

MODELO AGROMETEOROLÓGICO REGIONAL PARA ESTIMATIVA DA SEVERIDADE DA MANCHA DE *PHAEOSPHAERIA* EM MILHO SAFRINHA NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL ⁽¹⁾

GLAUCO DE SOUZA ROLIM ^(2*); MARIO JOSÉ PEDRO JÚNIOR ^(2,5); GISÈLE MARIA FANTIN ⁽³⁾,
ORIVALDO BRUNINI ^(2,5); AILDSON PEREIRA DUARTE ⁽⁴⁾; CHRISTINA DUDIENAS ⁽²⁾

RESUMO

O milho safrinha, cultivado no outono-inverno, no Estado de São Paulo, tem apresentado com frequência significativas reduções de produtividade devidas à mancha foliar de *Phaeosphaeria*. Como estratégia para minimizar esses danos, os modelos agrometeorológicos de previsão de doenças podem auxiliar no planejamento e na tomada de decisões para o controle da doença na cultura. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para previsão da porcentagem da área foliar afetada pela doença (%AFA) em função do acúmulo diário de temperatura média e de chuva, em escala regional. Para tanto, foram utilizadas informações sobre a severidade da mancha de *Phaeosphaeria* em 158 cultivares de milho com diferentes níveis de resistência, durante a safrinha, em 14 diferentes localidades do Estado de São Paulo. Modelos foram desenvolvidos para cultivares suscetíveis, moderadamente resistentes e resistentes e os resultados indicaram haver boa performance na estimativa da %AFA, com altos valores de coeficiente de determinação (0,92; 0,81 e 0,83 respectivamente) e índice de concordância de Willmott (0,98; 0,87; 0,94 respectivamente), além de teste F significativo a 1% de probabilidade para todos os casos. Os resultados também permitiram sugerir que a chuva e a temperatura são os fatores preponderantes para a ocorrência da mancha de *Phaeosphaeria* no Estado de São Paulo. Esses modelos têm a vantagem de utilizar variáveis usualmente obtidas em estações meteorológicas e poderão ser empregados em sistemas de alerta fitossanitários para monitoramento da doença no Estado.

Palavras-chave: doença, *Phaeosphaeria maydis*, *Zea mays*, clima, chuva, temperatura.

ABSTRACT

REGIONAL AGROMETEOROLOGICAL MODEL TO ESTIMATE *PHAEOSPHAERIA* LEAF SPOT SEVERITY ON OFF-SEASON MAIZE CROP IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

The off-season maize crop (named as "Safrinha") has been frequently suffering significant yield losses due to *Phaeosphaeria* leaf spot in state of São Paulo, Brazil. As a strategy for minimizing these losses, agrometeorological disease forecasting models can help in the planning and decision-making for disease control. Therefore, this work has as objective to develop and validate agrometeorological models for forecasting the percentage of the leaf area affected by the disease (% AFA) in function of the daily accumulation of average temperature and rainfall, in a regional scale. For that, information of *Phaeosphaeria* leaf spot severity in 136 maize cultivars with different resistance levels, during the "safrinha", in 14 different places of the State of São Paulo were used. Models were developed for susceptible, moderately resistant and resistant cultivars and the results showed good performance with high values of determination coefficient (0.92, 0.81 and 0.83 respectively) and index of agreement of Willmott (0.98, 0.87, 0.94 respectively). Besides, test F was significant at 1% of probability for all cases. The results also allowed to suggest that rainfall and air temperature are the preponderant factors controlling *Phaeosphaeria* leaf spot occurrence in the State of São Paulo, Brazil. These models present the advantage of using parameters usually obtained in weather stations and they can be used in early disease warning systems in the State.

Key words: disease, *Phaeosphaeria maydis*, *Zea mays*, climate, rainfall, temperature.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 20 de outubro de 2006 e aceito em 24 de maio de 2007.

⁽²⁾ Instituto Agronômico, Caixa Postal 28, 13012-970 Campinas (SP), Brasil. E-mail: rolim@iac.sp.gov.br (*) Autor correspondente.

⁽³⁾ Instituto Biológico, Caixa Postal 70, 13001-970 Campinas (SP), Brasil.

⁽⁴⁾ Apta Regional Médio Paranapanema, Caixa Postal 263, 19800-000 Assis (SP).

⁽⁵⁾ Com Bolsa de Produtividade Científica do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das principais alternativas para os produtores no período de outono-inverno, quando ocorrem temperaturas relativamente baixas e volume de chuva menor que na safra de verão. Na década de 90, houve incrementos sucessivos na área de cultivo deste cereal no outono-inverno, ou seja, na segunda safra ou safrinha; nos últimos anos, o milho safrinha tem ocupado cerca de 300.000 ha, correspondendo a 25% a 30% da área total plantada com milho no Estado de São Paulo (CONAB, 2006).

