13, p. 153-155. 1983.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. M.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n.1, p. 89-96, 2000.

PELTIER, A. J.; GRAU, C. R. The influence of light on relationships between *Sclerotinia* stem rot of soybean in field and controlled environments. **Plant Disease**, v. 92, p. 1510-1514. 2008.

PENNYPACKER, B. W.; RISIUS, M. L. Environmental sensitivity of soybean cultivars response to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 89, p. 618-622, 1999.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária. 2002.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JR, M, J.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, S. A.; GODOY, I. J. Precipitação pluviométrica e intensidade da mancha preta em amendoim. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, p. 426-430, 1996.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.4, n. 2, p. 89-92, 1998.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, 2000.

PURDY, L. H. *Sclerotinia sclerotiorum*: History, diseases and symptomatology, host range, geographical distribution and impact. **Phytopathology**, v. 69, p. 875–880, 1979.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, p. 405-411, 2003.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 3, n. 3, p. 431-437, 2001.

ROTEM, J. Climatic and weather influences on epidemics. In: HORSFAL, J. G.; COWLING, E. B. (Ed.). **Plant Disease: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1978. v. 2, p. 317-334.

RUGGIERO, M.; GORDON, D.; BAILLY, N.; KIRK, P.; NICOLSON, D. The Catalogue of Life Taxonomic Classification, 2.ed., Part A. In: **Species 2000 & ITIS Catalogue of Life**, 3.ed, 2012.

RUNGE, E. C. A.; ODELL, R. T. The relation between precipitation, temperature and yield for soybeans in the Agronomy South Farm, Urbana, Illinois, **Agronomy Journal**, v. 52, n. 5, p. 245-247. 1960.

SAHARAN, G. S.; MEHTA, N. **Sclerotinia Diseases of Crop Plants**: Biology, Ecology and Disease Management. Springer Science, 2008.

SARTORI, F. F.; JACCOUD FILHO, D. S.; MANOSSO NETO, M.; VRISMAN, C. M.; HENNEBERG, L.; GRABICOSKI, E. M. G.; CANTELE, M. A.; PIERRE, M. L. C.; BERGER NETO, A.; CANTELE, L. E.; HÜLLER, G. C.; TULLIO, A. E.; ROCHA, C. H.; DEMARCH, V. B. Análise, distribuição e quantificação do “mofo branco” (*Sclerotinia sclerotiorum*) em diferentes regiões produtoras do estado do Paraná: XLIV Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2011, RS. Bento Gonçalves. **Resumos...** Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2011, 1340p.

SCHWARTZ, H. F. **Epidemiology of white mold disease (*Sclerotinia sclerotiorum*) = (*Whetzelinia sclerotiorum*) of dry edible beans (*Phaseolus vulgaris*) with emphasis on resistance and host architectural disease avoidance mechanism**. 1977, 145 f. Tese (pós doutorado) - University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, 1977.

SCHWARTZ, H. F.; GÁVEZ, G. E. **Problemas de producción del fríjol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de Phaseolus vulgaris**. Cali: CIAT, 1980. 127-151 p.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. Factors affecting sclerotium populations of, and apothecium production by, *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 68, p. 383-388, 1978.

SEAB/DERAL. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, Departamento de Economia Rural. Soja – Análise Conjuntura Agropecuária. Curitiba. Outubro, 2012.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDYIAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja: I parte**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 96, 1996.

SENTELHAS, P. C. **Duração do período de molhamento foliar: aspectos operacionais da sua medida, variabilidade espacial em diferentes culturas e sua estimativa a partir do modelo de Penman-Monteith**. 2004. 182 f. Tese (Livre-Docência em Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SENTELHAS, P. C. **Ocorrência de helmintosporiose e de oídio na cultura do trigo sob diferentes condições microclimáticas**. 1992. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1992.

SENTELHAS, P. C.; MORAES, S. O.; PIEDADE, S. M. S.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; MARIN, F. R. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, p. 215-221, 1997.

SENTELHAS, P. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; UNGARO, M. R. G.; MORAES, S. A. DUDIENAS, C. Aspectos climáticos relacionados à ocorrência da mancha de Alternária em cultivares de girassol. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 464-469, 1996.

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

SHAW, R. H.; WEBER, C. R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, v. 59, n. 2, p. 155-159, 1967.

SILVA, F. P. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; GARCEZ, F. R. Germinação carpogênica de *Sclerotinia sclerotiorum* sob diferentes resíduos e extratos de plantas cultivadas. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 131-136, 2011.

SMOLINSKA, U.; HORBOWICZ, M. Fungicidal activity of volatiles from selected cruciferous plants against resting propagules of soil-borne fungal pathogens. **Journal Phytopathology**, v. 147, p. 119-124, 1999.

