

Impactos das mudanças climáticas sobre o risco de ocorrência da ferrugem da soja no Brasil

WANDERSON B. MORAES¹, WALDIR C. DE JESUS JUNIOR², LUCAS T. DO AMARAL³, LEONARDO DE A. PEIXOTO⁴, FRANCISCO X. R. DO VALE⁵, ROBERTO A. CECÍLIO⁶

¹Acadêmico de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, Depto. de Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, UFES, Alegre – ES, Fone: (0 xx 28) 3552 8943, wandersonbucker@yahoo.com.br. ²Acadêmico de Engenharia Madeireira, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, Depto. de Produção Vegetal, CCA/UFES, Alegre – ES. ³Acadêmico de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica, Depto. de Produção Vegetal, CCA/UFES, Alegre – ES. ⁴Engº Agrônomo, Prof. Doutor e Bolsista de Produtividade do CNPq, Depto. de Produção Vegetal, CCA/UFES, Alegre – ES. ⁵Engº Agrônomo, Prof. Doutor e Bolsista de Produtividade do CNPq, Depto. de Fitopatologia, UFV, Viçosa – MG. ⁶Engº Agrícola, Prof. Doutor e Bolsista de Produtividade do CNPq, Depto. de Engenharia Florestal, CCA/UFES, Alegre – ES.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: As mudanças climáticas globais poderão influenciar a distribuição geográfica das doenças de plantas. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo comparar a distribuição geográfica da ferrugem da soja por meio da elaboração de mapas risco nas seguintes situações: a) clima atual e futuro (2020, 2050 e 2080), b) cenários A2 e B2 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), c) predito por seis diferentes modelos de mudanças climáticas e pela média dos mesmos e, d) entre meses. Admitindo os cenários futuros traçados pelo IPCC, haverá a redução do risco de ocorrência da ferrugem da soja no Brasil no decorrer das décadas futuras. Esta redução prevista será mais acentuada no cenário A2 quando comparada com a predita no cenário B2. Quanto à destruição temporal, o período de maior risco de ocorrência da ferrugem da soja tenderá reduzir nas décadas futuras. Houve uma baixa variabilidade entre as predições do índice de risco da ferrugem realizada com os modelos individuais e a média dos mesmos. Alterações na distribuição geográfica da doença ocorrerão entre meses, de modo que áreas consideradas favoráveis tornarão desfavoráveis. Apesar disso, extensas áreas continuarão favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem, principalmente em algumas regiões que são as maiores produtoras de soja.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, aquecimento global.

ABSTRACT: Global climate change may influence the geographical distribution of plant diseases. In this sense, this study aimed to compare the global geographical distribution of the disease based on maps elaborated using weather data representing: i) current and future periods (2020, 2050 and 2080), ii) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) scenarios A2 and B2, iii) predictions based on six different climate change models and the “multimodel ensemble” and, iv) individual months. Assuming future scenarios outlined by the IPCC, will occur a reduce in of risk occurrence of rust of soybean in Brazil over the future decades. This provided reduction is more pronounced in the A2 scenario compared to the predicted scenario B2. As the temporal destruction, the period of greatest risk of rust of soybean will tend to reduce in future decades. There was a low variability among the predictions of the risk index of rust made with the individual models and the average of the same. Changes in the geographical distribution of the disease will occur from one month to another, with favorable areas becoming unfavorable. However, in spite of these changes, extensive areas will still continue to be favorable for the occurrence of rust, mainly in some regions that are major producers of soybean.

KEYWORDS: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, global warming.