Um dos problemas enfrentados pelos produtores no cultivo do milho safrinha tem sido a ocorrência da mancha foliar de *Phaeosphaeria* (MP), também denominada mancha-branca ou pinta-branca. Esta doença é causada pelo fungo *Phaeosphaeria maydis* (P. Henn.) Rane, Payak & Renfro que, a partir do início da década de 90, tornou-se uma importante doença, tanto na safra de verão como na safrinha. FERNANDES e OLIVEIRA (1997) relatam que a doença pode reduzir a produção de grãos em até 60% e, segundo FANTIN et al. (2004; 2006), tem ocasionado significativos danos à produtividade, mesmo com baixa severidade.

ZOCCOLI et al. (1996) citam que a MP pode afetar a cultura durante todo o período de cultivo do milho. Esses autores também observaram aumento da severidade em semeaduras efetuadas a partir de novembro no Estado de São Paulo, tornando-se, na década de 90 um fator limitante para a cultura.

As principais medidas recomendadas para o controle da doença são a utilização de cultivares mais resistentes associadas ao manejo da cultura, como rotação e semeaduras escalonadas. Tais medidas são, muitas vezes, suficientes, mas em regiões e/ou épocas em que as condições ambientais são favoráveis à doença e há elevado potencial de inóculo, podem ocorrer epidemias da doença. Atualmente, com o advento e registro de fungicidas contendo estrobilurinas para a cultura do milho, princípio ativo eficiente para o controle da MP, tornou-se possível limitar o desenvolvimento da doença mesmo após seu aparecimento na lavoura. Entretanto, há dificuldade em se prever a evolução da doença e, conseqüentemente, a necessidade de aplicação de fungicidas.

Um modelo de previsão de doenças poderia auxiliar grandemente os agricultores na tomada de decisão para utilização do controle químico da MP (REIS et al., 2004 e FANTIN, 2006).

Quanto aos fatores que influenciam o desenvolvimento da MP, SAWAZAKI et al. (1997) e FANTIN

et al. (2005a) concordam que a intensidade da doença é basicamente afetada pelo clima, sendo bastante favorecida principalmente quando ocorrem longos períodos chuvosos e nublados. FERNANDES ET AL. (1995), estudando as condições climáticas que influenciam a MP consideraram que, para ocorrência da doença, é necessário que os valores da temperatura e da umidade relativa sejam iguais ou superiores a 14 °C e 70%, respectivamente. GODOY et al. (1999) também observaram que a umidade relativa é um elemento meteorológico importante para a ocorrência da MP. Ainda, SILVA E MENTEN (1997) relatam que localidades com altitudes acima de 700 metros são mais favoráveis à doença devido à maior duração do período de molhamento foliar, causada pelo orvalho.

As observações desses autores corroboram com o trabalho de PEDRO JÚNIOR (1989), que ressalta que a umidade, juntamente com a temperatura do ar, determinam a duração do período de molhamento das folhas, a qual afeta diretamente a fase de inoculação no ciclo das doenças.

O clima, por ter um importante papel na relação entre o patógeno e o hospedeiro, contribui decisivamente na definição do potencial de dano da doença no âmbito regional, permitindo-se utilizar a modelagem agrometeorológica como ferramenta para a quantificação do potencial da ocorrência de doenças e para o entendimento de como e porque ocorre, ou é favorecida em determinada localidade.

Vários autores, como WALLIN (1962), JENSEN e BOYLE (1966), REIS (2004), analisando a previsão de ocorrência de doenças fúngicas foliares em diferentes culturas, verificaram que grande número de modelos agrometeorológicos utilizados são embasados principalmente no efeito da temperatura do ar e na duração do período de molhamento. Porém, pela dificuldade de medição, a duração do período de molhamento tem sido substituída pela chuva em alguns modelos (BLEICHER, 1991; PEZZOPANE et al. 1996; PEDRO JÚNIOR et al., 1999).

Além disso, o efeito combinado da temperatura e da chuva no desenvolvimento epidemiológico de doenças pode ser analisado por meio de superfícies de respostas, como utilizadas por MILA et al. (2004) que desenvolveram um modelo regional para estimativa de severidade de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja para a região central dos Estados Unidos, permitindo a previsão da severidade da doença em função de variáveis normalmente obtidas em estações meteorológicas.

Outro aspecto importante no desenvolvimento de modelos agrometeorológicos para previsão de doenças é a determinação do nível de resistência das

cultivares, já que os diferentes materiais genéticos condicionam diferentes taxas de desenvolvimento da doença em um mesmo ambiente (CHAVES ET AL., 2004). Assim, a divisão das cultivares em grupos de resistência à doença promove a melhoria da resposta dos modelos.

