FAVORABILIDADE AO DESENVOLVIMENTO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA NO ESTADO DE MINAS GERAIS[1]

Vicente de Paula Lelis[2] , Luiz Cláudio Costa[3] , Gilberto Chohaku Sediyama[4] , Francisco Xavier Ribeiro do Vale[5]

RESUMO

A ferrugem asiática da soja, altamente agressiva, provoca principalmente a desfolha precoce nas plantas, que impede a completa formação dos grãos e, conseqüentemente, compromete a produtividade. O nível de dano que a doença ocasiona depende de alguns fatores: do momento e das condições climáticas em que ela incide na lavoura, da resistência ou tolerância da cultura e do seu ciclo. A partir de dados de quatorze estações meteorológicas da plataforma de coleta do CPTEC, identificaram-se as condições favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem no Estado de Minas Gerais, nos anos de 2005 e 2006. Nesse processo utilizaram-se dois modelos. No primeiro, considerou-se o número de horas com a umidade relativa maior ou igual a 90% e, no segundo, a depressão do ponto de orvalho menor que 2 oC. Em ambos, considerou-se a faixa de temperatura de 18 oC a 25 oC ideal ao desenvolvimento do fungo causador da ferrugem. Os resultados mostraram que os meses de julho e agosto têm as piores condições ao desenvolvimento do fungo, enquanto no período de outubro a abril ele tem a melhor condição, em quase todo o estado, para se desenvolver.

Palavras-chave: ferrugem da soja, molhamento foliar, clima.

ABSTRACT

CLIMATIC FAVORABILITY FOR DEVELOPMENT OF THE ASIAN SOYBEAN RUST IN MINAS GERAIS STATE

The Asian soybean rust is highly aggressive causing premature defoliation of plants, thus hindering complete grain formation resulting in reduced yield. The level of damage depends upon the stage of plant growth and climatic conditions under which the disease occurs, crop resistance or tolerance and the crop cycle. Based on the data collected from fourteen meteorological stations in the CPTEC collection platform, the climatic conditions conducive to the disease development in Minas Gerais were identified in 2005 and 2006. The first model was based on the number of hours with relative humidity equal or higher than 90%, whereas the second model was based on the dew point depression of less than 2 oC. In both models, the temperature range from 18 oC to 25 oC was considered optimum for the disease development. The least favorable conditions were found in the months of July and August, whereas the most favorable climatic conditions for disease development in almost the entire state occurred from October to April.

Keywords: soybean rust, leaf wetness, climate.

Recebido para publicação em 09/10/2008. Aprovado em 20/03/2009

1 Parte da tese de doutorado do primeiro autor.

2 Engenheiro Agrônomo e Professor Assistente UFV – vlelis@ufv.br
3 Licenciado em Matemática e Professor Associado UFV- l.costa@ufv.br
4 Engenheiro Agrônomo e Professor Titular UFV – gsediyama@ufv.br
5 Engenheiro Agrônomo e Professor Titular – chicoufv@gmail.com

INTRODUÇÃO

As doenças em plantas resultam da complexa interação entre hospedeiro, patógeno e ambiente. Trata-se de um processo apreendido em fitopatologia como o clássico triângulo de doenças, que estabelece as condições necessárias ao desenvolvimento das mais variadas patologias nas lavouras. Se um dos componentes (hospedeiro, patógeno ou ambiente) não interagir com os outros dois, não desenvolverá doença.

Dentre os elementos climáticos que mais têm influência na instalação e desenvolvimento das doenças em plantas, os principais são a temperatura e a umidade, em forma de chuva, irrigação ou condensação nas diversas partes das plantas, principalmente nas folhas. Sobre isso, Vale *et al*. (1985) afirmam que as doenças fúngicas são significativamente influenciadas por presença de água na fase líquida e temperaturas elevadas.

Destaca-se, no leque dessas doenças, a ferrugem da soja que, apenas recentemente, tem causado danos às lavouras dessa cultura. Além disso, existem poucos estudos específicos para regiões como as do Estado de Minas Gerais. Chakraborty *et al*. (2000 a e b) afirmam, com propriedade, que dados sobre a utilização do período de molhamento foliar, obtidos em locais específicos, bem como outros dados para a pesquisa de doenças de plantas, são variáveis que carecem de discussão mais detalhada. É necessário, pois, (independentemente da favorabilidade ou não ao desenvolvimento da ferrugem) conhecer melhor as condições climáticas das diversas regiões do Estado de Minas Gerais, bem como a variação sazonal de cada região. Esse conhecimento é condição para um zoneamento agrícola que resultará na importante definição das melhores épocas de plantio.

A duração do período de molhamento foliar (*PMF*), resultante da deposição de água na superfície da folha, pelas mais diversas formas, é uma variável muito importante, senão a mais, para o desenvolvimento de doenças, pois, a maioria dos patógenos requer a presença de água líquida sobre as plantas para a germinação dos esporos e conseqüente infecção do tecido (VALE *et al*., 2004; SENTELHAS, 2004). A determinação do *PMF* torna-se, portanto, fundamental para se conhecer as condições ideais para o desenvolvimento da doença em uma cultura e para a tomada de decisão em sistemas de controle.

A infecção, a incubação, o crescimento de lesões, a esporulação, a dispersão de esporos e sua sobrevivência são etapas de uma doença, que com maior ou menor intensidade, são afetadas pelas variáveis climáticas (VALE *et al*., 2004). A água, na fase líquida, sobre o tecido foliar tem papel importante em vários processos epidemiológicos, afetando principalmente a infecção e a esporulação (HUBER & GILLESPIE, 1992). O ambiente exerce papel fundamental ao interferir, de forma diferenciada, no desenvolvimento das três populações: patógeno, hospedeiro e doença. Em contrapartida, essas populações também exercem influência sobre o ambiente, especialmente sobre o micro clima (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996).

