

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

EPIDEMIOLOGIA E CONTROLE DE FULIGEM E SUJEIRA DE MOSCA EM
MACIEIRAS (*Malus x domestica* Borkh.) NO SUL DO BRASIL

Piérri Spolti
Engenheiro Agrônomo/UDESC

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia/Ênfase em Fitopatologia

Porto Alegre (RS), Brasil
Abril de 2009

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus por me conduzir pelos caminhos certos.

Aos meus pais, pela confiança inabalável na minha capacidade, mesmo nos momentos mais difíceis desta trajetória. Obrigado por investirem em mim!

À minha irmã, pelos conselhos e palavras sábias.

À família Camargo Borges, a quem eu devo muito da possibilidade de realizar este mestrado, por ter me recebido em sua casa como um membro da própria família. Serei eternamente grato. E em especial à Fernanda, pelo seu amor, carinho, companheirismo e apoio incondicional para que eu seguisse as minhas convicções.

Aos meus amigos ‘de sempre’: Plínio, Flávio, Paulo, Lessa e Augusto pelas risadas e paciência em me escutarem falar sobre fitopatologia durante as visitas em Lages.

Aos colegas da ‘República da Lima’, Igor, Vagner e Cris pelo companheirismo e auxílio em Porto Alegre.

Ao meu amigo Denis Salvati Guerra, colega de república, companheiro de pousada Embrapa, parceiro de congressos fatídicos e professor de estatística, o meu sincero agradecimento e admiração.

À Dra. Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza, exemplo de profissionalismo e retidão. Sempre disposta a explicações e sugestões de leitura, com o objetivo de

aperfeiçoar a qualidade do trabalho, a minha formação como profissional e ser humano.

Ao meu orientador, amigo e psicólogo, prof. Emerson Medeiros Del Ponte, responsável pelo meu crescimento como estudante. Sempre disposto a elucidar os caminhos (muitas vezes enigmáticos) da epidemiologia de forma didática. Muito obrigado professor!

Ao Dr. Mark L. Gleason e à Dra. Jean Batzer da Iowa State University (ISU) pela colaboração e sugestões na execução dos trabalhos e pela acolhida, treinamento e apoio financeiro durante a visita ao laboratório daquela instituição.

Ao Dr. Turner B. Sutton da North Carolina State University pelas informações e conselhos na condução dos experimentos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), aos seus funcionários Nereu Vanin, Faustina, Valdair, João Paulo e Jurandir, por possibilitarem que este trabalho fosse executado.

Aos colegas do laboratório de fitopatologia em Vacaria: Bruno, Fernanda, Vinicius, Carla, Carolina que me auxiliaram durante a execução dos experimentos e aos do laboratório de epidemiologia da UFRGS pela amizade. Às minhas colegas de mestrado Cátia e Márcia que com as conversas e trocas de idéias me fizeram crescer.

Ao colega Leonardo Biffi por disponibilizar sua dissertação, que muito me auxiliou no entendimento dos princípios da geoestatística.

À UFRGS pela oportunidade de realizar o mestrado e CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao prof. Dr. Valmir Duarte pelas discussões sobre os conceitos básicos e fundamentais da fitopatologia durante a execução do curso.

À empresa Agropecuária Schio Ltda., em nome de seu diretor técnico Eng. Agr. Jaques Dias, sempre solícito na disponibilidade de área e suporte para a execução dos experimentos. Obrigado pela paciência.

EPIDEMIOLOGIA E CONTROLE DE FULIGEM E SUJEIRA DE MOSCA EM MACIEIRAS (*Malus x domestica* Borkh.) NO SUL DO BRASIL¹

Autor: Piérri Spolti

Orientador: Emerson Del Ponte

Co-orientadora: Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza

RESUMO

A cultura da macieira no Brasil ocupa uma área de 35 mil hectares, concentrada nos estados do Sul do país. Apesar do alto patamar técnico atingido, a cultura sofre o ataque e perdas por inúmeras doenças, dentre as quais, incluem-se a Fuligem e a Sujeira de Mosca (F&SM). Classificadas como doenças secundárias, reduzem o valor de comercialização dos frutos *in natura*, pela formação de manchas escuras na epiderme dos frutos como resultado da colonização epífita por fungos na superfície das maçãs. No Brasil, dados referentes à biologia de F&SM restringem-se a testes de eficiência de fungicidas ou provêm de estudos com outros patossistemas. O objetivo deste trabalho foi o de elucidar aspectos epidemiológicos destas doenças, fornecendo as bases para o manejo integrado. Foram realizados estudos de disponibilidade, dinâmica e controle de inóculo, de análise de distribuição espacial, de modelagem do progresso temporal e uma avaliação de um modelo de previsão de F&SM na região Nordeste do Rio Grande do Sul. As pesquisas foram realizadas nos ciclos 2006/07 e 2007/08 em Vacaria-RS. Foi verificado que o inóculo de F&SM esteve disponível durante todo o período de formação dos frutos, sugerindo que ciclos secundários são responsáveis pelo incremento da doença. A incidência de F&SM apresentou relação positiva com a intensidade das chuvas (mm/chuva e mm/h), e com o somatório de horas de molhamento foliar ($R^2 \geq 0,85$; $P < 0,05$), sendo que as primeiras infecções foram estabelecidas desde os 30 primeiros dias após a queda das pétalas. A utilização de oxiclureto de cobre (0,5%) e hidróxido de cobre (0,5%) no período dormente de macieiras 'Pink Lady[®]' reduziu os danos de F&SM no momento da colheita, com controle de 33% e 53%, respectivamente. O regime pluviométrico nos três meses que antecederam à colheita influenciou a incidência de F&SM sem, no entanto, afetar o padrão agregado destas doenças ($D > 1$). O modelo monomolecular apresentou o melhor ajuste ao progresso temporal, com $R^{*2} > 0,90$ independentemente do ciclo ou tratamento. Aplicações de tiofanato metílico + captana seguindo o critério do sistema de alerta, em combinação com o uso de poda verde, possibilitou, no ciclo 2007/08, uma redução de 66% no número de aplicações com fungicidas, sem afetar o controle quando comparado aos tratamentos preventivos.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Abril, 2009.

EPIDEMIOLOGY AND CONTROL OF SOOTH BLOTCH AND FLYSPECK ON APPLES (*Malus x domestica* Borkh.) IN SOUTHERN BRAZIL²

Author: Piérri Spolti

Advisor: Emerson Del Ponte

Co-Advisor: Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza

ABSTRACT

Apple production in Brazil is located at the southern states and comprises an area of around 35 thousand hectares. In spite of the advanced technology in use, crop physiological stresses and disease are responsible to severe economical losses, in which Sooty Blotch and Flyspeck (SBFS) are of secondary importance, among other diseases. Losses by SBFS are due to fruit blemishes that are caused by growth of the fungi on the apple cuticle. In Brazil, epidemiological knowledge on SBFS is very limited and restricted to fungicide testing studies. The aim of this work was to study key epidemiological aspects and management strategies for SBFS control at the conditions of northeastern production of Rio Grande do Sul State. Field experiments were conducted in 2006/07 and 2007/08 seasons at Vacaria, RS. A series of experiments were planned to study inoculum and infections dynamics driven by environmental conditions, disease reduction by winter treatments, disease spatial patterns and assessment of management strategies for disease control by evaluating usefulness of a warning system and effect of cultural practices and fungicide treatments. Disease incidence was observed in fruits exposed during all infection windows demonstrating inoculum availability during all fruits stages. Disease incidence showed a linear relationship with precipitation rates (mm/rain and mm/h) and leaf wetness duration ($R^2 \geq 0,85$; $P=0,05$) measured during each window. The use of cooper oxycloret (0,5%) or cooper hydroxid (0,5%) sprays during dormant stages allowed reduction of 33% and 53%, respectively, in the SBFS incidence at harvest. Spatial analysis using beta-nominal distribution and geostatistics showed disease aggregation among samplings units, being stronger aggregated when decreasing the number of plants in the sampling units. The monomolecular model best described SBFS incidence temporal progress ($R^{*2} > 0,90$) regardless of the fungicides treatments or season. Fungicide applications with a mix of thiophanate-methyl and captana following a disease warning system, in association with summer pruning allowed reduction of 66% in the number of sprays when compared to preventive treatment with the same control efficiency.

² Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. April, 2009.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Sintomatologia.....	5
2.2 Etiologia.....	7
2.2.1 Fuligem.....	7
2.2.2 Sujeira de mosca.....	8
2.3 Ciclo e epidemiologia.....	8
2.3.1 Fuligem.....	9
2.3.2 Sujeira de mosca.....	11
2.4 Controle.....	14
2.4.1 Práticas culturais.....	14
2.4.2 Controle genético.....	15
2.4.3 Controle químico.....	16
2.4.4 Métodos alternativos e de pós-colheita.....	20
2.5 Ferramentas de estudo epidemiológico.....	21
2.5.1 Análise do progresso temporal da doença.....	21
2.5.2 Análise de padrão espacial.....	23
2.6 Sistemas de alerta ou previsão de doenças.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Experimento 1 - Dinâmica do inóculo, estabelecimento de infecções e efeito de tratamentos erradicantes sobre fuligem e sujeira de mosca.....	29
3.2 Experimento 2 - Distribuição espacial de fuligem e sujeira de mosca em pomar de macieira ‘Fuji’.....	34
3.3 Experimento 3 - Estratégias de manejo de fuligem e sujeira de mosca.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 Experimento 1 - Dinâmica do inóculo, estabelecimento de infecções e efeito de tratamentos erradicantes sobre fuligem e sujeira de mosca.....	47
4.1.1 Resultados.....	47
4.1.1.1 Dinâmica do inóculo e infecções de F&SM.....	47
4.1.1.2 Período de incubação e progresso de F&SM em maçãs ‘Fuji’ sob epidemia natural.....	52

4.1.1.3	Tratamentos erradicantes.....	54
4.1.2	Discussão.....	56
4.2	Experimento 2 – Distribuição espacial de fuligem e sujeira de mosca em pomar de macieira ‘Fuji’	63
4.2.1	Resultados.....	63
4.2.1.1	Padrão de distribuição espacial e incidência de F&SM.....	63
4.2.1.2	Análise geoestatística.....	69
4.2.1.3	Análise de áreas isotópicas.....	72
4.2.1.4	Tamanho efetivo da amostra.....	74
4.2.2	Discussão.....	74
4.3	Experimento 3 - Estratégias de manejo de fuligem e sujeira de mosca.....	78
4.3.1	Resultados.....	78
4.3.1.1	Monitoramento do ambiente e das doenças.....	78
4.3.1.2	Modelagem do progresso temporal de F&SM.....	81
4.3.1.3	Distribuição e severidade dos sintomas nos frutos.....	87
4.3.2	Discussão.....	90
5.	CONCLUSÕES GERAIS.....	99
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
7.	APÊNDICE.....	116

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Análise de padrão de distribuição espacial da incidência de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em maçãs ‘Fuji’ em pomar comercial em função do ciclo e dos tamanhos dos <i>quadrats</i> . Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	67
2. Coeficientes e parâmetros de semivariogramas isotrópicos, em função do tamanho dos <i>quadrats</i> , relativos à incidência de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em pomar comercial da cv. ‘Fuji’. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	70
3. Relação dos tratamentos fungicidas e do número de aplicações realizadas para a comparação da eficiência de controle e utilidade sistema de alerta para F&SM. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	80
4. Parâmetros e coeficiente de determinação dos modelos Gompertz, exponencial, logístico e monomolecular ajustados por regressão linear aos dados de incidência de F&SM nos ciclos considerados em maçãs ‘Fuji’ de plantas com diferentes tratamentos fungicidas. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	84
5. Distribuição da incidência de F&SM em maçãs ‘Fuji’ em função das aplicações de fungicidas nas macieiras. Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.....	88
6. Severidade de F&SM em maçãs ‘Fuji’ dos tratamentos realizados nas macieiras durante dois ciclos consecutivos na região de Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	89

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
1. Sintomas de fuligem em maçãs ‘Fuji’ tendo no detalhe o formato de colônias na superfície dos frutos.....	5
2. Sintomas de sujeira de mosca em maçã ‘Gala’ tendo no detalhe o formato dos corpos de frutificação característicos e que dão nome à doença.....	6
3. Sintomas de fuligem e sujeira de mosca em maçã ‘Fuji’ mostrando o antagonismo no desenvolvimento das colônias das doenças.....	6
4. Sequência da metodologia de ensacamento de frutos para estudos da dinâmica do inóculo de fuligem e sujeira de mosca (F&SM). Seleção e raleio de frutos posicionados em brindilas (A e B); aspersão do fruto com álcool 70% (C); ensacamento (D); vista geral da fila em que foi implantado o experimento (E). Vacaria, RS. 2007/08.....	30
5. Detecção de infecções de F&SM em maçãs ‘Fuji’ (A) pela observação dos tipos de micélio desenvolvidos na epiderme dos frutos (B) após o período de incubação em câmara úmida (C). Vacaria, RS. 2007/08.....	32
6. Área selecionada para o estudo do padrão espacial de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em pomar de macieira ‘Fuji’, nos ciclos 2006/07 e 2007/08. Vacaria-RS. No canto superior esquerdo o local ocupado pelo quebra-vento eliminado durante o ciclo 2007/08. Fonte: Google Earth. Disponível em http://earth.google.com/intl/pt/ . Acesso em 21 mar. 2009.....	35
7. Desenho de amostragem da incidência de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em maçãs ‘Fuji’ com a representação do espaçamento entre linhas contínuas e entre linhas alternadas (A). Os tamanhos dos <i>quadrats</i> selecionados foram 1x1; 3x1 e 3x2, compostos, respectivamente por uma, três e seis plantas. De cada árvore amostrada, 20 frutos foram coletados, distribuídos nos quadrantes da planta (C). Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.....	37
8. Porções do fruto P (pedúnculo), E (equatorial) e C (cálice) (A) e sintomas de sujeira de mosca e fuligem na região peduncular do fruto (B).....	45

9. Janelas de infecção e condições ambientais durante os períodos de exposição dos frutos cv. ‘Fuji’. Barras horizontais correspondentes aos períodos de exposição e proteção dos frutos. Barras verticais ao total de chuva diário e molhamento foliar conforme notação no gráfico. Linhas tracejadas à temperatura e umidade relativa do ar (UR) máxima, média e mínima. Vacaria, RS. 2007/08.....	48
10. Incidência média de F&SM em diferentes janelas de ‘infecção’ definidas pela exposição de maçãs ‘Fuji’ em diferentes períodos de tempo. A incidência corresponde à média de cinco repetições de 100 frutos. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si (DMS; $P < 0.05$). Vacaria-RS, 2007/08.....	49
11. Regressão linear entre variáveis ambientais volume de chuva (A), dias com chuva (B), volume de chuva por evento de chuva (C), horas de chuva (D), intensidade de chuva (E) e horas de molhamento foliar (F) e a incidência de F&SM em maçãs ‘Fuji’ nos períodos de exposição dos frutos Vacaria, RS. 2007/08.....	51
12. Progresso temporal da incidência de F&SM (%) em maçãs cv. ‘Fuji’ coletadas em pomar comercial. Observações realizadas com auxílio de estereomicroscópio nos frutos imediatamente após a coleta e decorridos 30 dias em câmara úmida. Barras verticais no ponto correspondem ao desvio padrão das médias dentro de cada data de coleta. Vacaria, RS. 2007/08.....	52
13. Sintomas iniciais de F&SM em maçãs ‘Fuji’ caracterizados pela presença de regiões com tonalidade cinza claro, sem corpos de frutificação. Vacaria, RS. 2007/08.....	53
14. Incidência de Fuligem (%) em maçãs ‘Pink Lady®’ no momento da colheita (A e B) e após três meses de armazenamento em câmara frigorífica (C e D) em função dos tratamentos erradicantes durante o período de repouso vegetativo das plantas. CS = calda sulfocálcica; Oco = Oxicloreto de cobre; Ocu = Óxido cuproso; HC = Hidróxido de cobre e; Test. = testemunha. Médias nas colunas com letras distintas diferem entre si ($P < 0.05$) pela DMS com GLM. Caixas das figuras A e C representam a variabilidade da incidência de F&SM, onde as linhas transversais centrais correspondem à mediana dos dados e as superiores e inferiores das caixas aos quartis de 75% e 25%. Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.....	55
15. Diagrama de caixas da incidência de F&SM (%) em maçãs ‘Fuji’ em função do ciclo e do tamanho do <i>quadrat</i> . Linha transversal central da caixa correspondente à mediana, superior e inferior aos quartis de 75% e 25%, respectivamente. Pontos externos aos quartis de 90% e 10%, delimitados pelas linhas externas, correspondem aos <i>outliers</i> . Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.....	64

16. Distribuição da frequência de maçãs cv. ‘Fuji’ com sintomas de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em função do tamanho dos <i>quadrats</i> e do ciclo avaliado. <i>Quadrats</i> com 1 planta, n=20 (A; D), três plantas, n=60 (B; E) e, seis plantas, n=120 (C; F). Nos ciclos de 2006/07 (A, B e C) e 2007/08 (D, E e F). Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.....	65
17. Relação entre o tamanho do <i>quadrat</i> , variando de uma a seis plantas adjacentes, e os valores de D (índice de dispersão) e θ de um modelo beta-binomial ajustado para dados de incidência de F&SM (n=20, 90 e 120) por planta em frutos de um pomar de macieira cv. ‘Fuji’. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	68
18. Relação entre o tamanho do <i>quadrat</i> (m^2) e o índice de dispersão (D) indicando o tamanho médio do foco de F&SM. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	69
19. Semivariogramas de melhor ajuste à distribuição espacial de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em maçãs ‘Fuji’ nos ciclos 2006/07 (A, B e C) e 2007/08 (D, E e F) em função do tamanho dos <i>quadrats</i> ; 1x1 (A e D); 1x3 (B e E) e, 2x3 (C e F). Semivariogramas com ajuste aos modelos Esférico (A, C e E), Gaussiano (D) e Exponencial (B e F). Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.....	72
20. Áreas isotópicas da incidência de F&SM (%) em maçãs ‘Fuji’ em um pomar comercial. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	73
21. Condições ambientais e datas dos eventos: queda das pétalas (*), realização da poda verde (PV) e aparecimento dos primeiros sintomas de F&SM (seta). Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.....	79
22. Curvas de progresso da incidência de F&SM em maçãs ‘Fuji’ em função dos tratamentos avaliados a partir de 5 de março e 22 de fevereiro nos ciclos 2006/07 e 2007/08, respectivamente. Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.....	82
23. Variabilidade da incidência de F&SM em maçãs ‘Fuji’ submetidas a diversos tratamentos fungicidas nos ciclos de cultivo. Caixas correspondentes à incidência final de F&SM e linha transversal central à mediana dos dados (n=15). Linhas superiores e inferiores correspondem aos quartis de 75% e 25%, respectivamente. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	85
24. Análise do efeito das estratégias sobre o inóculo inicial (y_0), taxa de progresso (r) e incidência final (%) na epidemia de F&SM nos ciclos 2006/07 (A, B e C) e 2007/08 (D, E e F). Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados de incidência ao modelo monomolecular. Colunas seguidas por letras distintas correspondem à significância estatística das médias pela DMS ($P<0.05$). Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.....	86

1 INTRODUÇÃO

O cultivo comercial de macieira (*Malus x domestica* Borkh) no Brasil está concentrado no Sul do país, sendo os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul responsáveis, respectivamente, por 55% e 40% da produção nacional (IBGE, 2008).

A maior parte da produção brasileira de maçã concentra em duas cultivares: Gala e Fuji, com as suas mutações clonais. A cultivar Gala é a primeira a ser colhida, a partir do mês de fevereiro, contribuindo com 50% da produção total, enquanto que a 'Fuji', cuja colheita ocorre entre março e abril, participa com 40% da produção (Mello, 2006).

A cultura da macieira assume importante papel sócio-econômico nas regiões do Brasil onde se cultiva esta fruta, pela alta demanda de mão-de-obra e pela alta taxa de retorno obtida pelo produtor (Fett, 2000).

Dentre os pólos de produção de maçãs no Brasil podem-se destacar os municípios catarinenses de Fraiburgo e São Joaquim e o município gaúcho de Vacaria. Nesse último, está concentrada 46% da área plantada, 56% da produção e 67% da capacidade de armazenamento dos frutos no estado do Rio Grande do Sul, contando o município com 67 produtores de maçã (AGAPOMI, 2006).

Apesar do alto patamar técnico atingido pelo setor produtivo no Sul do Brasil, vários são os problemas que reduzem a lucratividade da atividade, dentre estes a

ocorrência de distúrbios fisiológicos e os danos causados por pragas e doenças (Valdebenito-Sanhueza & Amorim, 2003).

As doenças de maior importância da cultura da macieira no Brasil são a sarna da macieira (*Venturia inaequalis*), mancha da Gala (*Colletotrichum gloeosporioides*), podridão carpelar (complexo de fungos), podridão amarga (*Glomerella cingulata*), podridão ‘olho de boi’ (*Cryptosporiopsis perennans*) e a podridão branca (*Botryosphaeria dothidea*) (Protas & Valdebenito-Sanhueza, 2002).

Outras doenças, ditas de importância secundária, como a fuligem e sujeira de mosca (F&SM) podem se tornar emergentes e aumentar de importância na medida em que novas técnicas de cultivo ou manejo são adotadas. Citam-se o caso da Produção Integrada de Maçãs (PIM), produção orgânica ou o uso de cultivares resistentes à sarna da macieira, que fazem com que o uso de fungicidas utilizados para o controle de outras doenças seja reduzido, fatos relacionados com o aumento da prevalência e incidência de F&SM nos Estados Unidos da América (EUA) (Merwin *et al.*, 1994).

De acordo com Tarnowski *et al.* (2003), F&SM são causadas por um complexo de fungos epífitas que colonizam a cutícula de pomáceas. Os danos caracterizados pelos patógenos associados à sujeira de mosca e a fuligem são definidos como danos cosméticos (Yue *et al.*; 2005) uma vez que não afetam a capacidade de consumo e o armazenamento dos frutos, sendo responsáveis por danos associados à aparência das maçãs. Por esse motivo, podem causar perdas consideráveis aos produtores e comerciantes de frutos *in natura* por reduzirem a atratividade dos frutos (Rosenberger *et al.*, 1999; Sutton, 1999).

No Brasil, os estudos encontrados na literatura sobre F&SM limitam-se a testes de fungicidas (Boneti & Katsurayama, 1999; Boneti & Katsurayma, 2002) e dados obtidos pela execução de experimentos direcionados para outros patossistemas (Berton

& Melzer, 1989), não havendo até o momento, medidas específicas para o controle destas doenças nas condições brasileiras.

Em estudos desenvolvidos nos Estados Unidos, observou-se na ausência de medidas específicas de controle, 100% das maçãs produzidas na Região Sudeste são afetadas por F&SM, sendo que as condições climáticas, como pluviosidade e o manejo das práticas culturais do pomar são condições críticas para o estabelecimento destas doenças (Williamson & Sutton, 2000). No Brasil, estudos epidemiológicos específicos de F&SM não foram realizados até o momento, havendo no entanto relatos de estudos de outros patossistemas, anotando-se a incidência de F&SM, onde, na ausência de aplicações com fungicidas, praticamente a totalidade dos frutos pode ser afetada (Berton & Melzer, 1989; Boneti & Katsurayama, 2002).

Os programas convencionais de aplicação de fungicidas para o controle de F&SM nos Estados Unidos têm como critério o uso do calendário, com a aplicação de fungicidas protetores a cada 10 a 14 dias, iniciando a partir da queda das pétalas até o momento da colheita (Williamson & Sutton, 2000). No entanto, este critério de aplicação não leva em consideração os fatores de risco da doença, o que pode levar à utilização equivocada de fungicidas, aumentando os custos e riscos para os consumidores pelo acúmulo de fungicidas na epiderme das maçãs, principalmente no final do ciclo (Brown & Sutton, 1995; Belding *et al.*, 1998).

Conforme Duttweiler *et al.* (2008), sistemas de alerta com base em modelos de previsão para F&SM podem ajudar os produtores no manejo destas doenças, pela redução dos custos e do impacto ambiental. O modelo utilizado atualmente nos EUA para auxiliar a tomada de decisão no controle de F&SM foi desenvolvido empiricamente com observação de campo, por Brown & Sutton (1993; 1995) e refinado por Hartman (1995), e tem base no número de horas de molhamento foliar acumulado a

partir da queda das pétalas, como forma de prever o aparecimento dos primeiros sintomas de F&SM.

A cultura da maçã no Brasil tem na Produção Integrada a normatização oficial da produção (Protas & Valdebenito-Sanhueza, 2000). Este sistema de produção visa à redução dos custos ambientais, sociais e econômicos pelo uso racional das ferramentas disponíveis aos técnicos e produtores no manejo do cultivo, onde, no que diz respeito ao manejo das doenças, o conhecimento epidemiológico é a base das táticas a serem adotadas.

O objetivo geral deste trabalho foi estudar a epidemiologia e táticas de controle de F&SM nas condições da Região Nordeste do Rio Grande do Sul. Especificamente, foram desenvolvidos estudos direcionados ao conhecimento da disponibilidade de inóculo e período de suscetibilidade, distribuição espacial da doença, progresso temporal, utilidade de um modelo de previsão e definição de táticas de manejo visando ao controle da doença.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sintomatologia

As colônias de fuligem (*sooty blotch* em inglês) se manifestam em forma de manchas de coloração verde oliva escura, tornado-se escuras na medida em que o fruto amadurece (Arias, 2007). Variam desde colônias de tamanho pequenas, quase circulares, a grandes colônias, com bordas irregulares. Como resultado da dispersão secundária, as colônias aumentam em tamanho, tornam-se anamorfas e cobrem grandes porções da superfície dos frutos (Figura 1).



FIGURA 1. Sintomas de fuligem em maçãs ‘Fuji’ tendo no detalhe o formato de colônias na superfície dos frutos.

Os sintomas de sujeira de mosca (*flyspeck* em inglês) correspondem à formação de manchas escuras ou pontos de coloração negra sobre a superfície do fruto (Figura 2).



FIGURA 2. Sintomas de sujeira de mosca em maçã ‘Gala’ tendo no detalhe o formato dos corpos de frutificação característicos e que dão nome à doença.

As colônias de sujeira de mosca são de formato arredondado, tendo diâmetro médio de 1 a 3 cm. Em condições de alta umidade e temperatura elevada há a produção de conídios e conidióforos no interior das pontuações, que são na verdade os tiriotécios (Sutton, 1990). Os sintomas de fuligem e sujeira de mosca ocorrem geralmente no mesmo fruto, apresentando, no entanto, exclusão mútua no desenvolvimento das colônias no fruto (Figura 3).

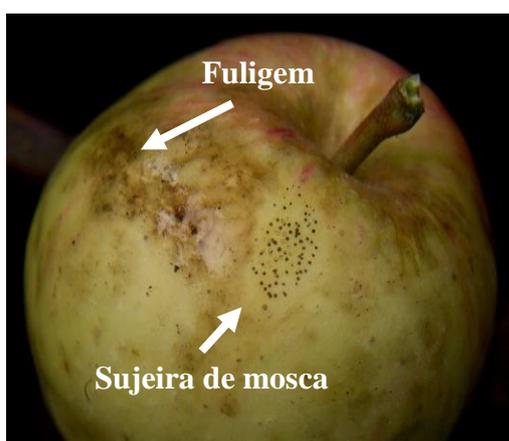


FIGURA 3. Sintomas de fuligem e sujeira de mosca em maçã ‘Fuji’ mostrando o antagonismo no desenvolvimento das colônias das duas doenças.

As condições que definem a prevalência distinta de fuligem e sujeira de mosca entre regiões de cultivo ou entre pomares, são pouco conhecidas, porém citam-se as

diferenças ambientais e de composição da flora vizinha ao pomar como responsáveis (Williamson & Sutton, 2000; Arias, 2007).

2.2 Etiologia

2.2.1 Fuligem

Williamson & Sutton (2000) relataram que a primeira citação da etiologia da doença foi feita por Schweinitz (1832) que descreveu e deu nome a um fungo associado aos sinais da doença: *Dothidea pomigena*. Posteriormente o nome *Dothidea pomigena* foi substituído por *Phyllachora pomigena* em 1883 por Saccardo (Williamson & Sutton, 2000). O nome *P. pomigena* foi substituído por *Leptothyrium pomi*, sendo ainda determinado como agente causal, tanto da sujeira de mosca, quanto da fuligem, em 1900 por Selbi (1900). Para Montagne (1834); Sprague (1856) e Duggar (1909), sujeira de mosca e fuligem eram, aparentemente, fases do mesmo fungo, *L. pomi*. Tal conceito foi mantido até 1920 quando Colby (1920) concluiu que sujeira de mosca e fuligem eram causados por fungos diferentes. Tal autor definiu ainda um novo gênero, *Gloeodes*, para acomodar o fungo causador de fuligem, o qual ele nomeou de *Gloeodes pomigena*.

Recentemente, Johnson *et al.* (1997) mostraram que a fuligem nos Estados Unidos é uma doença determinada por um complexo associado a pelo menos outros três fungos: *Peltaster fructicola* Johnson, Sutton & Hodges (Johnson *et al.*, 1996; Johnson *et al.*, 1997), *Leptodontium elatius* (Mangenot) de Hoog e *Geastrumia polystigmatis* Batista & M.L. Farr. Os mesmos autores não encontraram *G. pomigena* associado a sintomas de fuligem numa coleção de frutos provenientes da Carolina do Norte e de outros sete estados da região nordeste dos EUA, citando ainda o fato de que na medida em que a fuligem seja amplamente estudada em outras regiões do mundo, diferentes

fungos serão associados à doença. Tal afirmação é confirmada por Batzer *et al.* (2005) e Wrona (2007), onde conforme Batzer e colaboradores (2005) o complexo F&SM é causado por pelo menos 30 espécies de fungos, distribuídos em 11 gêneros.

2.2.2 Sujeira de mosca

Montagne (1834) descreveu um fungo em pêras como *Labrella pomi*, sendo que Colby (1920) examinou os espécimes descritos por Montagne e concluiu que o fungo descrito por tal autor estava associado com sintomas de sujeira de mosca.

Saccardo (1880), citado por Williamson & Sutton (2000), transferiu o nome *Labrella pomi* para *Leptothyrium pomi*. Entretanto Baines (1930) mostrou conclusivamente que os corpos de frutificação de sujeira de mosca eram tiritócios e identificou o fungo como *Microthyriella rubi* Petrak, sendo que tal nome foi mudado para *Schizothyrium pomi* (Von Arx, 1959), citados por Batzer *et al.* (2005). Durbin (1953) demonstrou que *Zygophiala jamaicensis* Manson é a forma anamórfica de *S. pomi*.