Dessa forma, buscou-se desenvolver e testar, para o Estado de São Paulo, modelos agrometeorológicos de previsão de porcentagem de área foliar afetada pela MP em milho safrinha, em função do acúmulo simultâneo de dados diários de temperatura média do ar e de chuva, para cultivares suscetíveis, moderadamente resistentes e resistentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi feito em duas etapas distintas: primeiramente a formulação ou desenvolvimento dos modelos com dados de severidade da mancha de *Phaeosphaeria* (MP) em milho safrinha em 2004; e em seguida, o teste dos modelos com dados independentes de outros anos e outras localidades do Estado de São Paulo. Os dados de MP foram obtidos através do "Programa Milho IAC" desenvolvido por órgãos da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (FANTIN ET AL., 2005b).

Para o desenvolvimento dos modelos, foram utilizados dados de severidade máxima da MP em milho safrinha de 15 experimentos de competição de cultivares, com 48 a 52 híbridos simples e triplos (HST), e de 15 experimentos com 20 híbridos duplos e variedades (HDV), obtidos por FANTIN et al. (2005B),

durante a safrinha 2004 quando as condições climáticas foram muito favoráveis à doença. Para a fase de calibração, foram empregados dados de nove localidades, no Estado de São Paulo: Capão Bonito, Cândido Mota, Manduri, Palmital, Tatuí, Guaíra, Votuporanga, Pindorama e Mococa, nas quais todos os ensaios foram semeados entre 20 de fevereiro e 31 de março de 2004, sendo a maioria implantado na primeira quinzena de março.

Os dados de severidade da MP empregados neste trabalho foram obtidos por FANTIN et al. (2005b) em plantas no estágio de grãos leitosos a pastosos (95 a 115 dias após a semeadura), através de notas de 1 a 9, correspondendo a 0; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 75 e mais de 75% de área foliar afetada, com auxílio da escala diagramática Agrocerec (AGROCERES, 1993) e analisados pelo método de análise de cluster de SCOTT E KNOTT (1974), em que os híbridos foram classificados em número variável de grupos de resistência à doença em cada localidade. Buscando-se uma homogeneização das respostas das cultivares para viabilizar a elaboração dos modelos, organizaram-se diferentes grupos de cultivares em três grandes grupos de interesse: suscetíveis, moderadamente resistentes e resistentes à mancha de *Phaeosphaeria* (Tabela 1).

A partir desta classificação, buscou-se formular modelos para cada um dos grupos de cultivares em função do clima. Os dados meteorológicos diários de temperatura média do ar e chuva das localidades foram obtidos no CIIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Centro de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agrônomo.

Tabela 1. Cultivares de milho safrinha 2004 com diferentes graus de resistência à mancha de *Phaeosphaeria*, selecionados em nove localidades do Estado de São Paulo, utilizados no desenvolvimento dos modelos agrometeorológicos de previsão da severidade

Cultivares	Suscetíveis	Moderadamente Resistentes	Resistentes
Híbridos Simples e Triplos (HST)	CD306	Garra	BRS1030
	3027	DKB330	DAS2C710
	AGN22A29	AGN34A11	30K75
	AS154	AGN32A43	AG7575
	CD307	BRS1001	-
	DG501	30F98	-
	AGN3150	AS3466 TOP	-
Híbridos Duplos e Variedades (HDV)	CD308	AL Alvorada	DKB435
	AGN2012	BRS2223	Balu 551
	AGN35A42	XB8010	AL Piratininga
	AGN25A23	AG2060	BRS2020
			AL Ipiranga
		IAC 8333	

Os valores de severidade da doença de cada cultivar, expressos originalmente em notas, foram transformados em porcentagem de área foliar afetada (%AFA) com uma equação polinomial ajustada de quinta ordem. Com esses dados de %AFA das cultivares, calculou-se uma média única de %AFA para cada grupo de suscetibilidade em cada localidade, permitindo, assim, uma avaliação média regional de %AFA.

Por fim, foram ajustados modelos de regressão múltipla, com funções exponenciais, lognormais e gaussianas, por meio de superfícies de respostas para cada grupo de cultivares (susceptível, moderadamente resistente e resistente). Nestas equações, a %AFA é dependente conjuntamente do acúmulo diário de temperatura média do ar (ACT, °C) e de chuva (ACP, mm), integralizados no período 1.º de março a 31 de julho de 2004 para todas as localidades. Na segunda etapa do trabalho, os modelos foram testados com dados independentes de 120 experimentos realizados por FANTIN et al. (2005B) em 15 localidades, em diferentes anos no Estado de São Paulo: 2001 (Capão Bonito, Cândido Mota, Tarumã, Ribeirão Preto, Mococa, Pindorama, Araras, Votuporanga), 2002 (Capão Bonito, Jaboticabal), 2003 (Itararé, Capão Bonito, Manduri, Mococa, Votuporanga), 2005

(Itararé, Florínea, Campos Novos Paulista, Pedrinhas Paulista, Palmital, Manduri).

