

AVALIAÇÃO DO RISCO CLIMÁTICO E DA INFLUÊNCIA DE ENOS EM EPIDEMIAS DE FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA NO RIO GRANDE DO SUL

Thiago V. Santos¹, Aline H. N. Maia², Eduardo J. Martins³, Emerson M. Del Ponte⁴,

¹Meteorologista, MSc., Bolsista DTI/CNPq, Depto de Fitossanidade/UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712, Porto Alegre RS. thiagoveloso@gmail.com; ²Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente; ³Acadêmico de Agronomia/UFRGS, Bolsista Iniciação Científica CNPq; ⁴Eng. Agrônomo, Prof. Dr. do Depto de Fitossanidade/UFRGS

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG.

Resumo: A ferrugem asiática é uma importante doença na cultura da soja. Os padrões espaciais e temporais de ocorrência e de severidade das epidemias nas diferentes safras são variáveis em função das condições climáticas prevalentes, principalmente da precipitação. As variabilidades interanual e espacial do risco climático de epidemias de ferrugem asiática no Estado do Rio Grande do Sul foram avaliadas com um modelo de predição da severidade máxima da doença com base na precipitação. Foram utilizadas séries históricas de 25 anos de precipitação diária no período crítico para o desenvolvimento da doença (janeiro a março) em 24 localidades na região produtora do Estado. Estatística descritiva e funções probabilidade de excedência (FPE) foram usadas para avaliar a variação temporal e espacial do risco nessas localidades. O impacto das fases quente e fria do fenômeno climático El Niño - Oscilação Sul (ENOS) no período de outubro a dezembro (OND) foi avaliado em quatro localidades com séries de dados de 50 anos, também usando FPE. Os resultados mostraram um risco de 50% para epidemias de até 37% de severidade máxima na média das localidades, enquanto que o risco de epidemias com severidade acima de 60% variou de 0 a 20% nas localidades, sendo mais alto na região Norte do Estado. Na ocorrência de uma fase quente do ENOS no período OND o risco de exceder a mediana aumenta em torno de 20% nas quatro localidades avaliadas, sendo mais pronunciado em algumas localidades.

Palavras chave: El Niño, *Phakopsora pachyrhizi*, séries temporais

CLIMATE-BASED RISK ASSESSMENT AND ENSO INFLUENCES ON SOYBEAN RUST EPIDEMICS IN RIO GRANDE DO SUL

Abstract: Asian rust is a major disease of the soybean crop in Brazil. Both the spatial and temporal patterns of occurrence and severity of epidemics in different seasons is variable depending on the prevailing climate conditions, especially rainfall. The interannual and spatial variability of climatic risk of disease outbreaks in Rio Grande do Sul state were evaluated with a rainfall model which estimates the maximum severity. A 25-year historical series (1980-2004) of daily precipitation was available for 24 locations across the State's production regions during the critical period (January to March). Descriptive statistics and probability of exceeding functions (PEF) were applied to evaluate both the temporal and spatial variation of epidemics risk in those cities. The impact of warm and cold phases of the climatic phenomenon El Niño – Southern Oscillation (ENSO) during October-December (OND) was evaluated in four localities with series of data for 50 years, also using PEF. Results showed a 50% risk for epidemics of up to 37% maximum severity considering the average of the index across the locations. Risk of severity higher than 60% ranged from 0 to 20%, being higher on northern part of the state. During a warm OND phase of ENSO, the risk of exceeding the median across the four locations increases around 20% compared to neutral and cold years.