INTRODUÇÃO: A ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) tem causado grandes perdas na produção desta cultura. Em 2004, considerando a perda de grãos, custo de controle e queda de arrecadação, os prejuízos foram da ordem de US\$ 2,28 bilhões (YANG, et al., 1990). A temperatura e o molhamento foliar exercem papel fundamental, principalmente nos processos monocíclicos de germinação e de infecção de *P. pachyrhizi* em soja (ALVES et al., 2007). Plantas de soja com sintomas severos desta doença apresentam desfolha precoce, comprometendo assim o enchimento das vagens e o peso dos grãos (YANG ET AL., 1991). O desenvolvimento de doenças de plantas é resultante da interação de um hospedeiro suscetível, um patógeno virulento e fatores ambientais favoráveis (JESUS JUNIOR et al., 2003). Portanto, as mudanças climáticas constituem uma séria ameaça ao cenário fitossanitário brasileiro, pois poderão promover significativas alterações na ocorrência e severidade das doenças de plantas. Desta forma, certamente em um futuro próximo, ocorrerão modificações na importância relativa de cada doença de planta (CHAKRABORTY, 2000). Entretanto, apesar das ameaças das mudanças climáticas sobre a proteção de plantas, ainda há poucos relatos sobre este assunto. Além disso, a variabilidade dos valores preditos pelos modelos de circulação geral (MCG's) não vem sendo considerado nas avaliações dos impactos das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas. Considerando a importância da cultura da soja para o Brasil, avaliaram-se neste trabalho os impactos das mudanças climáticas sobre o risco de ocorrência da *P. pachyrhizi* nos cenários futuros (A2 e B2), utilizando diferentes modelos de circulação global e a média dos mesmos.

MATERIAL E MÉTODOS: Para a elaboração do mapa atual do risco de ocorrência da *P. pachyrhizi*, empregaram-se dados mensais médios de temperatura e umidade relativa do ar, obtidos do Climate Research Unit (CRU) (NEW et al., 2002). Os dados são referentes às médias históricas destas variáveis no período entre 1961 e 1990, disponíveis no formato matricial (grid) com células de 10' x 10' de latitude e longitude.

Os dados referentes às previsões futuras dos desvios das variáveis temperatura e umidade relativa do ar de cada mês foram obtidos no site do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) (IPCC, 2007). Os dados futuros de temperatura foram calculados empregando os desvios previstos por seis diferentes modelos climáticos globais: HadCM3, CSIROmk2, CCSR/NIES, ECHAM4, CGCM2 e GFDL-R30 (IPCC, 2007). Os dados futuros de umidade relativa são previsto somente pelo do modelo HadCM3.

Os cenários futuros selecionados foram o A2 e B2, com foco nas décadas de 2020's, 2050's e 2080's. O cenário A2 descreve um futuro mais heterogêneo onde a regionalização é dominante. O cenário B2 descreve um futuro no qual a ênfase está em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental (IPCC, 2001). Portanto, o cenário A2 pode ser considerado mais "pessimista", prevendo maior emissão de gases de efeito estufa. Contrariamente, o cenário B2 é "otimista" em relação às mudanças climáticas, pois levam em consideração adoções de medidas mitigadoras.

O SIG (Sistema de Informações Geográficas) Idrisi 32 foi utilizado para a elaboração dos mapas. Devido às diferentes resoluções espaciais dos modelos disponibilizados pelo IPCC, os desvios dos dados climáticos foram reamostrados utilizando o SIG Idrisi 32 para geração de mapas com resolução espacial de 10' x 10' de latitude e longitude. Posteriormente, os mapas mensais dos desvios futuros da temperatura média do ar e umidade relativa foram somados com os mapas atuais, para obtenção das projeções futuras. Esta operação foi realizada através da ferramenta de operação aritmética do SIG Idrisi 32.

Inexiste um consenso definitivo sobre qual modelo é o mais apropriado para o cálculo dos valores das variáveis climáticas dos cenários futuros. Portanto, os mapas da distribuição espacial da ferrugem no Brasil foram elaborados utilizando: i) temperatura do ar estimada por