Nessa fase, foram tomados ao acaso, para cada localidade, em cada ano, dez cultivares (cinco HST e cinco HDV) de cada grupo de resistência (susceptível, moderadamente resistente e resistente), para obtenção da média de %AFA de cada grupo para posterior comparação com os dados simulados pelos modelos. Foram analisadas 126 cultivares (Tabela 2) sendo parte delas comum entre os anos e locais.

Para a avaliação dos ajustes dos dados observados independentes e estimados pelos modelos, foram utilizados o coeficiente de determinação (R^2), o índice de concordância (d) de WILLMOTT et al. (1985) e o teste F a 1% de probabilidade. O índice "d" (Equação 1), que varia entre 0 e 1, indica o grau de exatidão entre os valores estimados e observados, enquanto o coeficiente de determinação "R²" indica a precisão dos modelos.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (1)$$

em que: P_i o iésimo valor estimado, O_i o iésimo valor observado e \bar{O} a média dos valores observados.

Tabela 2. Cultivares de milho nas safrinhas 2001, 2002, 2003 e 2005 com diferentes graus de resistência à mancha de *Phaeosphaeria*, selecionados em quinze localidades do Estado de São Paulo e classificados pelo método de Scott-Knott, utilizados para o teste dos modelos agrometeorológicos de previsão da severidade desta doença

Cultivares	Susceptível		Moderadamente resistente				Resistente			
Híbridos	8460	AG9010	DASCO32	8330	A4450	DAS2C522	A2560	AG7575	DAS2B710	
Simple e	AGN3180	AGN3150	DKB466	8501	AG5011	DAS2C577	8480	AG8080	P30K75	
Triplos	XB7070	AS1548	Exceler	Tork	AGN30A00	DAS2C599	8550	AS3430	Pointer	
(HST)	30F98	BM1201	SHS5050	AS1544	AGN32M43	DAS301	CO9560	BRS1010	Somma	
	30P70	BRS3151	SHS5070	DKB 350	AS1533	DAS8480	BRS 3060	BRS1030	Strike	
	Master	CD304	Speed	Fort	AS3477	DAS9560	AS 1533	DKB333B	XB 7011	
	CO32	CD307	XB7012	A 2555	AS3601	DKB440	DKB350	30K75	CD3121	
	A2555	DAS32	XB7110	AG 8080	AS3466TOP	DKB747			CD302	
		DAS766	DG501	AS3466	Brava	DKB909				
				30S40	BRS1001	DKB950				
				BRS 3101	BRS3003	Garra				
				BRS 3150	CD305	Valent				
					DKB390	XGN01101				
Híbridos	3027	Densus	AGN35A42	AL34	Traktor	BRS2223	XB8010	AG2040	BRS2020	
Duplos e	SHS 4040	AG122	AL Ipiranga	AGN3100	AG2060	CDXB60	Graúna 183	AL Alvorada	IAC8333	
Variedades	Balu 184	BRS2114	CATI- AL30	AL Bandeirante	AGN25A23	CDXD60	IAC V3	AL25	Balu 551	
(HDV)	Savana 185	A4545	BRS3123		IAC Airã	AL Piratininga		DKB125	DKB435	
	CD705	AG6040	SHS4080							
	Graúna 133	AGN2012	AGN25M23							

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação polinomial que permitiu a transformação dos dados de severidade em notas obtidas em campo para %AFA é descrita a seguir ($R^2 = 0,99$; Equação 2).

$$\%AFA = -0,0141 \cdot \text{Nota}^5 + 0,2583 \cdot \text{Nota}^4 - 1,2794 \cdot \text{Nota}^3 + 2,0057 \cdot \text{Nota}^2 + 1,1409 \cdot \text{Nota} - 2,25 \quad (2)$$

A partir desses valores de %AFA e os valores de acúmulo de temperatura média diária e chuva foram definidas as seguintes equações para diferentes níveis de resistência das cultivares:

A) Para cultivares suscetíveis:

$$\%AFA \text{ GAUSS}_{ACT}(a,b,c) \text{ LOGNORM}_{ACP}(1,d,e) \quad (3)$$

Sendo:

$$\text{GAUSS}_{ACT}(a,b,c) \text{ a EXP} \frac{1}{2} \frac{ACT - b}{c}^2 \quad (4)$$

$$\text{LOGNORM}_{ACP}(1,d,e) \text{ a EXP} \frac{1}{2} \frac{\ln \frac{ACP}{b}}{c}^2 \quad (5)$$

Em que: “%AFA” é a porcentagem da área foliar afetada, “ACT” é o valor de temperatura acumulado entre 1.º/3 e 31/07, “a” representa a amplitude dos valores de “x” (21,0568), “b” é o valor máximo de “x” (2935,317), “c” uma constante de ajuste (193,6423), “ACP” é o valor acumulado de chuva entre 1.º/3 e 31/07, “d” valor máximo de “y” (369,4347), “e” constante de ajuste (0,2147).