Keywords: El Niño, *Phakopsora pachyrhizi*, time series

INTRODUÇÃO: A ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.) é uma das mais importantes doenças da cultura. Epidemias da doença têm apresentado um comportamento irregular em função da variabilidade climática, a qual pode afetar os padrões temporais e espaciais de dispersão, prevalência e severidade. O progresso da severidade das epidemias de ferrugem no Brasil é fortemente relacionado às condições sazonais de clima, principalmente a frequência e intensidade da precipitação pluvial (DEL PONTE *et al.*, 2006). Tendo em vista a recente ocorrência da ferrugem da soja no sul do Brasil, há necessidade de se quantificar o risco de epidemias e identificar fatores preditivos que possam auxiliar tomadas de decisão relacionadas ao manejo de risco da doença. Estudos climatológicos têm demonstrado que fenômenos meteorológicos de larga escala, como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), influenciam a produtividade das principais culturas do estado do Rio Grande do Sul (RS), a saber: arroz (MOTA, 2000); milho (BERLATO *et al.*, 2005) e soja (MARQUES *et al.*, 2006). O presente trabalho teve o objetivo de caracterizar espacialmente o risco climático de epidemias de ferrugem asiática da soja em diferentes regiões produtoras de soja do RS bem como a influência das fases do ENOS na magnitude dos riscos.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi feito para o Estado do RS onde 24 municípios foram escolhidos em função da representatividade de área plantada de soja e disponibilidade de dados diários de 25 anos (1980 a 2004) de precipitação, fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA). A severidade máxima da ferrugem asiática foi estimada por um modelo com base em duas variáveis relacionadas à chuva (número de eventos e total acumulado) no período de 30 dias após a data da detecção da doença (DEL PONTE *et al.*, 2006). Um índice de severidade da ferrugem (ISSF) foi simulado para cada ano da série histórica (1980 a 2004) considerando a média da severidade a partir de três datas hipotéticas de detecção (DHD) da doença: 15 de janeiro, 01 e 15 de fevereiro - intervalo de tempo corresponde ao período em que é reportada a maior quantidade de ocorrências da ferrugem no estado. A média dos ISF para as três datas, denominado índice de severidade sazonal (ISS) foi calculado para cada ano da série e classificado como alto (superior a 60%), médio (entre 30 e 60%) ou baixo (inferior a 30%). Para quatro localidades com séries históricas de 50 anos (Cacequi, Cruz Alta, Giruá e Três Passos), as fases do ENOS foram definidas a partir das anomalias de temperatura de superfície do mar (TSM) do Pacífico Tropical (região 3-4) dos meses de outubro a dezembro, anteriores ao período de desenvolvimento crítico da doença (30 dias após a DHD). As anomalias foram agrupadas em quartis e então cada ano foi categorizado como pertencente a uma fase do ENOS: quente (quartil superior), neutra (2º ou 3º quartis) ou fria (quartil inferior). Sistemas probabilísticos de previsão sazonal baseados nesse tipo de categorização, dita abordagem de anos análogos, são discutidos com maior profundidade nos trabalhos de MAIA E MEINKE (2006) e MAIA *et al.* (2007). O efeito das fases do ENOS sobre o ISS da ferrugem foi explorado via métodos inferenciais não-paramétricos (MNP) para comparação de funções de probabilidade de excedência (FPE), uma maneira alternativa de representar as funções distribuição acumulada dos ISF. Este tipo de abordagem requer nenhuma suposição sobre o tipo de distribuição de probabilidade das variáveis de interesse. O uso de MNP permite a quantificação de incertezas associadas às estimativas de risco, o que constitui-se numa vantagem em relação ao uso de métodos puramente descritivos (MAIA E MEINKE, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A variabilidade do ISS ao longo dos 25 anos é apresentada na Figura 1, onde se verifica um maior número de anos com severidade acima da mediana global (37,7%) na década de 1990. A variabilidade espacial do risco em uma safra, com grande amplitude em alguns anos, é demonstrada pela distribuição dos valores dos 24 locais nos diagramas de caixa. A Figura 2 apresenta a FPE global com seus intervalos de confiança

para os 24 municípios, onde o risco de exceder a mediana ao redor de 37% de severidade máxima é de 50%. O risco de epidemias severas, ou seja, acima de 60% é em geral baixo, variando de 0 a 20%. A variação espacial do ISS é apresentada na Figura 3, onde as barras correspondem à probabilidade de epidemias atingirem um valor superior à mediana global (37,7%) e a classe alta de severidade (>60%) para cada um dos 24 municípios. A distribuição espacial do ISS não segue um padrão determinado, provavelmente acompanhando a alta variabilidade da precipitação na região. No entanto, entre os municípios estudados, observaram-se as maiores probabilidades de epidemias severas no extremo norte e noroeste do estado, enquanto que mais baixo risco foi observado na região centro-norte, especialmente na localidade de Cruz Alta, onde há a maior concentração de plantios de soja no Estado.