No Brasil, é citada a ocorrência das espécies *P. fructicola* e *G. polystigmatis* como agentes causais de fuligem e *Z. jamaicensis* como agente causal de sujeira de mosca em maçãs, no entanto, não foi encontrada nenhuma descrição das espécies na literatura nacional (Valdebenito-Sanhueza *et al.*, 2008).

2.3. Ciclo e epidemiologia

Vários aspectos do ciclo e da epidemiologia de F&SM são desconhecidos, embora as medidas de controle sejam baseadas no conhecimento disponível (Brown & Sutton, 1993). Informações inconsistentes na literatura associadas às dificuldades no completo entendimento da taxonomia e ecologia do complexo fúngico de F&SM

contribuem para a complexidade das epidemias e dificuldade de se ter um modelo estabelecido (Hickey, 1960; Johnson *et al.*, 1997; Williamson & Sutton, 2000; Batzer *et al.*, 2005).

Enquanto que informações acerca do progresso temporal dessas doenças são limitadas (Trapman, 2006), não há, até onde se conhece na literatura, estudos de caracterização do padrão espacial de F&SM. No Brasil, Melzer & Berton (1988), avaliando um sistema de previsão de sarna da macieira (*Venturia inaequalis*) observaram a incidência de F&SM em 90% dos frutos provenientes da testemunha, sendo maior a intensidade dessas doenças em verões chuvosos. Assim, segundo Valdebenito-Sanhueza (comunicação pessoal), F&SM são doenças típicas de ciclos de cultivo em que o período final de maturação dos frutos é marcado por chuvas, em áreas mal podadas e sem a ausência de raleio. Não há, no entanto até o momento, levantamentos sistemáticos ou dados quantitativos específicos sobre essas doenças no Brasil.

2.3.1 Fuligem

Os detalhes do ciclo de vida de *P. fructicola*, *L. elatius* e *G. polystigmatis* são desconhecidos, entretanto, estes fungos aparentemente sobrevivem em hospedeiros “secundários” além de ramos e frutos de macieira (Williamson *et al.*, 2000; Baines *et al.*, 1932; Johnson *et al.*, 1997). Assim, Johnson *et al.* (1997) em estudos no sudeste dos EUA encontraram picnídios de *P. fructicola* em maçãs (que foram mantidos no pomar durante o inverno) e em ramos de amora-preta de março a maio. De acordo com Brown & Sutton (1993) e Latham *et al.* (1973) as infecções primárias em frutos por parte dos fungos que causam a fuligem ocorrem no estado americano da Carolina do Norte, a

partir da queda das pétalas (final de abril a início de maio), mas os sintomas podem se desenvolver em qualquer momento do início de junho à metade de julho.

Fatores ambientais como temperatura, pluviosidade e umidade relativa do ar afetam o desenvolvimento da fuligem. Segundo Johnson *et al.* (1997) o surgimento dos sintomas da doença na Carolina do Norte depende da frequência e da pluviosidade total acumulada no mês de junho. Além disto, Sharp *et al.* (1985) encontraram correlação positiva entre horas de umidade relativa do ar superior ou igual a 95% e incidência de fuligem em pomares da Virgínia, sendo necessários de 50 a 100 h de alta umidade acumuladas antes do surgimento dos primeiros sintomas.

Späth & Mayr (2008) observaram na Alemanha que a chuva influencia a incidência final de fuligem, sendo mais alta em anos chuvosos. Conforme os autores tal situação é devida à influência dos ciclos secundários no progresso da epidemia.

Quanto ao período de incubação, Grabowsky *et al.* (2004) identificaram períodos de incubação diferentes para infecções de fuligem, em função do local do experimento, ano e cultivar avaliada. Os mesmos autores afirmam que um menor período de incubação é esperado para locais e anos com maiores médias de pluviosidade, e de umidade relativa do ar, entretanto, não citam o total de horas de molhamento foliar (Brown *et al.*, 1995), ou de umidade relativa igual ou superior a 95% (Sharp *et al.*, 1985) antes do aparecimento dos primeiros sintomas de fuligem a campo. Além disto, não mencionam a possibilidade de uma variabilidade genética do(s) patógeno(s) como sendo uma causa desta diferença observada, apesar de existirem na literatura indícios claros de que, existem valores críticos de temperatura e umidade diferenciais, para o desenvolvimento e sobrevivência de organismos causadores de fuligem entre isolados obtidos em diferentes locais (Williamson & Sutton, 2000; Duttweiler *et al.*, 2008). Nesse sentido, Williamson & Sutton (2000) citam diferenças na

temperatura e umidade críticas para o desenvolvimento, sobrevivência, viabilidade e esporulação de *P. fructicola* e de *L. elatius*.

Uma vez iniciada a infecção em condições naturais são necessários de 20 a 25 dias para os sintomas se desenvolverem, entretanto, sob condições “ótimas” os sintomas podem aparecer em 8 a 12 dias (Hickey, 1960; Sutton, 1990). De acordo com Hickey (1960) frutos inoculados e mantidos na árvore apresentam um período de incubação maior que aquele apresentado por frutos destacados. Grabowsky *et al.* (2004) citam períodos de incubação superiores a 40 dias em pomares comerciais na Polônia. O período de incubação, para Brown & Sutton (1993), não depende apenas das condições ambientais (chuva e umidade relativa), mas principalmente do momento da infecção. Assim, Grabowsky *et al.* (2004) encontraram um menor período de incubação para infecções que ocorriam no final do ciclo.

Os primeiros sintomas de fuligem no estado americano de Alabama têm sido observados na metade de junho (Latham, 1973), enquanto que na Carolina do Norte, tais sintomas são observados do início de junho à metade de julho (Brown & Sutton, 1993; Brown & Sutton, 1995). Já Grabowsky *et al.* (2004), relatam que, na Polônia, os primeiros sintomas são observados entre o final de junho e metade de julho. No Brasil, historicamente, os primeiros sintomas de F&SM são observados no mês que antecede a colheita, ou seja, em março para a cv. ‘Fuji’ (R.M. Valdebenito-Sanhueza, comunicação pessoal).

2.3.2 Sujeira de mosca

O fungo *S. pomi* sobrevive durante o inverno como tiriótécio infectando hospedeiros “secundários” e em frutos de macieira (Durbin & Snyder, 1953). Segundo Lerner (1999) o desenvolvimento do tiriótécio ocorre em duas fases; num primeiro

momento em que o estroma do tiriótécio matura e num segundo momento em que o asco atinge a maturidade, no entanto não existe um período delimitado para a maturação de ascósporos, sendo que pode variar entre estações e entre anos (Baines, 1940; Brown & Sutton, 1995; Lerner, 1999).

Assim, conforme Cooley *et al.* (2004) a produção de ascósporos a partir dos tiriótécios é eventual além de se encontrar limitada entre o estágio fenológico de botão rosado e de frutificação efetiva da macieira; este dado está de acordo com Lerner (1999), que encontrou uma relação linear entre o número total de ascósporos maduros e a temperatura acumulada. A germinação dos ascósporos se dá entre 16 a 28 °C, requerendo umidade relativa do ar superior a 96,2% (Williamson & Sutton, 2000). Para Barker *et al.* (1977) os ascósporos seriam responsáveis pela infecção primária em macieira, sendo a veracidade da informação reforçada por Cooley *et al.* (2004), que encontraram um período de 60 a 90 dias entre a data da última liberação de ascósporos e o surgimento dos primeiros sintomas em frutos de macieira. Os autores afirmaram que “é improvável que os ascósporos façam mais alguma coisa além de iniciarem a epidemia, pelo estabelecimento da doença nos hospedeiros secundários” reforçando a importância desta característica para o manejo da doença, fazendo um paralelo com o manejo adotado para a sarna da macieira (*Venturia inaequalis*).

Além disto, para Cooley *et al.* (2007) os ascósporos produzidos em hospedeiros “reservatórios” adjacentes aos pomares, não teriam ainda a capacidade de infectar diretamente os frutos, em função da aplicação de fungicidas para o controle de sarna no período de liberação dos ascósporos.

Sutton (1990), utilizando coletores de esporos e acompanhando o momento do surgimento dos primeiros sintomas de sujeira de mosca, determinou que os conídios de *Z. jamaicensis* constituem uma porção significativa do inóculo para a ocorrência de

sujeira de mosca em maçãs. Esses são produzidos nas plantas e frutos infectados e causam as infecções secundárias durante o ciclo de cultivo. Ainda os autores observaram que a concentração de esporos, medida de hora em hora, foi positivamente correlacionada com a temperatura do ar e a velocidade do vento e negativamente correlacionada com a umidade relativa do ar e molhamento foliar.

De acordo com Ocamb-Basu *et al.* (1988) a produção de conídios de *Z. jamaicensis* ocorre entre 12 e 24 °C, tendo como faixa ótima entre 16 e 20 °C, sendo que para a germinação e desenvolvimento do tubo germinativo há a necessidade de temperaturas de 20 a 28 °C a uma umidade relativa do ar $\geq 99,7\%$ (Williamson & Sutton, 2000).

Assim como acontece com a fuligem, existem diferenças entre os locais e as datas das primeiras infecções nos frutos (Brown & Sutton, 1993; Hickey *et al.*, 1958; Latham *et al.*, 1973). De acordo com Brown & Sutton (1993) os primeiros sintomas de sujeira de mosca na Carolina do Norte, podem ser previstos baseados no acúmulo de horas de molhamento foliar com período igual ou superior a 4 h, contando-se a partir da primeira chuva após 10 dias da queda das pétalas.

O desenvolvimento do micélio de *Z. jamaicensis* ocorre numa faixa ampla de temperatura de 5 – 27 °C Baines (1940), 6 – 28 °C (Nasu *et al.*, 1985); 16 – 24 °C (Ocamb-basu *et al.*, 1988). Esta variação na temperatura citada pelos autores, assim como para fuligem, pode ser decorrente de temperaturas cardinais diferenciadas em função das espécies ou até mesmo dos isolados utilizados nos experimentos. No Brasil, até onde se conhece, não há relatos do efeito das condições ambientais no ciclo do patógeno e da doença.

2.4. Controle

2.4.1 Práticas culturais

O controle de F&SM é feito principalmente com base na combinação de práticas culturais e controle químico (Williamson & Sutton, 2000). As práticas culturais estão associadas com a seleção e a criação de condições desfavoráveis para o desenvolvimento das doenças (Williamson & Sutton, 2000). Destaca-se, portanto, a poda como forma de abrir o dossel da planta para favorecer a secagem das folhas (Colby, 1920). Além da redução do período de molhamento foliar, Hickey (1977) cita que a poda também reduz a fonte de inóculo e permite uma melhor penetração do fungicida no dossel da planta auxiliando no manejo de F&SM.

Ocamb-Basu *et al.* (1988) demonstraram que a poda de inverno, num pomar sem aplicações de fungicidas, reduziu significativamente a incidência e a severidade de fuligem em 2 de 3 anos de estudo, mas não teve efeito consistente na incidência e severidade de sujeira de mosca. Os autores sugerem que a poda seca é efetiva no controle da incidência e severidade de fuligem em anos com pluviosidade acumulada “normal” ou abaixo do “normal”, além de possibilitar uma maior deposição de inóculo.

A poda de verão reduz o número de horas de umidade relativa superior a 95%, aumenta o potencial evaporativo e favorece a penetração dos fungicidas no dois terços superiores das árvores, porém não apresenta efeito na temperatura ou período de molhamento foliar; entretanto, tal prática reduz significativamente a severidade das doenças (Williamson & Sutton, 2000; Cooley *et al.*, 1997). Cooley *et al.* (1997), utilizando a poda de verão, em contraste com a poda de inverno, observaram redução na a incidência de sujeira de mosca em aproximadamente 50% em dois de três anos de experimentação. Rosenberger *et al.* (1996) estudando o efeito de práticas de manejo sobre fuligem e sujeira de mosca em um pomar de uma cultivar resistente à sarna

(Liberty), determinaram que a densidade de plantas por hectare (espaçamento entre plantas) e manejo da vegetação de cobertura do solo, não tiveram qualquer efeito na incidência de F&SM nos frutos do terço superior das árvores. Entretanto, a incidência das doenças nos frutos localizados na parte inferior do dossel das árvores foi levemente reduzida pelo manejo da vegetação de cobertura do solo.

2.4.2 Controle genético

São poucos os relatos de resistência genética da macieira a F&SM, não existindo, até o momento, algum relato de uma cultivar resistente (Batzer *et al.*, 2000). Entretanto, segundo Belding *et al.* (1995) existe variação na severidade de fuligem entre as cultivares, sendo que em áreas onde ocorre “*russeting*” (área impermeável) não ocorre crescimento do micélio. No mesmo trabalho, *P. fructicola* e *L. elatius* foram incapazes de se desenvolver em componentes da cera epicuticular, sendo que o desenvolvimento só ocorreu quando os mesmos foram adicionados a suco de maçã. Tais elementos contribuem para crer que tais fungos obtêm seus nutrientes basicamente de exudados do fruto, logo, as diferenças na severidade entre cultivares estariam relacionadas à permeabilidade da cutícula a estes exudados (Williamson & Sutton, 2000).

Grabowski *et al.* (2004) avaliando a incidência de fuligem em três cultivares de macieira, verificaram uma maior suscetibilidade em ‘Golden Delicious’, sem influenciar no entanto no sucesso do controle químico, uma que usando os mesmos programas de aplicações com fungicidas, não foi observada a incidência de fuligem na cv. “Jonagold”, enquanto que na cv. “Golden Delicious” a incidência nos frutos variou de 12 a 20%. A resistência genética não foi suficiente para o controle da doença, pois a testemunha da cv. ‘Jonagold’ teve uma incidência de 17 a 20%.

Em estudo conduzido na Alemanha, Späth & Mayr (2008), analisando cultivares resistentes à sarna da macieira quanto à suscetibilidade a F&SM observaram aumento linear na predisposição a tais doenças na medida em que o ciclo da cultivar era estendido. Os autores afirmam que esta condição deve-se à exposição dos frutos neste caso, a um número maior de ciclos secundários e não às diferenças no genótipo.

2.4.3 Controle químico

O período que vai de 1970 a metade dos anos 90 foi caracterizado por dois momentos em que F&SM tornaram-se problemas importantes em muitos pomares dos EUA. No primeiro momento, devido à redução no volume de calda aplicado/ha e, no segundo em função da medida tomada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos que impedia a aplicação de benzimidazóis a partir de 77 dias antes da colheita e determinava 3,36 kg p.a/ha como concentração máxima para aplicações a serem feitas após a queda das pétalas, contra 8,96 kg p.a/ha anteriormente permitido (Williamson & Sutton, 2000).

Em regiões com alta pluviosidade e alta umidade relativa do ar, como por exemplo, a região sudeste dos EUA, mesmo aplicações semanais de fungicidas não são suficientes para o controle de F&SM, resultando em 5 a 10% de perdas (Main *et al.*, 1988). Na ausência de aplicações de fungicidas protetores, praticamente 100% dos frutos produzidos naquela região seriam afetados por estas doenças (Sutton & Sutton, 1994).

Apesar de citada na literatura a sobrevivência dos agentes causais destas doenças em ramos da macieira (Durbin, 1953; Williamson & Sutton, 2000), poucos são os estudos de manejo de F&SM pela redução do inóculo inicial com a utilização de tratamentos erradicantes durante o período de dormência das plantas (Trapman *et al.*,

2004a). A adoção de tal estratégia pode ser uma alternativa economicamente viável para a redução de inóculo inicial, resultando em menores danos ocasionados por doenças de verão na cultura da macieira, como é o caso da podridão ‘olho de boi’ (Valdebenito-Sanhueza *et al.*, dados não publicados), podendo ser também uma das opções para o manejo de F&SM (Trapman *et al.* 2004a). Em estudos realizados na Holanda, Trapman *et al.* (2004a) observaram o efeito de oxicloreto de cobre e calda sulfocálcica na redução da incidência de F&SM no momento da colheita em maçãs cv. Topaz. Conforme os autores, estes resultados podem diferir entre os locais em função da etiologia complexa de F&SM.

Em locais com verão úmido, F&SM requerem aplicações com fungicidas protetores em intervalos de 10 a 14 dias. Por esse motivo, são feitas de 8 a 10 aplicações de fungicidas por ano para o controle destas doenças no sudeste do EUA (Brown & Sutton, 1993).

Buscando avaliar a possibilidade de utilizar tratamentos erradicantes para o controle de F&SM, Brown & Sutton (1993) compararam aplicações com critério protetor e erradicante (pós-sintoma) e determinaram que aplicações erradicantes de mancozeb ou captan em mistura com benomil foi menos eficiente que o programa protetor. No entanto, em outras áreas onde as condições de umidade e temperatura são menos favoráveis para F&SM, pode-se utilizar programas erradicantes com maior chance de sucesso.

Brown & Sutton (1995) desenvolveram um modelo empírico para prever o momento do aparecimento dos primeiros sintomas de fuligem e de sujeira de mosca, servindo de guia para o início das aplicações de fungicidas para estas doenças. Naquele estudo, após observações em 10 anos de monitoramento das epidemias em ‘Golden Delicious’ em pomares da Carolina do Norte, determinou-se as horas de molhamento

foliar com 4 h de duração ou mais, acumulados a partir da primeira chuva após 10 dias da queda das pétalas como melhor parâmetro para prever o momento de surgimento dos primeiros sintomas (em função do menor coeficiente de variação). Os sintomas apareceram após, em média, 273 horas de molhamento foliar (variando de 209 h a 310 h). Os autores sugerem como limiar para o início das aplicações 200-250 horas de molhamento foliar para o início do controle de F&SM.

O modelo vem sendo modificado por outros grupos de pesquisa, citando como principais pontos de aperfeiçoamento o limiar de molhamento foliar adotado e a variável associada a água livre considerada (Smigell *et al.*, 1996 e 1997; Ellis *et al.*, 1998; Hartman *et al.*, 1995; Hartman *et al.*, 1996; Duttweiler *et al.*, 2008).

Hartman *et al.* (1996) e Smigell *et al.* (1997) têm sugerido 175 h de molhamento foliar como limiar para o uso de benzimidazóis no programa de aplicações de fungicidas, que resulta em redução de quatro aplicações com benzimidazóis por ano no estado americano de Kentucky. Entretanto, de acordo com Tarnowski *et al.* (2004) apesar de promissores, os resultados são inconsistentes. Para Ellis *et al.* (1998) o limiar de número de horas de molhamento foliar pode variar entre os locais de acordo com o inóculo inicial e a presença de condições condutivas às doenças.

Gleason *et al.* (1999), usando o mesmo modelo, conseguiram reduzir duas aplicações com benzimidazol utilizando sensor de umidade posicionado *in situ* e uma aplicação utilizando sensor remoto, quando comparados ao programa de aplicações de caráter protetor. Batzer *et al.* (2008) cita ainda que o simples posicionamento do sensor de molhamento pode definir a qualidade da informação gerada pelo sistema, sugerindo modificações quanto ao parâmetro de umidade a ser utilizado devido à variabilidade espacial do molhamento foliar na copa das macieiras.

Ainda com relação ao modelo, Badaboost *et al.* (2004), utilizando este modelo e avaliando a incidência de F&SM em parcelas experimentais de produção integrada de maçã, visando a comparação com aplicações pelo calendário, não encontraram diferença significativa em 11 de 12 parcelas experimentais nos anos de 2001 e 2002. Ainda, quando se utilizou sensores de umidade posicionados nos locais das parcelas demonstrativas de 14 cooperativas nos anos de 2001 e 2002, o sistema de alerta para F&SM, reduziu de uma a seis e, de duas a sete aplicações por ciclo, respectivamente.

Visando selecionar alternativas ao uso dos fungicidas tiofanato metílico e benomil, Badaboost *et al.* (2004) testaram a aplicação de trifloxistrobin ou kresoxim-methyl (em mistura com captan), alternados ou não com tiofanato metílico ou benomil (ambos em mistura com captan). Assim, apenas no estado de Illinois, a intensidade (incidência e severidade) de fuligem foi maior quando se aplicou apenas os fungicidas de menor risco (trifloxistrobin e kresoxim-methyl) sem a alternância com tiofanato metílico e benomil, sendo que nos pomares localizados nos estados de Wisconsin e Iowa, não houve diferença no controle destas doenças.

Apesar dos resultados que mostram a capacidade de redução no número de aplicações com benzimidazóis, Tarnowski *et al.* (2003), avaliando a sensibilidade a tiofanato metílico de 25 grupos geneticamente associados, de fungos relacionados à F&SM (Batzer *et al.*, 2005) determinaram diferenças significativas na DL_{50} entre tais grupos, indicando que a sensibilidade aos fungicidas pode variar em função dos isolados predominantes numa área de cultivo, influenciando provavelmente o manejo químico destas doenças.

2.4.4 Métodos alternativos e de pós-colheita

Nos pomares que se cultivam macieiras resistentes à sarna da macieira, as doenças F&SM têm se mostrado problemáticas para os produtores. Assim, alguns produtos vêm sendo utilizados como alternativas ao uso dos fungicidas convencionais, visando a viabilidade de cultivos orgânicos de macieiras. Dentre os compostos se destaca o uso de metionina-riboflavina e polímero de bicarbonato de potássio (Andrews *et al.*, 2001; Badaboost *et al.*, 2004), sendo que o uso deste último composto tem apresentado efeitos contraditórios entre os experimentos. Andrews *et al.* (2001) em experimento com cultivares resistentes à sarna com aplicações de 7 a 15 dias, conseguiram bom controle de F&SM no estado de Wisconsin; no entanto, Badaboost *et al.* (2004) seguindo o modelo proposto por Brown *et al.* (1995), com limiar de 175 h de molhamento foliar ou com aplicações semanais não observaram eficiência no controle das doenças.

Boneti & Katsurayma (2002) no Brasil e Sutton *et al.* (2005) nos EUA citam o uso de fosfitos para o controle de F&SM, demonstrando controle igual ou superior a outros fungicidas como os benzimidazóis.

Em função do hábito de crescimento dos fungos causadores de F&SM, ou seja, em não penetrarem a epiderme do fruto, a simples lavagem dos frutos pode ser um método passível de ser utilizado na pós-colheita, assim, vem sendo utilizado em nível experimental, hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio adicionado a ácido peroxiacético e sabão, sendo que o efeito do tratamento está associado à cultivar de maçã, à severidade e local de ocorrência da doenças no frutos, sendo no entanto uma ferramenta útil no aumento do valor do fruto para comercialização *in natura* desde que otimizado para o uso comercial, pelo longo período de imersão dos frutos em solução

aquosa (7 min) para a obtenção de resultados satisfatórios (Hendrix, 1991; Batzer *et al.* 2002).

2.5 Ferramentas de estudo epidemiológico

Segundo Madden *et al.* (2007) epidemia é qualquer mudança na intensidade da doença em um população de plantas no tempo e no espaço. O conhecimento epidemiológico é de importância fundamental na elaboração de táticas de manejo da doença (Jeger, 2004). Segundo Shtienberg (2007), os conhecimentos gerados por estudos epidemiológicos dão suporte à tomada de decisão, sendo item indispensável no manejo racional de doenças das plantas.

Para o entendimento dos processos envolvidos no desenvolvimento das epidemias, se torna crucial o estudo do progresso temporal, caracterizado pela mudança da intensidade da doença ao longo do tempo e, da análise espacial, a qual define o padrão de distribuição da doença no espaço, de onde se podem fazer as inferências desejadas.

2.5.1 Análise do progresso temporal da doença

De acordo com Vanderplank (1963) a análise temporal pode ser entendida como a evolução da interação entre os componentes do patossistema, estabelecida por dados acumulados da intensidade da doença (incidência ou severidade) e representada pela curva de progresso da doença.

A curva de progresso da doença representa a proporção da doença no tempo, podendo caracterizar assim, em função dos parâmetros definidos pelo modelo ajustado, a época do início da epidemia, a quantidade de inóculo inicial (y_0), a taxa de incremento da doença (r), a forma da curva de progresso da doença, a área abaixo da curva de

progresso da doença (AACPD), a quantidade máxima ($y_{\text{máx}}$) e final da doença (y), além da duração da epidemia (Bergamin Filho, 1995).

Alguns dos modelos matemáticos mais utilizados para o ajuste de dados referentes ao progresso da doença são: modelo exponencial, modelo de Gompertz, modelo logístico e modelo monomolecular (Bergamin Filho & Amorim, 1996).

O modelo exponencial é caracterizado pela proporcionalidade entre a velocidade de aumento da doença com a própria quantidade de doença. Este modelo, pela sua simplicidade, é muitas vezes utilizado nas fases iniciais da epidemia, para quantidades de doença inferiores a 5% (Vanderplank, 1963).

O modelo de Gompertz descreve uma curva sigmóide, com o ponto de inflexão em $y = 0,37$. A curva originária da plotagem do tempo e a quantidade da doença representa um crescimento acentuado no início da epidemia (Campbell & Madden, 1990).

O modelo logístico se confunde com o modelo exponencial, principalmente nas fases iniciais da epidemia, onde o progresso da doença é proporcional à própria quantidade da doença, diferenciando-se do modelo exponencial na medida em que a epidemia avança no tempo, quando passa a ser dependente também da quantidade de tecido sadio; assim, no início da epidemia o progresso da doença é limitada pela quantidade da doença (y_0) (Madden *et al.*, 2007).

Assim como o modelo de Gompertz, a equação diferencial do modelo logístico quando integrada gera uma curva sigmóide, tendo, no entanto uma inflexão em torno de $y = 0,5$. Desta forma, ocorrem incrementos crescentes até 50%, seguidos de incrementos reduzidos até estes tenderem a zero, ou seja, quando há 100% de doença (Bergamin Filho, 1995).

O modelo monomolecular diferencia-se dos demais modelos citados anteriormente (exponencial, Gompertz e logístico) por não apresentar proporcionalidade entre a velocidade de aumento da doença (dy/dt) com a quantidade de doença (y) e sim entre dy/dt com a quantidade de inóculo inicial (y_0).

A escolha do modelo é baseada na análise de regressão do ajuste dos modelos aos dados observados, sendo o coeficiente de determinação (R^{*2}) e a análise dos resíduos as variáveis utilizadas para comparar o ajuste entre os modelos (Cornell & Berger, 1987; Neter *et al.*, 1996; Madden *et al.*; 2007).

2.5.2 Análise do padrão espacial

O estudo do padrão de distribuição espacial de epidemias é normalmente feito para auxiliar em inferências sobre etiologia de doenças (Jesus Júnior & Bassanezi, 2004); mecanismos de dispersão dos patógenos sob influência de fatores relacionados à cultura e às condições ambientais (Kocks *et al.*, 1999; Laranjeira *et al.*, 2004), levantar hipóteses sobre os mecanismos de sobrevivência e de disseminação do patógeno (Vidal *et al.*, 2004); auxiliar na elaboração de planos amostrais (Czermainski & Valdebenito-Sanhueza, 2001), e no desenvolvimento de técnicas para o manejo da doença (Spósito, 2003); e sugerir hipóteses biológicas plausíveis, associadas à presença e distribuição de inóculo ou de microclima favorável à doença (Madden *et al.*, 2007).

A análise espacial vem sendo feita para os mais variados patógenos como: fitoplasmas (Madden *et al.*, 1995), vírus (Pethybridge & Turechek, 2003), bactérias (Roumagnac *et al.*, 2004), fungos (Savary *et al.*, 2001) e nematóides (Gavassoni *et al.*, 2001). Basicamente, são três os padrões de distribuição possíveis: i) aleatório, ii) agregado e iii) regular, esse último restrito a condições controladas de infecção (Campbell & Madden, 1990). A distribuição agregada de uma doença indica que há

uma correlação ente indivíduos sintomáticos na área, ou seja, há uma alta probabilidade de que indivíduos sintomáticos estejam próximos uns dos outros (Madden, 1989). Do contrário, o padrão aleatório indica que não há correlação entre indivíduos dentro de uma área, ou seja, a chance de uma unidade se tornar doente independe do *status* das plantas vizinhas (Madden, 1989).

Diversos são os métodos de análise de padrões espaciais encontrados na literatura, os quais são escolhidos em função da amostragem e objetivos da análise. Citam-se como bastante comuns a análise ordinária de plantas sintomáticas (*runs*) e a análise por *quadrats* dispostos em malhas numa área amostral (Campbell & Madden, 1990), sendo mais usado o índice de dispersão (D) (Upton & Fingleton, 1985). Tal índice baseia-se na relação entre a variância e a média do conjunto de dados da área experimental amostrada. Assim, a rigor, o índice de dispersão é a relação entre a variância observada e a variância teórica do processo estudado, onde a distribuição binomial é um indicativo de padrão aleatório e a distribuição beta-binomial indica padrão agregado (Bergamin Filho *et al.*, 2002; Madden *et al.*, 2007).

Apesar de serem muito utilizadas, tais metodologias não levam em consideração a posição relativa de cada medida (Nicot *et al.*, 1984). Sendo assim, outras técnicas de estatística espacial como a geoestatística, amplamente utilizada em estudos de ecologia, mineração e ciência do solo (Gottwald *et al.*, 1996), vêm ganhando atenção mais recentemente na epidemiologia botânica (Chellemi *et al.*, 1988; Charest *et al.*, 2002; Alves *et al.*, 2006). Em contraponto aos índices estatísticos, a geoestatística estuda a dependência espacial entre unidades amostradas em função da distância e o posicionamento relativo (Nicot *et al.*, 1984), sendo considerada de terceiro nível hierárquico ou entre subáreas (Laranjeira *et al.*, 2004).

2.6 Sistemas de alerta ou previsão de doenças

São ferramentas cuja informação gerada deve ser usada como suporte à tomada de decisão no controle de doenças pelos agricultores (Campbell & Madden, 1990; Gleason *et al.*, 2008). Um sistema de previsão utiliza informações do clima, cultura e/ou patógeno, indicando a necessidade de ação, normalmente, referente à aplicação de fungicida ou bactericida, para se evitar danos na cultura (Gleason *et al.*, 2008). Neste sentido, os sistemas de previsão são elementos chave nos programas de manejo integrado, uma vez que permitem racionalizar as aplicações e, na maioria das vezes, reduzir o uso excessivo de defensivos (Gleason *et al.*, 2008).

São muitas as vantagens potenciais para o produtor na utilização de um sistema de alerta, sendo que, pela substituição da utilização do critério protetor ou calendário, pela adoção de medidas baseadas no risco, os produtores podem reduzir a frequência de aplicações, o que pode ser traduzido em redução de custos de produção e do impacto ambiental. Sendo, a vantagem econômica o principal objetivo visado pelos produtores (Gleason *et al.*, 1994).

Nos últimos 40 anos, centenas de sistemas de previsão foram desenvolvidos e validados para dezenas de culturas (Madden *et al.*, 2007). No entanto, apenas uma pequena fração é amplamente utilizada pelos produtores, representando histórias de sucesso no manejo integrado; dentre estes, o sistema de previsão da sarna da macieira que vem sendo adotado por produtores de maçãs do mundo inteiro, inclusive no Brasil (Berton & Melzer, 1989; Gleason *et al.*, 1995; Protas & Valdebenito-Sanhueza, 2002).