cada um dos seis modelos de mudanças climáticas e umidade relativa obtida pelo modelo HadCM3; ii) média aritmética dos dados de temperaturas estimado pelos os seis modelos individuais e umidade relativa obtida pelo modelo HadCM3 (“multimodel ensemble”). O modelo baseada em lógica fuzzy proposto por Alves et al. (2007) foi empregado para a confecção dos mapas de risco de ocorrência da *P. pachyrhizi* no Brasil. Este modelo é em função do efeito da temperatura e do período de molhamento foliar no progresso da ferrugem da soja. Para obtenção dos dados de molhamento foliar foi empregando o método proposto por Hamada et al. (2008). Este método utiliza equações matemáticas de ajuste em função da umidade relativa mensal, para estimar a duração do molhamento foliar. Posteriormente, com base nos dados de intensidade da doença estimados, foi estabelecido o índice de risco da ferrugem da soja no Brasil, definido dentro de uma escala que varia de 0 a 100%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Haverá a redução do risco climático de ocorrência da ferrugem da soja no Brasil no decorrer das décadas futuras (Figura 1 e 2). Tal previsão ocorrerá de forma mais acentuada, admitindo o cenário mais pessimista traçado pelo IPCC (A2). Além disso, estima-se nos cenários futuros uma tendência de redução do período de maior risco de ocorrência da ferrugem da soja (Figura 1). Apesar disso, em algumas regiões que são umas das principais produtores desse grão, ainda haverá áreas que apresentarão potencial risco climático ao desenvolvimento da *P. pachyrhizi* nas décadas futuras (Figura 2). O aumento da concentração de CO₂ atmosférico previsto nos cenários futuros é outro fator que poderá interferir a importância relativa da ferrugem da soja no Brasil. Lessin (2009) relatam que a elevação da concentração de CO₂ reduziu a severidade do oídio da soja. Houve baixa variabilidade entre as previsões efetuadas com os modelos individuais e com as médias dos mesmos (Figura 2). Entretanto, as previsões efetuadas com os modelos ECHAM4 e HadCM3, apresentaram a maior variabilidade entre os modelos analisados.

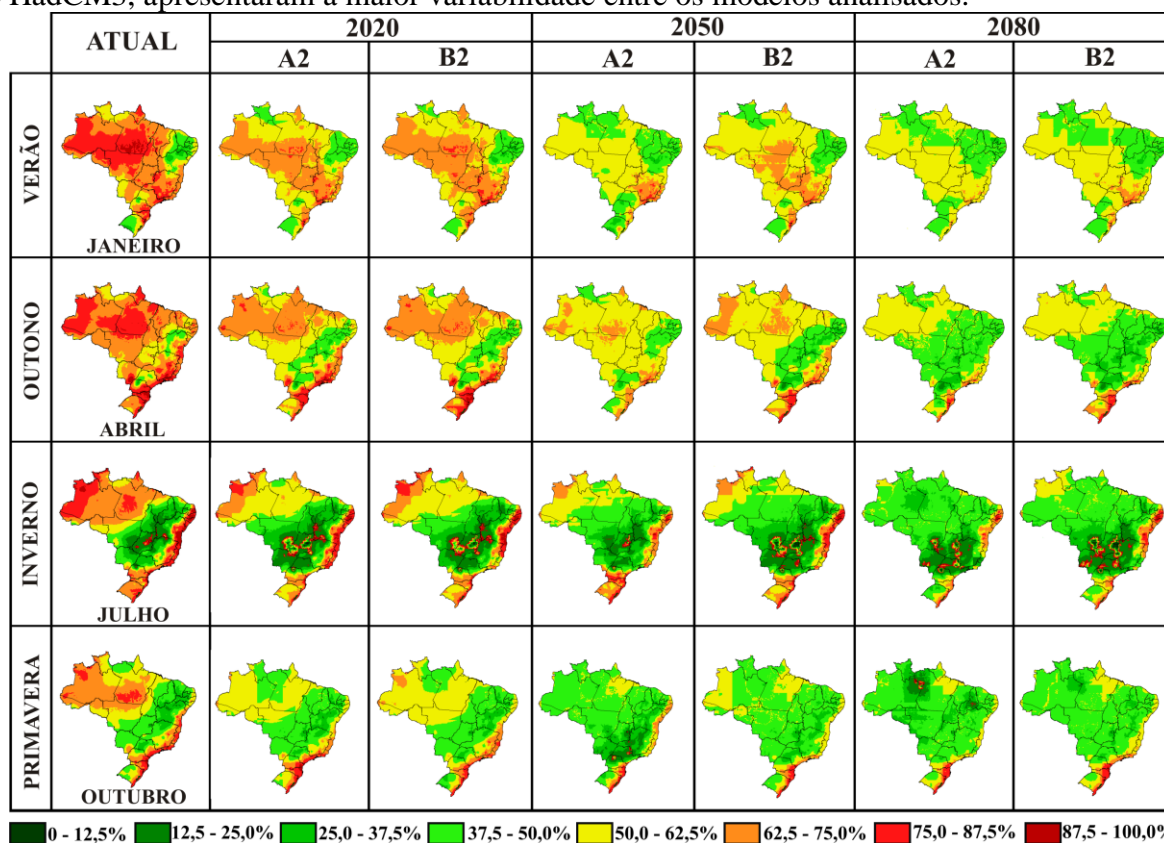


Figura 1. Efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição temporal das áreas de risco de ocorrência da ferrugem da soja no Brasil, predita pelo “multimodel ensemble”.