A compreensão dessa interdependência é tão eficaz para se explicar a ocorrência de uma doença, que as variações climáticas são utilizadas em sistemas de previsão e manejo de epidemias (GHINI, 2005). Segundo Coakley & Scherm (1996), a alteração de um determinado fator climático pode ter efeitos diferenciados: positivos em uma das partes do triângulo da doença, e negativo em outras. Ressalte-se que os efeitos podem, ainda, ser contrários nas diversas fases do ciclo de vida do patógeno.

Segundo Vale (1985), o período mínimo de molhamento, necessário para ocorrer infecção, foi estimado em 6,0 horas com a temperatura ambiente entre 20,0 °C a 25,0 °C; se a temperatura é superior a 25,0 °C ou inferior a

20,0 °C, estima-se que esse período prolonga-se. A ferrugem da soja, considerada doença policíclica, pois o fungo é capaz de ter várias gerações num único ciclo do hospedeiro, ilustra essa estimativa. Temperaturas inferiores a 15,0 °C ou superiores a 30,0 °C, associadas às condições secas, retardam o desenvolvimento da ferrugem, sendo que temperaturas favoráveis ao crescimento da soja são, igualmente, favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem.

O conhecimento dessas informações permite estabelecer os limites críticos das condições ambientais, a partir dos quais as doenças terão plenas condições para um rápido desenvolvimento, quando, então, o uso de fungicidas passa a ser indispensável (GILLESPIE *et al*., 1993). Eis uma importante e promissora contribuição da Agrometeorologia para o setor produtivo, possibilitando otimização da produção, obtenção de alimentos mais saudáveis, racionalização de defensivos agrícolas e menor dano ao meio ambiente.

O desenvolvimento da ferrugem depende da temperatura e do período de molhamento foliar (VALE, 1990). Faz-se necessário, pois, determinar o *PMF* que pode ser obtida de diversas maneiras, como relatado por Sentelhas (2004). Para este pesquisador, obtém-se o *PMF* por medidas diretas, utilizando-se sensores (mecânicos ou automáticos) ou fazendo-se estimativas baseadas em relações empíricas, normalmente com o número de horas com umidade relativa superior a 90%. Há, também, modelos mais complexos, envolvendo o balanço de energia sobre a cultura (PEDRO JÚNIOR & GILLESPIE, 1982a e b; KIM *et al*., 2005), dentre outros. Mesmo com o desenvolvimento dos sensores automáticos, ao longo dos últimos anos (MADEIRA *et al*., 2002), a medida do *PMF* continua sendo muito difícil.

Diversos modelos têm considerado que o início da condensação na superfície das folhas ocorre quando a umidade relativa é maior ou igual a 90%. Dentre os métodos empíricos de estimativa do *PMF*, o da umidade relativa acima de 90% é o mais comum. Rao *et al.* (1998) observaram que as estimativas do *PMF*, a partir de métodos mais simples baseados na umidade relativa, tiveram acurácia tão boa quanto aquelas feitas com modelos físicos mais complexos. A escolha apropriada de um método para estimar o *PMF* para fins operacionais depende, basicamente, da disponibilidade de dados meteorológicos.

Outro método utilizado é o da depressão do ponto de orvalho (*DPO*), ou seja, a diferença entre a temperatura do ar (T_{ar}) e a temperatura do ponto de orvalho (T_d). Gillespie & Kidd (1984), observaram uma pequena subestimativa para *PMF* medido por meio de sensores, quando comparado às estimativas obtidas pelo critério do número de horas com a depressão do ponto de orvalho menor que 2,0 °C (*NHDPO<2,0 °C*). Esses resultados são esperados porque, quanto mais a *DPO* estiver próxima de 2,0 °C, menor é a formação do orvalho, principalmente em dias com muita incidência de ventos, quando a formação de orvalho ocorre somente com a *DPO* próxima de zero.

Kim *et al.* (2005), utilizando um modelo – que tem como dados de entrada a temperatura, a umidade relativa, o saldo de radiação e a velocidade do vento –, na determinação do *PMF* na Costa Rica, consideraram que a formação do orvalho ocorria quando *DPO*<3,7 °C. Os resultados encontrados por esse método superestimaram o *PMF* em até 5,1 h em estação úmida, em relação aos *PMF* medidos por sensores nas mesmas condições. Sentelhas (2004), comparou o *PMF* obtido pelo modelo do *NHDPO*<2,0 °C ao obtido por sensores de medidas diretas do *PMF*, encontrando resultados muito bons, com superestimativa de 2% nos períodos de molhamento obtidos pelo modelo.

O período de molhamento foliar, dado indispensável, como se vê em todas as instâncias no estudo de doenças de plantas, orienta o estabelecimento dos objetivos deste trabalho. Eles se impõem pela consciência da

necessidade de estudos sobre molhamento foliar em regiões específicas para a pesquisa de doenças de plantas. Outro fator determinante dos objetivos é a constatação de que a maioria das estações meteorológicas não está equipada com sensores para efetuarem as medidas de molhamento e, mais: modelos sofisticados, além de serem específicos para determinados micro climas, não levam informações imediatas ao agricultor. Assim, os objetivos deste trabalho foram: (a) avaliar dois modelos que identifiquem as condições favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem asiática da soja, e (b) fazer um levantamento das condições favoráveis ao desenvolvimento da doença, nos anos de 2005 e 2006, em algumas localidades do Estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

As regiões consideradas no estudo são do Estado de Minas Gerais e foram definidas em função da disponibilidade de dados das estações meteorológicas, bem como sua distribuição espacial. A cultura da soja não se adapta em todo o Estado, devido ao clima e disponibilidade de água. Procurou-se, portanto, traçar um mapa das condições com maior favorabilidade ao desenvolvimento da ferrugem e, consequentemente, das mais adequadas ao plantio, considerando-se as condições climáticas para o desenvolvimento da doença.