Vários modelos e sistemas previsão da literatura não são devidamente avaliados quanto a sua utilidade e viabilidade para uso no campo (Magarey *et al.*, 2002). Uma das razões para este insucesso diz respeito à falta de envolvimento dos produtores ou técnicos de campo no desenvolvimento ou teste destes sistemas (McCown, 2002).

Assim, Gleason *et al.* (2008) indica a desconexão entre os ‘elaboradores’ e o ‘usuários’ como a principal causa da não adoção dos sistemas de previsão.

No Brasil, os estudos com a elaboração e validação de sistemas de alerta para doenças da macieira passam necessariamente pela comparação do critério adotado pelo produtor com o sugerido pelo sistema, realizando os estudos junto aos produtores (Berton & Melzer, 1989; Crusius *et al.*, 2002; Santos, 2003).

Segundo Magarey & Sutton (2007) a validação de um sistema de previsão, em conjunto com produtores, comparando o critério estabelecido pelo sistema ao utilizado pelos mesmos, é uma das formas de favorecer a adoção do sistema pelos produtores.

Além de favorecer a adoção por parte dos produtores, a validação de um sistema de previsão, é um dos requisitos para a implantação das informações geradas por um modelo teórico de risco de infecção, principalmente quando o mesmo é elaborado ou obtido num local distinto daquele em que será utilizado, uma vez que, os três fatores envolvidos na doença (hospedeiro-patógeno-ambiente) apresentam variabilidade intrínseca (Johnson *et al.*, 2004; Magarey *et al.*, 2007; Duttweiler *et al.*, 2008).

Para as doenças da macieira que ocorrem no início da estação, como a sarna da macieira, os modelos e sistemas de previsão existentes no mundo, quando comparado às chamadas doenças de meia estação’ (DME) e ‘doenças de verão’ (DV), apresentam uma maior quantidade de relatos de aplicação no campo (Brown & Sutton, 1995; Clements, 2004).

Como citado anteriormente, os modelos de previsão têm por base equações, estabelecidas por regressão linear ou não-linear que sumarizam o risco de infecção a partir de condições condutivas ao estabelecimento da doença. No entanto, o número reduzido, quando não inexistente, de fungicidas com ação curativa; bem como o curto período de incubação para as doenças de DME e DV, dificultam a elaboração e uso de

modelos de previsão para este grupo de doenças no manejo integrado de maçãs (Brown & Sutton, 1995; Crusius *et al.*, 2002).

No entanto, no Brasil as doenças mancha foliar da Gala (MFG) e podridão branca possuem sistemas de alerta (<http://www.sisalert.com.br>), nas quais os modelos de infecção consideram as características dos fungicidas passíveis de uso como ferramentas no manejo destas doenças (Becker *et al.*, 2004) e o princípio de prognósticos climáticos, uma vez que não se tem, até o momento, fungicidas com modo de mecanismo curativo para tais doenças, com limite máximo de 48 h para fosfitos de potássio em MFG, relato recentemente descrito em observações sob condições controladas de inoculação (Araújo *et al.*, 2008).

Especificamente para F&SM tem-se a possibilidade de uso de sistemas de alerta baseados no aparecimento dos primeiros sintomas, pois há disponibilidade de fungicidas erradicantes (benzimidazóis) além de tais doenças apresentarem longo período de incubação (Brown & Sutton, 1995).

O modelo proposto por Brown & Sutton (1995) e refinado por Hartman (1995) leva em consideração o limiar de 175 h de acúmulo de molhamento foliar (MF) para a aplicação de tratamento erradicante (benzimidazol + protetor; tiofanato metílico + captana). Considera apenas períodos ≥ 4 h no somatório de MF, sendo que, uma hora de período seco, entre períodos de MF é contabilizado como molhamento foliar conforme Johnson *et al.* (1994). Considera ainda como indicativo de molhamento foliar a umidade relativa do ar quando $\geq 95\%$. A soma de horas de MF inicia após a primeira chuva ocorrida após 10 dias da queda das pétalas, definido por Brown & Sutton (1995) como o momento das primeiras infecções de F&SM em 'Golden Delicious' no estado norte-americano da Carolina do Norte.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento 1 - Dinâmica do inóculo, estabelecimento de infecções e efeito de tratamentos erradicantes sobre fuligem e sujeira de mosca

3.1.1 Local dos ensaios

3.1.1.1 Dinâmica de inóculo e infecções de F&SM

Os ensaios foram conduzidos em um pomar comercial de cv. 'Fuji' enxertada sobre MM-106 plantado em 1988, com espaçamento entre plantas de 2,5 m na fila e de 4,0 m entre filas, correspondendo a uma densidade de 1000 plantas/ha, localizado no município de Vacaria-RS (28°29'44.50'' S; 50°50'19.31'' W). O pomar pertence à Agropecuária Schio Ltda. e vem sendo conduzido conforme as diretrizes da Produção Integrada de Maçãs (PIM) (<http://www.agricultura.gov.br>).

Os dados meteorológicos foram coletados por uma estação automática da rede SISALERT posicionada a 2,0 km do local do experimento, coletando em intervalos de 15 min a pluviosidade (mm), temperatura (mínima, máxima e média, °C), umidade relativa do ar (%) e horas de molhamento foliar (h). Nas plantas utilizadas para o experimento, durante o ciclo, não foram feitas aplicações de fungicidas, apenas de inseticidas. Os experimentos foram conduzidos na safra 2007/08 e implantados a partir do dia 1 de dezembro de 2007, 31 dias posteriores à data de queda das pétalas (QP) segundo observações da empresa.

3.1.1.2 Tratamentos erradicantes para F&SM

O ensaio foi conduzido em dois ciclos consecutivos, 2006/07 e 2007/08, em um pomar comercial localizado no município de Vacaria-RS (28°29'27'' S, 50°56'09'' W). O pomar foi implantado no ano de 1997 com a cultivar 'Pink Lady[®]' enxertada sobre porta-enxerto EM-9 no espaçamento 1,5 m na fila e 3,5 m entre linhas, com uma densidade de plantio de 2000 plantas/ha. Os dados meteorológicos foram coletados por uma estação automática da rede SISALERT posicionada a 1,5 km do local do experimento.

3.1.2 Estabelecimento das janelas de infecção

Frutos posicionados em brindilas foram selecionados em função do seu aspecto sadio e ausência de deformações. Foi realizado raleio para manter apenas o fruto central ou outro que apresentasse melhor formação do pedúnculo, visando à redução da queda natural dos frutos.

Após o raleio, o fruto selecionado foi aspergido com álcool 70% visando a eliminação do inóculo de F&SM por ventura depositado previamente sobre a maçã. Após, os frutos foram cobertos com papel amanteigado revestido com plástico, tendo uma abertura longitudinal na porção inferior para proporcionar o escoamento de água (proveniente da transpiração do fruto), e a manutenção de condições aeróbicas (Figura 4). Um número de 1000 frutos foram cobertos no momento da implantação do ensaio.

Visando avaliar a presença de inóculo e de infecções de F&SM entre a queda das pétalas (QP) e o momento do estabelecimento do ensaio, 100 frutos foram cobertos até o momento da colheita e não receberam aspersão com álcool 70% na implantação do ensaio.



FIGURA 4. Sequência da metodologia de ensacamento de frutos para estudos da dinâmica do inóculo de fuligem e sujeira de mosca (F&SM). Seleção e raleio de frutos posicionados em brindilas (A e B); aspersão do fruto com álcool 70% (C); ensacamento (D); vista geral da fila em que foi implantado o experimento (E). Vacaria, RS. 2007/08.

Os períodos de exposição foram definidos em intervalos de 14 a 20 dias, quando 100 frutos em cada período foram expostos às condições ambientais e recobertos no final do período até o final do experimento, formando assim sete “janelas de infecção” durante a fase de desenvolvimento dos frutos.

3.1.2.1 Delineamento e análise estatística

O ensaio experimental foi conduzido em blocos casualizados com cinco repetições de 20 maçãs para cada data de exposição dos frutos, coletando-os nos cinco blocos. No total foram utilizadas 30 plantas adjacentes entre si e posicionadas em uma única fila disposta paralelamente e a 8 m do quebra-vento (*Pinus* sp). Após 30 dias da colheita os frutos foram avaliados quanto à incidência de F&SM. Este procedimento foi

adotado para possibilitar a expressão dos sintomas nos frutos provenientes das exposições mais próximas da colheita.

Os dados foram comparados pela diferença mínima significativa (DMS; $P < 0,05$) com ajuste pelo modelo linear (GLM) (Piepho, 2005) com o auxílio do programa estatístico SAS (versão 9.0) (SAS Institute, Cary NC).

Para a avaliação das relações ambientais com a incidência de F&SM durante os períodos de exposição, foi realizada análise de regressão linear entre a intensidade das doenças (variável dependente) e as seguintes variáveis ambientais durante os respectivos períodos de exposição (variável independente): 1) volume de chuva acumulado (mm); 2) dias de chuva; 3) volume médio das chuvas (mm/chuva); 4) horas de chuva (h); 5) intensidade média das chuvas (mm/h) e; 6) horas de molhamento foliar (h) conforme as regras para a quantificação para F&SM, onde o período só é considerado quando superior a 4 h de molhamento, sendo que períodos ≤ 1 h de período seco entre duas horas de molhamento são considerados na soma (Brown & Sutton, 1993; Brown & Sutton, 1995). Nessa análise, foram usados apenas os dados das janelas de infecção correspondentes às sete datas de exposição, uma vez que a utilização dos frutos protegidos e desprotegidos durante o ciclo foi definida como padrão do estabelecimento de F&SM. As variáveis ambientais foram coletadas pela estação automática da rede SISALERT citada anteriormente. As análises foram realizadas com auxílio do software SigmaPlot (versão 10) utilizando-o para a representação gráfica dos resultados.

3.1.3 Detecção e dinâmica de infecções de F&SM

Para a detecção dos primeiros sintomas de F&SM nas condições de campo, 60 ramos basais de 25 plantas foram marcados e os frutos desses observados com auxílio

de lupa de mão (aumento de 20X) em intervalos semanais. Para a estimativa do período de incubação considerou-se o intervalo em dias entre a detecção das primeiras infecções nos frutos (observada em laboratório) e o momento da observação dos primeiros sintomas de F&SM no campo (Wrona, 2004).

Assim, para a observação das primeiras infecções, amostras de 100 frutos de maçãs 'Fuji' (Figura 5A) foram coletadas aleatoriamente em intervalos de 14 a 23 dias a partir da primeira quinzena de dezembro até o momento da colheita do experimento, ocorrida no dia 26/03/2008. Imediatamente após a coleta, os frutos foram levados ao laboratório e observados em estereomicroscópio com aumento de 6,6X, tomando-se nota da presença de sinais de F&SM por meio da caracterização de tipos de micélio na epiderme dos frutos (Figura 5B). Após, os frutos que não apresentavam sintomas visíveis sob o microscópio estereoscópico foram incubados em câmara úmida a 20 °C com fotoperíodo de 12 h mantendo-os em incubação por 30 dias (Figura 5C) conforme metodologia elaborada por Bronw & Sutton (1993). Nova avaliação visual da incidência das doenças foi feita após esse período.

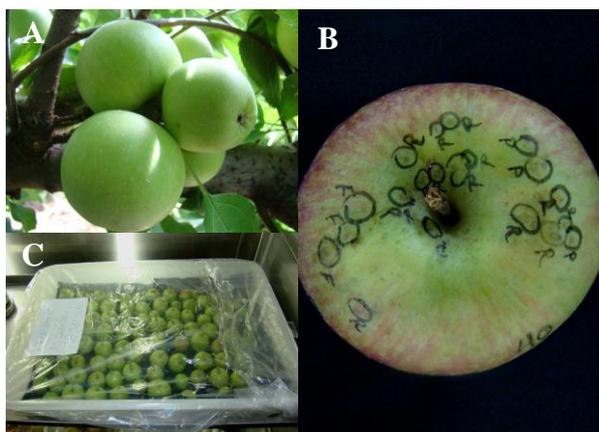


FIGURA 5. Detecção de infecções de F&SM em maçãs 'Fuji' (A) pela observação dos tipos de micélio desenvolvidos na epiderme dos frutos (B) após o período de incubação em câmara úmida (C). Vacaria, RS. 2007/08.

3.1.3.1 Delineamento e análise estatística

O ensaio foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com cinco repetições tendo 20 frutos cada. Os blocos foram constituídos de seis plantas, tomando-se os frutos aleatoriamente da porção interna e inferior das macieiras, local onde, historicamente, se observam os primeiros sintomas no campo (Valdebenito-Sanhueza *et al.*, 2008). Os dados de incidência média e o desvio padrão foram apresentados graficamente com o auxílio do programa SigmaPlot (versão 10).

3.1.4 Tratamentos erradicantes no manejo de F&SM

As pulverizações foram feitas durante a fase de repouso das plantas, cerca de 20 dias antes da data prevista para a superação da dormência. As aplicações foram feitas com pulverizador costal manual com vazão de 0,55 L/planta, atingindo o ponto de escorrimento, tendo-se um volume médio da parte aérea da copa igual a 3 m³. Foram avaliados os seguintes fungicidas (p.c; dose p.c.) para o controle erradicante de F&SM: 1) calda sulfocálcica 3 °Bé (3,0%); 2) oxiclóreto de cobre (Cuprocarb, 0,5%); 3) hidróxido de cobre (Garra, 0,3%); 4) óxido cuproso (Cobre Atar, 0,3%) e; 5) testemunha (sem aplicação).

Todas as parcelas receberam, durante o ciclo vegetativo, os tratamentos fungicidas aceitos no sistema de PIM tendo como base na tomada de decisão, alertas de risco emitidos pela plataforma SISALERT para o controle das doenças.

3.1.4.1 Quantificação da incidência de F&SM

No momento da colheita foram coletados, aleatoriamente, 150 frutos da área útil da parcela para as avaliações de incidência de F&SM em duas categorias de frutos: i) coletados aleatoriamente no momento da colheita e; ii) assintomáticos armazenados em

câmara frigorífica a 3 °C e 95% UR e avaliados após três meses de armazenamento. Esta categoria foi utilizada para a definição do desenvolvimento de F&SM em pós-colheita.

3.1.4.2 Delineamento e análise estatística

Os experimentos foram delineados em blocos casualizados com cinco repetições. Cada unidade experimental foi composta por seis plantas onde as quatro centrais constituíram a parcela útil. Para a análise de variância e separação de médias, quando significativa (F), foi utilizada a diferença mínima significativa (DMS) ($P < 0.05$) com modelo linear (Piepho, 1999). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SAS (Versão 9, SAS Institute, Cary, NC – PROC GLM) e a confecção dos gráficos realizados com o programa SigmaPlot (Versão 10).

3.2 Experimento 2 - Distribuição espacial de fuligem e sujeira de mosca em pomar de macieira ‘Fuji’

3.2.1 Área de coleta dos dados

Localizada no município de Vacaria-RS (28°29'44.50'' S; 50°50'19.31'' W), a área selecionada para o experimento constou de um talhão homogêneo de macieiras ‘Fuji’ enxertadas sobre o porta-enxerto MM-106 plantadas no ano de 1988 no espaçamento de 2 m entre plantas e 5 m entre linhas, compondo uma densidade de 1000 plantas/ha. O pomar pertence à Agropecuária Schio e vem sendo manejado conforme as diretrizes da Produção Integrada de Maçãs (PIM) (<http://www.agricultura.gov.br>).

Durante a execução do experimento, o pomar recebeu apenas aplicações com Captana (120 g p.a./100 L), para a manutenção da sanidade mínima das maçãs, principalmente quanto às podridões de verão. Tal fungicida foi selecionado pelo curto período residual, quando aplicado sem a combinação com outros fungicidas, sobre F&SM o que, associado à aplicação a cada 14 dias, visou reduzir o impacto do fungicida sobre a incidência destas doenças (Willianson & Sutton, 2000).

O talhão possuía, em suas laterais sudoeste (SO), sudeste (SE) e noroeste (NO) quebra-ventos de *Pinus* sp. com idade aproximada de 23 anos e a nordeste (NE), continuidade do pomar (Figura 6). O experimento foi conduzido em dois ciclos consecutivos, 2006/07 e 2007/08, quando, nesse último, o quebra-vento posicionado na porção NE foi eliminado.

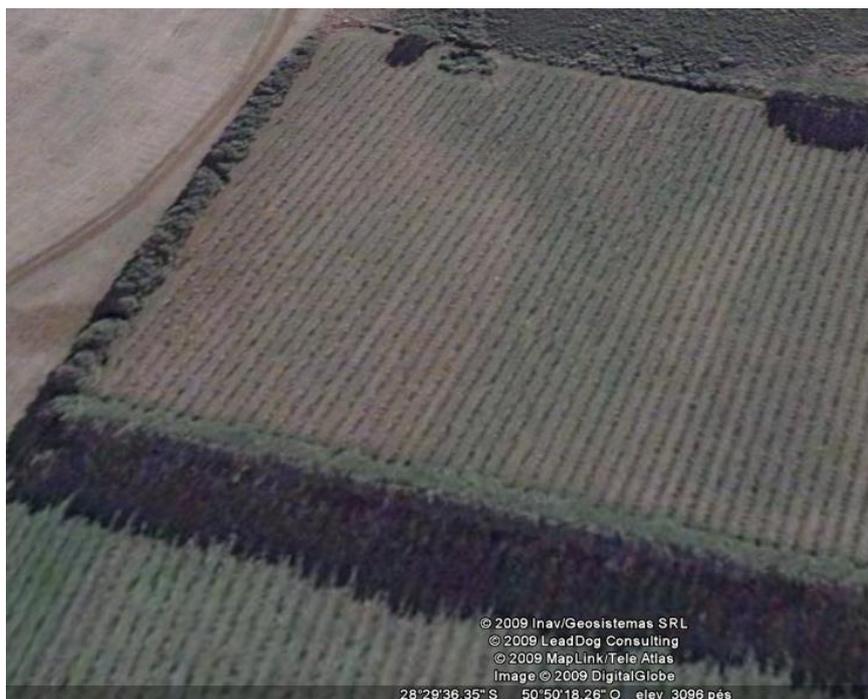


FIGURA 6. Área selecionada para o estudo do padrão espacial de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em pomar de macieira ‘Fuji’, nos ciclos 2006/07 e 2007/08. Vacaria-RS. No canto superior esquerdo o local ocupado pelo quebra-vento eliminado durante o ciclo 2007/08. Fonte: Google Earth. Disponível em <http://earth.google.com/intl/pt/>. Acesso em 21 mar. 2009.

3.2.2 Desenho de amostragem e metodologia de coleta dos frutos

Na área de estudo foi amostrado, em um desenho sistemático, um total de 252 plantas distribuídas em 12 filas, espaçadas em cinco ou 10 metros, com 21 plantas por fila formando sete grupos de três plantas adjacentes na fila (Figura 7).

No momento prévio à colheita dos frutos, as plantas foram marcadas com fita adesiva, sendo a sua posição identificada por uma combinação, com a letra correspondente à fila e o número da planta dentro da fila, respectivamente. De cada planta (N) foram amostrados 20 frutos (n), tomando-os a esmo nos quatro quadrantes da planta, na sua porção superior e inferior (Figura 7).

Após a coleta, os frutos foram encaminhados à Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Centro Nacional de Pesquisa em Uva e Vinho (CNPUV), localizada no mesmo município do pomar. Em cada fruto foi observada a presença de sintomas de F&SM, o que possibilitou o cálculo da incidência das doenças, ou seja, a proporção de frutos doentes na unidade amostral (u.a.). Três tamanhos de u.a. foram definidos segundo a localização de plantas adjacentes na linha e na linha imediatamente adjacente, formando um compacto de plantas, conforme segue: *quadrat* 1x1 (u.a.= 1 planta; N=252 e n=20); 1x3 (u.a. = 3 plantas; N=84, n=60) e; 2x3 (u.a. = seis plantas; N=42; n=120). Sendo assim, a incidência da doença foi calculada para unidades amostrais com 20, 60 ou 120 frutos avaliados segundo o tamanho do *quadrat* (Figura 7).

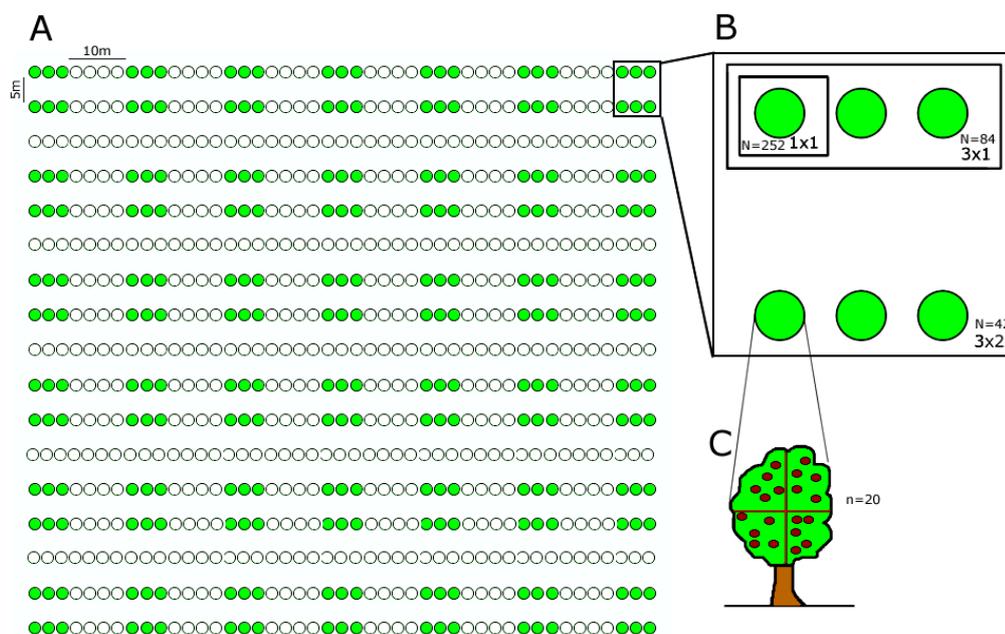


FIGURA 7. Desenho de amostragem da incidência de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em maçãs ‘Fuji’ com a representação do espaçamento entre linhas contínuas e entre linhas alternadas (A). Os tamanhos dos *quadrats* selecionados foram 1x1; 3x1 e 3x2, compostos, respectivamente por uma, três e seis plantas. De cada árvore amostrada, 20 frutos foram coletados, distribuídos nos quadrantes da planta (C). Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.

3.2.3 Distribuição espacial

Foram utilizadas três técnicas de análise para esclarecer aspectos da epidemiologia de F&SM em função do desenho de amostragem adotado. A primeira, o índice de dispersão gera informação sobre a tendência de plantas doentes aparecerem próximas de outras plantas doentes em subáreas do talhão examinado. A segunda, a geoestatística, por meio de ajuste de semivariogramas, permite analisar a dependência espacial entre subáreas. Por fim, a Análise de Áreas Isópatas (AAI) mostra o padrão geral da incidência da doença e delineando áreas com intensidade similar da doença.

3.2.3.1 Ajuste às distribuições e índice de dispersão

A distribuição beta-binomial e a distribuição binomial foram comparadas com os dados da distribuição de incidência de F&SM, com a utilização do programa computacional BBD (Madden & Hughes, 1994), tendo a distribuição binomial apenas um parâmetro, π , representando a probabilidade de cada fruto estar “doente”, independentemente dos outros frutos. A distribuição beta-binomial tem dois parâmetros, ρ , que indica a incidência média de F&SM nos frutos e θ , uma mensuração da variação da incidência da doença nos *quadrats* (Gosme *et al.*, 2007).

O ajuste à distribuição binomial indica um padrão de aleatoriedade na distribuição da incidência da doença, enquanto que o ajuste à distribuição beta-binomial sugere um padrão agregado da doença, sendo que, quanto maior o valor de θ , mais forte é a agregação da doença (Hughes & Madden, 1993; Madden & Hughes, 1995, Madden *et al.*, 2007).

Para a escolha do modelo, o teste de Neyman $C(\alpha)$ foi usado para verificar se a distribuição beta-binomial possibilita um melhor ajuste aos dados que a distribuição binomial; sendo a hipótese de nulidade o ajuste à distribuição beta-binomial (Hughes & Madden, 1993). Os valores correspondentes à distribuição de frequência observada e às estimadas beta-binomial e binomial foram representadas graficamente com auxílio do software SigmaPlot (versão 10) para a visualização dos dados. Assim, a agregação foi verificada pelo índice de dispersão D (Hughes & Madden, 1993):

$$D = \frac{1 + n + \theta}{1 + \theta}$$

Onde; n corresponde ao número de unidades (frutos) no *quadrat* e θ o parâmetro de dispersão da distribuição beta-binomial. O índice de dispersão (D), associado à distribuição beta-binomial, foi utilizado para testar a agregação em cada tamanho de

quadrat (Hughes & Madden, 1993; Madden & Hughes, 1994). Um alto valor do índice de dispersão, associado a um pequeno valor de P ($P < 0.05$) sugerem a agregação dos frutos doentes. Assim, se $D > 1$ indica a presença de agregação da doença e, contrariamente, se $D < 1$ indica um padrão aleatório (Hughes & Madden, 1993).

A variação do tamanho dos *quadrats* objetivou determinar o tamanho médio dos focos, como definido por Campbell & Madden (1990). O valor mais alto observado de D, entre os diferentes tamanhos de *quadrats*, indica a escala na qual existe a máxima agregação, possibilitando estimar o tamanho do foco característico (Gosme *et al.*, 2007).

3.2.3.2. Análise geoestatística

A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas, com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca (Alves *et al.*, 2006). Foram utilizados por base os valores de incidência de F&SM, representando a continuidade espacial através de semivariogramas.

Os dados de incidência foram organizados em coordenadas x, y e z, onde; x era a distância (m) relativa da fila ao quebra-vento SO; y a distância (m) em relação ao quebra-vento SE e, Z a incidência de F&SM nos 20 frutos amostrados. Para trabalhar com os diferentes tamanhos de *quadrats* na análise foi usado o ponto central do grupo de plantas para indicar a distância entre os grupos.

Assim, o semivariograma, gráfico que representa a semivariância dos dados ($\gamma(h)$), foi obtido pela expressão abaixo:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

Onde: $\gamma(h)$ é a semivariância; $Z(X_i)$ e $Z(X_i + h)$ são os pares de valores medidos separados por um vetor h ; $N(h)$ é número de pares de valores medidos [$Z(X_i) - Z(X_i + h)$] separados por um vetor h e Z é a variável em estudo.

Os semivariogramas foram obtidos no programa *Variogram Estimation and Spatial Prediction plus Error* (VESPER, versão 1.6), sendo que os modelos: exponencial, esférico e Gaussiano, comumente utilizados em estudos geoestatísticos em doenças de plantas (Gottwald *et al.*, 1996), foram confeccionados plotando a semivariância $\gamma(h)$ com as distâncias relativas aos quebra-ventos (X, Y).

O ajuste dos modelos foi selecionado em função dos parâmetros dos semivariogramas, coeficientes de determinação (R^2) e a soma dos quadrados dos erros (Alves *et al.*, 2006). Os parâmetros dos semivariogramas foram representados nos gráficos pelo efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$) e alcance (a).

Para a análise do grau de dependência espacial das variáveis, foi utilizada a classificação de Cambardella *et al.* (1994), em que são considerados de forte dependência espacial os semivariogramas que têm efeito pepita 25% do patamar, moderada quando entre 25% e 75% e de fraca quando $>75\%$.

3.2.3.3 Análise de Áreas isopatas

O estabelecimento das áreas isópatas para cada tamanho de *quadrat* e ciclo foi feito no utilitário Statistica 5.0, por meio do procedimento de uniformização dos quadrados mínimos ponderados pela distância (Vidal *et al.*, 2004). Nessa determinação, foi utilizada a matriz dos valores da incidência de F&SM originais dos mapas.

3.2.4 Tamanho efetivo da amostra

O tamanho efetivo da amostra, como definido por Kish (1965) é um ajuste para a estimação de dados na amostragem, considerando o erro absoluto.

Assim, Madden & Hughes (1999), com base na relação inversa entre o grau de agregação da incidência entre níveis hierárquicos (Hughes *et al.*, 1997b) geraram uma equação empírica para estimar o tamanho efetivo da amostra (N), em número de plantas/ha, em função do número de entidades amostradas por planta (n) e no parâmetro de agregação da distribuição beta-binomial (θ):

$$v = n/0.98135 + 0.8179 * \theta + 0.004958 * n + 0.30787 * \theta * n - 0.3471 * \theta^2 - 0.08475 * \theta^2 * n$$

Onde; v é o tamanho efetivo da amostra, em plantas/ha; n o número de frutos por planta, no caso 20 e; θ o parâmetro de agregação obtido pelo software BBD com o tamanho de *quadrat* 1x1 nos dois ciclos considerados.

3.3 Experimento 3 - Estratégias de manejo de fuligem e sujeira de mosca

3.3.1 Local de realização do experimento

A área selecionada para o experimento estava localizada no município de Vacaria-RS (28°29'44.50'' S; 50°50'19.31'' W) e constou de um talhão homogêneo de macieiras 'Fuji' enxertadas sobre o porta-enxerto MM-106 plantadas no ano de 1988 no espaçamento de 2 m entre plantas e 5 m entre linhas. As plantas possuíam volume de copa médio igual a 7,5 m³.

O pomar pertence à Agropecuária Schio e vem sendo manejado conforme as diretrizes da Produção Integrada de Maçãs (PIM) (<http://www.agricultura.gov.br>). Durante a execução do experimento a área recebeu apenas aplicações de inseticidas e acaricidas.

3.3.2 Modelo de previsão de F&SM e monitoramento meteorológico

Considerando as similaridades ambientais entre a região sudeste dos EUA e a região Nordeste do Rio Grande do Sul (T.B. Sutton, comunicação pessoal), neste trabalho se decidiu por seguir o modelo de Brown & Sutton (1995), mantendo também o limiar de 175 h de MF como regra de decisão nas aplicações seqüenciais (Trapman, 2004).

A temperatura do ar (mínima, média e máxima - °C), chuva (mm) e período de molhamento foliar (h) foram coletados por uma estação automática pertencente à rede SISALERT (<http://www.sisalert.com.br/sisalert2008/>), localizada a 2,0 km do local do experimento. Os dados foram coletados a cada 15 min e, para a contabilização do período de MF, os dados foram organizados em períodos horários.