B) Para cultivares moderadamente resistentes:

$$\%AFA \text{ 713,451 } 6,973 \cdot 10^6 \text{ ACT } 2,2096 \cdot 10^{10} \text{ ACT}^2 \text{ 2,3091} \cdot 10^{13} \text{ ACT}^3 \text{ (6)}$$

$$10002,3256 \text{ ACP } 1,7197 \cdot 10^6$$

C) Para cultivares resistentes:

$$\%AFA \text{ EXTRV}_{ACT}(a,b,c) \text{ EXTRV}_{ACP}(d,e,f) \text{ EXTRV}_{ACT}(g,b,c) \text{ EXTRV}_{ACP}(h,e,f) \quad (7)$$

Sendo:

$$\text{EXTRV}_{ACT}(h,k,w) \text{ h EXP} \frac{AC - k}{w} \text{ EXP} \frac{AC - k}{w} - 1 \quad (8)$$

Em que: “h” é a amplitude (a = 0,3751, d = 0,8704; g = 4,2595), “k” é o valor máximo (b = 2814,4541, e = 362,7944); “w” é uma constante de ajuste (c = 107,3531, f = 35,3371, h = 1) e “AC” que pode ser referente à temperatura (ACT) ou chuva (ACP), conforme Equação 7.

Na fase de escolha dos modelos e calibração (determinação dos coeficientes), verificou-se que todos os valores estimados de %AFA da mancha de *Phaeosphaeria* em milho safrinha, nas diferentes regiões do Estado de São Paulo, foram significativos a 1% de probabilidade com elevados valores de R^2 (Figura 1A, 1B, 1C), em relação aos dados observados em 2004.

Como os modelos só podem ser considerados úteis para previsão se testados com dados independentes, ou seja, dados que não foram utilizados previamente no momento de seu desenvolvimento, foi necessária a fase de teste dos modelos propostos.

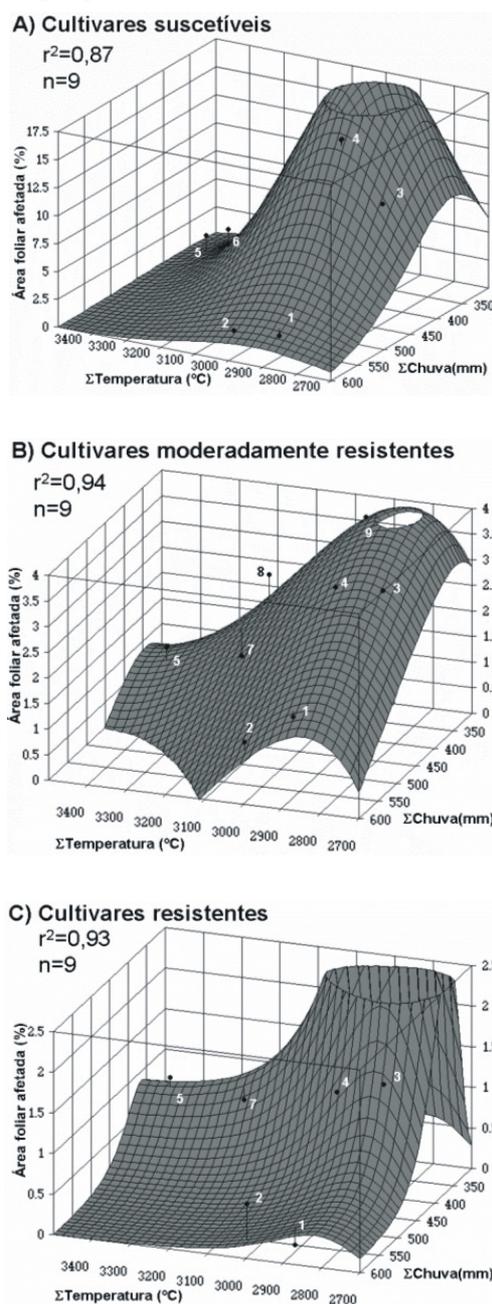


Figura 1. Porcentagem de área foliar afetada (%AFA) pela mancha de *Phaeosphaeria*, para cultivares: A) Suscetíveis; B) Moderadamente resistentes e C) Resistentes, em função do somatório de temperatura média diária e chuva, do período entre 1.º/3/04 e 31/7/04, para diferentes locais do Estado de São Paulo: (1) Cândido Mota; (2) Palmital; (3) Capão Bonito; (4) Manduri; (5) Guaíra; (6) Votuporanga; (7) Pindorama; (8) Mococa; (9) Tatuí.