Os dados meteorológicos, necessários à pesquisa, foram obtidos em estações meteorológicas na Plataforma de Coleta de Dados do CPTEC - INPE. As estações, objeto da pesquisa, estão localizadas em áreas das seguintes cidades: Araçuaí, Araxá, Caratinga, Honorópolis, Ipatinga, Itajubá, Lavras, Leopoldina, Machado, Montes Claros, Nanuque, Paracatu, Santa Fé de Minas e Viçosa. Como os dados disponíveis foram obtidos em intervalos de medidas de três em três horas, e os modelos deste estudo careciam de dados registrados a intervalos mais curtos (de uma em uma hora), foram feitas interpolações daqueles dados já registrados. Os modelos aqui elaborados prevêem a utilização apenas da temperatura e da umidade relativa.

Os modelos propostos são específicos para a ferrugem da soja, também conhecida como ferrugem asiática. Entretanto, os parâmetros meteorológicos considerados, a temperatura e a umidade relativa, têm influência direta sobre a maioria das doenças fúngicas. Assim, os modelos que ora se propõe, com ligeiras modificações, poderão ser igualmente úteis quando empregados no estudo de outras doenças em várias culturas.

Dentre as possibilidades de desenvolvimento de modelos, a partir de princípios como a simplicidade, a disponibilidade de dados e a precisão dos métodos, optou-se por desenvolver dois modelos para a determinação do *PMF*, os quais se descrevem a seguir.

No primeiro modelo, considerou-se o início da condensação, na superfície das folhas, com a umidade relativa do ar maior ou igual a 90%, (NHUR $\geq 90\ \%$). Já no segundo, considerou-se que o *PMF* tem início quando a *DPO* é menor que 2,0 °C, ou seja,

$$T_{ar} - T_d < 2{,}0^o C \qquad (1)$$

Jensen *et al* (1990), afirmam que a temperatura do ponto de orvalho, quando não medida, pode ser calculada pela equação:

$$T_d = \frac{116{,}91 + 237{,}3\ln(e_a)}{16{,}78 - \ln(e_a)} \qquad (2)$$

em que

T_d = temperatura do ponto de orvalho (°C) e

e_a = pressão parcial de vapor (kPa), estimada pela equação:

$$e_a = \frac{URxe_s}{100} \qquad (3)$$

em que

UR = umidade relativa média (%) e

e_s = pressão de saturação de vapor (kPa), estimada pela equação de Tetens (VIANELLO & ALVES, 1991):

$$e_s = 0{,}611 \exp\left(\frac{17{,}27\, T_a}{T_a + 237{,}3}\right) \quad (4)$$

em que
T_{ar} = temperatura do ar (ºC);

A estrutura dos modelos iniciou-se com as condições das duas propostas, diversificando-se a partir da inserção, em uma delas, da outra variável climática: a temperatura. Os modelos foram desenvolvidos na faixa de 18,0 ºC a 25,0 ºC, como sendo a faixa ideal para o desenvolvimento do fungo. Essa é a faixa de temperatura mais adequada ao desenvolvimento da ferrugem, em presença de água líquida nas folhas (VALE 1985).

Satisfeitas essas condições primárias, foram considerados três níveis de favorabilidade: baixa, média e alta; e um nível sem favorabilidade à ocorrência da doença. A baixa favorabilidade ocorre no período de tempo menor que 6 horas favoráveis ao desenvolvimento da doença (*HFDD*); a média no intervalo de 6 *HFDD* a 12 *HFDD*; a alta favorabilidade foi considerada no período maior ou igual a 12 *HFDD*. O nível sem favorabilidade ocorre quando a $UR<90\%$ ou quando a $DPO \geq 2\ ^oC$.

Para identificar os períodos com as condições propostas nos dois modelos, desenvolveu-se um programa computacional na linguagem Java - JSE. Tal programa registrou, hora a hora se a condição era favorável ou não à ocorrência da doença, ou seja, a temperatura no intervalo entre 18,0 ºC e 25,0 ºC concomitantemente com $UR \geq 90\%$ no modelo 1 e $DPO<2{,}0\ ^oC$ no modelo 2. O número de ocorrências foi registrado como número de horas favoráveis ao desenvolvimento da doença (*NHFDD*), ao longo de cada dia, e o número de dias favoráveis ao desenvolvimento da doença (*NDFDD*), ao longo do mês. Classificaram-se os dias com condições de baixa, média ou alta favorabilidade, de acordo com o número de horas menor que seis horas, entre 6,0 e 12,0 horas e acima de 12,0 horas, respectivamente.

A partir de análises de correlação, feitas entre os dois modelos, utilizando-se dados de todas as estações, obtiveram-se resultados que foram apresentados em forma de gráficos e mapas temáticos. As informações dos gráficos e mapas mostram, nas realidades climáticas atuais, as condições mais propícias ao desenvolvimento da ferrugem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de horas, nos anos de 2005 e 2006, com as condições favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem asiática da soja (*NHFDD*) foi identificado, nas quatorze localidades, pelos modelos 1 e 2, por meio do programa desenvolvido. Feita uma correlação, pelo coeficiente de Pearson, entre os resultados dos dois modelos, encontrou-se o valor médio de 0,98. A partir dos dados do *NHFDD*, foi gerado o número de dias favoráveis ao desenvolvimento da doença (*NDFDD*), classificando-os em dias de baixa, média e alta favorabilidade, em períodos de tempo consecutivos menores que 6 *HFDD*, entre 6 e 12 *HFDD* e maiores que 12 *HFDD*, respectivamente.