3.3.3 Estratégias e tratamentos fungicidas

Os seguintes tratamentos de controle com fungicidas foram utilizados: 1) Captan 500 PM (Captana) + Ag Bem (espalhante adesivo) (240 g p.c./100 L + 10 mL p.c./100 L) pulverizado a cada 14 dias ou 50 mm no intervalo; 2) Cercobin 700 WP (Tiofanato metílico) + Captan 500 PM (70 g p.c./100 L + 240 g p.c./100 L) quando preenchidas as condições estabelecidas no modelo de previsão; 3) Cercobin 700 WP + Captan 500 PM (70 g p.c./100 L + 240 g p.c./100 L) conforme o modelo de previsão associado à realização da poda verde; 4) sistema do produtor, com tratamentos baseados na diretriz da PIM – Brasil (<http://www.agricultura.gov.br>), tendo por base as informações geradas pela rede SISALERT) Testemunha, sem a aplicação de fungicidas a partir do estabelecimento do experimento.

No ciclo 2007/08, um sexto tratamento foi inserido, a aplicação de Cercobin 700 WP + Captan 500 PM (70 g p.c./100 L + 240 g p.c./100 L) segundo o critério de

calendário, com pulverizações a cada 14 dias ou a cada 50 mm no intervalo. Tal tratamento foi inserido para discriminar o efeito da informação gerada pelo modelo e a eficiência da mistura de tiofanato metílico + captana, no controle de F&SM (Magarey & Sutton, 2007). As pulverizações foram realizadas com pulverizador costal, sendo o volume de calda aplicado igual a 1 L/planta, atingindo o ponto de escorrimento.

A poda verde foi direcionada para à eliminação de ramos ladrões, doentes e dos com desenvolvimento voltado para o centro da planta; padrões de crescimento vegetativo que dificultam a coloração dos frutos, ventilação, secagem e penetração dos tratamentos com defensivos (Trevisan *et al.*, 2006).

3.3.4 Monitoramento dos primeiros sintomas e quantificação da incidência de F&SM

Avaliações seqüenciais de incidência de F&SM foram iniciadas a partir da detecção dos primeiros sintomas destas doenças nas parcelas correspondentes à testemunha. Para tal, 25 ramos da testemunha foram marcados e os frutos observados duas vezes por semana a partir da primeira semana de janeiro dos anos de 2007 e 2008. Assim, a partir do aparecimento dos primeiros sintomas de F&SM, todos os frutos posicionados até o terço superior das plantas constituintes das parcelas experimentais foram avaliados semanalmente quanto à incidência destas doenças. No momento da primeira avaliação, foram contados os frutos e marcados os ramos posicionados no terço médio das plantas que seriam considerados nas avaliações. Este procedimento foi adotado para minimizar possíveis falhas de cobertura com os fungicidas nos frutos localizados nas partes mais altas da macieira, uma vez que as aplicações foram feitas com pulverizador costal tendo as plantas 3 m de altura, em média.

3.3.4.1 Análise do progresso temporal

Quatro modelos não-lineares foram ajustados aos dados do progresso da incidência das doenças (Bergamin Filho & Amorim, 1996): 1) Gompertz: $Y=b_1*\exp(-b_2 \exp(-rt))$; 2) Exponencial: $Y= b_1*\exp(b_2t)$; 3) Logístico: $Y= b_1/(1+b_2*\exp(-rt))$; 4) Monomolecular: $Y= b_1*(1-b_2*\exp(-rt))$; onde: $Y=$ é a incidência da doença; $b_1=$ assíntota máxima estimada pelo modelo; $b_2=$ a constante de integração igual a $1-y_0$ ($y_0=$ inóculo inicial); $r=$ taxa de progresso da doença e; $t=$ tempo.

A análise dos dados foi realizada no programa EPIMODEL (Nutter & Parker, 1997) e SigmaPlot (versão 10). A escolha do modelo de melhor ajuste aos dados foi realizada com base no coeficiente de determinação das regressões (R^{*2}) e na análise do gráfico dos resíduos (Madden *et al.*, 2007). Os parâmetros inóculo inicial (y_0), taxa de progresso da epidemia (r) e a incidência final (y) dos tratamentos, foram comparados dentro de cada ciclo de cultivo.

3.3.5 Distribuição dos sintomas de F&SM nas porções do fruto

Na data da colheita, 75 frutos foram colhidos aleatoriamente das parcelas experimentais e encaminhados ao laboratório de fitopatologia da Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado da Embrapa Uva e Vinho (CNPUV). Os frutos sintomáticos foram avaliados quanto à incidência (%) de F&SM nas diferentes porções do fruto: na região peduncular (P); na região equatorial (E); na região do cálice (C); na região peduncular e equatorial (P+E); na região peduncular e no cálice (P+C); na região equatorial e no cálice (P+C) e nas três regiões do fruto (P+E+C) (Figura 8).

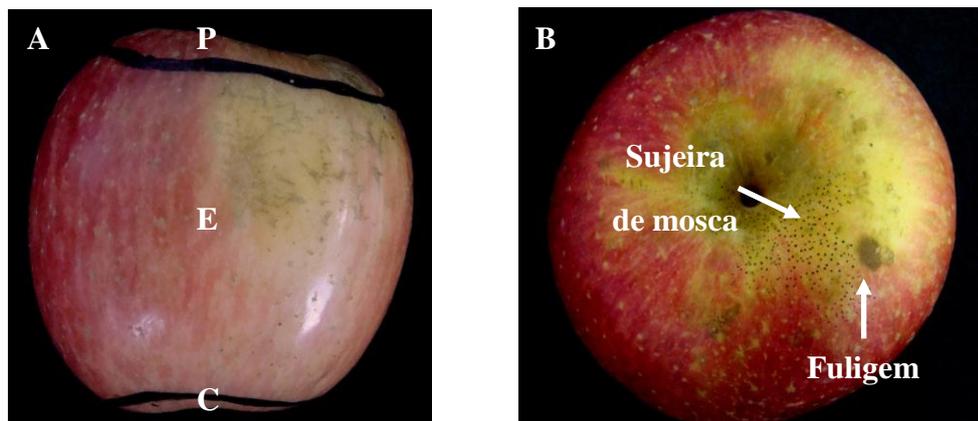


FIGURA 8. Porções do fruto: P (pedúnculo), E (equatorial) e C (cálice) (A) e sintomas de sujeira de mosca e fuligem na região peduncular do fruto (B).

O efeito dos tratamentos também foi avaliado pela severidade (%), correspondente à área afetada pelos sintomas nos frutos sintomáticos (severidade discriminante) nas três porções do fruto: 1) peduncular; 2) equatorial e 3) cálice. A severidade foi anotada através de uma escala visual de notas representando intervalos de valores de severidade (proporção de área do fruto afetada pelos sintomas) seguindo Horsfall & Barrat (1945). As notas foram às seguintes (intervalo da severidade): 1 (0 a 3%); 2 (3 a 6%); 3 (6 a 12%); 4 (12 a 25%); 5 (25 a 50%) e 6 (>50%). A escala arbitrária foi utilizada pelo fato de não haver na literatura a citação de uma escala diagramática validada.

3.3.6 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido em blocos casualizados com cinco repetições, sendo que as parcelas experimentais foram compostas por cinco plantas e as três plantas centrais constituíram a parcela útil nas avaliações.

A discriminação das médias dos parâmetros do modelo de progresso temporal selecionado foi realizada pela diferença mínima significativa (DMS; $P < 0,05$) considerando a significância da análise de variância (ANOVA) (Piepho, 1999). Para a análise dos dados de intensidade de F&SM em função da porção dos frutos realizou-se a análise de variância com modelo linear misto utilizando a DMS para a discriminação das médias ($P < 0,05$). Os resultados foram representados graficamente com auxílio do software SigmaPlot (versão 10) e os testes estatísticos executados pelo pacote SAS (versão 9.1).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1 - Dinâmica do inóculo, estabelecimento de infecções e efeito de tratamentos erradicantes sobre fuligem e sujeira de mosca

4.1.1 Resultados

4.1.1.1 Dinâmica do inóculo e de infecções de F&SM

O ciclo 2007/08 foi caracterizado por uma primavera chuvosa e por um verão com pluviosidade abaixo da média para a região nordeste do Rio Grande do Sul (Berlato & Cordeiro, 2008). Entre dezembro e fevereiro houve um acúmulo de 274 mm, enquanto que a normal para a região é de 440 mm no mesmo período de trimestral (Berlato & Cordeiro, 2008) (Apêndice 1). Na primavera houve predomínio de chuvas com maior intensidade e no verão, durante a fase final de maturação dos frutos, chuvas de menor intensidade, mas com maior frequência (Figura 9).

em frutos de todos os períodos de exposição às condições naturais, incluindo aqueles que permaneceram cobertos entre o primeiro período de exposição à colheita (Figura 10). Nos frutos que permaneceram expostos durante todo o período de avaliação, a incidência média atingiu valores superiores a 95%, bem acima dos valores observados em cada uma das janelas de infecção avaliadas (Figura 10).

Incidência média de F&SM superior a 25% foi observada nos frutos mantidos cobertos durante todo o período avaliado, valor que foi estatisticamente menor apenas que os valores observados no primeiro e no segundo períodos de exposição (Figura 10). Esse período de exposição anterior à primeira exposição programada no ensaio durou cerca de 30 dias, entre a queda das pétalas (31/out) e o dia de implantação do experimento (01/dez).

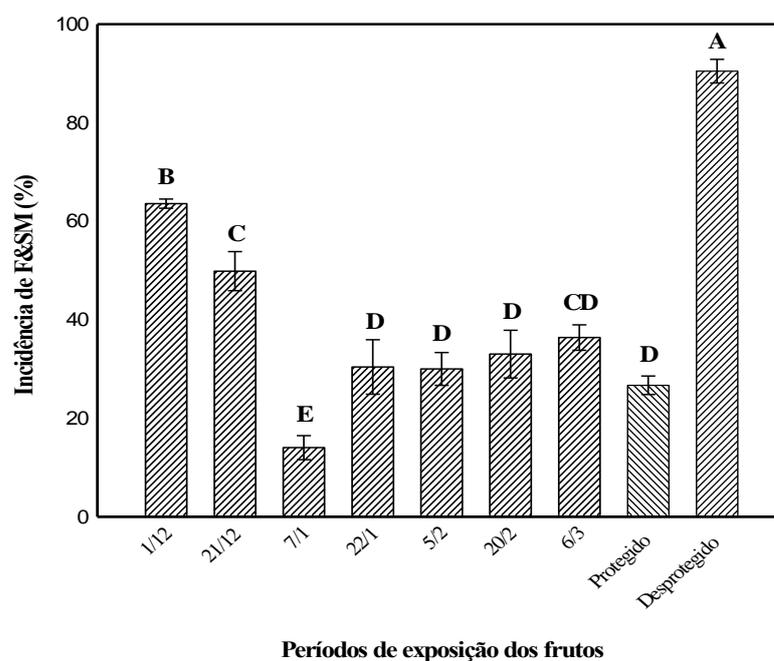


FIGURA 10. Incidência média de F&SM em diferentes janelas de ‘infecção’ definidas pela exposição de maçãs ‘Fuji’ em diferentes períodos de tempo. A incidência corresponde à média de cinco repetições de 100 frutos. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si (DMS; $P < 0.05$). Vacaria-RS, 2007/08.

Foi verificada uma associação entre a incidência média de F&SM, observada em cada período de exposição com as seguintes variáveis medidas no intervalo de tempo do mesmo período: i) volume de chuva por evento (mm/chuva); ii) intensidade das chuvas (mm/h) e; iii) horas de molhamento foliar; com coeficientes de determinação iguais, respectivamente, a 0,92; 0,90 e 0,88. A incidência mostrou relação linear positiva ($P < 0,0001$; $P = 0,0010$ e; $P = 0,0017$) com tais variáveis (Figura 11). As demais variáveis analisadas não apresentaram relação significativa com a incidência de F&SM, incluindo média das temperaturas máximas e mínimas (dados não apresentados). O aumento em 1 unidade das variáveis representadas pela Figura 11 C, E e F; determinou o incremento linear de 5,47; 8,68 e 0,34 unidades de frutos sintomáticos durante o ciclo 2007/08.

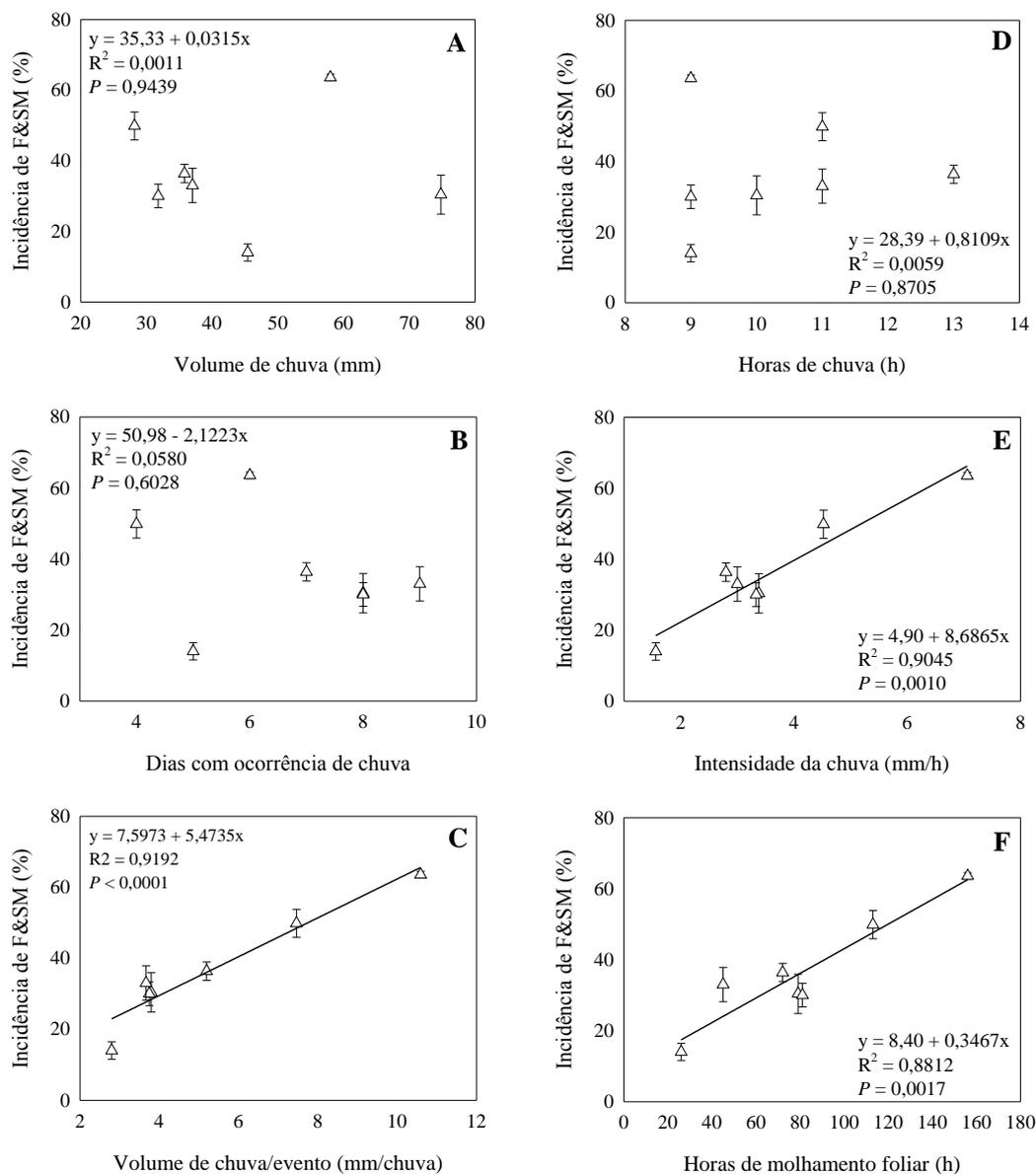


FIGURA 11. Regressão linear entre variáveis ambientais volume de chuva (A), dias com chuva (B), volume de chuva por evento de chuva (C), horas de chuva (D), intensidade de chuva (E) e horas de molhamento foliar (F) e a incidência de F&SM em maçãs ‘Fuji’ nos períodos de exposição dos frutos Vacaria, RS. 2007/08.

4.1.1.2 Período de incubação e progresso de F&SM em maçãs ‘Fuji’ sob epidemia natural

Nas duas datas de coleta (dias 03 e 17 de dezembro de 2007) todos os frutos mostravam-se assintomáticos no campo. Entretanto, após 30 dias em câmara úmida a incidência média de F&SM nos frutos foi superior a 40% desde a primeira coleta (Figura 12). Os sintomas iniciais de F&SM, e visíveis com auxílio do estereomicroscópio, foram detectados no dia 7/1/2008, aproximadamente 65 dias após a queda das pétalas. Nesse momento, 18% dos frutos já apresentavam sintomas de F&SM no momento da coleta. Entretanto, a visualização dos primeiros sintomas no campo, sem auxílio de instrumentação ótica, foi possível apenas no dia 20/1/2008 (Figura 12).

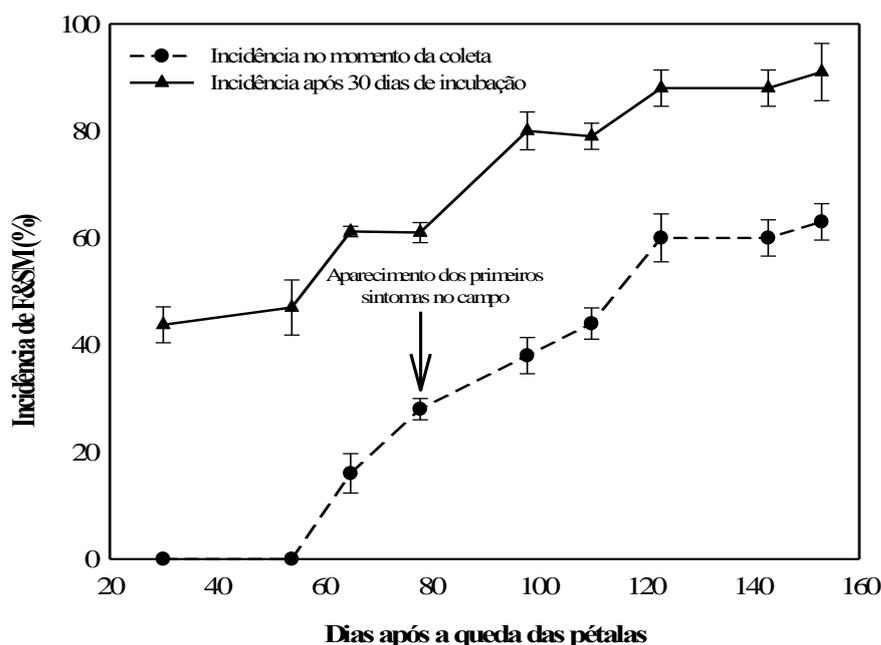


FIGURA 12. Progresso temporal da incidência de F&SM (%) em maçãs cv. ‘Fuji’ coletadas em pomar comercial. Observações realizadas com auxílio de estereomicroscópio nos frutos imediatamente após a coleta e decorridos 30 dias em câmara úmida. Barras verticais no ponto correspondem ao desvio padrão das médias dentro de cada data de coleta. Vacaria, RS. 2007/08.

Os primeiros sintomas, visíveis a ‘olho nu’, de F&SM registrados caracterizam-se pela formação de regiões com tonalidade cinza claro, bordas irregulares e sem a presença de corpos de frutificação que possam caracterizar o tipo de micélio presente (Figura 13).



FIGURA 13. Sintomas iniciais de F&SM em maçãs ‘Fuji’ caracterizados pela presença de regiões com tonalidade cinza claro, sem corpos de frutificação. Vacaria, RS. 2007/08.

No período entre a data da detecção das primeiras infecções após o período de incubação e o aparecimento dos primeiros sintomas visíveis a ‘olho nu’ no campo; período este definido como de incubação da doença, transcorreram 48 dias (Figura 12). A incidência média final de frutos sintomáticos observados no campo atingiu 60%. No entanto, após a incubação em câmara úmida, quase a totalidade dos frutos coletados apresentaram sintomas (Figura 12).

4.1.1.3 Tratamentos erradicantes

No ciclo 2006/07 a colheita do experimento foi realizada na primeira quinzena de maio, momento em que a incidência na testemunha variou de 57% a 62%. Após o período de armazenamento, a incidência de F&SM variou de 35% a 42% (Figura 14).

Tanto na fase da colheita como na pós-colheita, apenas sintomas de fuligem foram observados, com predominância de distribuição na região do cálice dos frutos (dados não mostrados). Na safra seguinte, a colheita foi realizada na última semana de abril, sendo que não foram observados sintomas destas doenças, tanto no campo, como após o armazenamento.

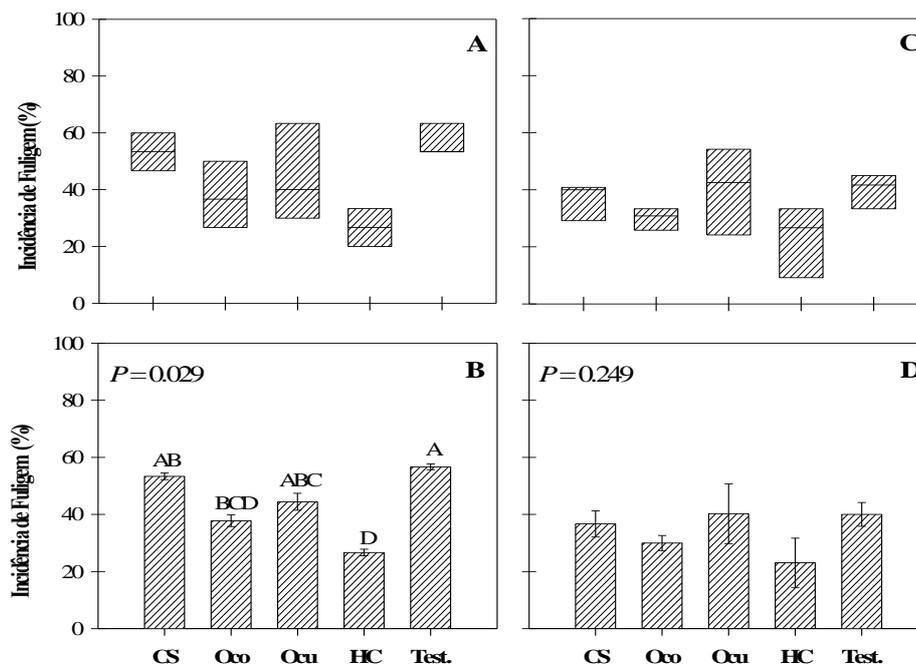


FIGURA 14. Incidência de Fuligem (%) em maçãs ‘Pink Lady’[®], no momento da colheita (A e B) e após três meses de armazenamento em câmara frigorífica (C e D) em função dos tratamentos erradicantes durante o período de repouso vegetativo das plantas. CS = calda sulfocálcica; Oco = Oxiclureto de cobre; Ocu = Óxido cuproso; HC = Hidróxido de cobre e; Test. = testemunha. Médias nas colunas com letras distintas diferem entre si ($P < 0.05$) pela DMS com GLM. Caixas das figuras A e C representam a variabilidade da incidência de F&SM, onde as linhas transversais centrais correspondem à mediana dos dados e as superiores e inferiores das caixas aos quartis de 75% e 25%. Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.

A aplicação de oxiclureto de cobre e de hidróxido de cobre, ambos a 0,5%, reduziu a incidência de fuligem nos frutos na colheita quando comparados à testemunha, possibilitando o controle de 33% e 53% da doença, respectivamente. Na fase de pós-colheita os tratamentos erradicantes não tiveram efeito sobre a incidência de fuligem (Figura 14).

4.1.2 Discussão

A presença de F&SM em todas as datas de exposição, e também naqueles frutos que foram cobertos por todo o período iniciando em 30 dias após a queda de pétalas, sugere que o inóculo esteve presente desde as fases iniciais de formação e desenvolvimento dos frutos, e que a infecção foi estabelecida no mesmo período. Tal fato é uma das premissas no uso de sistemas de previsão dessas doenças nas principais regiões produtoras de maçãs na América do Norte (Duttweiler *et al.*, 2008).

Segundo Brown & Sutton (1993), as primeiras infecções de F&SM no Estado da Carolina do Norte são normalmente observadas entre 10 a 21 dias após a queda das pétalas, o que concorda os resultados nesse experimento. Ainda, segundo os autores, o inóculo de F&SM permanece disponível ao longo de todo o ciclo, o que justifica o uso de fungicidas protetores. Tal pressuposição é baseada nos estudos conduzidos por Hickey no estado americano da Pensilvânia na década de 60 (Hickey, 1960), que utilizou a mesma metodologia do presente estudo e verificou infecções durante diferentes fases do desenvolvimento dos frutos da macieira cv. ‘Golden Delicious’.

A mais alta incidência de F&SM nos frutos mantidos descobertos durante todo o ciclo, comparado à exposição apenas no período entre a queda de pétalas e 31 dias posteriores, sugere o caráter acumulativo da deposição de propágulos seguido de infecções na superfície das maçãs ao longo do ciclo, particularmente em alguns períodos com maior taxa de precipitação, como observado para o primeiro período de exposição. Esta informação corrobora com os dados observados por Hickey (1960) e às afirmações feitas por Sutton (1990), para o qual as infecções secundárias pelos

conídios são mais importantes que as infecções por ascósporos no incremento da intensidade destas doenças.

A natureza policíclica de F&SM determina as estratégias de controle destas doenças. A ocorrência de ciclos secundários de F&SM é considerado por Trapman (2004b) como um dos elementos fundamentais na elaboração de modelos de simulação na dinâmica destas doenças no leste europeu.

No Brasil, Berton & Melzer (1989) em Caçador-SC, observaram variação na incidência de F&SM nas cultivares ‘Gala’ e ‘Fuji’, sendo maior nessa última, a qual possui ciclo mais longo, que pode permitir um número maior de ciclos secundários.

A ocorrência de infecções em diferentes períodos de desenvolvimento do fruto pode-se relacionar com seguintes fatores: i) disponibilidade e quantidade de inóculo; ii) condições ambientais para a dispersão do patógeno e estabelecimento das infecções e; iii) variação da suscetibilidade dos frutos às infecções ao longo do ciclo (Henríquez *et al.*, 2008; Longland & Sutton, 2008). O primeiro fator é determinado pela biologia dos agentes causais da doença, referentes à sazonalidade e quantidade de propágulos produzidos, bem como pela disseminação de esporos ou fragmentos de micélio, que por sua vez é influenciada pelas condições ambientais no período de exposição dos frutos.

A influência da chuva na dispersão de propágulos de fitopatógenos vem sendo demonstrada na literatura, principalmente para esporos embebidos em mucilagem, como é o caso de *Colletotrichum* spp (Yang & TeBeest, 1992). Segundo Ribeiro do Vale & Zambolim (1996) quanto maior o tamanho da gota da chuva, mais eficientes serão as gotas de chuva na dispersão do inóculo por respingos. No presente trabalho se verificou um incremento da incidência de F&SM com aumento da taxa de intensidade das chuvas (mm/h), que pode influenciar na dispersão do inóculo, uma

vez que chuvas mais intensas apresentam gotas de maior volume (Ahimera *et al.*, 2004).

Trapman (2004b) em seu modelo de simulação para a dinâmica temporal de F&SM usou arbitrariamente a intensidade de 1 mm de chuva por hora como o limiar inferior para que os propágulos de fuligem sejam dispersos. No presente trabalho não foi possível estabelecer a intensidade de chuva mínima para a dispersão pelo fato do parâmetro referente ao intercepto da regressão não apresentar significância estatística. É possível hipotetizar, no entanto, que a intensidade de chuva pode ser um elemento chave na epidemiologia e previsão de F&SM.

Conforme Williamson & Sutton (2000) o inóculo primário de F&SM pode sobreviver saprofiticamente durante o período de dormência das macieiras nos ramos das plantas. É provável que a quantidade e a importância deste inóculo para o desenvolvimento de epidemias de F&SM sejam maiores nas condições de cultivo do Sul do Brasil, quando comparada às regiões produtoras de maçãs dos Estados Unidos e Europa, devido às temperaturas mínimas no período de dormência das plantas. Diferenciando os patossistemas de regiões de clima temperado e tropical (ou subtropical como a região nordeste do Rio Grande do Sul) quanto à sobrevivência do inóculo entre uma estação e outra (Bergamin Filho & Amorim, 2001; Pruvost *et al.*, 2002).

Ainda conforme Bergamin Filho & Amorim (2001), a sobrevivência do inóculo, durante a estação de cultivo, se comportaria de forma antagônica àquela do inóculo primário, sendo maior em regiões de clima temperado. Logo, o incremento da incidência de F&SM, proporcional ao acúmulo de horas de molhamento foliar, pode ser decorrente, além do favorecimento das infecções, da manutenção da viabilidade dos propágulos.

A falta de relação significativa entre a incidência da doença e as variáveis volume de chuva, número de dias com chuva durante o período de exposição e as temperatura indica que as condições ambientais, relacionadas ao período mínimo de molhamento foliar e às temperaturas cardinais necessárias para o estabelecimento de F&SM, tenham sido satisfatoriamente atendidas durante todos os períodos (Workneh & Yang, 2000). Estes podem ser fatores importantes em epidemias de F&SM em regiões ou ciclos com clima caracterizado por estiagens prolongadas ou com temperaturas fora da margem ótima para o desenvolvimento de F&SM (Ocamb-Basu & Sutton, 1988; Johnson et al., 1994).

Além disso, a falta de associação entre o número de dias com chuva e a incidência de F&SM pode ser devido ao fato que a principal fonte de molhamento foliar no ciclo considerado foi o orvalho, que foi responsável por 76% do total de horas de molhamento foliar. Esta característica da principal fonte de molhamento foliar, se chuva ou orvalho, vem sendo utilizada para ajustes nos modelos de previsão de F&SM (Duttweiler *et al.*, 2008).

Quanto ao período de incubação da doença, Brown & Sutton (1993) em estudos conduzidos na década de 80 e 90 nos EUA observaram resultados semelhantes utilizando metodologia similar à adotada neste trabalho. Aqueles autores afirmam que nas primeiras coletas seqüenciais a incidência de F&SM nos frutos, imediatamente após a coleta, era nula e, após o período de incubação em câmara úmida, este valor ultrapassou 40%. Este fenômeno é determinado pelo longo período de incubação de F&SM e pelas consequências da câmara úmida na fisiologia da fruta e colonização dos agentes causais destas doenças sobre a epiderme das maçãs.

A utilização da câmara úmida para a detecção das infecções tem base no principio da exosmose (Brown, 1916) em que fluídos da porção interna dos frutos

são translocados para a porção exterior, sendo que tal movimento é favorecido pelo aumento da temperatura e umidade, o que induz o desenvolvimento micelial de fungos (Schreiber *et al.*, 2001; Schreiber, 2001).

No caso de F&SM, o crescimento micelial é dependente desses solutos, explicando o desenvolvimento do micélio durante o período em câmara úmida. O aumento nos teores de açúcares no período da pré-colheita é apontado como um dos fatores que precipitam com o aparecimento dos sintomas de F&SM durante a fase final do desenvolvimento das maçãs (Belding *et al.*, 2000; Wrona, 2004).