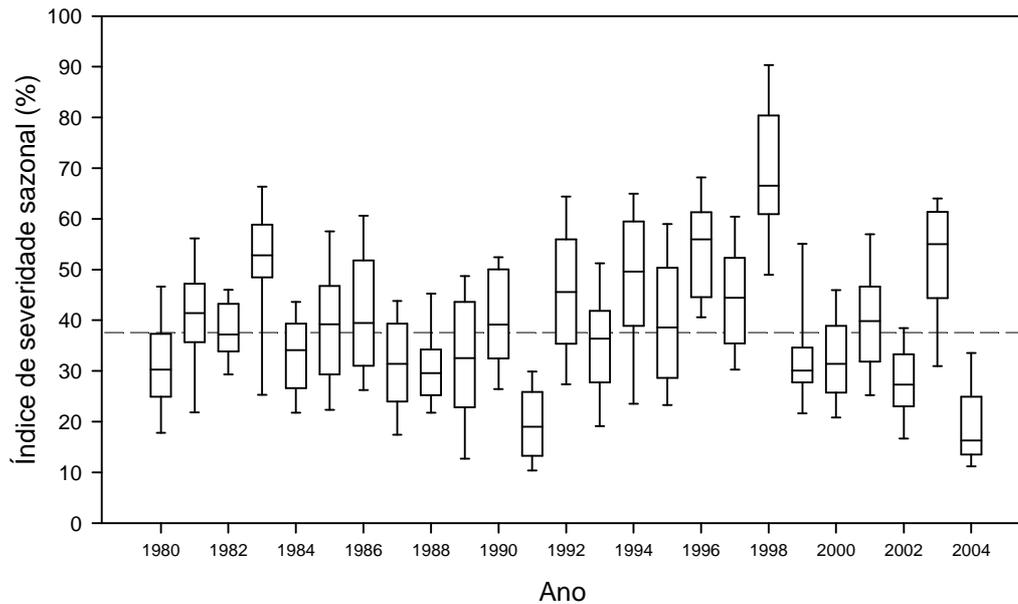


Figura 1. Diagramas de caixas para a distribuição anual do índice de severidade da ferrugem asiática da soja, estimada por um modelo de predição com base na precipitação, em 25 anos. Nas caixas, as linhas transversais superior e inferior correspondem aos percentis 95 e 5 da distribuição do índice de severidade sazonal. A linha transversal dentro da caixa é a mediana.

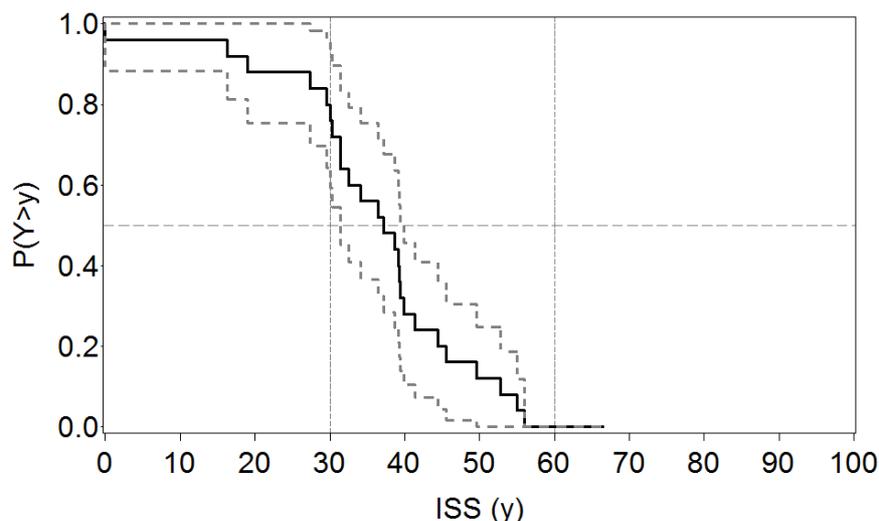


Figura 2. FPE do índice de severidade sazonal da ferrugem da soja em 24 localidades, usando série de precipitação de 25 anos. As linhas tracejadas indicam os intervalos de confiança de 95% e as verticais na área do gráfico representam os limites das classes de severidade.