A maior ocorrência de dias com médias e altas favorabilidade se observa nos meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro. No período que vai de maio a setembro, destacam-se condições de baixa favorabilidade ao desenvolvimento do fungo. A figura 1 mostra os dias com baixa, média e alta favorabilidade ao desenvolvimento da doença, identificados pelo modelo 1, ao longo do ano de 2006, na região de Viçosa.

Posteriormente, considerou-se que os dias com o *NHFDD* maior ou igual a 6 possuíam condições favoráveis para o fungo se desenvolver (*DFDD*) e os com períodos menores que 6 *HFDD,* as condições apresentavam-se não favoráveis. Foi feita nova correlação entre os dias favoráveis ao desenvolvimento da doença (*NDFDD*) entre os dois modelos, e os valores dos coeficientes foram novamente elevados, com média superior a 0,99. O comportamento da favorabilidade, na região de Viçosa, em 2005 e 2006 é apresentado na figura 2. Percebe-se que o período mais

propício ao desenvolvimento da ferrugem é de outubro a abril, pois nesses meses o *NDFDD* é bem elevado. No período de junho a agosto não ocorreu nenhum *DFDD*.

Com a finalidade de se identificar as regiões que apresentam as melhores condições ao desenvolvimento da ferrugem asiática da soja, foi feita uma soma do *NDFDD* durante todo o ano de 2005 e de 2006, nas quatorze localidades. Além disso, percebe-se que o comportamento das condições nesses dois anos é bem semelhante (ver esse resultado na figura 3). Nessa figura, destacam-se as regiões dos municípios de Nanuque e Ipatinga como as que apresentam maiores valores de *DFDD*. Por outro lado, as que têm os menores valores de *DFDD* são em ordem crescente, Honorópolis (localidade 4) , Itajubá (localidade 6), Araxá (localidade 2) e Viçosa (localidade 14).

A influência da temperatura sobre a favorabilidade do desenvolvimento da ferrugem é apresentada na figura 4. O gráfico ilustra a marcha da temperatura no ano de 2006 na região de Viçosa, seguida da região de Nanuque, com os respectivos *NDFDD*. Nos meses mais quentes, o *NDFDD* é maior e, em Nanuque, onde a temperatura média mensal é maior, o *NDFDD* também é maior.

Na figura 5, observa-se o *NDFDD* dos meses de julho e novembro em 2005 e 2006, nas quatorze localidades pesquisadas. No mês de novembro, em quase todas as localidades, tanto no ano de 2005, como no de 2006, o *NDFDD* foi superior a 10. Isto revela ter este mês grandes possibilidades de favorecer o desenvolvimento da ferrugem no Estado de Minas Gerais. No mês de julho, o destaque é a localidade de Nanuque, que apresentou, nos dois anos, as mesmas condições no mês de novembro. Outra região que também apresenta boas condições ao desenvolvimento da ferrugem é a de Ipatinga, entretanto, com favorabilidade bem abaixo da de Nanuque. Nas outras localidades, nos dois anos, foram poucos os dias com condições favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Além das informações obtidas por localidade, faz-se necessária uma visão panorâmica do Estado de Minas Gerais, em diferentes épocas do ano. Assim, fez-se uma representação da distribuição geográfica, nesse estado, a partir das estações estudadas, utilizando-se o programa Arcview. Na figura 6, está representada a severidade nos meses de janeiro, março, agosto e novembro. No mês de janeiro, o número de dias com as condições favoráveis à doença em todo o estado é, pelo menos, igual a 4. No mês de março, figura 6B, as condições favoráveis são ainda mais elevadas. Na região de Nanuque, que apresentou condições favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem asiática durante todo o ano de 2006, devido às umidades relativas e temperaturas elevadas nesse mês, como em Lavras, ocorreram condições menos favoráveis à ferrugem, mas com *NDFDD* próximo de 10, o que já é suficiente para iniciar uma epidemia. No mês de agosto, figura 6C, em geral, muitas regiões do Estado apresentaram as piores condições para a ferrugem se desenvolver com *NDFDD* abaixo de 4. O destaque é que, nas regiões que são as maiores produtoras de soja, a favorabilidade ao desenvolvimento da ferrugem é muito pequena. Nas localidades onde as condições são mais favoráveis à doença, não há produção de soja, pois existem outras limitações climáticas e hídricas. O mês de novembro é um período do ano em que a maioria das regiões apresenta boas condições para o fungo se desenvolver.

Os resultados apresentados mostraram que os dois modelos propostos são equivalentes. A identificação dos dias favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem evidencia as regiões mais propícias ao desenvolvimento da doença, com uma visão panorâmica e sazonal. A safra principal da soja, em Minas Gerais, resulta do plantio nos meses de outubro e novembro. É exatamente a partir de outubro que as condições são mais propícias ao desenvolvimento da ferrugem. Sabe-se que, de acordo com o zoneamento climático, a soja não pode ser

cultivada em todo o Estado. Pelos resultados observados na figuras 6, nos meses de janeiro, março, agosto e novembro respectivamente, visualiza-se que as regiões, onde a soja é menos recomendada para o cultivo, são as que apresentam as melhores condições para a ferrugem se desenvolver. Mesmo que o *NDFDD*, na região do triângulo, onde mais se cultiva a soja, seja menor, ela não está isenta da doença, pois basta ter um dia com as condições de favorabilidade média ou alta para o fungo iniciar seu desenvolvimento.