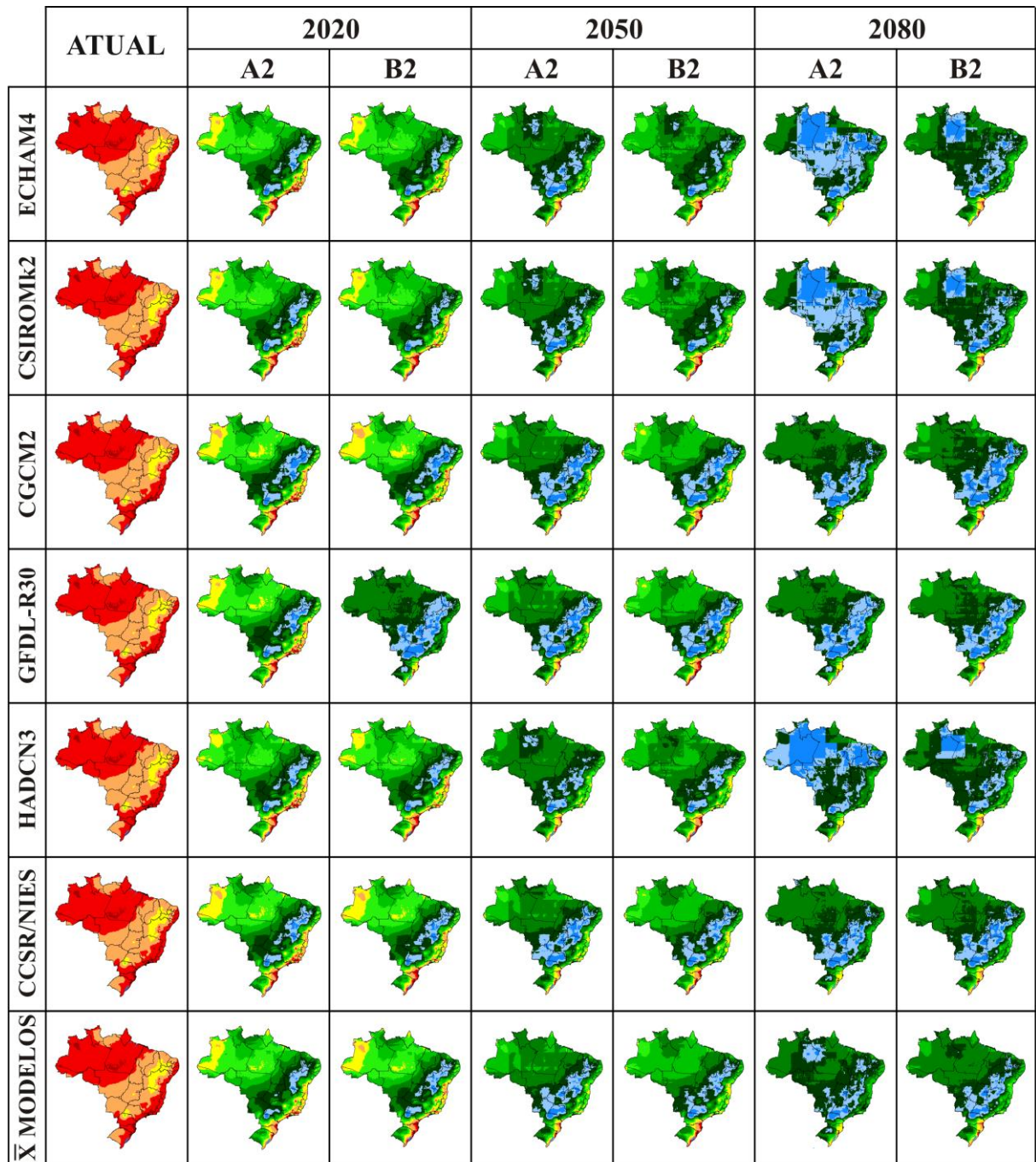


Figura 2. Efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica das áreas de risco de ocorrência do oídio da soja no Brasil, predita por seis modelos de mudanças climáticas e pela média dos mesmos (“multimodel ensemble”).