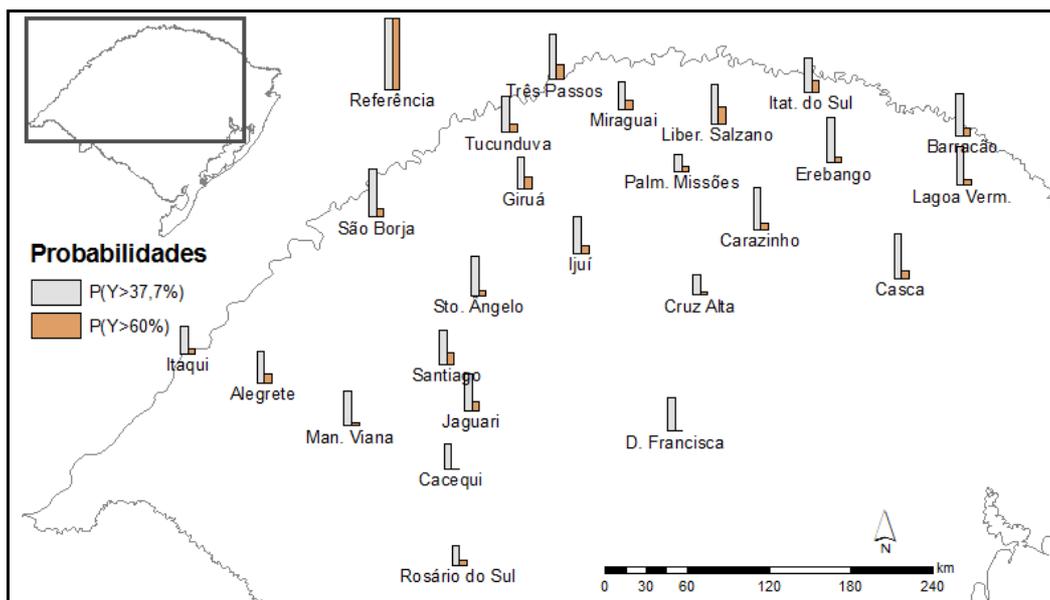


Figura 3. Mapa das probabilidades do ISS exceder a mediana (37,7%) e a faixa de risco considerada alta (60%). As barras de referência representam a probabilidade máxima (100%).

As FPE dos quatro municípios com série histórica de 50 anos de dados são ilustradas na Figura 4. Os efeitos mais notáveis do ENOS foram observados na faixa de risco classificada como média, sendo Giruá o município em que houve a maior diferença – 30% entre fase quente do ENOS e a climatologia. O risco estimado de epidemias na classe alta foi não nulo apenas para o município de Giruá, sendo a probabilidade de 15% e o erro de 10% (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativa de risco de ocorrência de epidemias de ferrugem acima da mediana (ISS>37,7%), para as diferentes fases do ENOS, em quatro municípios do RS.

Município	Fase do ENOS		
	Quente	Neutra	Fria
Probabilidade (%) do ISS > 37,7%			
Cacequi	0,54 (0,14) ¹	0,32 (0,09)	0,23 (0,12)
Cruz Alta	0,54 (0,14)	0,29 (0,08)	0,23 (0,12)
Giruá	0,46 (0,14)	0,14 (0,07)	0,23 (0,12)
Três Passos	0,46 (0,14)	0,39 (0,09)	0,38 (0,13)
Todos os municípios	0,48 (0,12)	0,27 (0,08)	0,26 (0,12)

⁽¹⁾ Erro padrão da estimativa.

CONCLUSÕES: O risco médio de epidemias de ferrugem para 24 localidades no RS é de 70% para valores abaixo de 30%, e de 10% para epidemias severas, além de extremamente variável entre os anos e as regiões produtoras dentro do Estado. As séries de 50 anos de precipitação fornecem evidência da influência de ENOS no risco da ferrugem asiática, variável entre quatro localidades, mas com aumento médio ao redor de 20% quando da ocorrência de uma fase quente do ENOS no período OND.