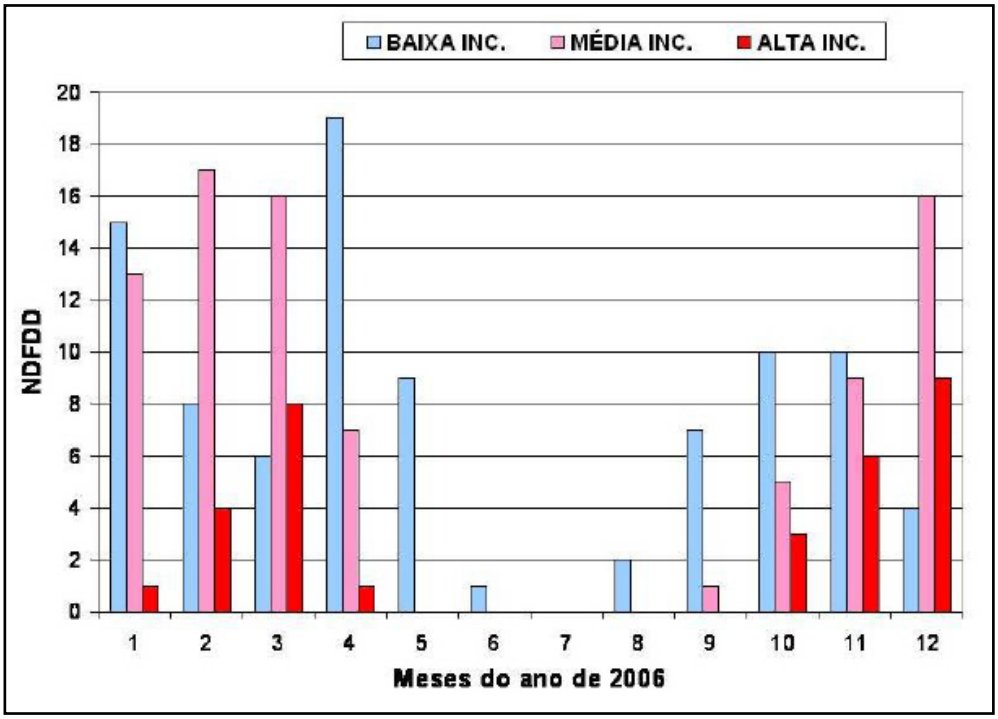

Figura 1. Número de dias, com as condições de baixa, média e alta favorabilidade, na região de Viçosa, em 2006, pelo modelo 1

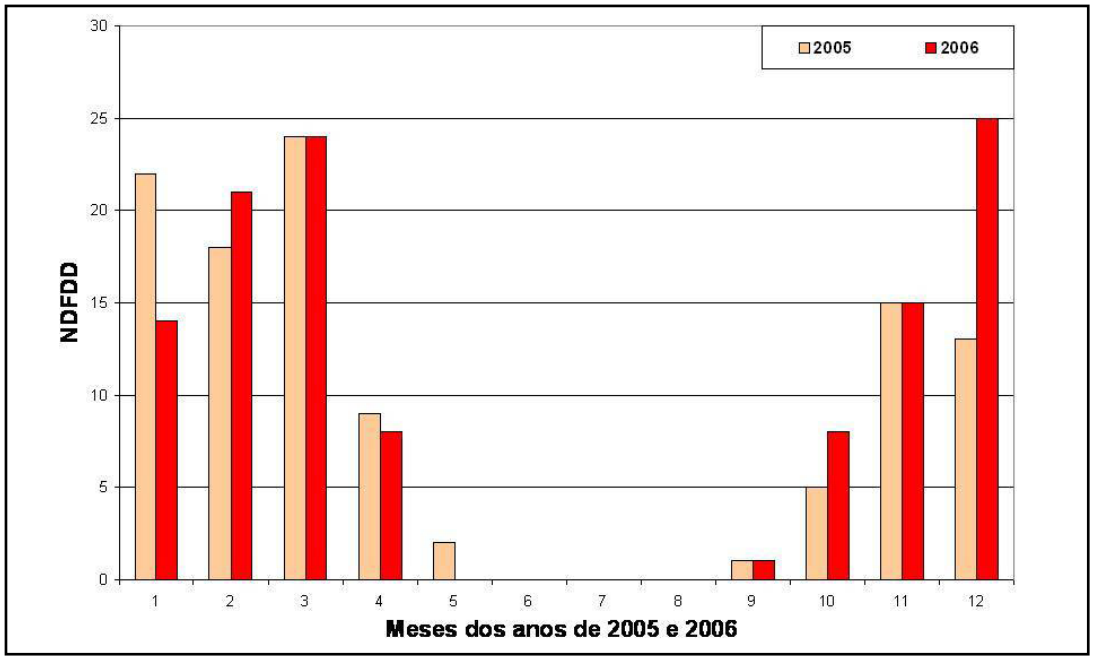

Figura 2. Soma do *NDFDD* de média e alta favorabilidade, na região de Viçosa, no decorrer dos anos de 2005 e de 2006, pelo modelo 1