Segundo Bergamin Filho & Amorim (1996), o período de incubação é definido como o tempo compreendido entre a deposição do patógeno sobre o hospedeiro e o aparecimento do sintoma. Já para Grabowski & Wrona (2004) o período de incubação para F&SM é definido como o tempo entre a detecção das primeiras infecções (observada após a incubação artificial dos frutos) e a data da observação dos primeiros sintomas nos frutos no pomar. No entanto, o conceito de ambos os autores encontra suporte para a definição do período de incubação de F&SM, onde, por conceito, ao contrário de infecção, ocorre a colonização dos tecidos superficiais dos frutos, sem a formação de estruturas especializadas da infecção, como é o caso do apressório (Nasu & Kunoh, 1987; Williamson & Sutton, 2000).

O longo período de incubação observado neste estudo (48 dias) é similar aos dados obtidos por Grabowski & Wrona (2004) na Polônia, onde os autores observaram período de incubação para essas doenças variando de 29 a 45 dias, sugerindo que esta variação seria dependente das condições ambientais (chuva, temperatura e umidade relativa do ar), do momento da primeira infecção e da cultivar

de macieira. Tais fatores explicam a alta variação na duração do período de incubação citado na literatura para estas doenças (Hickey, 1960; Sutton, 1990).

Conforme Brown & Sutton (1995) um longo período de incubação permite que o controle químico de F&SM seja balizado por sistemas de previsão de alerta com caráter erradicante, tendo por base o momento das primeiras infecções.

Bergamin Filho & Amorim (2002) descrevem características associadas a doenças com período de incubação variável em função da fenologia do hospedeiro, indicando que para este tipo de doença a curva total da doença (doença visível e não visível) não é paralela à linha da doença visível, o que também se observa no caso de F&SM neste estudo, corroborando com os dados obtidos por Grabowski & Wrona (2004).

Para doenças que possuem este tipo de comportamento, a filosofia que preconiza a aplicação de medidas de controle a partir de um nível crítico de incidência ou severidade, não é considerada adequada (Bergamin Filho & Amorim, 2002). Esta afirmação encontra suporte nos dados obtidos neste estudo, pois quando os primeiros sintomas de F&SM foram observados no campo, atingindo 28% das maçãs, após a incubação, este valor já se situava em 61%.

Desta forma fica claro que a determinação do momento das primeiras infecções é um ponto crítico no manejo de F&SM nas condições das regiões produtoras no RS. O sucesso do controle químico, com base em sistemas de alerta para estas doenças, dependerá da acurácia com que este período é determinado e da eficiência dos fungicidas utilizados (Bergamin Filho & Amorim, 2002; Tarnowisky *et al.*, 2003). Assim como nos EUA, as primeiras infecções provavelmente ocorreram tão logo a fase de queda das pétalas (Brown & Sutton, 1993).

A variação na incidência de F&SM entre pomares e ciclos é relatada por Gadoury *et al.* (1989), sendo este um dos motivos que leva à adoção de sistemas de alerta para que seja equacionada a necessidade de aplicações e as condições ambientais para que não sejam feitas aplicações desnecessárias (Brown & Sutton, 1995).

O tratamento erradicante deve ser adotado como uma prática complementar no manejo de F&SM, podendo ter grande importância, no entanto, em cultivos orgânicos ou em anos em que as condições ambientais não são condutivas para o desenvolvimento dos ciclos secundários, como pode ter sido o exemplo do ciclo 2007/08 na área selecionada para o experimento.

Apesar de difícil definição pela variabilidade etiológica de F&SM (Batzer *et al.*, 2005), o oxiloreto de cobre (0,5%) é uma boa opção para F&SM. Baseando-se nos resultados deste estudo e nos obtidos por Trapman *et al.* (2004a), no qual o oxicloreto de cobre também foi uma boa opção para F&SM na Holanda e, pelo fato do composto apresentar baixo custo e ação contra outros patógenos que causam doenças em maçãs, como é o caso de *Cryptosporiopsis perennans*, agente causal da podridão ‘olho de boi’ (Valdebenito-Sanhueza *et al.*, dados não publicados).

São escassos os relatos do progresso da intensidade de F&SM em maçãs frigorificadas (Williamson & Sutton, 2000) e, até onde se conhece, esta é a primeira quantificação dos danos ocasionados por estas doenças em maçãs em pós-colheita. Além do potencial final dos danos, os dados apresentados indicam a necessidade da elaboração de um método de identificação de “infecções” latentes específico para tais doenças. Além disto, a incapacidade dos tratamentos erradicantes na redução da incidência de F&SM após o período de armazenamento reforça a importância dos ciclos secundários na epidemiologia destas doenças, assim como observado por

Crusius *et al.*(2002) com a mancha foliar de Gala (causada por *Colletotrichum gloeosporioides*).

4.2 Experimento 2 - Distribuição espacial de fuligem e sujeira de mosca em pomar de macieira ‘Fuji’

4.2.1 Resultados

4.2.1.1 Padrão de distribuição espacial e incidência de F&SM

A incidência média de sujeira de mosca no ciclo 2006/07 ficou em 1,75% e abaixo de 0,5% no ciclo seguinte. Assim, em ambos os anos houve predomínio de sintomas de fuligem no pomar. Foi observada uma diferença marcante na incidência de F&SM entre os ciclos considerados. No ciclo 2006/07 a incidência média foi de 65% contra 20% no ciclo seguinte. Com o aumento do tamanho do *quadrat* (número de plantas na unidade amostral) houve redução na heterogeneidade dos dados de incidência, sem alterar a incidência média (Figura 15).

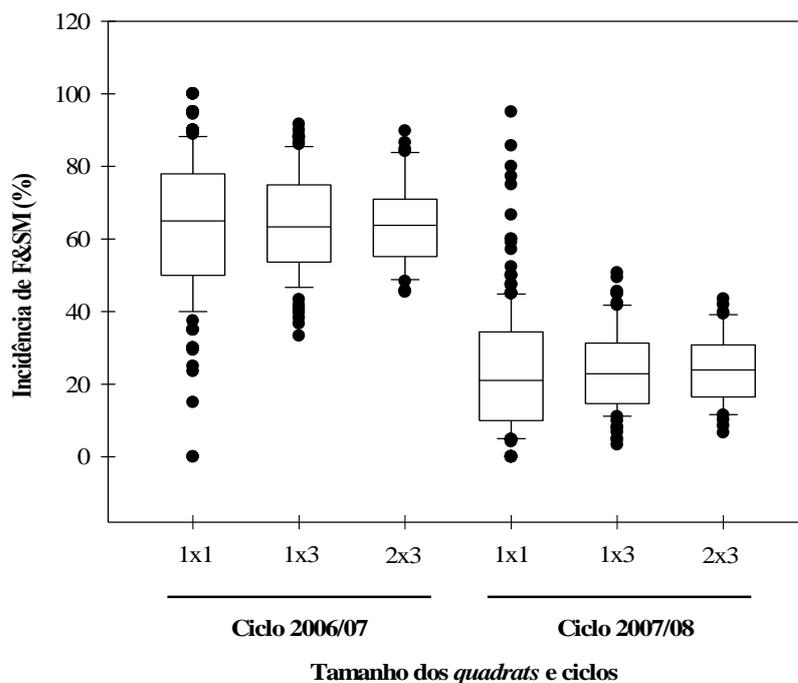


FIGURA 15. Diagrama de caixas da incidência de F&SM (%) em maçãs ‘Fuji’ em função do ciclo e do tamanho do *quadrat*. Linha transversal central da caixa correspondente à mediana, superior e inferior aos quartis de 75% e 25%, respectivamente. Pontos externos aos quartis de 90% e 10%, delimitados pelas linhas externas, correspondem aos *outliers*. Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.

Indiferente do tamanho do *quadrat* e ciclo de cultivo, a distribuição beta-binomial melhor descreveu a distribuição da incidência da doença, sendo um indicativo de padrão espacial agregado de F&SM. Além disto, como comportamento geral, na medida em que se expandiu o tamanho do *quadrat* foi possível observar uma tendência de redução na frequência de frutos sintomáticos (Figura 16).

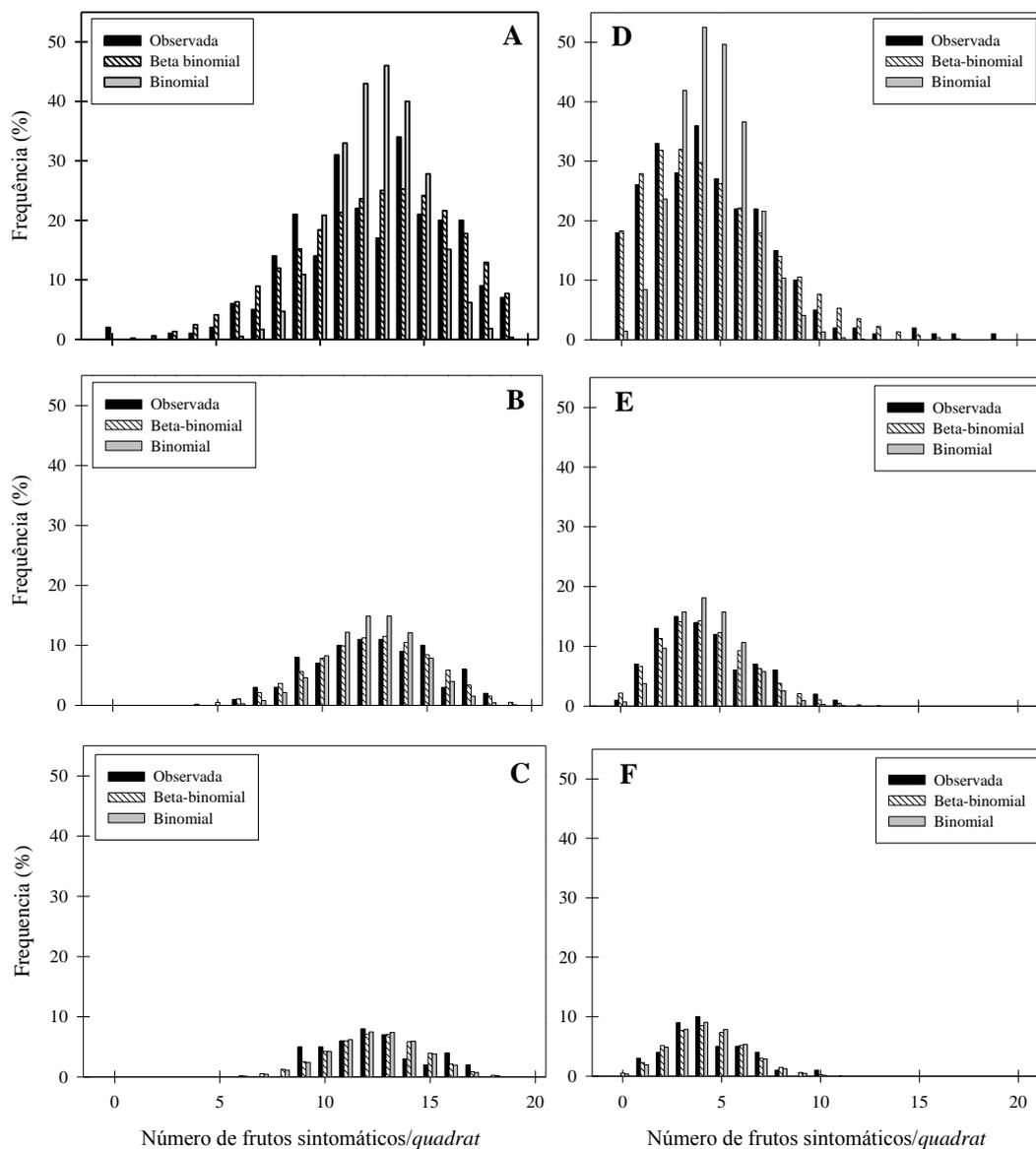


FIGURA 16. Distribuição da frequência de maçãs cv. ‘Fuji’ com sintomas de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em função do tamanho dos *quadrats* e do ciclo avaliado. *Quadrats* com 1 planta, $n=20$ (A; D), três plantas, $n=60$ (B; E) e, seis plantas, $n=120$ (C; F). Nos ciclos de 2006/07 (A, B e C) e 2007/08 (D, E e F). Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.

Apesar da diferença na intensidade da doença entre os ciclos, os dados observados ajustam-se à distribuição beta-binomial, indiferente ainda ao tamanho do *quadrat*, reforçando o padrão agregado da doença (Tabela 1). Os valores do índice de

dispersão (D) sugerem o padrão agregado, exceto para o *quadrat* 2x3 que, em ambos os ciclos, não se diferenciou estatisticamente de 1, sugerindo aleatoriedade.

TABELA 1. Análise de padrão de distribuição espacial da incidência de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em maçãs ‘Fuji’ em pomar comercial em função do ciclo e dos tamanhos dos *quadrats*. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

Ano	Quadrat ^b	Parâmetros estimados ^a (desvio padrão)		Ajuste à distribuição beta-binomial			Índice de dispersão		
		<i>P</i>	θ	χ^2	df	<i>P</i> ^c	<i>D</i>	χ^2	<i>P</i> ^d
2006/07	1x1	0.639 (0.001)	0.113 (0.015)	19.59	12	0.07	2.94	738.13 251 df	<0.001
	1x3	0.619 (0.015)	0.037 (0.001)	4.120	7	0.77	1.70	141.28 83 df	<0.001
	2x3	0.617 (0.018)	0.005 (0.013)	3.146	3	0.48	1.22	50.16 41 df	0.180
2007/08	1x1	0.227 (0.009)	0.117 (0.015)	6.029	10	0.81	2.84	713.43 251 df	<0.001
	1x3	0.213 (0.013)	0.032 (0.013)	1.860	5	0.87	1.51	125.99 83 df	<0.001
	2x3	0.213 (0.015)	0.007 (0.012)	1.557	3	0.67	1.12	45.75 41 df	0.337

^a Amostra baseadas em N (plantas) = 252 no *quadrat* 1x1; N = 84 no *quadrat* 3x1 e; N = 42 no *quadrat* 3x2 sendo que de cada planta foram coletados 20 frutos.

^b Parâmetros da distribuição beta-binomial, ρ e θ e seus desvios padrões, foram obtidos pela máxima probabilidade usando o programa estatístico BBD.

^c O nível de significância do ajuste estatístico do χ^2 com a indicação dos graus de liberdade são dados por P. Convencionalmente, $P > 0.05$ indicam ajuste aceitável ao modelo.

^d O nível de significância do índice de dispersão (D) é dado pelo valor P. Convencionalmente, $P < 0.05$ indicam valores de D estatisticamente diferentes de 1 e, portanto, padrão agregado.

Na medida em que o número de unidades amostradas em um *quadrat* foi expandido, os valores de θ e de D decresceram, em valores muito similares em ambos os ciclos, sugerindo mudança no padrão de agregação para a aleatoriedade (Figura 17).

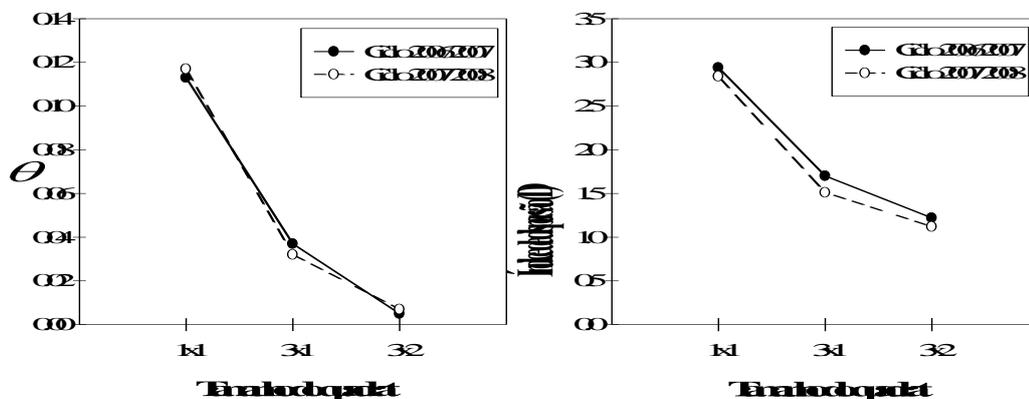


FIGURA 17. Relação entre o tamanho do *quadrat*, variando de uma a seis plantas adjacentes, e os valores de D (índice de dispersão) e θ de um modelo beta-binomial ajustado para dados de incidência de F&SM (n=20, 90 e 120) por planta em frutos de um pomar de macieira cv. 'Fuji'. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

Seguindo metodologia apresentada por Gosme *et al.* (2007), o tamanho médio dos focos de F&SM foi de 2 m², uma vez que no *quadrat* 1x1 foi observado o maior valor de D (Figura 18). Este comportamento foi observado em ambos os ciclos, indiferente, assim, à intensidade da doença observada.

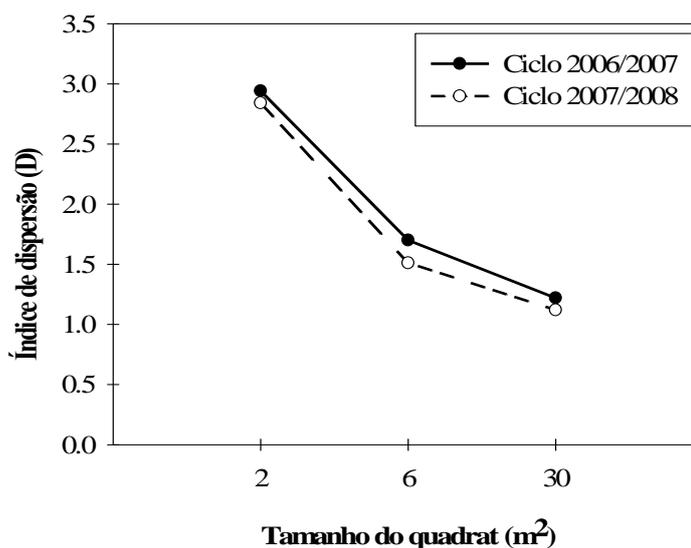


FIGURA 18. Relação entre o tamanho do *quadrat* (m²) e o índice de dispersão (D) indicando o tamanho médio do foco de F&SM. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

4.2.1.2 Análise geoestatística

Diferentes modelos foram ajustados aos dados de incidência de F&SM no estudo geoestatístico, em função do tamanho do *quadrat* e do ciclo avaliado (Tabela 2). No ciclo 2006/07 o modelo esférico foi o que apresentou o melhor ajuste para os tamanhos de *quadrat* 1x1 e 2x3. Já no segundo ciclo, o modelo Gaussiano, esférico e exponencial foram os que apresentaram os melhores ajustes para os *quadrats* 1x1, 1x3 e 2x3, respectivamente.

A dependência espacial da incidência de F&SM variou de 20 a 30 m no ciclo 2006/07. No ciclo seguinte estes valores foram maiores, variando de 23 a 73 m e, em ambos os ciclos, a variação observada foi função do tamanho do *quadrat*, reduzindo o alcance na medida em que se aumentou o tamanho do *quadrat* (Tabela 2).

TABELA 2. Coeficientes e parâmetros de semivariogramas isotrópicos, em função do tamanho dos *quadrats*, relativos à incidência de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em pomar comercial da cv. ‘Fuji’. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

Ciclo	Quadrat	Modelo	R ²	Efeito pepita (C ₀)	C ₁	Alcance (a)	Patamar (C ₀ +C ₁)	C ₀ /(C ₀ +C ₁)
2006/07	1x1	Esférico	0.996	245.20	96.99	30.79	342.19	0.72
	1x1	Exponencial	0.964	78.87	263.70	6.74	342.57	0.23
	1x1	Gaussiano	0.993	262.00	80.43	15.36	342.43	0.77
	1x3	Esférico	0.973	80.40	116.50	26.11	196.90	0.41
	1x3	Exponencial	0.989	0.00	197.20	6.74	197.20	0.00
	1x3	Gaussiano	0.979	60.43	136.40	11.61	196.83	0.31
	2x3	Esférico	0.953	0.00	138.00	20.08	138.00	0.00
	2x3	Exponencial	0.261	133.10	4356.2	50000.0	4489.30	0.03
	2x3	Gaussiano	0.299	133.70	50000	5807.60	50133.7	0.00
2007/08	1x1	Esférico	0.985	187.90	102.00	89.66	289.90	0.65
	1x1	Exponencial	0.984	184.80	167.50	79.35	352.30	0.52
	1x1	Gaussiano	0.986	206.00	86.12	46.36	292.12	0.71
	1x3	Esférico	0.974	74.07	78.21	73.02	152.28	0.49
	1x3	Exponencial	0.957	65.85	104.60	40.73	170.45	0.39
	1x3	Gaussiano	0.962	90.98	64.26	40.08	155.24	0.59
	2x3	Esférico	0.983	30.86	80.71	57.00	111.57	0.28
	2x3	Exponencial	0.990	7.81	112.00	23.01	119.81	0.06
	2x3	Gaussiano	0.979	48.40	64.73	30.42	113.13	0.43

Conforme a classificação proposta por Cambardella *et al.* (1994) a dependência espacial pode ser classificada como moderada para os *quadrats* de tamanho 1x1 e, 3x1, 3x2 no ciclo 2006/07 e 2007/08, respectivamente, e alta para os *quadrat* 3x1, 3x2 e, 1x1, respectivamente, no ciclo 2006/07 e 2007/08. Ainda, pode-se afirmar que na medida em que se aumenta o tamanho do *quadrat*, em ambos os ciclos, a variação justificada pela dependência espacial tende a aumentar, uma vez que a diferença entre C_1 e C_0+C_1 é reduzida progressivamente (Tabela 2). Os semivariogramas obtidos mostram o ajuste dos modelos aos dados, apresentando ainda patamares bem definidos, sendo típicos da ausência de gradientes de doença ou efeito de quebra-ventos (Chellemi *et al.*, 1988) (Figura 19).

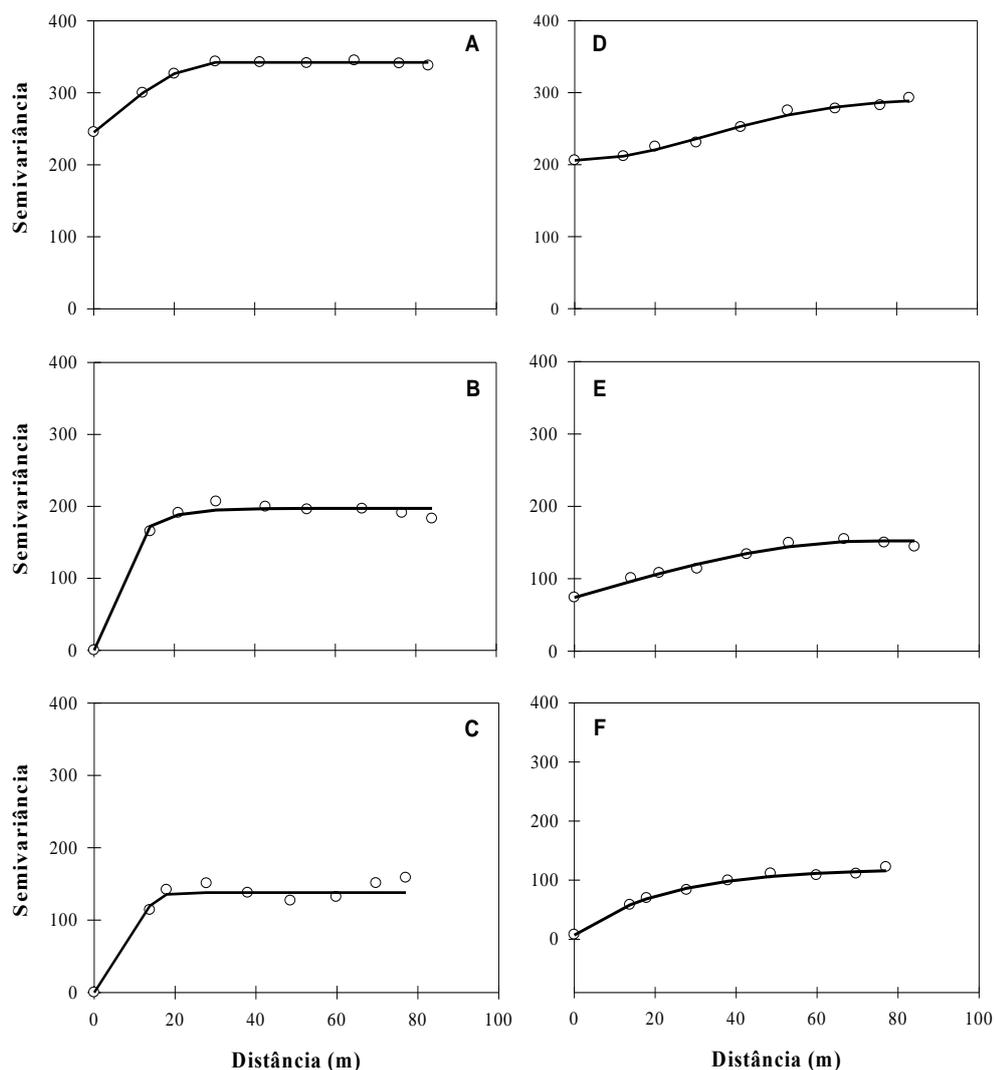


FIGURA 19. Semivariogramas de melhor ajuste à distribuição espacial de fuligem e sujeira de mosca (F&SM) em maçãs ‘Fuji’ nos ciclos 2006/07 (A, B e C) e 2007/08 (D, E e F) em função do tamanho dos *quadrats*; 1x1 (A e D); 1x3 (B e E) e, 2x3 (C e F). Semivariogramas com ajuste aos modelos Esférico (A, C e E), Gaussiano (D) e Exponencial (B e F). Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.

4.2.1.3 Análise de áreas isotópicas

Os gráficos de áreas isotópicas apresentam de forma clara a diferença de intensidade de F&SM entre os ciclos considerados. Em ambos os ciclos se percebem áreas com mais alta incidência, compondo focos da doença (Figura 20).

Apesar dos modelos de semivariogramas não indicarem o efeito do quebra-vento é possível verificar o possível efeito desses na projeção das áreas de maiores valores de incidência de F&SM. No ciclo 2006/07 focos da doença partiram de duas direções tangenciais aos quebra-ventos, porções SE e NO da área. No entanto, no ciclo 2007/08, quando o quebra-vento posicionado na porção NO foi eliminado (topo da Figura 20), este comportamento foi modificado, ficando restrito à porção SE.

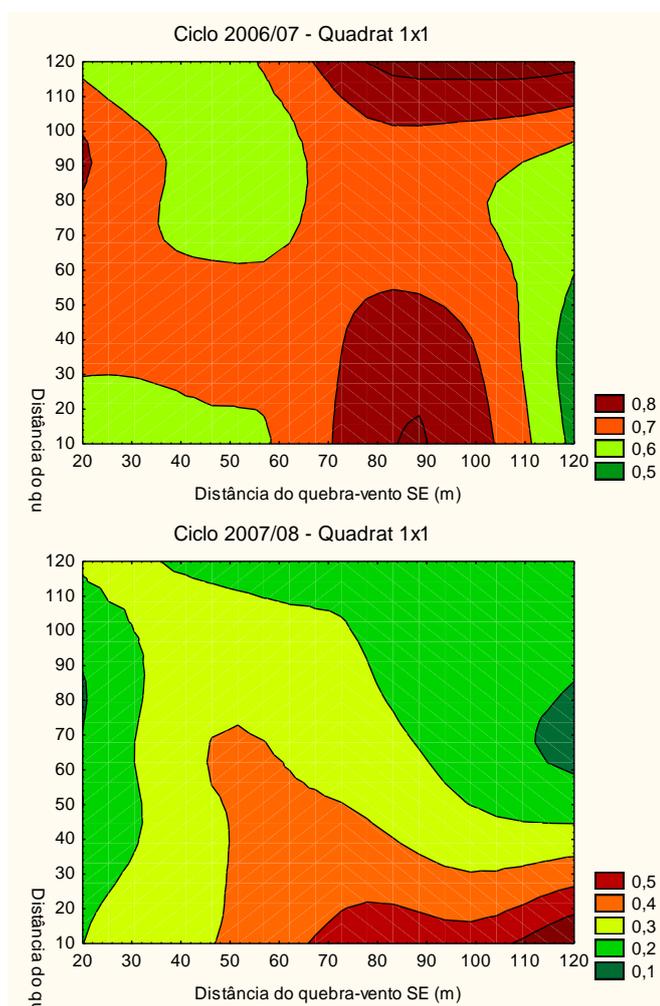


FIGURA 20. Áreas isópatas da incidência de F&SM (%) em maçãs 'Fuji' em um pomar comercial. N= 252; n = 20. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

4.2.1.4 Tamanho efetivo da amostra

Indiferente à intensidade da doença, o tamanho efetivo da amostra para a estimativa da incidência de e F&SM, pela equação de Madden & Hughes (1999), manteve-se constante entre os ciclos, sendo 11 o número de plantas a ser amostrado, considerando a coleta de 20 frutos por planta.

4.2.2 Discussão

A diferença na incidência da doença nos dois ciclos de cultivo pode estar relacionada às diferentes condições ambientais prevalentes em cada ciclo. Kirby (1954) observou que a incidência de fuligem no estado americano da Pensilvânia foi proporcional à quantidade de chuva nos três meses que antecedem a colheita. Na Alemanha, a chuva influenciou a incidência final de F&SM, normalmente mais alta em anos chuvosos que devem promover o incremento da doença com aumento de ciclos secundários (Späth & Mayr, 2008).

A análise espacial mostrou um padrão predominantemente agregado de F&SM em ambos os ciclos. A falta de relação entre a incidência de frutos sintomáticos e o padrão da distribuição foi também observada por Spósito (2003), estudando a pinta-preta dos citros (*Guinardia citricarpa*), sugerindo a importância de conídios no incremento da doença via ciclos secundários.

Conforme Hickey (1960) e Sutton (1990), os ciclos secundários são mais importantes que o estabelecimento das infecções primárias, para o incremento de F&SM. Estas inferências são baseadas na capacidade da dispersão de conídios ser mais limitada, normalmente à própria planta, devido à sua liberação ocorrer por respingos de chuva, resultando, geralmente, em padrões agregados da doença (Waggoner & Rich, 1981; Madden, 1992; Huber *et al.*, 1993).

Para várias doenças policíclicas em que a dispersão de conídios se dá pelos respingos da chuva, como a mancha foliar em morango, (causado por *Phomopsis obscurans*) (Turechek & Madden, 1999) ou a mancha do morango (causada por *Sphaerotheca macularis*) (Turechek & Madden, 2000) estudos de análise espacial mostraram padrão agregado em campos comerciais, com aumento da intensidade da agregação com a diminuição do tamanho do *quadrat*, conforme observado neste trabalho.