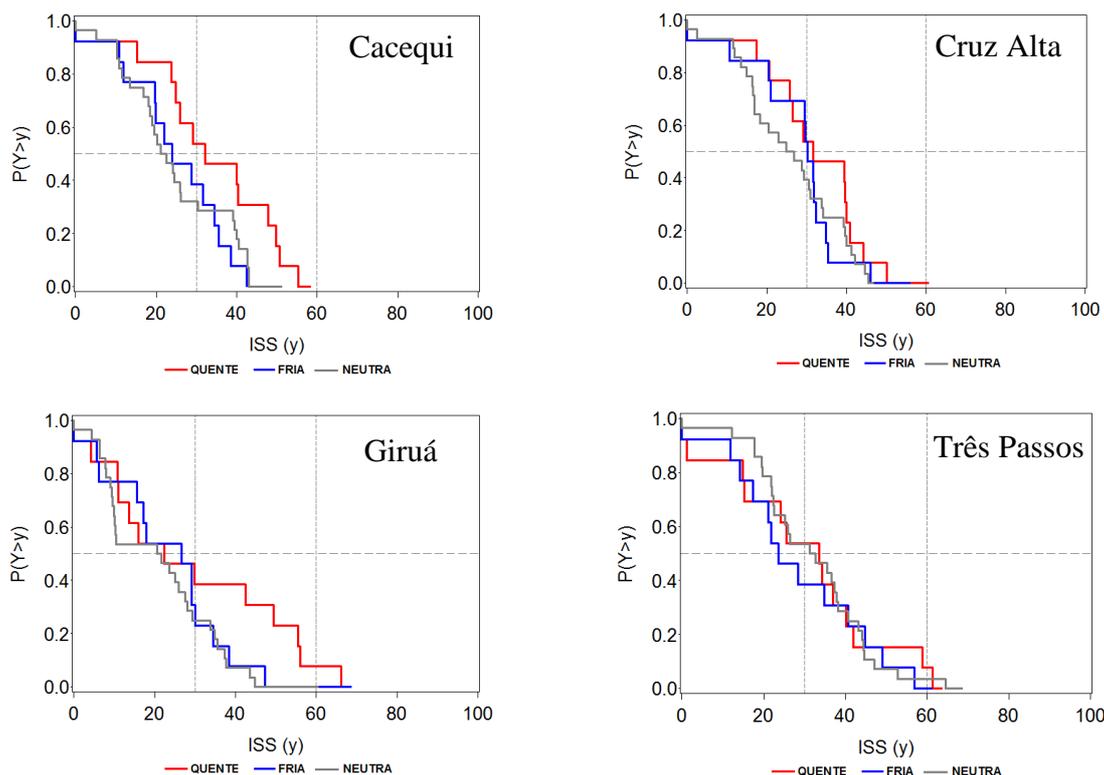


Figura 4. FPE (Função probabilidade de excedência) do índice de severidade de ferrugem asiática em função das fases de ENOS para quatro localidades no Estado do Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de desenvolvimento tecnológico e auxílio de pesquisa concedidos aos primeiro e quarto autor, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berlato, M. A., Farenzena, H., Fontana, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Agropecuária Brasileira**, vol. 40, n.5, p. 423-432, 2005.

Del Ponte, E. M., Godoy, C. V., Li, X., Yang, X. B. Predicting severity of asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, vol. 96, n. 7, p. 797-803, 2006.

Maia, A. H. N., Meinke, H. From inferential statistics to climate knowledge. **Advances in Geosciences**, vol. 6, p. 211-216, 2006.

Maia, A. H. N., Meinke, H., Lennox, S., Stone, R. Inferential, non-parametric statistics to assess the quality of probabilistic forecast systems. **Monthly Weather Review**, vol. 135, n. 2, p. 351-362, 2007.

Marques, J. R., Diniz, G. B., Prestes, S. D. Anomalias na TSM associadas às fortes anomalias na produtividade da soja no Rio Grande do Sul. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006.

Mota, F. S. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre o rendimento do arroz irrigado na região de Pelotas (RS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol.15, n.2, p. 21-24, 2000.