Contrariamente, Jesus Junior et al. (2008) relataram que as previsões realizadas com o uso da média dos dados estimados pelos MCG's reduziram a variabilidade das simulações dos impactos das mudanças climáticas sobre a sigatoka negra da bananeira. É importante salientar que a baixa variabilidade das previsões do risco da *P. pachyrhizi*, deve-se a uma possível menor “sensibilidade” do modelo da doença a variação dos valores de temperatura futuros, e/ou a maior resposta deste ao molhamento foliar. Portanto, devido às diferenças entre os modelos de previsão de doenças, fica evidente a necessidade de se testar o ajuste dos modelos

individuais e da média dos mesmos, visando à redução da variabilidade das simulações dos impactos das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas.

AGRADECIMENTO: Os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor (projeto 508748/2010-0) e a de produtividade em pesquisa ao segundo autor.

CONCLUSÕES: Considerando os cenários climáticos futuros traçados pelo IPCC, haverá a redução do risco climático da ocorrência da ferrugem da soja no Brasil no decorrer das décadas futuras. Esta redução prevista será mais acentuada no cenário A2 quando comparada com a predita no cenário B2. Além disso, ocorrerá a redução do período de maior risco de desenvolvimento da doença nas décadas futuras. Apesar disso, extensas áreas continuarão favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem, principalmente em algumas regiões que são as maiores produtoras desse grão. Predições efetuadas com os modelos individuais ou com as médias dos mesmos apresentaram baixa variabilidade entre as predições do risco de ocorrência da ferrugem da soja nos cenários futuros.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M.C.; POZZA, E.A.; SILVA, R.M.A.; OLIVEIRA, M.S., MACHADO, J.C., CARVALHO, L.G., OLIVEIRA, A.A.S. Sistema de lógica fuzzy para descrever o processo monocíclico da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v.33, p.36-36, 2007 (resumo).
- CHAKRABORTY, S.; TIEDEMANN, A.V.; TENG, P.S. Climate change: potential impact on plant diseases. **Environmental Pollution**, v.108, p.317-326, 2000.
- HAMADA, E.; GHINI, R.; FERNANDES, J.L.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ROSSI, P. Spatial and temporal variability of leaf wetness duration in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, v.65, n.spe, 2008.
- IPCC. **Climate Change 2001**: synthesis report. Cambridge: Cambridge University Press, 398p. 2001.
- IPCC. **IPCC SRES climate scenarios**: the IPCC data distribution centre. 2007. Disponível em: <http://www.ipcc-data.org/sres/gcm_data.html>. Acesso em: 10 Fev. 2009.
- JESUS JUNIOR, W.C.; Valadares Junior, R.; CECILIO, R.A.; MORAES, W.B.; VALE, F.X.R.; ALVES, F.R.; PAUL, P.A. Worldwide geographical distribution of Black Sigatoka for banana: predictions based on climate change models. **Scientia Agricola**, v.65, n.esp, p.40-53, 2008.
- JESUS JUNIOR, W.C.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; VALE, F.X.R.; HAU, B. Sistemas de auxílio à tomada de decisão no manejo de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.11, p.133-193, 2003.
- LESSIN, R.C. **Efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o oídio, a ferrugem e o desenvolvimento de plantas de soja**. 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, São Paulo. 2008.
- NEW, M.; LISTER, D.; HULME, M.; MAKIN, I. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. **Climate Research**, v.21, n.1, p.1-25, 2002.
- YANG, X.B.; ROYER, M.H.; TSCHANZ, A.T.; TSAI, B.Y. Analysis and quantification of soybean rust epidemics from 73 sequential planting experiments. **Phytopathology**, v.80, n.12, p.1421- 1427, 1990.
- YANG, X.B.; TSCHANZ, A.T.; DOWLER, W.M.; WANG, T.C. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Phytopathology**, v.81, p.1420-1426, 1991.