Esta variação do padrão de distribuição em função da escala, influenciando a heterogeneidade, é um fenômeno freqüentemente citado na literatura (Gosme *et al.*, 2007). Tal comportamento deve-se a influência que 'n' (número de frutos/*quadrat*) assume no valor do índice de dispersão (D), sendo que o valor de θ é ainda mais sensível a este comportamento e tipicamente reduz o seu valor com o incremento em n (Madden & Hughes, 1995). Isto justifica o fato de que a distribuição beta-binomial apresentou o melhor ajuste aos dados, independente do ciclo e do tamanho dos *quadrats* ($P > 0.05$), indicando agregação, ao contrário de D que, no *quadrat* 3x2 foi estatisticamente igual a 1 ($P > 0.05$) indicando aleatoriedade.

O tamanho médio dos focos, baseado no pico de D x tamanho do *quadrat*, sugere que o inóculo pode estar localizado e disperso de maneira desuniforme nas plantas dentro da área.

Caso as escalas espaciais fossem reduzidas para *quadrats* menores que uma planta (quadrantes no interior da copa) (Spósito, 2003), é possível que pudesse ser verificada agregação. Tal heterogeneidade poderia ser função de diferenças ambientais localizadas, como molhamento foliar ou ainda, devido à dificuldade de penetração de fungicidas no interior da copa (Ocamb-Basu *et al.*, 1988; Cooley *et al.*, 1997; Batzer *et al.*, 2008).

Alves *et al.* (2006) em estudo da distribuição espacial da antracnose do feijoeiro com técnicas de geoestatística ajustaram os dados de severidade da doença aos modelos exponencial e Gaussiano em função da data de avaliação do campo experimental. No entanto, os autores não discorreram sobre os fatores que afetaram a diferença de ajuste dos dados aos modelos; os quais muitas vezes não assumem significado biológico.

Por outro lado, os modelos selecionados neste estudo, cujo ajuste apresentou altos valores de R^2 , possuem como característica comum a presença de 'platôs', que correspondem à estabilização da semivariância, o que é típico de padrões espaciais independentes de efeito de borda ou que apresentem gradientes de doença (Chellemi *et al.*, 1988), esta afirmação foi confirmada por Gottwald *et al.* (1994) em estudo envolvendo a tristeza do citros na Espanha, no qual o modelo linear foi o que apresentou os melhores ajustes aos dados.

A faixa de dependência (alcance) entre as amostras foi maior no ciclo 2007/08 que no ciclo anterior (2006/07), estação de cultivo que teve a maior incidência de F&SM. A variação do alcance em função de ρ , provavelmente, é função do efeito dos quebra-ventos sobre a intensidade de F&SM, não como fonte de inóculo, mas como influência no microclima (Cooley *et al.*, 1997), explicando o fenômeno conforme se observa nos gráficos de áreas isópatas.

A heterogeneidade espacial de elementos do microclima pode influenciar nos padrões de distribuição espacial das doenças. No caso de pomares de macieira, uma variável crítica para o estabelecimento de infecções como a duração do período de molhamento foliar, pode apresentar significativa variabilidade em diferentes porções de uma mesma copa da planta, conforme verificado no estado americano de Iowa (Batzer *et al.*, 2008).

A definição da faixa de dependência espacial possibilita a oportunidade de estudos comparativos da variabilidade entre patógenos ou campos de cultivo, e que pode auxiliar em estudos de etiologia de doenças causadas por um complexo de organismos, como é o caso de F&SM (Batzer *et al.*, 2005).

O efeito pepita (C_0) está relacionado aos erros de amostragem; assim, o ideal é que o seu valor seja o mais próximo possível de zero (Hughes *et al.*, 1997a). Para reduzir estes erros é recomendável a utilização de escalas menores na amostragem, no caso, *quadrats/planta* (Challami *et al.*, 1988). Este é um fato que corrobora a indicação, dada neste estudo pelo índice de dispersão, quando associado ao tamanho de *quadrat*, com referência ao tamanho do foco.

A maior dependência espacial com o aumento do *quadrat* é função do estabelecimento de F&SM no pomar, uma vez que a cultura apresenta caráter perene e o pomar ter mais de 20 anos de idade. Essa relação entre agregação, hábito de cultivo e estabelecimento da doença também é citada por Nita *et al.* (2005) em estudos envolvendo a incidência de manchas e cancos de *Phomopsis viticola* em videira (*Vitis vinifera*).

A definição da heterogeneidade da distribuição espacial da incidência de uma doença gera informações que terão impacto direto sobre as metodologias a serem adotadas na amostragem, incluído o caminhamento na área e os métodos analíticos para a definição do tamanho efetivo da amostra (Madden & Hughes, 1999; Silva *et al.*, 2008). Dentre as metodologias utilizadas para a estimativa do tamanho da amostra, todas levam em consideração o erro relativo à média (Silva *et al.*, 2008), podendo estimar valores máximos permitidos a esta variação, tendo, no entanto, como principal limitação na estimativa do tamanho da amostra a intensidade da doença (Michereff *et*

al., 1988; Michereff *et al.*, 2008). Tal fato dificulta a adoção ampla da metodologia de amostragem por esta variar em função dos ciclos e dos campos a serem quantificados.

Desta forma, a principal vantagem na adoção da equação proposta por Madden & Hughes (1999) é a independência quanto ao nível de incidência de F&SM, uma vez que, mesmo variando entre 60% e 20% nos ciclos 2006/07 e 2007/08, o tamanho da amostra estimada manteve-se constante, como função na estabilidade do parâmetro de agregação (θ).

No estudo conduzido por Czermainski & Valdebenito-Sanhueza (2001), foi estimado o número de 14 plantas/2000 plantas como o tamanho ideal na detecção da podridão branca (PB) e podridão amarga (PA) em maçãs, coletando-se os mesmos 20 frutos/planta. Considerando a proporção de plantas/ha na área utilizada no presente estudo (1000 plantas/ha), a adoção de 11 plantas seria suficiente para amostrar com rigor F&SM, além de PB e PA, adotando-se nestes dois últimos casos o protocolo de detecção de infecções latentes para a podridão, após a quantificação de F&SM.

4.3 Experimento 3 - Estratégias de manejo de fuligem e sujeira de mosca

4.3.1 Resultados

4.3.1.1 Monitoramento do ambiente e da doença

Os primeiros sintomas de F&SM no primeiro ciclo foram detectados no dia 3 de março de 2007 após 120 dias da queda das pétalas (QP) quando foram contabilizados 528 h de molhamento foliar. Já no ciclo 2007/08 os primeiros sintomas foram observados no dia 22 de fevereiro de 2008, após o acúmulo de 478 h de molhamento foliar e 123 dias após a QP (Figura 21). Do total do acúmulo de horas de molhamento

foliar, 47,85% e 76,32%, respectivamente para os ciclos 2006/07 e 2007/08, foram devidos à formação do orvalho e não de precipitações. A incidência média de sujeira de mosca no ciclo 2006/07 foi de 2,5% na testemunha e abaixo de 1,0% nos tratamentos com fungicidas. No ciclo seguinte, os sintomas de sujeira de mosca foram observados apenas nas parcelas correspondentes à testemunha numa média inferior a 0,01%. Em ambos os anos houve predomínio de sintomas de fuligem no pomar.

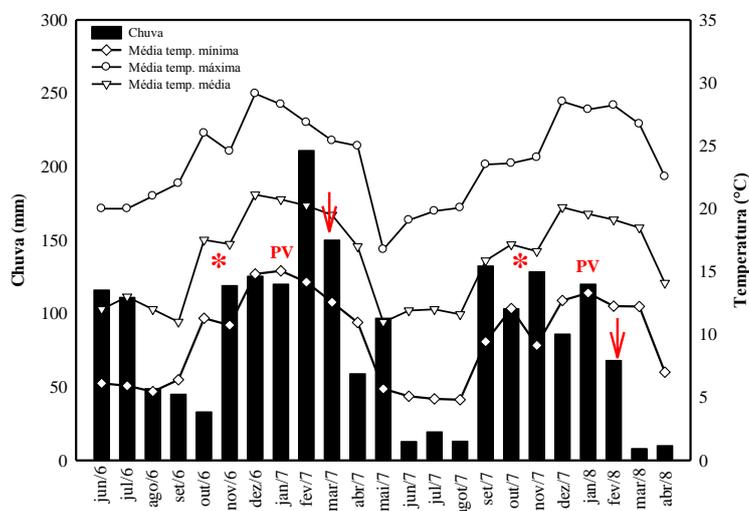


FIGURA 21. Condições ambientais e datas dos eventos: queda das pétalas (*), realização da poda verde (PV) e aparecimento dos primeiros sintomas de F&SM (seta). Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.

No período que vai da realização da poda verde ao final das avaliações de F&SM, no ciclo 2006/07, houve um total de 490 mm de chuva, contra 196 mm no ciclo seguinte. A diferença nas condições ambientais entre os ciclos e no critério de aplicação refletiu em diferenças no número de pulverizações realizadas (Tabela 3).

TABELA 3. Relação dos tratamentos fungicidas e do número de aplicações realizadas para a comparação da eficiência de controle e utilidade sistema de alerta para F&SM. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

Ciclo	Tratamento	Fungicida (p.a.)	Dose (g; mL p.c./100 L ou kg/ha)	Número de Aplicações
2006/07	Testemunha	Nda	Nda	0
	Captana + Ag Bem ^x	Captana	240 + 10	11
	Sist. + poda verde ^y	T. metílico + Captana	70 + 240	5
	Sist. sem a poda verde ^y	T. metílico + Captana	70 + 240	5
	Produtor ^z	T. metílico + Fosfito de potássio	90 + 300	1
		T. metílico + Captana	90 + 240	2
		Mancozeb	200	4
		Mancozeb + Clorotalonil	200 + 150	1
2007/08	Testemunha	Nda	Nda	0
	Captana + Ag Bem ^x	Captana	240 + 10	9
	T. metílico + Captan ^w	T. metílico + Captana	70 + 240	9
	Sist. + poda verde ^y	T. metílico + Captana	70 + 240	3
	Sist. sem a poda verde ^y	T. metílico + Captana	70 + 240	3
	Produtor ^z	Metiran	3	2
		Captana	240 + 10	4
		Pirimetanil + Hidróxido de cobre	100 + 250	1

^x Aplicações feitas a cada 14 dias ou 50 mm (6/dez., 20/dez., 3/jan., 6/jan., 12/jan., 25/jan., 6/fev., 26/fev., 7/mar., 12/mar., 22/mar. e 19/dez., 17/dez., 10/jan., 21/jan., 7/fev., 15/fev., 21/fev., 6/mar., 20/mar., nos ciclos 2006/2007 e 2007/2008, respectivamente). ^y Aplicações conforme o acúmulo de 175 h de molhamento foliar (29/nov., 27/dez., 6/fev., 1/mar., 22/mar. e 19/dez., 16/jan., 15/fev., nos ciclos 2006/2007 e 2007/2008, respectivamente). ^w Aplicações feitas a cada 14 dias ou 50 mm (19/dez., 17/dez., 10/jan., 21/jan., 7/fev., 15/fev., 21/fev., 6/mar. e 20/mar. no ciclo 2007/2008). ^z Aplicações de acordo com alertas (SISALERT) (7/dez., 15/dez., 20/dez., 3/jan., 15/jan., 8/fev., 17/fev., 7/mar. e 20/dez., 4/jan., 11/jan., 22/jan., 8/fev., 18/fev. e 13/mar. nos ciclos 2006/2007 e 2007/2008, respectivamente).

Assim, durante o ciclo 2006/07, utilizando-se do critério do calendário (Captana + Ag Bem) foram realizadas 11 aplicações, sendo que, pelo mesmo critério, este número foi igual a 9 no ciclo seguinte, assim como para o tratamento tiofanato metílico + captana (Tabela 3).

A estratégia adotada pelo produtor (PIM) resultou em oito aplicações com fungicidas no primeiro ciclo e sete no ciclo 2007/08, fazendo uso de fungicidas do grupo dos ditiocarbamatos (metiran e mancozeb), benzimidazóis (tiofanato metílico), anilopirimidinas (pirimetanil), dicarboximidas (captana), além de fosfito de potássio, sendo os tratamentos direcionados estrategicamente para o controle das podridões de verão. Durante o ciclo 2006/07, foram gerados cinco alertas para F&SM contra três no ciclo posterior, com base no modelo de previsão; indicando maior favorabilidade ambiental para a doença no primeiro ciclo avaliado.

4.3.1.2 Modelagem do progresso temporal de F&SM

A partir do momento da observação de F&SM nas parcelas correspondentes à testemunha, foram iniciadas as avaliações da incidência nos frutos para a modelagem do progresso temporal (Figura 22). Na primeira avaliação do ciclo 2006/07, feita no dia 3 de março de 2007, a incidência de F&SM nos frutos da testemunha já se apresentava superior a 55%, enquanto que nos demais tratamentos este valor situava-se próximo a 20%. Nesse momento os sintomas encontravam-se concentrados na região peduncular dos frutos e na porção mais interna e basal das plantas.

No mesmo ciclo, a incidência final na testemunha foi igual a 85%. Já nos tratamentos fungicidas a incidência de F&SM atingiu, no início de abril, valores próximos a 40%.

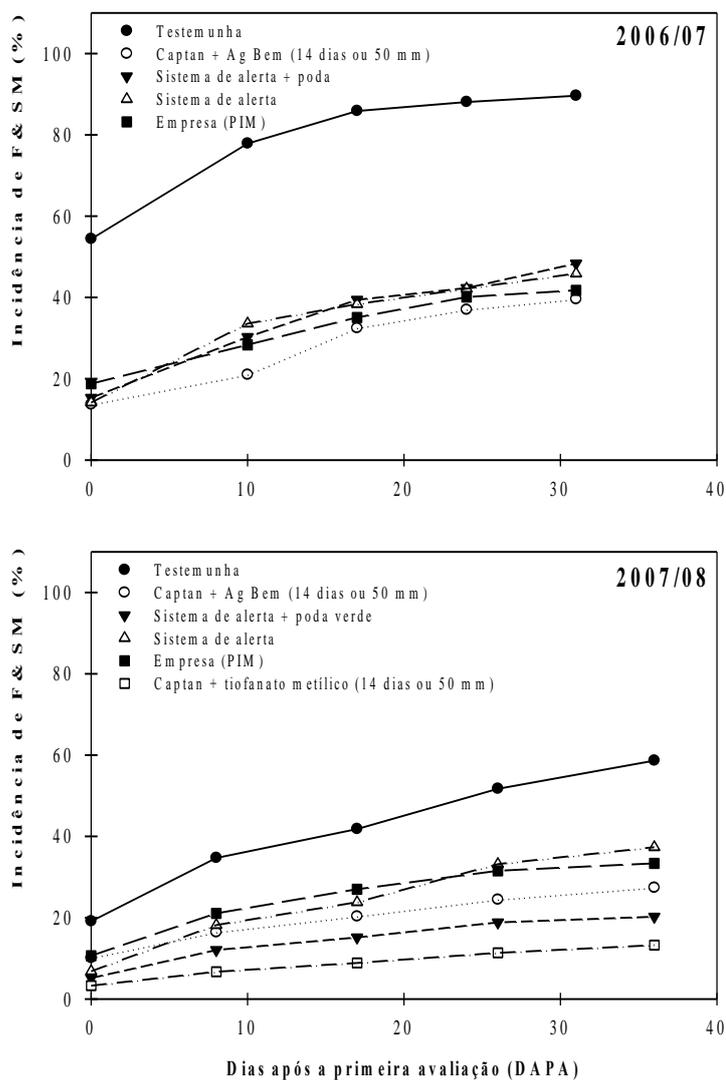


FIGURA 22. Curvas de progresso da incidência de F&SM em maçãs ‘Fuji’ em função dos tratamentos avaliados a partir de 5 de março e 22 de fevereiro nos ciclos 2006/07 e 2007/08, respectivamente. Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.

No ciclo 2007/08 a incidência inicial média de F&SM na testemunha foi de 20% e, nos demais tratamentos, inferior a 10%, mostrando padrões distintos no estabelecimento da doença entre os dois ciclos. Da mesma forma, a incidência final de F&SM no ciclo 2007/08 foi inferior àquela apresentada no primeiro, sendo de 60% na

testemunha e inferior a 40% nos demais, onde, com a aplicação seqüencial de tiofanato metílico + captana (a cada 14 dias ou 50 mm), este valor foi inferior a 10%.

O incremento na intensidade de F&SM ao longo do tempo seguiu um padrão muito similar nos dois ciclos, indiferente ao tratamento. Foi observada uma maior taxa de crescimento da doença nas primeiras avaliações, aproximando-se de um valor nulo na medida em que se avançava no tempo (Figura 22). Indiferente ao ciclo e estratégia adotada, o modelo monomolecular foi o que apresentou os melhores ajustes aos dados, tendo coeficientes de determinação superiores a 0,90 (Tabela 4). Pode-se observar, pelos valores médios de inóculo inicial (y_0) e taxa de progresso (r), que o estabelecimento e incremento de F&SM foram maiores no ciclo 2006/07 (Tabela 4).

TABELA 4. Parâmetros e coeficiente de determinação dos modelos Gompertz, exponencial, logístico e monomolecular ajustados por regressão linear aos dados de incidência de F&SM nos ciclos considerados em maçãs ‘Fuji’ de plantas com diferentes tratamentos fungicidas. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

Tratamento	Modelos	Inóculo inicial (1-b ₂)		Taxa de progresso (r)		R* ²	
		06/07	07/08	06/07	07/08	06/07	07/08
Testemunha	Gompertz	0,668	-0,402	0,057	0,030	0,941	0,955
	Exponencial	-0,513	-1,460	0,016	0,030	0,882	0,842
	Logístico	0,400	-1,219	0,066	0,047	0,928	0,916
	Monomolecular	0,913	0,241	0,050	0,018	0,953	0,986
Captan + Ag Bem	Gompertz	-0,679	-0,766	0,027	0,015	0,973	0,929
	Exponencial	-1,932	-2,140	0,037	0,026	0,955	0,870
	Logístico	-1,793	-2,018	0,050	0,032	0,965	0,894
	Monomolecular	0,139	0,121	0,013	0,006	0,977	0,973
Sist. de alerta Com poda verde	Gompertz	-0,557	-0,973	0,031	0,016	0,964	0,864
	Exponencial	-1,725	-2,655	0,037	0,035	0,906	0,738
	Logístico	-1,540	-2,581	0,053	0,040	0,939	0,821
	Monomolecular	0,184	0,091	0,016	0,011	0,988	0,974
Sist. de alerta Sem poda verde	Gompertz	-0,540	-0,860	0,029	0,027	0,897	0,909
	Exponencial	-1,730	-2,344	0,037	0,044	0,824	0,794
	Logístico	-1,530	-2,253	0,051	0,055	0,862	0,846
	Monomolecular	0,200	0,091	0,013	0,004	0,943	0,974
Produtor	Gompertz	-0,478	-0,680	0,022	0,019	0,975	0,830
	Exponencial	-1,596	-1,982	0,027	0,029	0,946	0,743
	Logístico	-1,380	-1,832	0,038	0,037	0,963	0,730
	Monomolecular	0,217	0,150	0,011	0,008	0,986	0,900
T. metílico + Captana	Gompertz	N.A	-1,161	N.A	0,014	N.A	0,908
	Exponencial	N.A	-3,184	N.A	0,037	N.A	0,849
	Logístico	N.A	-3,144	N.A	0,039	N.A	0,862
	Monomolecular	N.A	0,040	N.A	0,003	N.A	0,979

N.A. Tática não avaliada no ciclo 2006/07.

No ciclo 2006/07, a alta incidência de F&SM em função das condições ambientais mais favoráveis ao progresso de F&SM, associadas à variância intrínseca da incidência, pode ter reduzido a capacidade de discriminação das médias (Figura 23).

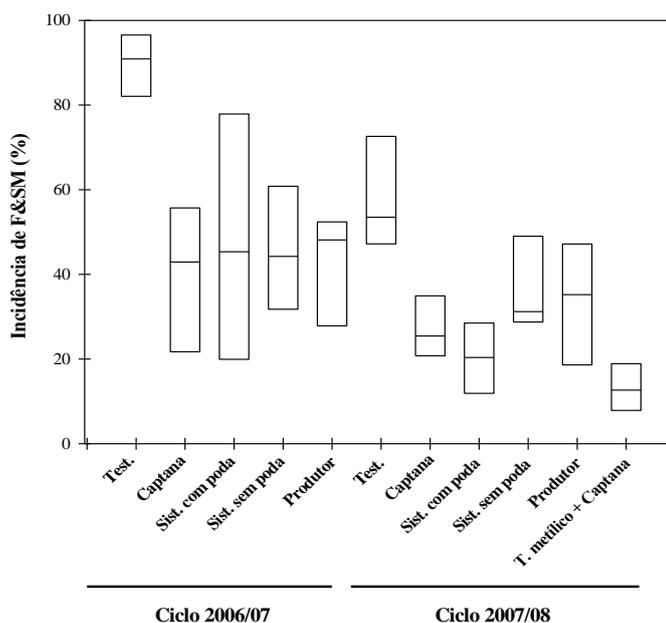


FIGURA 23. Variabilidade da incidência de F&SM em maçãs ‘Fuji’ submetidas a diversos tratamentos fungicidas nos ciclos de cultivo. Caixas correspondentes à incidência final de F&SM e linha transversal central à mediana dos dados (n=15). Linhas superiores e inferiores correspondem aos quartis de 75% e 25%, respectivamente. Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

No ciclo 2006/07 o uso do sistema de previsão para F&SM possibilitou uma redução de 55% no número de aplicações, quando comparado à aplicação de captana e, de 38% pelo uso do conjunto de critérios adotados pelo produtor, sem apresentar diferenças quanto aos valores correspondentes ao y_0 , r e incidência final (%), sendo que o controle relativo de F&SM foi igual a 60% nos tratamentos fungicidas (Figura 24). Em oposição, no ciclo 2007/08 foi possível discriminar melhor o efeito das táticas adotadas sobre os parâmetros da epidemia de F&SM (Figura 24). Nos três parâmetros (y_0 , r e y) no ciclo 2007/08, o tratamento testemunha foi o que apresentou os maiores valores, como no ciclo anterior, havendo, no entanto, diferença entre os tratamentos fungicidas avaliados (Figura 24).

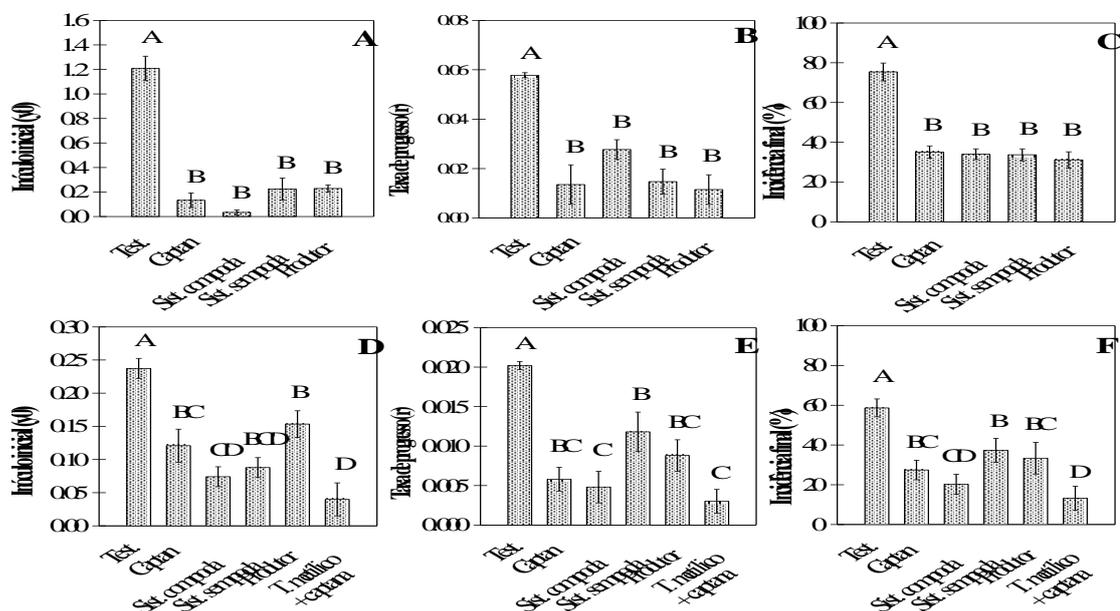


FIGURA 24. Análise do efeito das estratégias sobre o inóculo inicial (y_0), taxa de progresso (r) e incidência final (%) na epidemia de F&SM nos ciclos 2006/07 (A, B e C) e 2007/08 (D, E e F). Parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados de incidência ao modelo monomolecular. Colunas seguidas por letras distintas correspondem à significância estatística das médias pela DMS ($P < 0.05$). Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

A utilização da poda verde associada a três aplicações de fungicida, realizadas seguindo o sistema de previsão, reduziu o inóculo inicial e a taxa de progresso ao mesmo nível do apresentado com a utilização de nove aplicações sequenciais de tiofanato metílico em mistura com captana ou do tratamento com captana e espalhante adesivo (Figura 24). Ainda, a utilização da poda verde reduziu a taxa de progresso da epidemia quando comparado à utilização do sistema sem a adoção de tal prática, determinando ainda uma menor incidência final da doença. O sistema de previsão com a adoção da poda verde foi o único tratamento capaz de suprimir a incidência final ao mesmo nível do obtido pelo uso sequencial de tiofanato metílico em mistura com captana, permitindo, no entanto uma redução de 67% no número de aplicações.

4.3.1.3 Distribuição e severidade dos sintomas nos frutos

O tratamento fungicida influenciou o padrão de distribuição de F&SM nos frutos. Indiferente do ciclo, a maior incidência de F&SM, nos tratamentos fungicidas, foi observada na região peduncular das maçãs, enquanto que nos frutos sintomáticos provenientes da testemunha os sintomas encontravam-se distribuídos em toda a superfície (Tabela 5).

No primeiro ciclo de condução do experimento, o tratamento realizado conforme o sistema de alerta associado à poda verde foi capaz de reduzir a incidência de F&SM na região peduncular dos frutos, não havendo diferenças entre os tratamentos fungicidas para as demais porções do fruto ou combinações, exceto para a combinação P+E+C onde os tratamentos pelo sistema sem poda verde e o tratamento feito pelo produtor obtiveram as menores incidências (Tabela 5). No ciclo seguinte, 2007/08, houve uma concentração ainda maior da incidência de F&SM na região do pedúnculo, agora para todos os tratamentos, indiferente ao uso ou não de fungicidas. Especificamente para a região do pedúnculo, houve uma inversão dos resultados observados no ciclo 2006/07, onde o uso do sistema de alerta com a poda verde teve a maior incidência de F&SM entre todos os tratamentos. No entanto, tal tratamento, além do uso sequencial de Captana + Ag Bem foi o que possibilitou a menor distribuição dos sintomas nos frutos.

TABELA 5. Distribuição da incidência de F&SM em maçãs ‘Fuji’ em função das aplicações de fungicidas nas macieiras. Vacaria, RS. 2006/07 – 2007/08.

Ciclo	Tratamento	Distribuição da incidência de F&SM nos setores de cada maçã (%) ^L													
		P		E		C		P + E		P + C		E + C		P + E + C	
2006/07	Testemunha ^Y	15,6	Cb ^J	1,73	Ac	0,84	Ac	39,1	Aa	2,04	Ac	4,52	Ac	36,1	Aa
	Captana + Ag Bem ^Z	37,9	Aa	8,52	Acd	5,48	Ad	20,6	Bb	8,17	Ac	3,27	Ad	16,1	Bbc
	Sistema com poda verde ^W	29,3	Ba	11,7	Ab	4,47	Abc	32,7	Ba	4,21	Acd	2,7	Ad	15,1	Bb
	Sistema sem poda verde	51,5	Aa	8,72	Ac	3,75	Ac	25,4	Bb	3,75	Ac	2,44	Ad	4,47	Cc
	Produtor ^K	44,2	Aa	13,1	Abc	3,94	Ac	27,4	Bb	2,37	Ac	4,32	Ac	4,69	Cc
2007/08	Testemunha	55,21	Ca	1,20	Cd	1,53	Bd	15,34	Ac	1,25	Bd	3,99	Bd	21,46	Ab
	Captana + Ag Bem	63,73	Ba	9,80	Bb	1,96	Bc	7,35	Cb	6,37	Ab	4,41	Bb	6,37	Db
	Sistema com poda verde	71,70	Aa	1,67	Cc	1,50	Bc	7,33	Cb	6,67	Ab	7,33	Ab	4,16	Db
	Sistema sem poda verde	57,13	Ca	6,86	Bd	2,29	Bd	10,51	Bc	4,48	Ad	1,37	Cd	17,37	Bb
	Produtor	47,61	Da	12,99	Ac	3,90	Ad	8,23	Bc	4,76	Ad	3,90	Bd	18,61	Ab
	Tiofanato metílico + Captana ^Z	61,17	Ba	9,41	Bb	4,00	Ac	5,65	Cc	2,35	Bc	4,71	Bc	12,71	Cb

^LIncidência de F&SM na região peduncular (P); região equatorial (E); na região do cálice (C); na região peduncular e equatorial (P+E); na região peduncular e no cálice (P+C); na região equatorial e no cálice (P+C) e nas três regiões do fruto (P+E+C). ^Y Sem aplicação de fungicidas durante o período considerado no experimento. ^Z Aplicações a cada 14 dias ou 50 mm de chuva acumulado. ^W Aplicações conforme o acúmulo de horas de molhamento foliar com ou sem a execução da poda verde. ^K Aplicações com fungicidas segundo critérios estabelecidos pela empresa tendo por base na tomada de ação os alertas emitidos pela rede SISALERT para as doenças com modelos inseridos na plataforma. ^J Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si dentro de um mesmo ciclo pela DMS ($P < 0,05$).

Na testemunha foi observada uma maior severidade da doença em todas as porções da maçã em ambos os ciclos, sendo maior na região do pedúnculo e equatorial do que na parte do cálice (Tabela 6). Nos tratamentos com fungicidas a maior severidade foi observada na região do pedúnculo, exceto para os frutos provenientes do tratamento pelo sistema (indiferentes à realização da poda) do ciclo 2007/06 e ao uso do sistema com a poda verde no ciclo 2007/08.

TABELA 6. Severidade de F&SM em maçãs ‘Fuji’ dos tratamentos realizados nas macieiras durante dois ciclos consecutivos na região de Vacaria, RS. 2006/07 - 2007/08.