STEADMAN, J. R. White mold - A serious yield limiting disease of bean. **Plant Disease**, v. 67, p. 346-350, 1983.

SUN, P.; YANG, X. B. Light, temperature, and moisture effects on apothecium production of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 84, p. 1287-1293, 2000.

SUTTON, J. C. Predictive value of weather variables in the epidemiology and management of foliar disease. *Fitopatologia Brasileira*, v. 13, p. 305-312, 1988.

SUTTON, J. C.; GILLESPIE, T. J.; HILDEBRANS, P. D. Monitoring weather factors in relation to plant disease. **Plant Disease**, v. 68, p. 78-84, 1984.

THIMIJJAN, R. W.; HEINS, R. D. Photometric, radiometric and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. **HortScience**, v. 18, n. 6, p. 818-822, 1983.

THOMPSON, A. H.; WESTHUIZEN, C. A. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, on soybean in South Africa. **Phytophytactica**, v. 11, p. 145-148, 1979.

TORES, J. A.; MORENO, R. *Sclerotinia sclerotiorum*: epidemiological factors affecting infection of greenhouse aubergine crops. **Journal of Phytopathology**, v. 132, p. 65-74, 1991.

TREVETHICK, J.; COOKE, R. C. Water relations in sclerotia of some *Sclerotinia* and *Sclerotium* species. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 60, p.555-558, 1973.

TWENGSTRÖM, E.; KÖPMANS, E.; SIGVALD, R.; SVENSSON, C. Influence of different irrigation regimes on carpogênica germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Journal Phytopathology**, v. 146, p. 487-493, 1998.

USDA. United States Department of Agriculture. Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/Crops_County/index.asp#sb> Acessado em: 11 dez. 2012.

VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perffil, 2004. 89-124p.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. Influência da umidade e da temperatura nas epidemias de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, RS, v. 4, p. 149-207, 1996.

VANDERPLANK, J. E. **Plant Disease**: Epidemics and Control. New York: Academic Press, 1963. 349p.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 1-11, 2008.

VERHULST, P. F. Notice seu la loi que la population suit dans son accroissement. **Journal of Biological Physics**, v. 10, p. 112-121, 1838.

VIEIRA, L. R. D.; SEDIYAMA, J.; SILVA, R. E.; SEDIYAMA, C. S.; THIEBAUT, J. T. L.; XIMENES, P. A. Estudo da qualidade fisiológica de semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar UFV-1 em quinze épocas de colheita. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, Brasília, 1981. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, v. 1, p. 633-644, 1982.

VIEIRA, R. F.; PAULA JÚNIOR, T. J.; TEIXEIRA, H.; CARNEIRO, J. E. de S. White mold management in common bean by increasing within-row distance between plants. **Plant Disease**, v. 94, p. 361-367, 2010.

ZACHARIAS, S.; HEATWOLE, C. D.; COAKLEY, C. W. Robust quantitative techniques for validating pesticide transport models. **Transactions of the ASAE**, v. 39, n. 1, p. 47-54, 1996.

WEISS, A.; KERR, E. D.; STEADMAN, J. R. Temperature and moisture influences on development of white mold disease (*Sclerotinia sclerotiorum*) on Great Northern beans. **Plant Disease**, v. 64, p. 757-759, 1980.

WHETZEL, H. H. A synopsis of the genera and species of the *Sclerotiniaceae*, a family of stromatic inoperculate discomycetes. **Mycologia**, v. 37, p. 648-714, 1945.

WHIGHAM, D. K., MINOR, H. C. Agronomic characteristics and environmental stress. In: NORMAN, A. G. **Soybean: physiology, agronomy and utilization**. London: Academic Press, cap. 4, p. 78-119, 1978.

WILLETTS, H. J.; WONG, J. A. L. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*. *S. trifoliorum* and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. **The Botanical Review**, v. 46, p. 101-165, 1980.

WILLIAMS, L. F. Structure and genetic characteristics of the soybean. In: MARKLEY, N. S. **Soybeans and soybean products**. New York, Intercience Publ., v.1, p. 111-34. 1950.

WORKNEH, F.; YANG, X. B. Prevalence of *Sclerotinia* stem rot of soybean in north central United States in relation to tillage, climate, and latitudinal positions. **Phytopathology**, v. 90, p. 1375-1382, 2000.

YORINORI, J. T.; CHARCHAR, M. D. D.; NASSER, L. C. B.; HENNING, A. A. Doenças da soja e seu controle. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M.; **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, p. 334-397, 1993.