Com os dados independentes de %AFA das cultivares nos anos de 2001, 2002, 2003 e 2005, utilizamos para o teste dos modelos (Figura 2), constataram-se que os valores de %AFA do grupo suscetível (S) atingiram 16%, enquanto nos grupos moderadamente resistente (MR) e resistente (R) a %AFA variou de 0 a 4%. Os valores médios de %AFA foram 5,55%, 2,40% e 1,03%, respectivamente, para os grupos S, MR e R.

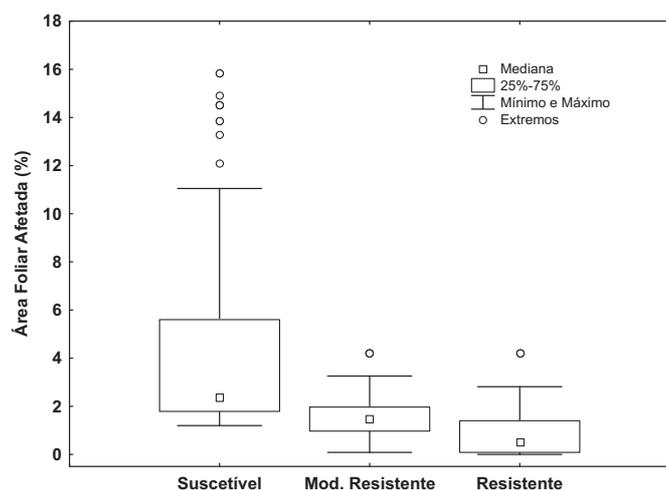
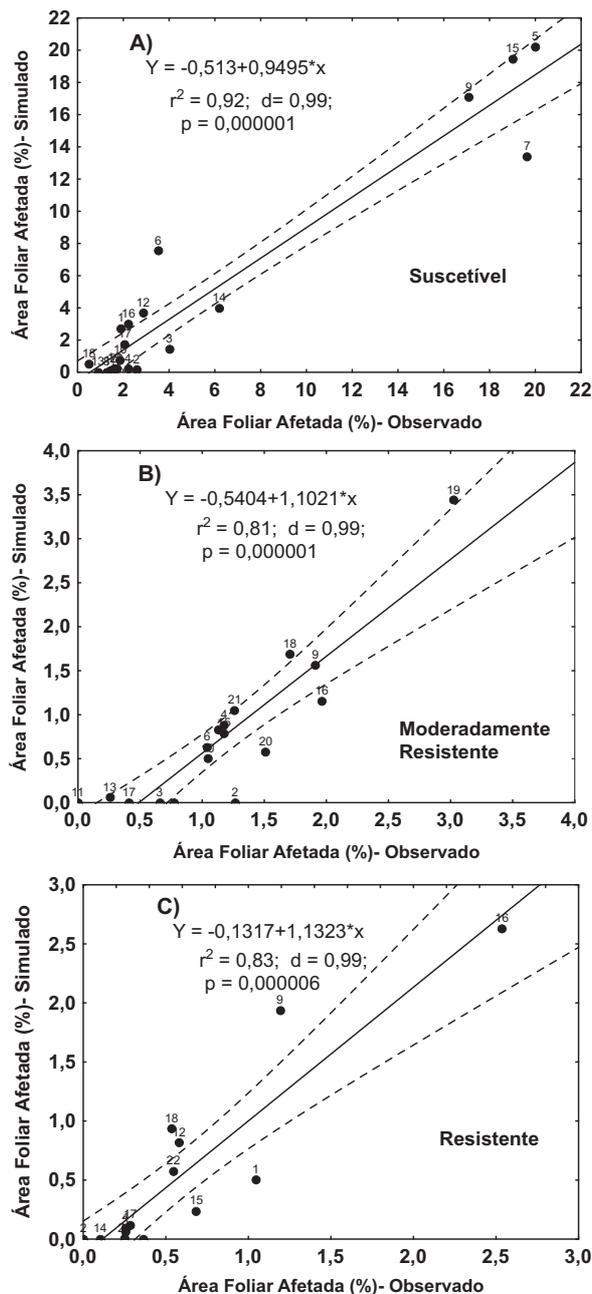


Figura 2. Variabilidade da porcentagem de área foliar afetada (%AFA) pela mancha de *Phaeosphaeria* nos grupos Suscetível, Moderadamente resistente e Resistente das cultivares em 2001, 2002, 2003 e 2005 no Estado de São Paulo, utilizados na fase de teste dos modelos.