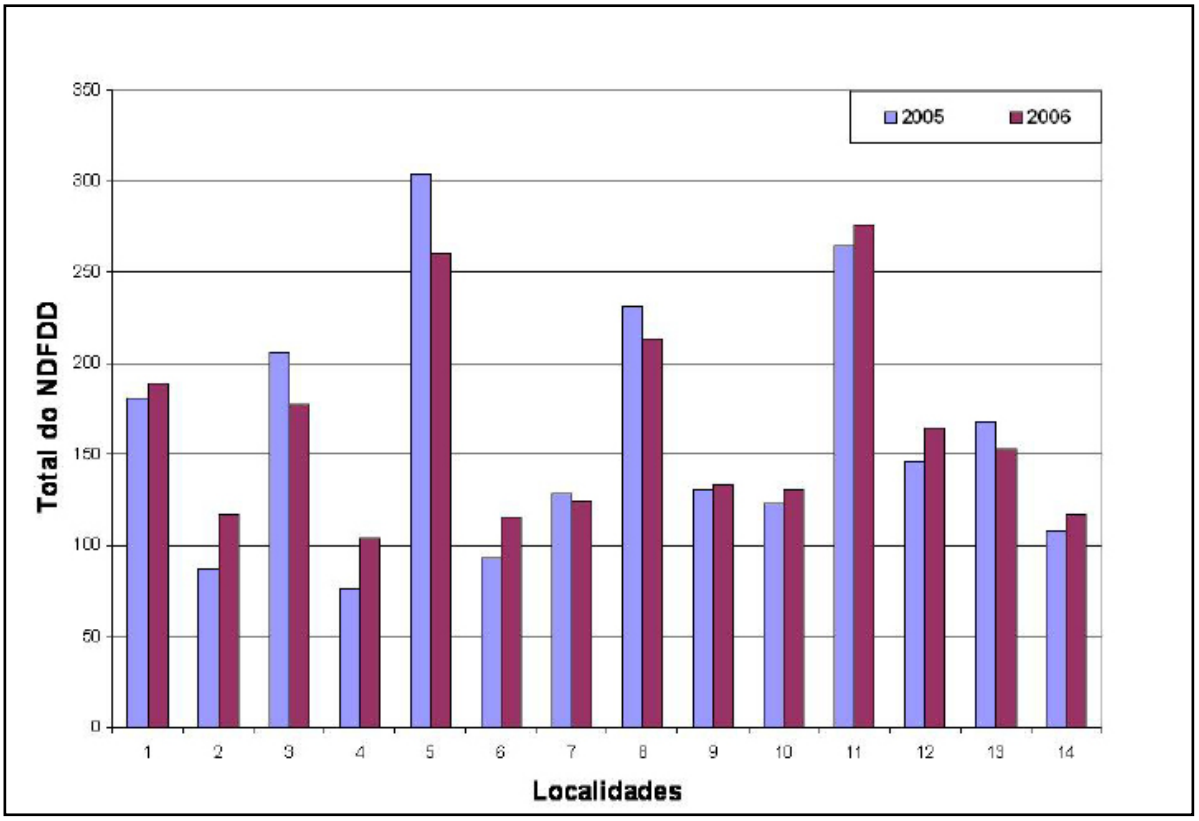

Figura 3. Total de dias com as condições favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem, nas localidades da pesquisa, em 2005 e 2006

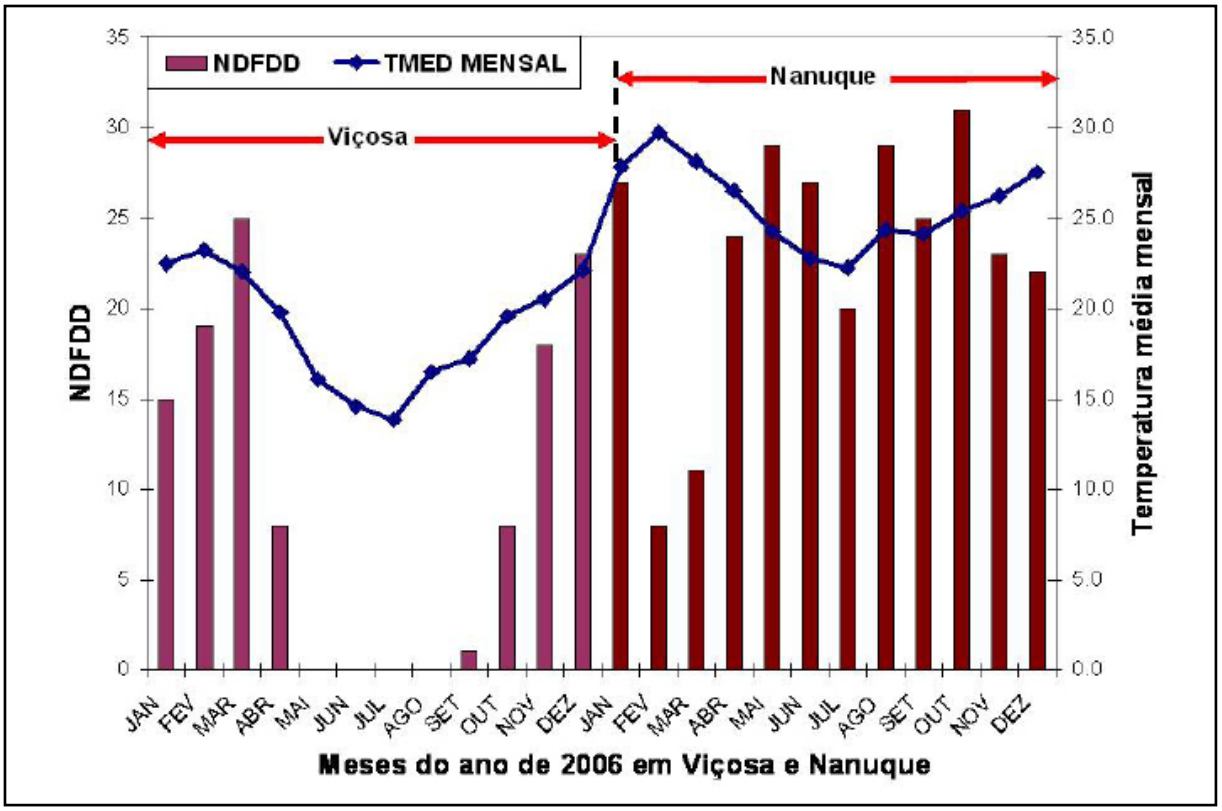

Figura 4. Número de dias favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem, e temperatura média mensal no ano de 2006 em Viçosa e em Nanuque