Ciclo	Tratamento	Severidade de F&SM (%) ^X					
		Pedunculo		Equatorial		Cálice	
2006/07	Testemunha ^Y	3,10	Aa ^J	3,30	Aa	2,50	Ab
	Captana + Ag Bem ^Z	2,50	Ba	1,80	Cb	2,10	Bb
	Sist. com poda verde ^W	2,30	Ba	2,20	BCa	2,20	Ba
	Sist. sem poda verde	2,50	Ba	2,50	Ba	1,70	BCb
	Produtor ^K	2,30	Ba	2,10	BCb	1,60	Cc
2007/08	Testemunha	3,00	Aa	2,50	Ab	2,30	Ab
	Captana + Ag Bem	2,10	Ba	1,50	Bb	1,70	Bb
	Sist. com poda verde	1,00	Da	1,30	Ca	1,40	Ba
	Sist. sem poda verde	2,20	Ba	1,90	Bb	1,80	Bb
	Produtor	2,40	Ba	1,80	Bb	1,40	Bb
	T. metílico + Captana ^Z	1,80	Ca	1,00	Cb	1,30	Bb

^X Notas baseadas na escala proposta por Horsfall & Barrat (1945) onde, (nota – intervalo da severidade): 1 (0 a 3%); 2 (3 a 6%); 3 (6 a 12%); 4 (12 a 25%); 5 (25 a 50%) e 6 (>50%).

^Y Sem aplicação de fungicidas durante o período considerado no experimento.

^Z Aplicações a cada 14 dias ou 50 mm de chuva acumulado

^W Aplicações conforme o acúmulo de horas de molhamento foliar com ou sem a execução da poda verde.

^K Aplicações com fungicidas segundo critérios estabelecidos pela empresa tendo por base na tomada de ação os alertas emitidos pela rede SISALERT para as doenças com modelos inseridos na plataforma.

^J Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si dentro de um mesmo ciclo pela DMS ($P < 0,05$).

A severidade destas doenças não foi afetada, em função das partes do fruto, no tratamento com o uso do sistema em conjunto com a realização da poda verde no ciclo 2007/08, sendo este tratamento o que possibilitou a maior redução da severidade na região do pedúnculo. Ainda no mesmo ciclo, na região mediana dos frutos, os tratamentos com o uso do sistema e poda, assim como o uso de tiofanato metílico + captana foram os mais eficientes em reduzir a severidade de F&SM, não havendo efeito dos tratamentos fungicidas na redução da severidade na região do cálice (Tabela 6).

4.3.2 Discussão

Os primeiros sintomas de F&SM observados neste estudo ocorreram acima do limiar de acúmulo de molhamento foliar estabelecido por Brown & Sutton (1995), situando-se entre 200 – 250 h de molhamento foliar. Conforme os autores, o limiar varia em função do inóculo, onde, em condições de baixa concentração desse é possível usar limiares mais altos para a aplicação de fungicidas benzimidazóis, pois os mesmos têm propriedades erradicantes contra F&SM (Hickey, 1977; Brown & Sutton, 1993; Rosenberger *et al.*, 1999).

Hartman (1995) no estado americano de Kentucky não observou diferença na incidência de F&SM com aplicações erradicantes (Ziram + tiofanato metílico) com acúmulo de 56 h ou de 176 h de molhamento foliar tendo, em ambos os casos, obtido controle superior a 83%. A condição constatada no presente estudo se assemelha ao relatado por Trapman (2006), no leste europeu em que os primeiros sintomas de F&SM não são observados antes do acúmulo de 500 h de molhamento foliar.

Trapman (2004) em estudos de F&SM na Holanda, utilizando-se de um modelo de simulação, identificou de cinco a seis períodos de risco de infecção em pomares daquele país no ciclo 2003/04, corroborando com a necessidade de utilização de

aplicações norteadas pelo sistema de alerta, além de orientar apenas a primeira e a segunda aplicação.

As condições que definem a prevalência distinta de fuligem e sujeira de mosca entre regiões de cultivo ou entre pomares não são claras, sendo, no entanto, citadas as diferenças ambientais e de composição da flora vizinha ao pomar (Williamson & Sutton, 2000; Arias, 2007).

No único trabalho até então realizado no Brasil discriminando a incidência de fuligem e sujeira de mosca, Berton & Melzer (1989) citam, para parcelas da cv. 'Fuji' em estudo de validação de sistema de alerta para sarna no ciclo 1983/84, na região de Caçador-SC, a incidência de 61,50% e 83%, respectivamente para fuligem e sujeira de mosca. Padrão oposto foi observado neste estudo, no qual sintomas de sujeira de mosca foram raramente observados.

A avaliação de sistemas de alerta como ferramentas para a orientação do número de aplicações com fungicidas é geralmente feita com a comparação de critérios baseados em guias de aplicações (Llorente *et al.*, 2000). Dentro do conceito de racionalidade no uso dos fungicidas assume-se que a utilização de tais ferramentas deve ser equacionada pelas condições ambientais e o risco, onde, a vantagem da utilização de sistemas de alerta é maior para anos com menor risco para a doença, tendo por base as condições ambientais desfavoráveis (Duttweiler *et al.*, 2008). Tal comportamento foi observado neste estudo, onde no ciclo 2007/08 a utilização do sistema possibilitou maior redução no uso de fungicidas quando comparado ao critério por calendário, sem afetar o nível de controle da doença.

Além disto, a comparação da eficiência do modelo e do critério utilizado atualmente pelos produtores, neste trabalho representado pelos alertas emitidos pela rede SISALERT, auxilia na identificação do potencial que medidas específicas têm no

controle de F&SM. Assim, pela inserção do modelo para F&SM na rede SISALERT, o usuário das informações geradas pela plataforma deverá utilizá-las de forma integrada, baseando-se na eficiência e no residual dos fungicidas utilizados para o controle das demais doenças alvo (Arauz *et al.*, 1990).

Dentre os princípios ativos utilizados pelo produtor durante os dois ciclos, os fosfitos de potássio e os ditiocarbamatos poderiam ser utilizados de forma integrada na visão estratégica do sistema de alerta para o controle de F&SM, pois apresentam efeito comprovado no controle destas doenças (Boneti & Katsurayama, 1999; Boneti & Katsurayama, 2002; Grabowski & Wrona, 2004), além de já serem recomendados para o controle das principais doenças da macieira no sul do Brasil, como a sarna da macieira (causada por *Venturia inaequalis*), mancha da Gala (*Colletotrichum gloeosporioides*), podridão amarga (*Glomerella cingulata/C. gloeosporioides*), podridão ‘olho de boi’ (*Cryptosporiopsis perennans*) e podridão branca (*Botryosphaeria dothidea*) (Boneti & Katsurayama, 1999; Boneti & Katsurayama, 2002; Crusius *et al.*, 2002; Valdebenito-Sanhueza *et al.*, 2006; Araújo *et al.*, 2008).

Entre os fungicidas com ação sobre F&SM com eficiência comprovada para outras doenças da macieira ocorrentes no Brasil, têm-se as estrobilurinas, sendo que trifloxistrobin e kresoxim-metil apresentam efeito similar aos benzimidazóis no controle de F&SM (Babadoost *et al.*, 2004). O fungicida captana quando não aplicado em mistura tem ação nula no controle de F&SM, indiferente à taxa de aplicação (sete ou 14 dias), principalmente em anos chuvosos (Brown & Sutton, 1986; Boneti & Katsurayama, 1999; Sutton *et al.*, 2005).

No entanto, a utilização do adjuvante Ag Bem neste trabalho possibilitou maior eficiência do fungicida, uma vez que afetou os parâmetros da epidemia quando comparados à testemunha. A maior limitação do captana no manejo de F&SM seria o

baixo período residual (Williamson & Sutton, 2000). Conforme Xiang-Ming *et al.* (2008), cerca de 50% do captana pode ser lavado das folhas e dos frutos de macieira após 1 mm de chuva, tendo na ausência desta uma meia-vida de 70 dias, com uma estimativa de perda diária de 1% do princípio ativo. No entanto, a utilização do adjuvante possibilita o incremento no período residual do fungicida (Schwabe, 1983).

Aparentemente, a utilização de Captana + Ag Bem apresenta uma capacidade de controle de fuligem superior à mistura de Captana com fungicidas do grupo dos triazóis, como é o caso do tebuconazole (Jones *et al.*, 1993).

Com relação ao progresso temporal, o modelo monomolecular é normalmente descrito para doenças monocíclicas, onde a o progresso da doença é função do inóculo inicial ou ainda para doenças com período de incubação variável em função do estágio fenológico do hospedeiro (Bergamin Filho & Amorim, 1996; Bergamin Filho & Amorim, 2002) o que parece determinar o ajuste de F&SM ao referido modelo.

No entanto, apesar de F&SM serem doenças polícíclicas, o modelo monomolecular foi o que apresentou o melhor ajuste em ambos os ciclos considerados, indiferente do manejo das doenças. Os dados do presente trabalho vão ao encontro do discutido por Laranjeira *et al.* (2003) onde em estudo com a clorose variegada dos citros (CVC) (*Xilella fastidiosa*) no estado de São Paulo traçaram uma linha de raciocínio destacando o caráter biológico do modelo monomolecular, selecionado para descrever o progresso temporal do referido patossistema.

Conforme os autores, na epidemiologia botânica é comum a simplificação de que, para os modelos sigmóides (logístico e Gompertz, por exemplo), sítios infetados servem como fonte de inóculo num mesmo ciclo. No caso da CVC essa simplificação é inválida, pois plantas sintomáticas são fonte de inóculo para plantas sadias de uma mesma área, mas, em função do longo período de incubação, não seria possível a

manifestação de sintomas em ciclo secundário no período de tempo que cada segmento das curvas abrangeu. Esta mesma linha de raciocínio pode ser estabelecida para F&SM neste estudo, pelo longo período de incubação destas doenças (48 dias), superior ao período considerado nas avaliações do progresso temporal realizadas no presente experimento.

Ainda conforme Laranjeira *et al.* (2003), é possível admitir que as curvas ajustadas ao modelo monomolecular são, possivelmente, um reflexo da interação entre fenologia da planta, clima e manifestação de sintomas, justificando assim, o critério de aparecimento dos primeiros sintomas de F&SM para balizar o sistema de previsão, ratificando a qualidade biológica do ajuste do modelo aos dados observados.

Assim, segundo Grabowski & Wrona (2004) e Wrona (2004) o maior desenvolvimento de F&SM no período final de maturação ocorre pelo aumento na concentração de açúcares na superfície dos frutos.

Trapman (2006) avaliando o progresso temporal de F&SM em pomares orgânicos na Holanda observaram que ‘houve um imenso incremento da incidência de F&SM no mês que antecedeu a colheita’ onde, pela análise gráfica dos gráficos; uma vez que os autores não realizaram a análise de ajuste dos dados aos modelos de progresso temporal; o modelo monomolecular explicaria também naquela situação o desenvolvimento temporal destas doenças.

O efeito da poda de inverno ou poda de verão, sobre a incidência de F&SM é dependente das condições ambientais durante o desenvolvimento dos frutos onde, em condições extremamente condutivas às doenças, o efeito pode ser nulo (Ocamb-Basu *et al.*, 1988), pela incapacidade da poda em alterar significativamente o microclima (Cooley *et al.*, 1997). Assim, é provável que a poda de verão tenha maior impacto no manejo destas doenças em anos ou locais onde o período de molhamento foliar é função

basicamente da formação do orvalho e não da ocorrência de precipitações, como é na região do meio-oeste norte americano (Duttweiler *et al.*, 2008). Assim, Ocamb-Basu *et al.* (1988) observaram que em anos de alto regime pluviométrico a poda não tem efeito sobre a intensidade de F&SM. Desta forma, no ciclo 2006/07 a poda não afetou os parâmetros da epidemia com as aplicações pelo critério do sistema de alerta, oposto daquilo observado no ciclo seguinte, provavelmente pela diferença na pluviosidade.

O momento da realização da poda, provavelmente, pela biologia dos agentes causais, discrimina a influência desta prática nos parâmetros epidemiológicos y_0 e r , sendo a poda de inverno mais efetiva na redução do inóculo e a de verão na taxa de progresso (Ocamb-Basu *et al.*, 1988; Cooley *et al.*, 1997). Assim, no presente estudo, a realização da poda verde, comparando a incidência de F&SM nos tratamentos com o sistema de alerta, foi capaz de reduzir a taxa, mas não o inóculo inicial e, até onde se conhece, este é o primeiro relato descritivo destes parâmetros epidemiológicos de F&SM.

A variação da incidência de F&SM em função das porções do fruto é citada por Trapman (2004), sendo que, conforme o autor, maior incidência e severidade destas doenças ocorrem na região do pedúnculo ou nas porções em que há contato dos frutos, locais nos quais, os períodos de molhamento seriam subestimados pelos sensores de molhamento foliar. Apesar de o autor citar este fenômeno, não o quantificou. Assim, o presente trabalho ratifica as hipóteses elaboradas por Trapman, mostrando ainda que, as práticas culturais e regime de aplicações influenciam neste comportamento, quantificando-o, onde, em verões com índice pluviométrico abaixo do normal, como o caso do verão do ciclo 2007/08, até 71% dos frutos doentes no tratamento com a poda de verão e uso do sistema de alerta, tem a presença dos sintomas apenas na região do pedúnculo.

Além do prolongamento no período de molhamento, a maior incidência de F&SM na região do pedúnculo pode estar associada à incapacidade de penetração dos fungicidas. Assim, Colley *et al.* (1997) em estudo do efeito da poda verde sobre F&SM em macieiras ‘Golden Delicious’ observaram que, com a realização da poda verde, houve um aumento de 30% ($P=0,01$) na deposição de fungicidas. Desta forma, além da variabilidade na distribuição de fungicidas na planta, é provável que exista ainda em escalas menores, como no fruto (Xu *et al.*, 2006).

O resultado de Colley *et al.* (1997) pode embasar a explicação da menor incidência de F&SM no ciclo 2006/07 na região do pedúnculo com o tratamento conforme o sistema de previsão e a realização da poda verde. Desta forma, além da poda verde e da realização adequada do raleio, a utilização de fitohormônios/reguladores de crescimento que incrementem o tamanho do pedúnculo é uma prática cultural que deveria ser avaliada no manejo de F&SM.

Batzer *et al.* (2008) mostraram que o simples posicionamento dos sensores de molhamento foliar pode influenciar a eficiência do sistema de previsão em regiões com clima similar à região de Iowa, onde, dependendo do local, existe uma diferença de até 30 dias para o acúmulo de molhamento foliar utilizado como limiar para a aplicação (175 h). Ainda segundo os autores, tal variação do molhamento foliar dentro da copa da planta será tanto maior a dependência da formação do orvalho para que seja computado o molhamento foliar. Assim, em função da variabilidade espacial do molhamento foliar os autores sugerem a utilização do período de UR do ar $\geq 97\%$ como parâmetro a ser utilizado no sistema.

O mesmo grupo mostrou posteriormente que, de tal forma, a acurácia na previsão dos primeiros sintomas de F&SM em Iowa foi incrementada, mas não na

Carolina do Norte, onde a pluviosidade no verão é maior, reduzindo a importância do orvalho para o molhamento foliar (Duttweiler *et al.*, 2008).

Assim, é provável que na região nordeste do Rio Grande do Sul, onde períodos de estiagem são comuns durante a fase final de maturação dos frutos, principalmente em anos de La Niña (Berlato & Cordeiro, 2008), pode haver diferença entre os ciclos quanto à qualidade da informação gerada pelo sistema utilizando o molhamento foliar como indicativo de água livre na superfície dos frutos.

A maior distribuição de sintomas nos frutos provenientes da testemunha indica que há autoinfecção, sendo que, desta forma, a região do pedúnculo pode agir como fonte de inóculo, incrementando a severidade de F&SM, e reduzir o efeito dos tratamentos fungicidas (Berger *et al.*, 1997). A severidade de F&SM pode ser um dos componentes mais importantes para a avaliação dos efeitos das práticas de controle (Batzer *et al.*, 2002), uma vez que a proporção do fruto coberta pelos sintomas é o principal fator que determina a rejeição por parte do consumidor no momento da compra (Yue *et al.*, 2005), além de poder descrever melhor a epidemia em anos ou locais com alta pressão de inóculo (Berger *et al.*, 1997).

Assim, Yue *et al.* (2005), cita que os consumidores de maçãs em Iowa, EUA, estariam dispostos a comprar e até pagar mais por frutos com limite de 9% da superfície afetada por F&SM, desde que os frutos fossem provenientes de pomares orgânicos, quando comparados a maçãs provenientes de cultivos convencionais sem sintomas destas doenças.

Assim, fica claro que existe a necessidade de estabelecer uma relação entre danos e perdas para F&SM, para que as medidas de controle possam ser comparadas quanto às vantagens econômicas. Para isto, seria importante a elaboração de uma escala diagramática uma vez que os trabalhos até então envolvendo severidade de F&SM,

inclusive este, utilizam-se de notas de intensidade, sem haver, no entanto, uma validação do método quanto à mensuração, o que dificulta a repetibilidade e a comparação de trabalhos, incluindo aí estudos de resistência varietal, progresso temporal ou eficiência de fungicidas (Sutton *et al.*, 2005; Belasque Júnior *et al.*, 2005; Hartman, 2006; Mayr & Späth, 2008; Späth & Mayr, 2008).

5 CONCLUSÕES GERAIS

Apesar de serem consideradas doenças de importância secundária no sistema de cultivo do Sul do Brasil, os dados obtidos neste estudo mostram os danos quantitativos ocasionados por F&SM sob condições favoráveis mesmo com as medidas de controle adotadas.

A disponibilidade do inóculo e o estabelecimento das infecções, tão logo do início da formação dos frutos, ratificam a informação obtida no hemisfério Norte, independente da possível variabilidade dos agentes etiológicos entre as duas regiões, ainda não estudada no Brasil.

O padrão agregado destas doenças em um pomar pode ser devido à influência de condições ambientais variáveis no interior do pomar.

A utilização de limiares de ação para o controle de F&SM não é recomendável em função das características do progresso temporal, pelo longo período de incubação e pelo desenvolvimento dos sintomas em pós-colheita; ratificando assim, a importância do monitoramento das condições que influenciam o estabelecimento das infecções. As similaridades em alguns aspectos epidemiológicos de F&SM em regiões distintas como EUA, Europa e Brasil, justificam o sucesso na utilização do sistema de alerta nas condições da Região Nordeste do Rio Grande do Sul, onde as medidas de controle de F&SM devem ser integradas em um programa de controle de doenças de verão que assumem maior importância.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADREWS, J. H.; O'MARA, J. H.; MACMANUS, P. S. **Methionine-riboflavin and potassium bicarbonate - polymer sprays control apple flyspeck and sooty blotch.** Disponível em: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/apple/>. Acesso em 20 dez. 2007.

AGAPOMI - Associação dos Produtores de Maçã. **Contém informações institucionais, técnicas, notícias, publicações e dados estatísticos.** Disponível em: <http://www.agapomi.com.br>. Acesso em 29 out. 2006.

AHIMERA, N.; GISLER, S.; MORGAN, D. P.; MICHAILEDIS, T. Effects of single-drop impactions and natural and simulated rains on the dispersal of *Botryosphaeria dothidea* conidia. **Phytopathology**, St. Paul, v. 94, n. 11, p. 1189-1197, 2004.

ALVES, M. C., POZZA, E. A., MACHADO, J. C., ARAÚJO, D. V., TALAMINI, V.; OLIVEIRA, M. S. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum spp.* transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 557-563, 2006.

ARAÚJO, L.; STADNIK, M. J.; BORSATO, L. C.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. Fosfito de potássio e ulvana no controle da mancha foliar da Gala em macieira. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 148-152, 2008.

ARIAZ, M. M. D. **Biogeografía y diversidad genética de las especies del complejo fúngico mancha negra (“sooty blotch”) y mancha de la mosca (“flyspeck”) de la manzana em la región este de los Estados Unidos.** Rodrigo Facio, 2007. 86 p. Dissertação (Mestrado) – Universidad de Costa Rica.

ARAUZ, L. F.; SUTTON, T. B.; POPE, L. R. Simultaneous use of infection criteria for three apple diseases for timing of fungicide sprays. **Phytopathology**, St. Paul, v. 80, n. 11, p. 1212-1218, 1990.

BABADOOST, M.; MACMANUS, P. S.; HELLAND, S. N.; GLEASON, M. L. Evaluating a wetness-based and reduced-risk fungicides to manage sooty blotch and flyspeck of apple. **Hortecchnology**, Alexandria, v. 14, n. 1, p. 51-57, 2004.

BAINES, R. C.; GARDNER, M. W. Pathogenicity and cultural characters of the apple sooty blotch fungus. **Phytopathology**, St. Paul, v. 22, n. 8, p. 937-952, 1932.

BATZER, J. C.; GLEASON, M. L.; WELDON, B.; DIXON, P. M.; NUTTER, F. W. Evaluation of postharvest removal of sooty blotch and flyspeck on apples using sodium hypochlorite, hydrogen peroxide with peroxyacetic acid, and soap. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 12, p. 1325-1332, 2002.

BATZER, J. C.; GLEASON, M. L.; HARRINGTON, T. C.; TIFFANY, L. H. Expansion of the sooty blotch and flyspeck complex on apples based on analysis of ribosomal DNA gene sequences and morphology. **Mycologia**, Lawrence, v. 97, n. 6, p. 1268-1286, 2005.

BATZER, J. C.; GLEASON, M. L.; TAYLOR, S. E.; KOEHLER, K. J.; MONTEIRO, J. E. B. A. Spatial heterogeneity of leaf wetness duration in apple trees and its influence on performance of a warning system for sooty blotch and flyspeck. **Plant Disease**, St. Paul, v. 92, n. 1, p.164-170, 2008.

BECKER, W. F.; KATSURAYAMA, Y.; BONETI, G. I. S. Sistema de previsão da mancha-foliar-da-gala em macieira, cultivar Gala. **Revista Agropecuaria Catarinense**, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 64-67, 2004.

BELASQUE JÚNIOR, J.; BASSANEZI, R. B.; SPÓSITO, M. B.; RIBEIRO, L. M.; JESUS JUNIOR, W. C.; AMORIM, L. Escalas diagramáticas para avaliação da severidade do cancro cítrico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 387-393, 2005.

BELDING, R. D.; BLANKENSHIP, S. M.; YOUNG, E.; LEIDY, R. B. Composition and variability of epicuticular waxes in apple cultivars. **Journal of American Society of Horticultural Sciences**, Alexandria, v. 123, n. 3, p. 348-356, 1998.

BELDING, R. D.; SUTTON, T. B.; BLANKENSHIP, S. M.; YOUNG, E. Relationship between apple fruit epicuticular wax and growth of *Peltaster fructicola* and *Leptodontidium elatius*, two fungi that cause sooty blotch disease. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, n. 7, p. 767-772, 2000.

BERGAMIN FILHO, A. **Curva de progresso da doença**. In.: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.) Manual de fitopatologia. São Paulo: Ceres, 1995. p. 672-690.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996. 299p.

BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; AMORIM, L.; LARANJEIRA, F. F. Análise espacial de epidemias. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 10, p. 155-218, 2002.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Epidemiologia comparativa entre os patossistemas temperado e tropical: conseqüências para a resistência a fungicidas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 119-127, 2001.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Doenças com período de incubação variável em função da fenologia do hospedeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 6, p. 561-565, 2002.

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. **Variabilidade climática e agricultura no Rio Grande do Sul**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/srm/novo/publicacoes/> Acesso em: 05 mar. 2009.

BERTON, O.; MELZER, R. **Sistema de alerta para o controle da sarna da macieira**. EMPASC: Florianópolis, 1989. 75 p.

BIFFI, L. J. **Mapeamento e análise espacial de variáveis de produção de maçã conduzida sobre pomar comercial na região de São Joaquim-SC**. Lages, 2006. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina.

BONETI, J. I.; KATSURAYAMA, Y. **Viabilidade do uso de fosfitos no manejo das doenças de macieira**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 5. 2002. Fraiburgo, SC. Anais...Fraiburgo: EPAGRI, 2002. v. 5 307p. p. 125-139.

BONETI, J. I.; KATSURAYAMA, Y. **Controle das doenças de verão da macieira (podridão amarga, podridão branca, fuligem e sujeira de mosca)**. In.: REUNIÃO ANUAL DE FITOSSANIDADE NA CULTURA DA MACIEIRA, 4., 1999, São Joaquim, SC. Anais...São Joaquim: EPAGRI, 1999. 40p. p. 24 – 28.

BROWN, E. M.; SUTTON, T. B. Control of sooty blotch and flyspeck of apple with captan, mancozeb, and mancozeb combined with dinocap in dilute and concentrate applications. **Plant Disease**, St. Paul, v. 70, n. 4, p. 281-284, 1986.

BROWN, E. M.; SUTTON, T. B. Time of infection of *Gloeodes pomigena* and *Schizothyrium pomi* on apple in North Carolina and potential control by an eradicator spray program. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 5, p. 451-455, 1993.

BROWN, E. M.; SUTTON, T. B. An empirical model for predicting the first symptoms of sooty blotch and flyspeck of apples. **Plant Disease**, St. Paul, v. 79, n. 11, p. 1165-1168, 1995.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CAMPBELL, C. L., MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990. 532 p.

CARISSE, O.; KUSHALAPPA, A. C. Development of an infection model for *Cercospora carotae* on carrot based on temperature and leaf wetness duration. **Phytopathology**, St. Paul, v. 80, n. 11, p. 1233-1238, 1990.

CESA, L. P.; JESUS JUNIOR, W. C.; BOGO, A.; LAZAROTO, A., SILVA, A.; AMARANTE, C. V. T. Análise temporal da sarna da macieira nas cultivares Royal Gala e Fuji sob os sistemas convencional e orgânico de produção. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 585-591, 2006.

CLEMENTS, J. M. An orchard system for monitoring and modeling apple scab, disseminating and modeling apple scab, model data regionally, and managing orchard fungicide use. Disponível em: <http://www.umass.edu/fruitadvisor/clements/> Acesso em: 25 marc. 2009.

CHAREST, J.; DEWDNEY, M.; PAULITZ, T.; PHILION, V.; CARISSE, O. Spatial distribution of *Venturia inaequalis* airborne ascospores in orchards. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 3, p. 769-779, 2002.

CHELLEMI, D. O.; ROHRBACH, K. G.; YOST, R. S.; SONODA, R.M. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens on diseased plants using geostatistics. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, n. 2, p. 221-226, 1988.

COOLEY, D. R.; GAMBLE, J. W.; AUTIO, W. R. Summer pruning as a method for reducing flyspeck disease on apple fruit. **Plant Disease**, St. Paul, v. 81, n. 10, p. 1123-1126, 1997.

COOLEY, D. R.; LERNER, S. M.; TUTTLE, A. F. Flyspeck epidemics I: measuring ascospore maturation of the causal fungus. **Fruit Notes**, Amherst, v. 69, n. 1, p. 5-11, 2004.

COOLEY, D. R.; LERNER, S. M.; TUTTLE, A. F. Maturation of thyriothecia of *Schizothirium pomi* on the reservoir host *Rubus allegheniensis*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 91, n. 2, p. 136-141, 2007.

CORNELL, J. A.; BERGER, R. D. Factors that influence the coefficient of determination in single linear and nonlinear models. **Phytopathology**, St. Paul, v. 77, n. 1, p. 63-70, 1987.

CRUSIUS, L. U.; FORCELINI, C. A.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; FERNANDES, J. M. C. Epidemiology of apple leaf spot. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 65-69, 2002.

CUCUZZA, J. D.; SALL, M. A. Phomopsis cane and leaf spot disease of grape vine: Effect of chemical treatments on inoculum level, disease severity, and yield. **Plant Disease**, St. Paul, v. 66, n. 3, p.794-797, 1982.

CZERMAINSKI, A. B.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. **Métodos de amostragem para estimar incidência de frutos com infecções latentes de *Glomerella cingulata* e *Botryosphaeria dothidea* em pomares de macieiras**. Embrapa: Bento Gonçalves, RS. 4p. 2001 (Comunicado técnico 41).

DUTTWEILER, K. B.; GLEASON, M. L.; DIXON, P. M.; SUTTON, T. B.; McMANUS, P. S.; MONTEIRO, J. E. B. A. Adaptation of an apple sooty blotch and flyspeck warning system for the upper midwest United States. **Plant Disease**, St. Paul, v. 92, n. 8, p. 1215-1222, 2008.

DURBIN, R. D.; SNYDER, W. C. Ecology and hosts of flyspeck of apple in California (Abstr.) **Phytopathology**, St. Paul, v. 43, p. 586, 1953.

DUGGAR, B. M. **Sooty blotch and flyspeck of apple and other plants. *Leptothyrium pomi* (Mont. & Fr.) Sacc.** p. 367-369. In: Fungous Diseases of Plants. Ginn & Co., Boston. 1909.

ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V.; WILSON, L. L. **Evaluation of an empirical model for predicting sooty blotch and flyspeck of apples in Ohio.** FruitCrops: a summary of research. Research Circular, p. 299-399, 1998.

EPAGRI/CEPA - **Centro de Estudos de Safras e Mercados.** Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br>. Acesso em 29 out. 2006.

ERINCIK, O.; MADDEN, L. V.; FERREE, D. C.; ELLIS, M. A. Effect of growth stage on susceptibility of grape berry and rachis tissues to infection by *Phomopsis viticola*. **Plant Diseases**, St. Paul, v. 85, n. 2, p. 517-520, 2001.

FETT, M. S. **Análise econômica de sistemas de cultivo de macieiras no município de Vacaria/RS.** Porto Alegre: UFRGS, 2000. 145 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

FRIEDRICH, S.; LEINHOS, G. M. E.; LÖPMEIER, F. -J. Development of ZWIPERO, a model forecasting sporulation and infection periods of onion downy mildew based on meteorological data. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v.1 09, p. 35-45, 2003.

GADOURY, D. M.; MacHARDY, W. E.; ROSENBERGER, D. A. Integration of pesticide application schedules for disease and insect control in apple orchards of the Northeastern United States. **Plant Disease**, v. 73, n. 2, p. 98-105, 1989.

GADOURY, D. M.; PEARSON, R. C.; RIEGEL, D. G.; SEEM, R. C.; BECKER, C.M.; PSCHIEDT, J. W. Reduction of powdery mildew and other diseases by over-the-trellis applications of lime sulfur to dormant grapevines. **Plant Disease**, St. Paul, v. 78, n. 1, p. 83-87, 1994.

GAVASSONI, W. L., TYLKA, W. L., MUNKVOLD, G. P. Relationships between tillage and spatial patterns of *Heterodera glycines*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 91, n. 4, p. 534-545, 2001.

GLEASON, M. L.; TAYLOR, S. E.; LOUGHIN, T. C.; KOEHLER, K. J. Development and validation of an empirical model to estimate the duration of dew periods. **Plant Disease**, St. Paul, v. 78, n. 7, p. 1011-1016, 1994.

GLEASON, M. L.; MacNAB, A. A.; PITBLADO, R. E.; RICKER, M. D.; EAST, D. A.; LATIN, R. X. Disease-warning systems for processing tomatoes in eastern North America: are we there yet? **Plant Disease**, St. Paul, v. 79, n. 1, p. 113-121, 1995.