Apesar da grande variabilidade, principalmente do grupo S, verificou-se que os valores estimados pelos modelos não foram significativamente diferentes dos dados observados nos três grupos de suscetibilidade (Figura 3). Os altos valores de R^2 , valores de d próximo a 1 e equações de regressão significativas a 1% de probabilidade, permitiram inferir que os modelos explicaram as variações de %AFA de forma exata e precisa. Esse fato demonstra a robustez dos modelos na simulação de %AFA média regional diante de diferentes condições meteorológicas e que os efeitos do acúmulo de temperatura e de chuva são interdependentes na estimativa de %AFA, sinalizando que existe uma faixa de valores em que a ocorrência da doença é favorecida.

Os resultados permitiram observar que a MP foi favorecida quando o acúmulo de temperatura foi por volta de 2900 °C, concomitantemente a um acúmulo de chuva ao redor de 350 mm, contabilizados desde a data de semeadura, independentemente do grau de resistência da cultivar.



Legenda

n.º	Ano	Local	n.º	Ano	Local
1	2005	Itararé	12	2003	Votuporanga
2		Florínea	13	2002	Capão bonito
3		Campos Novos Paulista	14		Jaboticabal
4		Pedrinhas Paulista	15	2001	Capão Bonito
5		Palmital	16		Cândido Mota
6		Manduri	17	2001	Tarumã
7		Capão Bonito	18		Ribeirão Preto
8	2003	Itararé	19		Mococa
9		Capão Bonito	20	2001	Pindorama
10		Manduri	21		Votuporanga
11		Mococa	22		Araras

Figura 3. Comparação dos resultados dos modelos de diferentes grupos de sensibilidade à mancha de *Phaeosphaeria*: A) Suscetível; B) Moderadamente resistente; C) Resistente, com dados independentes de diferentes anos e localidades do Estado de São Paulo (a linha pontilhada corresponde ao intervalo de confiança a 95% de probabilidade).

Quanto aos demais fatores que também favorecem a doença, além da resistência genética, chuva e temperatura, FANTIN (2005A) já havia citado que, apesar do fungo sobreviver em restos de cultura, não se conhece a importância dos restos culturais como fonte de inóculo para a disseminação dos esporos. Os resultados deste trabalho sugerem que a proximidade de fontes de inóculo não parece ser um fator preponderante no favorecimento da ocorrência e severidade da doença, pois os fatores estudados (temperatura do ar e chuva) explicaram em grande parte da variação de %AFA.

Já sob o ponto de vista regional, observou-se que no Vale do Paranapanema, na Região Sudoeste do Estado, as condições são mais favoráveis à ocorrência de epidemias da MP nas localidades de Capão Bonito, Manduri e Tatuí; nesses locais, as condições de acúmulo de temperatura e chuva estão dentro da faixa ótima. Entretanto, nessa mesma região, foram verificadas localidades com muita precipitação pluvial como em Cândido Mota e Palmital, onde não houve alta incidência da doença. Neste caso, as chuvas constantes e/ou de maior intensidade provavelmente proporcionaram a lavagem dos propágulos do patógeno da superfície das folhas, dificultando sua disseminação e infecção. Por isso, pelos modelos nota-se redução da severidade da doença quando a chuva acumulada supera 450 mm.

Nas regiões Norte e Nordeste, nas localidades de Guaíra, Votuporanga e Pindorama foram verificados altos valores de acúmulo de temperatura e baixos valores acumulados de chuva. Nessas regiões mais secas, a falta de água juntamente com temperaturas médias diárias elevadas, provavelmente fez com que não houvesse condições muito favoráveis para que a proliferação da MP.

Esses resultados significativos demonstram também a importância da separação das cultivares em grupos de suscetibilidade para a MP para a posterior utilização prática dos modelos. Os modelos poderão ser empregados em sistemas de alerta fitossanitários para monitoramento da doença no Estado.

4. CONCLUSÕES

1. Os modelos propostos, por não haver diferenças significativas em relação aos dados independentes, podem ser usados para a estimativa da porcentagem média de área foliar afetada pela mancha de *Phaeosphaeria* em função do acúmulo diário de temperatura do ar e chuva no milho safrinha, em escala regional, no Estado de São Paulo, em sementeiras efetuadas de 20 de fevereiro a 31 de março.

2. Os resultados permitiram observar também que a MP foi favorecida quando o acúmulo de temperatura foi por volta de 2900 °C, concomitantemente a um acúmulo de chuva ao redor de 350 mm, contabilizados desde a data de sementeira, para todos os grupos de resistência à doença (suscetível, moderadamente resistente, resistente).