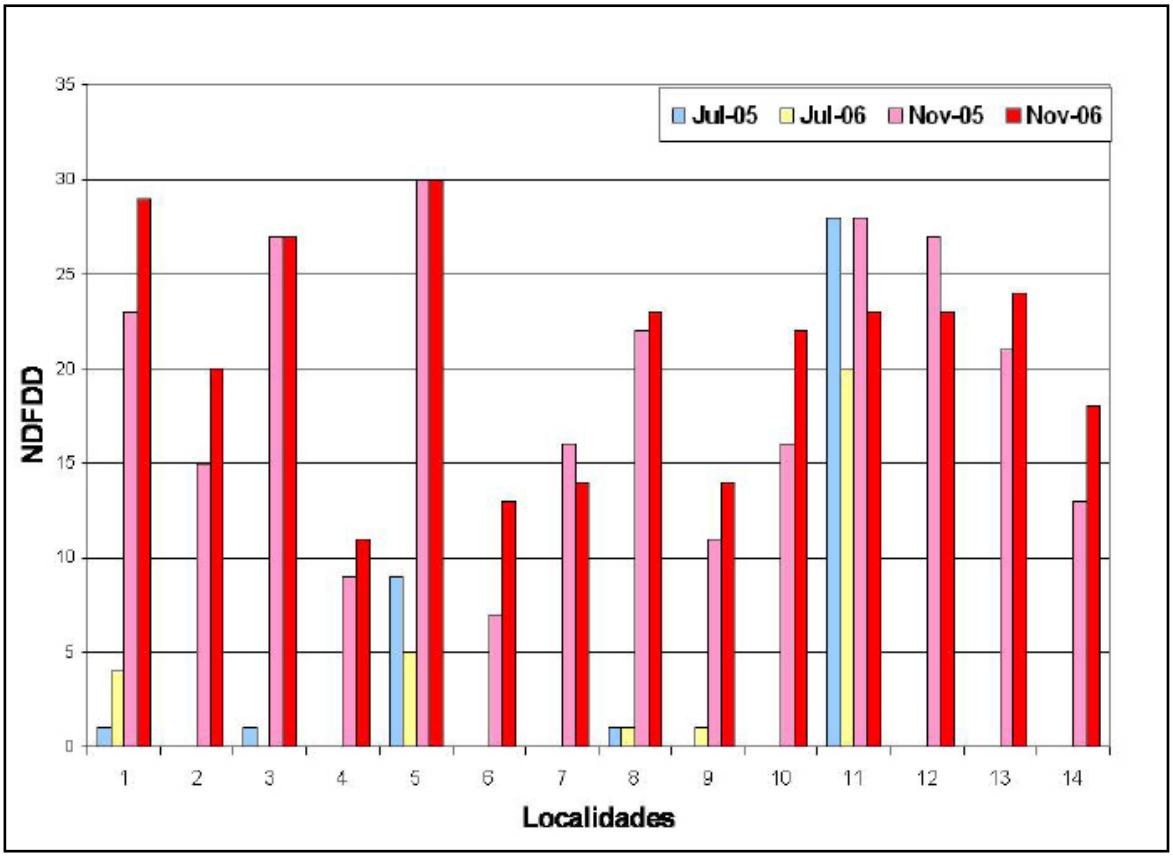

Figura 5. Número de dias de favorabilidade para o desenvolvimento da doença (*NDFD*), nos meses de julho e novembro de 2005 e 2006, nas localidades pesquisadas