GLEASON, M.L.; ZIBRA, N.; DOMOTO, P.A. Performance of skybit data input to disease-warning model for sooty blotch and flyspeck. **Fungicide Nematicide Tests**, St. Paul, v. 54, p. 6, 1999.

GLEASON, M. L.; DUTTWEILER, K. B.; BATZER, J. C.; TAYLOR, E.; SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. A.; GILLESPIE, T. J. Obtaining weather data for input to crop disease warning-systems: leaf wetness duration as a case study. **Science Agricola**, Piracicaba, v. 65, p. 76-87, 2008.

GILLIGAN, C. A. Statistical analysis of the spatial pattern of *Botrytis fabae* on *Vicia faba*: a methodological study. **Transactions of the British Mycology Society**, Londres, v. 79, p. 193-200, 1982.

GOSME, M., WILLOCQUET, L., LUCAS, P. Size, shape, and intensity of aggregation of take-all disease during natural epidemics in second wheat crops. **Plant Pathology**, Oxford, v. 56, p. 87-96, 2007.

GOTTWALD, T. R., CAMBRA, M., MORENO, P.; CAMARAS, E., PIQUER, J. Spatial and temporal analyses of citrus tristeza virus in easter Spain. **Phytopathology**, St. Paul, v. 86, n. 1, p. 45-55, 1996.

GRABOWSKI, M.; WRONA, B. R. An investigation of the date of sooty blotch primary infection and duration of incubation period for selected apple cultivars. **Folia Horticulturae**, Kraków, v. 16, n. 1, p. 73-74, 2004a.

GRABOWSKI, M.; WRONA, B. The effect of various chemical compounds in the control of sooty blotch. **Folia Horticulturae**, Kraków, v. 16, n. 2, p. 159-164. 2004b.

GRABOWSKI, M. The study of new fungus species causing apple sooty blotch. **Folia Horticulturae**, Kraków, v. 19, n. 2, p. 89-97, 2007.

HARTMAN, J. R. Evaluation of fungicide timing for sooty blotch and flyspeck control. **Fungicide Nematicide Tests**, St. Paul, v. 50, p. 11, 1995.

HARTMAN, J. R. Evaluation of fungicide timing for sooty blotch and flyspeck control. **Fungicide Nematicide Tests**, St. Paul, v. 51, p. 6, 1996.

HENDRIX, F. F. Jr. Removal sooty blotch and flyspeck from apple fruit with chlorine dip. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, n. 7, p. 742-743, 1991.

HENRIQUEZ, J. L; SUGAR, D.; SPOTTS, R. A. Effects of environmental factors and cultural practices on bull's eye rot of pear. **Plant Disease**, St. Paul, v. 92, n. 3, p. 421-424, 2008.

HICKEY, K. D. **The sooty blotch and flyspeck diseases of apple with emphasis on variation within *Gloeodes pomigena* (Schw.) Colby.** Old Main: Penn State, 1960. 68 f. Tese (Doutorado) - Pennsylvania State University, Agronomy College, Pennsylvania State University, Old Main. 1960.

HICKEY, K. D. Sooty blotch and flyspeck suppression with two late-season fungicides sprays, 1976. **Fungicide Nematicide Tests**, St. Paul, v. 34, p. 8-9, 1977.

HORSFALL, J. G.; BARRAT, R. W. An improved grading system for measuring plant diseases. **Phytopathology**, St. Paul, v. 35, p. 655, 1945.

HOFFMAN, L. E.; WILCOX, W. F.; GADOURY, D. M.; SEEM, R. C.; RIEGEL, D. G. Integrated control of grape black rot: influence of host phenology, inoculum availability, sanitation, and spray timing. **Phytopathology**, St. Paul, v. 94, n. 6, p. 641-650, 2004.

HUBER, L., MADDEN, L. V., FITT, B. D. L. **Rain-splash and spore dispersal: a physical perspective.** In: JONES, D.G. (Ed.). *The epidemiology of plant diseases.* Dordrecht: Kluwer, 1998. p. 348 -370.

HUGHES, G., MADDEN, L. V. Using the beta-binomial distribution to describe aggregated patterns of disease incidence. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, n. 5, p. 759-763, 1993.

HUGHES, G., McROBERTS, N., MADDEN, L. V., NELSON, S. C. Validating mathematical models of plant disease-progress in space and time. **Journal of Mathematics applied in Medicine and Biology**, Oxford, v. 14, p. 85-112, 1997a.

HUGHES, G.; McROBERTS, N.; MADDEN, L. V.; GOTTWALD, T. R. Relationships between disease incidence at two levels in a spatial hierarchy. **Phytopathology**, St. Paul, v. 87, n. 5, p. 542-550, 1997b.

IBGE - **Informações estatísticas.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 18 set. 2008.

JEGER, M. J. Analysis of disease progress as a basis for evaluating disease management practices. **Annual Review of Phytopathology**, St. Paul, v. 42, p. 61-82, 2004.

JOHNSON, E. M.; SUTTON, T. B.; HODGES, C. S. *Peltaster fructicola*: a new specie in the complex of fungi causing apple sooty blotch disease. **Mycologia**, Lawrence, v. 88, n. 1, p. 114-120, 1996.

JOHNSON, E. M.; SUTTON, T. B.; HODGES, C. S. Etiology of apple sooty blotch disease in North Carolina. **Phytopathology**, St. Paul, v. 87, n. 1, p. 88-95, 1997.

JOHNSON, K. B.; STOCKWELL, V. O.; SAWYER, T. L. Adaptation of fire blight forecasting to optimize the use of biological controls. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, n. 1, p. 41-48, 2004.

JONES, A. L.; EHRET, G. R.; EL-HADIDI, M. F.; ZABIK, M. J.; CASH, J. N.; JOHNSON, J. W. Potential for zero residue disease control programs for fresh and processed apples using sulfur, fenarimol, and myclobutanil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 11, p. 1114-1118, 1993.

JONES, A. L.; ALDWINCKLE, H. S. **Compendium of apple and pear diseases**. American Phytopathological Society Press, Inc., St Paul. 1990.

KATSURAYAMA, Y.; BONETI, J. I. da S.; BECKER, W. F.; OZAWA, T.; TSUCHIYA, S. **Epidemiologia das doenças da macieira no subtropico e perspectivas de manejo integrado: caso da mancha foliar da Gala (*Colletotrichum spp.*)**. In: SEMINÁRIO SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO: Perspectivas da Fruticultura de Clima Temperado na Região Subtropical: Estratégias e Tecnologias para a Sustentabilidade da Fruticultura de Baixo Impacto Ambiental, 2001, Anais... Florianópolis, SC: Epagri, 2001. p.125-139.

KIM, D. H; UHM, J. Y. Effect of application timing of ergosterol biosynthesis-inhibiting fungicides on the suppression of disease and latent infection of apple white rot caused by *Botryosphaeria dothidea*. **Journal of General Plant Pathology**, Tóquio, v. 68, n. 3, p. 237-245, 2002.

KIRBY, R.S. Relation of rainfall to occurrence of apple scab and sooty blotch. (Abstr.). **Phytopathology**, St. Paul, v.44, p.495, 1954.

KISH, L. **Survey Sampling**. John Wiley & Sons, New York. 1965.

KOCKS, C. G.; ZADOKS, J. C.; RUISSEN, M. A. Spatio-temporal development of black rot (*X. campestris* pv. *campestris*) in cabbage in relation to initial inoculum levels in field plots in The Netherlands. **Plant Pathology**, Oxford, v. 48, p.176-188, 1999.

KRANZ, J. Comparison of epidemics. **Annual Review of Phytopathology**, St. Paul, v. 12, p. 355-374, 1974.

KRIGE, D. G. Statistical approaches to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. **Johannesburg Chemistry Metallurgy Mining Society South African**, Johannesburg, v. 52, n. 6, p. 119-139, 1951.

LALANCETTE, N.; ROBISON, D. M. Effect of fungicides, application timing, and canker removal on incidence and severity of constriction canker of peach. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 7, p. 721-728, 2002.

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R.; MONTEIRO, R. C. **Krigagem ordinária para situações com tendência regionalizada**. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 06, 12 pp. 2002. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 05 fev. 2009.

LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; GOTTWALD, T. R. Dinâmica espacial da clorose variegada dos citros em três regiões do Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 56-65, 2004.

LERNER, S. M. **Studies on the biology and epidemiology of *Schizothyrium pomi*, causal agent of flyspeck disease of apple.** Amherts, 1999, 120 p. Dissertação (Mestrado) - University of Massachusetts.

LLORENTE, I.; VILARDELL, P.; BUGIANI, R.; GHERARDI, I.; MONTESINOS, E. Evaluation of BSPcast disease warning system in reduced fungicide use programs for management of brown spot of pear. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, n. 6, p. 631-637, 2000.

LONGLAND, J. M; SUTTON, T. B. Factors affecting the infection of fruit of *Vitis vinifera* by the bitter rot pathogen *Greeneria uvicola*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 98, n. 5, p. 580-584, 2008.

MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A. **How to develop plant disease forecasters.** In.: KRANZ, J.; ROTEM, J. (Eds.), *Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology*. p.191-208. New York: Springer, Verlag, 1988.

MADDEN, L. V. **Dynamic nature of within-field disease and pathogen distributions.** In.: JEGER, J.M. (Ed.) *Spatial components of plant disease epidemics*. New Jersey: Prentice Hall, 1989. p.89-126.

MADDEN, L. V. **Rainfall and dispersal of fungal spores.** In: ANDREWS, J.H., TOMMRRUP, I. *Advances in plant pathology*. Londres, Academic Press, 1992. v.8, p.39-79.

MADDEN, L. V., HUGHES, G. BBD-computer software for fitting the beta-binomial distribution to disease incidence data. **Plant Disease**, St. Paul, v. 78, n. 6, p. 536-540, 1994.

MADDEN, L. V., HUGHES, G. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity and temporal analysis. **Annual Review of Phytopathology**, St. Paul, v. 33, p. 529-564, 1995.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G. An effective sample size for predicting plant disease incidence in a spatial hierarchy. **Phytopathology**, St. Paul, v. 89, n. 9, p. 770-781, 1999.

MADDEN, L. V.; TURECHEK, W. W.; NITA, M. Evaluation of generalized linear mixed models for analyzing disease incidence data obtained in designed experiments. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 3. p. 316-325, 2002.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; van den BOSCH, F. **Study of plant disease epidemics.** St. Paul: American Phytopathological Society, 2007. 837 p.

MAGAREY, R. D.; TRAVIS, J. W.; RUSSO, J. M.; SEEM, R. C.; MAGAREY, P. A. Decision support systems: quenching the thirst. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 1, p. 4-14, 2002.

MAGAREY, R. D.; SUTTON, T. B. **How create and deploy infection models for plant pathogens.** In.: CIANCIO, A.; MUJERKI, K.G. (Eds.), General concepts in integrated pest and disease management. p. 3 -25. New York: Springer, Verlag, 2007.

MAIN, C. E.; GURTZ, S. K. **Crop losses due to plant disease and nematodes.** North Carolina State University. Department of plant pathology special publish, v. 8, 1988.

MAYR, U.; SPÄTH. **Sooty blotch of apple: efficacy of different application strategies.** In: 13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON CULTIVATION TECHNIQUE AND PHYTOPATHOLOGICAL PROBLEMS IN ORGANIC FRUIT-GROWING, 13., 2008, Weinsberg, **Proceedings...**Weinsberg, 2008. 150p., p.82-86.

McCOWN, R. L. Locating agricultural decision support systems in the troubled past and socio-technical complexity of 'models for management'. **Agricultural Systems**, Atlanta, v. 4, p. 11-25, 2002.

MELLO, L. M. R. de. **Produção e mercado da maçã brasileira – panorama 2005.** Bento Gonçalves: Embrapa, 2006. 5p. (Circular Técnica, 64)

MERWIN, I. A.; BROWN, S. K.; ROSENBERGER, D. A.; COOLEY, D. R.; BERKETT, L. P. Scab-resistant apples for the Northeastern United States: New prospects and old problems. **Plant Disease**, St. Paul, v. 78, n. 1, p. 4-10, 1994.

MICHEREFF, S. J.; PEDROSA, R. A.; NORONHA, M. A.; MARTINS, R. B.; SILVA, F. V. Escala diagramática e tamanho de amostras para avaliação da severidade da mancha parda da mandioca (*Cercosporidium henningsii*). **Agrotrópica**, Itabuna, v. 10, n. 3, p. 143-148, 1998.

MICHEREFF, S. J.; NORONHA, M. A.; MAFFIA, L. A. Tamanho de amostras para avaliação da severidade da queima das folhas do inhame no campo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 189-191, 2008

MILA, A. L.; DRIEVER, G. F.; MORGAN, D. P.; MICHAILIDES, T. J. Effects of latent infection, temperature, precipitation, and irrigation on panicle and shoot blight of pistachio in California. **Phytopathology**, St. Paul, v. 95, n. 8, p. 926-932, 2005.

MONTAGNE, C. Notice sur les plantes cryptogamas récemment découvertes en France. **Annual Science Natural**, Paris, v. 2, n. 1, p. 295-349, 1834.

NASU, H.; KUNOH, H. Scanning electron microscopy of flyspeck of apple, pear, japanese persimmon, plum, chinese quince, and pawpaw. **Plant Disease**, St. Paul, v. 71, n. 4, p. 361-364, 1987.

NELSON, S. C.; CAMPBELL, C. L. Comparative spatial analysis of foliar epidemics on white clover caused by viruses, fungi, and a bacterium. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, n. 3, p. 288-301, 1993.

NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models.** 4 ed. Chicago: Irwin, 1996. 408 p.

NICOT, P. C., ROUSE, D. I., YANDEL, B. S. Comparison of statistical methods for studying patterns of soilborne plant pathogens in the field. **Phytopathology**, St. Paul, v. 74, n. 11, p. 1399-1402, 1984.

NITA, M. **Epidemiology and management of phomopsis cane and leaf spot of grape**. Ohio, 2005. 163 p. (Tese) Doutorado - Ohio State University.

NITA, M.; ELLIS, M. A.; WILSON, L. L.; MADDEN, L. V. Effects of application of fungicide during the dormant period on Phomopsis cane and leaf spot of grape disease intensity and inoculum production. **Plant Disease**, St. Paul, v. 90, n. 9, p. 1195-1200, 2006a.

NITA, M.; ELLIS, M. A.; WILSON, L. L.; MADDEN, L. V. Evaluation of a disease warning system for Phomopsis cane and leaf spot of grape: A field study. **Plant Disease**, St. Paul, v. 90, n. 9, p. 1239-1246, 2006b.

NUTTER, F. W.; PARKER, S. K. **Fitting disease progress curves using EPIMODEL**. In: FRANCI, L.J.; NEHER, D.A. Exercises in plant disease epidemiology. The American Phytopathological Society, St. Paul, 1997. 233p.

OCAMB-BASU, C. M.; SUTTON, T. B. Effects of temperature and relative humidity on germination, growth, and sporulation of *Zygothiala jamaicensis*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, n. 1, p. 100-103, 1988.

OCAMB-BASU, C. M.; SUTTON, T. B. NELSON, L. A. The effects of pruning on incidence and severity of *Zygothiala jamaicensis* and *Gloeodes pomigena* infections of apple fruit. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, n. 7, p. 1004-100, 1988.

PEARSON, R. C.; GOHEEN, A. C. **Compendium of grape diseases**. American Phytopathological Society Press, St. Paul. 1988.

PETHYBRIDGE, S. J., TURECHEK, W. W. Analysis of the association among three viruses infecting hop in Australia. **Plant Pathology**, Oxford, v. 52, p. 158-167, 2003.

PETHYBRIDGE, S. J., ESKER, P., HAY, F., WILSON, C., NUTTER, F. W. Spatiotemporal description of epidemics caused by *Phoma ligulicola* in Tasmanian pyrethrum fields. **Phytopathology**, St. Paul, v. 95, n. 4, p. 648-658, 2005.

PIEPHO, H. P. Analysing disease incidence data from designed experiments by generalized linear mixed models. **Plant Pathology**, Oxford, v. 48, n. 2, p. 668-674, 1999.

PROTAS, J. F. da Silva & SANHUEZA, R. M. V. **Produção Integrada de Frutas: O caso da Maçã no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 192p.

PRUVOST, O.; BOHER, B.; BROCHERIEUX, C.; NICOLE, M.; CHIROLEU, F. Survival of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* in leaf lesions under tropical environmental conditions and simulated splash dispersal of inoculum. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 4, p. 336-346, 2002.

REKAH, Y., SHTIENBERG, D., KATAN, J. Spatial distribution and temporal development of fusarium crown and root rot of tomato and pathogen dissemination in field soil. **Phytopathology**, St. Paul, v. 89, n. 7, p. 831-839, 1999.

RIBEIRO DO VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. Influência da temperatura e da umidade nas epidemias de doenças de plantas. **Revisão anual de patologia de plantas**, Passo Fundo, v. 4, p. 149-193, 1996.

ROSENBERGER, D. A.; ENGLE, C. A.; MEYER, F. W. Effects of management practices and fungicides on sooty blotch and flyspeck diseases and productivity of Liberty apples. **Plant Disease**, St. Paul, v. 80, n. 7, p. 798-803, 1996.

ROSENBERGER, D. A.; ENGLE, C. A.; MEYER, F. W. Using Benlate and Topsin M as eradicants for flyspeck following a mid-summer spray gap, 1998. **Fungicide Nematicide Tests**, St. Paul, v. 51, p. 17, 1999.

ROUMAGNAC, P., PRUVOST, O., CHIROLEU, F., HUGHES, G. Spatial and temporal analysis of bacterial blight of onion caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *alii*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 94, n. 1, p. 138-146, 2004.

SANTOS, M. C. **Controle da sarna da macieira com utilização da tabela de Mills, na região de Vacaria-RS**. Botucatu, 2003. 45 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista. 2003.

SAVARY, S., CASTILLA, N. P., WILLOCQUET, L. Analysis of spatiotemporal structure of rice sheath blight epidemics in a farmer's field. **Plant Pathology**, Oxford, v. 50, p. 53-68, 2001.

SCHREIBER, L. Effect of temperature on cuticular transpiration of isolated cuticular membranes and leaf discs. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 52, n.3, p. 1893-1900, 2001.

SCHREIBER, L.; SKRABS, M.; HARTMANN, K. D.; DIAMANTOPOULOS, P.; SIMANOVA, E.; SANTRUCEK, J. Effect of humidity on cuticular permeability of isolated cuticular membranes and leaf disks. **Planta**, Berlin, v. 214, p. 274-282, 2001.

SCHWABE, W.F.S.; JONES, A.L. Apple scab control with bitertanol as influenced by adjuvant addition. **Plant Disease**, St. Paul, v. 67, n. 12, p. 1371-1373, 1983.

SELBI, A. D. A. **Condensed handbook of the diseases of cultivated plants in Ohio**. Clark County: Ohio Agriculture Experimental Station Bulletin, 1900.

SHARP, W. L.; YODER, K. S. Correlation between humidity periods and sooty blotch and flyspeck incidence in Virginia apple orchards. (Abstract). **Phytopathology**, St. Paul, v. 75, p. 628, 1985.

SHTIENBERG, D. The contribution of epidemiological research to plant disease management. **Australasian Plant Pathology**, Queensland, v. 36, p. 510-515, 2007.

SILVA, X. B.; LARANJEIRA, F. F.; SOARES, A. C. F.; MICHEREFF, S. J. Amostragem, caracterização de sintomas e escala diagramática da mancha graxa dos citros (*Mycosphaerella citri*) no Recôncavo Baiano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 150-154, 2008.

SMIGELL, C. G.; HARTMAN, J. R. Evaluation of fungicide timing for sooty blotch and flyspeck control. **Fungicide Nematicide Tests**, St. Paul, v. 52, p. 31, 1996.

SMIGELL, C. G.; HARTMAN, J. R. Evaluation of fungicide timing for sooty blotch and flyspeck control. **Fungicide Nematicide Tests**, St. Paul, v. 53, p. 31, 1997.

SPÄTH, S.; MAYR, U. **Sensibility of scab-resistant varieties to sooty blotch**. In: 13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON CULTIVATION TECHNIQUE AND PHYTOPATHOLOGICAL PROBLEMS IN ORGANIC FRUIT-GROWING, 13., 2008, Weinsberg, **Proceedings...**Weinsberg, 2008. 150p., p.38-40.

SPÓSITO, M. B. **Dinâmica temporal e espacial da mancha preta (Guinardia criticarpa) e quantificação dos danos causados à cultura dos citros**. Piracicaba, 2003. 112 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo.

SPRAGUE, C. J. **Contributions to New England mycology**. Proceeding Boston Society of Natural History, Boston, v.5, p.339, 1856.

SOSNOWSKI, M. R.; SHTIENBERG, D.; CREASER, M. L.; WICKS, T. J.; LARDNER, R.; SCOTT, E. S. The influence of climate on foliar symptoms of eutypa dieback in grapevines. **Phytopathology**, St. Paul, v. 97, n. 10, p.1284-1289, 2007.

SUTTON, T. B. Dispersal of conidia of *Zygophiala jamaicensis* in apple orchards. **Plant Disease**, St. Paul, v. 74, n. 9, p. 643-646, 1990.

SUTTON, T. B. **Sooty blotch and flyspeck**. In: Compendium of Apple and Pear Diseases. p. 20-22. JONES, A.L.; ALDWINKLE, H.S. (eds). American Phytopathological Society, St. Paul, 1990.

SUTTON, A. L.; SUTTON, T. B. The distribution of the mycelial types of *Gloeodes pomigea* on apples in North Carolina and their relationship to environmental conditions. **Plant Disease**, St. Paul, v. 78, n. 7, p. 668-673, 1994.

SUTTON, D. K., MacHARDY, W. E., LORD, W. G. Effects of shredding or treating apple leaf litter with urea on ascospore dose of *Venturia inaequalis* and disease buildup. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, n.11, p. 1319-1326, 2000.

SUTTON, T.; BROWN, E.; ANAS, O.; MEISTER, C. W. Efficacy of phosphorus-containing fungicides on summer diseases of apples, 2005. **Fungicide Nematicide Tests**, St. Paul, v. 61, p. 4, 2005.

TARNOWISKI, T.; BATZER, J.; GLEASON, M. L.; HELLAND, S. **Sensitivity of newly identified clades in the sooty blotch and flyspeck complex on apple to thiophanate-methyl and ziram.** Plant Management Network. Disponível em <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2003/apple/>. Acesso em 20/01/08.

TRAPMAN, M.; TAMM, L.; FUCHS, J. G. **The effectiveness of winter treatments with copper or lime sulphur to control sooty blotch on apple.** In.: ECOFRUIT – 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON CULTIVATION TECHNIQUE AND PHYTOPATHOLOGICAL PROBLEMS IN ORGANIC FRUIT-GROWING, 11., 2004, Weinsberg, **Proceedings...**Weinsberg, 2004a. 120p., p.67-72.

TRAPMAN, M. **A simulation program for the timing of fungicides to control Sooty Blotch in organic apple growing. First results in 2003.** In.: ECOFRUIT – 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON CULTIVATION TECHNIQUE AND PHYTOPATHOLOGICAL PROBLEMS IN ORGANIC FRUIT-GROWING, 11., 2004, Weinsberg, **Proceedings...**Weinsberg, 2004b. 120p., p.56- 66.

TRAPMAN, M. **Observations on the epidemiology of sooty blotch in organic orchards in the Netherlands.** In.: 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON CULTIVATION TECHNIQUE AND PHYTOPATHOLOGICAL PROBLEMS IN ORGANIC FRUIT-GROWING, 12., 2006, Weinsberg, **Proceedings...**Weinsberg, 2006. 200p., p.125-132.

TREVISAN, R. T.; HERTER, F. G.; COUTINHO, E. F.; GONÇALVES, E. D.; SILVEIRA, C. A. P.; FREIRE, C. J. S. Uso de poda verde, plásticos refletivos, antitranspirante e potássio na produção de pêssegos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1485-1490, 2006.

TUBAJIKA, K. M.; CIVEROLO, E. L.; CIOMPERLIK, M. A.; LUVISI, D. A.; HASHIM, J. M. Analysis of the spatial patterns of Pierce's disease incidence in the lower San Joaquin Valley in California. **Phytopathology**, St. Paul, v. 94, n. 10, p. 1136-1144, 2004.

TURECHEK, W. W.; MADDEN, L. V. Spatial pattern analysis of strawberry leaf blight in perennial production systems. **Phytopathology**, St. Paul, v. 89, n. 5, p.421-433, 1999.

TURECHEK, W. W., MADDEN, L. V. Analysis of the association between the incidence of two spatially aggregated foliar diseases of strawberry. **Phytopathology**, St. Paul, v. 90, n. 2, p. 157-170, 2000.

TURECHEK, W. W., MAHAFFE, W. F. Spatial pattern analysis of hop powdery mildew in the Pacific Northwest: implications for sampling. **Phytopathology**, St. Paul, v. 94, n. 11, p. 1116-1128, 2004.

UPTON, G.; FINGLETON, B. **Spatial data analysis by example. Point pattern and quantitative data.** Chichester: Wiley, 1985. 409 p.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. **Desinfecção da água e das câmaras frigoríficas para diminuição do inóculo de *Penicillium expansum***. Pelotas: EMBRAPA-CNPFT. 1991. 16 p. (Boletim de Pesquisa).

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; AMORIM, L. **Avanços no manejo das doenças de verão**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 6., 2003, Fraiburgo. Anais... Caçador, SC: Epagri, 2003. p. 244-249.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; DUARTE, V.; AMORIM, L.; PORTO, M. D. M. Detecção e epidemiologia da podridão branca da maçã. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 217-223, 2005.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; MAFFIOLETTI, M.; COMPARIN, C. C.; KRASNIAK, A.; BOGO, A.; ARCARI, R. **Características e controle da podridão 'olho-de-boi' nas maçãs do Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho (Circular Técnica 66). 2006.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; NACHTIGALL, G. R.; KOVALESKI, A.; SANTOS, R. S.; SPOLTI, P. **Manual de identificação e controle de doenças, pragas e desequilíbrios nutricionais da macieira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. 58 p.

VANDERPLANK, J. E. **Plant diseases: epidemics and control**. New York: Academic Press, 1963. 349 p.

VIDAL, C. A.; LARANJEIRA, F. F.; NASCIMENTO, A. S.; HABIBE, T. C. Distribuição espacial da meleira do mamoeiro em zonas de trópico úmido e trópico semi-árido. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 276-281, 2004.

WAGGONER, P. E.; RICH, S. Lesion distribution, multiple infection, and logistic increase of plant disease. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. 78, p. 3292-3295, 1981.

WILLIAMSON, S. M.; SUTTON, T. B. Sooty blotch and flyspeck of apple: etiology, biology and control. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, n. 7, p. 714-724, 2000.

WORKNEH, F.; YANG, X. B. Prevalence of sclerotinia stem rot of soybeans in the north-central United States in relation to tillage, climate, and latitudinal positions. **Phytopathology**, St. Paul, v. 90, n. 12, p. 1375-1382, 2000.

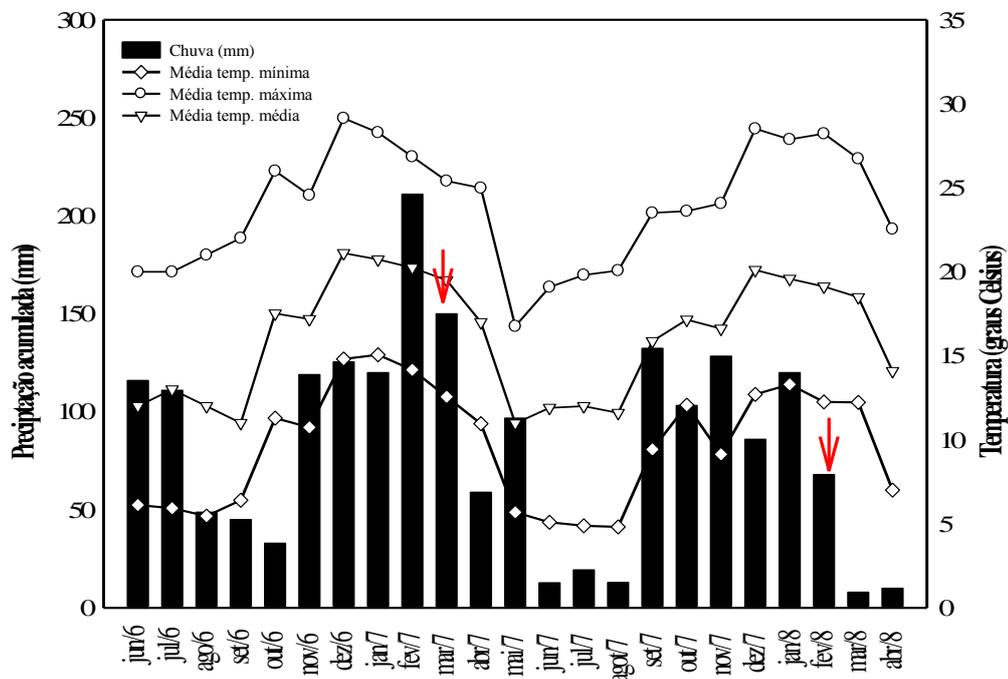
WRONA, R. B. Influence of fruit surface sugars on the growth of fungi that cause sooty blotch of apple. **Journal of Plant Protection Research**, Wielkopolskie, v. 44, n. 4, p. 283-288, 2004.

XIANG-MING, X.; MURRAY, R. A.; SALAZAR, J. D.; HYDER, K. The effects of temperature, humidity and rainfall on captan decline on apple leaves and fruit in controlled environment conditions. **Pest Management Science**, East Malling, v. 64, n. 3, p. 296-307, 2008

XU, X.; WU, P.; THORBEEK, P.; HYDER, K. Variability in initial spray deposit in apple trees in space and time. **Pest Management Science**, East Malling, v. 62, n. 5, p. 947- 956, 2006.

YUE, C.; JENSEN, H.; MUELLER, D. S.; NONNECKE, R. G.; GLEASON, M. L. **Assessing consumers' valuation of cosmetically damaged apples using a mixed probit model**. Center for Agricultural and Rural Development Iowa State University. Working paper. December, 2005. Disponível em: <http://www.card.iastate.edu> Acesso em: 15 jul. 2007.

APÊNDICE 1. Condições meteorológicas durante o ciclo 2006/07 e 2007/08 em pomar da cv. ‘Fuji’, onde setas correspondem ao aparecimento dos primeiros sintomas de F&SM, respectivamente, 3 de março de 2007 e 22 de fevereiro de 2008. Vacaria, RS.



APÊNDICE 2. Condições meteorológicas durante o ciclo 2006/07 e 2007/08 em pomar da cv. 'Pink Lady[®]' utilizado para estudos do efeito de tratamentos erradicantes no manejo de F&SM. Vacaria, RS.