REFERÊNCIAS

- AGROCERES. **Guia Agroceres de Sanidade**. São Paulo, 1993. 56p.
- BLEICHER, J.O. Sistema pluviométrico para previsão da podridão amarga da macieira. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.4, p.16-18, 1991.
- CHAVES, M.S; MARTINELLI, J.A.; FEDERIZZI, L.C. Resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca: I - Caracterização da reação em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.35-42, 2004.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB Safras 1990/91 a 2004/05 - séries históricas: milho primeira safra e milho segunda safra. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 31/7/2006.
- FANTIN, G.M. Milho: tratar ou não as doenças? **Revista Cultivar**: grandes culturas, Pelotas, v.8, n.88, p.28-31, 2006.
- FANTIN, G.M.; DUDIENAS, C.; CASTRO, J.L.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, A.P. Avaliação da severidade das manchas de *Phaeosphaeria* e de *Cercospora* do milho em cultivo de safrinha. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.79, n.1, p.135-154, 2004.
- FANTIN, G.M.; DUARTE, A.P.; CASTRO, J.L.; DUDIENAS, C.; PEREIRA, J.O.F.; JUNIOR, A.P.; GELLER, C.; BRAGATO, E. L.; KIRNEW, P.A.; CRUZ, F.A. Severidade em cultivares de milho safrinha na região paulista do Vale do Paranapanema em 2004 e 2005. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8, 2005, Assis. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2005a. p.309-318.
- FANTIN et al. Resultados da Avaliação regional de cultivares de milho safrinha no Estado de São Paulo no ano de 2004. Home-page: www.zeamays.com.br "Doenças", "Ocorrência no Estado" e "Controle". 2005b.
- FANTIN, G.M.; DUARTE, A.P.; CRUZ, F.A.; DUDIENAS, C.; CASTRO, J.L.; PEREIRA, J.O.F.; GALLO, P.B.; BORTOLETO, N.; RAMOS, V.J.; RIBEIRO, J.L. Efeito da Mancha de *Phaeosphaeria* sobre a Produtividade do Milho Safrinha no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Trabalhos apresentados...** Sete Lagoas: ABMS, 2006. 5p. (Compact disk)
- FERNANDES, F.T.; LIMA, P.; SANS, L.M.A.; PINTO, N.F.J.A. Influência de fatores climáticos na ocorrência de *Phyllosticta* em milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.20, p.309, 1995. Suplemento.

- FERNANDES, F.T.; OLIVEIRA, E. **Principais doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas, Embrapa-CNPMS, 1997, 80p. (Circular Técnica, 26)
- GODOY, C.V.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Análise temporal e climática do progresso da mancha de *Phaeosphaeria* do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.24, p.288, 1999. Suplemento.
- JENSEN, R.E. BOYLE, L.W. A technique for forecasting leaf spot on peanuts. **Plant Disease**, Saint Paul, v.50, p.810-814, 1966.
- JONES, C. A.; KINIRY, J. R. **CERES-Maize: A Simulation Model of Maize Growth and Development**. College Station: Texas A&M University Press, 1986. 194p.
- MILA, A.L.; CARRIQUIRY, A.L.; YANG, X.B. Logistic regression modeling of prevalence of soybean Sclerotinia stem rot in the north-central region of the United States. **Phytopathology**, v.94, n.1, p.102-110. 2004.
- PEDRO JÚNIOR., M.J. Aspectos microclimáticos e epidemiologia. In: **CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA PARA A OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO**. 3 ed. Campinas: IAC, 1989. 13p.
- PEDRO JÚNIOR, M.J.; PEZZOPANE, J.R.M.; MARTINS, F.P. Uso da precipitação pluvial para previsão de épocas de pulverização visando controle de doenças fúngicas na videira "Niágara Rosada". **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p. 107-111. 1999.
- PEZZOPANE, J.R. M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, S.A.; GODOY, I.J. Precipitação pluviométrica e intensidade da mancha preta no amendoim. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, n.4, p.426-430. 1996.
- REIS, E. M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2a. ed. Lages : Graphel, 2004. v.1. 141 p.
- REIS, E.M. **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: Editora Universitária/ Universidade de Passo Fundo, 2004. 316p.
- SAWAZAKI, E.; DUDIENAS; C.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; GALVÃO, J.C.C.; CASTRO, J.L.; PEREIRA, J. Reação de cultivares de milho à mancha de *Phaeosphaeria* no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, p.585-589, 1997.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, p.507-512, 1974.
- SILVA, H. P.; MENTEN, J. O. M. Manejo integrado de doenças na cultura do milho. In: FANCELLI; DOURADO NETO. (Coord.). **SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MILHO**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1997. p.40-56.
- WALLIN, J.R. Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada. **American Potato Journal**, East Grand Forks, v.39, p.306-312, 1962.
- WILLMOTT, C.J.; ROWE, C.M.; MINTZ, Y. Climatology of the terrestrial seasonal water cycle. **Journal of Climatology**, New Jersey, v.5, p.589-606, 1985.
- ZOCCOLI, T.T; CASELA, C.R; GUIMARÃES, F.B. Avaliação de genótipos de milho (*Zea mays*) quanto a resistência a mancha de *Phaeosphaeria*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21. Londrina, 1996. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996. p.315.