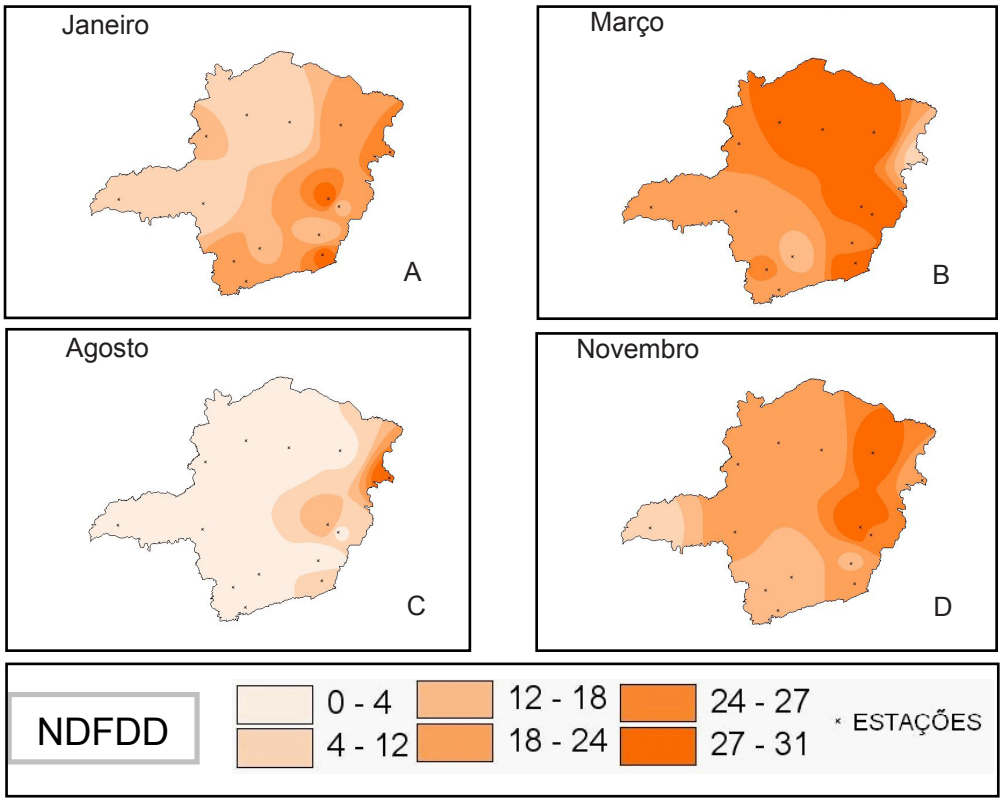

Figura 6. Número de dias de favorabilidade ao desenvolvimento da doença nos meses de janeiro, março, agosto e novembro de 2006, identificados pelo modelo 1, no Estado de Minas Gerais

CONCLUSÕES

- Os resultados encontrados neste trabalho mostram que os dois modelos propostos, *UR* $\geq$ *90%* e o modelo da *NHDPO<2 °C*, são equivalentes e, tanto o primeiro como o segundo, pode ser utilizado para se determinar o período de molhamento foliar. A simplicidade do modelo que considera a *UR*$\geq$ *90%,* indica-o como o mais recomendável. Por outro lado, há necessidade de se investigar mais a sua utilização em tipos diversos de clima, pois ainda existe alguma incerteza quanto a sua aplicabilidade se o clima é mais seco.
- Pode-se afirmar que em todas as regiões do Estado de Minas Gerais, os meses de julho e agosto são os que apresentaram as piores condições ao desenvolvimento da ferrugem, devido às baixas temperaturas. O período que apresentou as condições mais favoráveis à doença, devido às altas temperaturas e umidades relativas, vai de outubro a abril, com maior ou menor intensidade, em todo o estado.
- O modelo que definiu, neste trabalho, uma faixa de temperatura ideal às condições favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem asiática da soja pode ser empregado em outras doenças. Assim, trata-se de um modelo útil, portanto, para se estudar outros patógenos e culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CHAKRABORTY, S.; TIEDEMANN, A. V.; TENG, P. S. Climate change: potential impact on plant diseases. **Environmental Pollution**, v.108, p.317-326, 2000a.

CHAKRABORTY, S.; PANGGA, I. B.; Lupton, A.; HART. L.; ROOM, P. M.; YATES, D. Production and dispersal of Colletotrichum gloeosporioides spores on Stylosanthes scabra under elevated CO_2. **Environmental Pollution**, v.108, p.381-38, 2000b.

COAKLEY, S. M.; SCHERM, H. Plant disease in changing global environment. **Aspects of Applied Biology**, v.45, p.277-238, 1996.

GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2005. 104p.

GILLESPIE, T.J.; KIDD, G. E. Sesing duration of leaf moisture retention using electrical impedance grids. **Canadian Journal Plant Science**, v.58, p.289-295, 1984.

GILLESPIE, T. J.; SRIVASTAVA, B.; PITBLADO, R. E. Using operational weather data to schedule fungicide sprays on tomatoes in southern Ontario, Canada. **Journal of Applied Meteorology**, v.32, p.567-573, 1993.

HUBER, L.; GISLLESPIE, T. J. Modelling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. **Annual Review of Phytophathology**, v.30, p.553-557, 1992.

KIM, K. S.; TAYLOR, S. E.; GLEASON, M. L.; VILLALOBOS, R.; ARAUZ, L. F. Estimation of leaf wetness duration using empirical models in northwestern Costa Rica. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.129, p. 53-67, 2005.

MADEIRA, A.; KIM, K.S.; TAYLOR, S. E.; GLEASON, M. L. A simple cloud-based energy balance model to estimate dew. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.111, p.55–63, 2002.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; GILLESPIE, T. J. Estimating dew duration. I-Utilizing micrometeorological data. **Agricultural Meteorology**, v.25, p.283-296, 1982a.

PEDRO JÚNIOR, M.; GILLESPIE, T. J. Estimating dew duration. II- Utilizing standard weather station data. **Agricultural Meteorology**, v.25, p.297-310, 1982b.

RAO, P. S.; GILLESPIE, T. J.; SCHAAFSMA, A. W. Estimating wetness duration on maize ears from meteorological observations. **Canadian Journal Plant Science.** v.78, p.149-154, 1998.

SENTELHAS, P. C. **Duração do Período de molhamento foliar: Aspectos operacionais da sua medida, variabilidade espacial em**

diferentes culturas e sua estimativa a partir do modelo de Penman Monteith. 2004. 161 f. Tese. (Livre Docência em Agrometoerologia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

VALE, F. X. R. **Aspectos epidemiológicos da ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) da soja (Glycine max (L.) Merrill).** 1985. 104 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1985.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M. Efeito do binômio temperatura-duração do molhamento foliar sobre a infecção por *Phakopsora pachyrhizi* em soja. **Fitopatologia Brasileira**. v.15, p.200-203, 1990.

VALE, F. X. R. *et al*. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas.** Belo Horizonte: Perfil Editora, 2004. 532 p.