

EFEITO DA MUDANÇA CLIMÁTICA SOBRE PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS DE PLANTAS: METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DE MAPAS¹

Emília Hamada ²; Raquel Ghini ^{2,3}; Renata Ribeiro do Valle Gonçalves ⁴

RESUMO

A mudança climática provocada por ações antrópicas pode alterar o atual cenário fitossanitário da agricultura brasileira. Este trabalho teve por objetivo avaliar a metodologia de elaboração de mapas de distribuição espacial de problemas fitossanitários de plantas, associados aos efeitos da mudança climática no Brasil. Para tanto, o estudo foi aplicado ao bicho-mineiro-do-cafeeiro (*Leucoptera coffeella*), considerado a principal praga da cultura, comparando sua distribuição nas condições climáticas atuais e futuras. Como clima presente foi considerado a média do período entre 1961 a 1990. Para as condições climáticas futuras, o primeiro método utilizou incrementos na temperatura constantes para o país e, o segundo, adotou aumentos, variando espacialmente, ambos centrados na década de 2080 (simulação do período entre 2071 a 2100), para o cenário A2. Na elaboração dos mapas foi utilizado um Sistema de Informações Geográficas (SIG). O modelo da praga empregado, proposto por Parra (1985), estima o número provável de ciclos do bicho-mineiro-do-cafeeiro. Em ambos os métodos de elaboração de mapas foram observados aumentos no número provável de ciclos do bicho-mineiro no futuro. No entanto, a utilização de incrementos constantes de temperatura média levou a subestimar o número de ciclos no futuro, comparado à utilização de incremento de temperatura variando espacialmente. Além da diferença sazonal, foi observada diferença regional de ocorrência do número de ciclos do bicho-mineiro.

Palavras-chave: *Leucoptera coffeella*, Sistema de Informações Geográficas, Mapas.

CLIMATE CHANGE EFFECT ON THE PHYTOSANITARY PROBLEMS: METHODOLOGY OF MAP PRODUCING

ABSTRACT

The climate change caused by anthropic action can alter the current scenario of phytosanitary problems in Brazilian agriculture. The aim of this study was to evaluate the methodology of producing maps of spatial distribution of phytosanitary problems of plants associated with climate change effects in Brazil. A case study was applied to coffee leaf miner (*Leucoptera coffeella*), considered the most important pest of this culture, comparing its distribution in current and in future climate conditions. As current climate, the average of 1960 to 1990 period was considered. For the future climate conditions, the first method used increments in the temperature fixed to the country and, the second one, adopted increases, varying spatially, both aiming 2080 decade (simulating the period between 2017 to 2100), to A2 scenario. A Geographical Information System (GIS) was used to produce the maps. The pest model, proposed by Parra (1985), estimates the probable number of coffee leaf miner cycles. In both methods of producing maps, increases of probable number of coffee leaf miner cycles were observed in the future. Although, using fixed increases in the average temperature caused a subestimation of the number of cycles in the future, comparing to adopting increases of temperatures varying spatially. Besides the sazonal differences, regional differences were observed to the number of cycles of the leaf miner coffee.

Key words: *Leucoptera coffeella*, Geographic Information System, Maps.

Trabalho recebido em 13/11/2006 e aceito para publicação em 17/11/2006.

¹ Trabalho realizado com apoio financeiro do Macroprograma 3 da Embrapa.

² Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, CP 69, CEP 13820-000, Jaguariúna – SP. E-mail: emilia@cnpmembrapa.br

³ Bolsista do CNPq.

⁴ Engenheiro Cartógrafo, Mestrando, FEAGRI-UNICAMP.

1. INTRODUÇÃO

A mudança global do clima vem se manifestando de diversas formas, tanto pelas alterações médias observadas, notadamente do aumento da temperatura como, também, pela maior frequência e intensidade de eventos extremos de clima, na forma de enchentes, nevascas, ondas de calor, secas, etc. A mudança climática começou a ser discutida em finais da década de 1980, no âmbito do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e da Organização Meteorológica Mundial, com o apoio dos estudos do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática, conhecido pela sua sigla em inglês, IPCC.

Os impactos climáticos globais nos sistemas naturais e humanos apresentam efeitos diferentes dependendo do nível de vulnerabilidade do sistema. Neste sentido, os países em desenvolvimento são os mais vulneráveis a essas mudanças do clima, podendo ser duramente atingidos pelos seus efeitos adversos. Para o Brasil, isso é reforçado pela sua economia fortemente dependente de recursos naturais diretamente ligados ao clima na agricultura, na geração de energia hidrelétrica, entre outros setores (MUDANÇA DO CLIMA, 2005). Essa característica do país evidencia a premente necessidade de se estudar a vulnerabilidade

e risco, conhecendo profundamente suas causas, a fim de subsidiar políticas públicas de mitigação e de adaptação.

A agricultura, entre todos os setores econômicos, é a que apresenta maior dependência das condições ambientais, especialmente as climáticas. Existem ainda poucos trabalhos relacionando os efeitos das mudanças climáticas na agricultura do Brasil. Destacam-se os trabalhos de Siqueira; Farias; Sans (1994) e Siqueira (2001), que estudaram o impacto do efeito estufa sobre as produções nacionais de trigo, milho e soja, utilizando modelos de simulação de crescimento de cultura, com base em dados climáticos atuais (1951 a 1980) de treze locais do país em cenários futuros, obtidos por meio de três modelos climáticos globais. Esses autores obtiveram como resultado indicações de diminuição nas produções de milho e trigo e aumento na de soja. Marengo (2001a), por sua vez, estudou os eventos extremos de frentes frias de inverno sobre a cafeicultura nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e discutiu os efeitos potenciais do aquecimento global e das mudanças climáticas sobre a cultura. E na linha de zoneamento agroclimático, Assad *et al.* (2004) avaliaram os impactos das mudanças climáticas no zoneamento do café nos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná de aumentos na temperatura média do ar, de 1°C, 3°C e 5,8°C, e

incremento de 15% na precipitação. Esses incrementos na temperatura foram constantes para os estados, a partir das indicações do relatório do IPCC e os resultados indicaram uma redução de área apta para a cultura superior a 95% em Goiás, Minas Gerais e São Paulo, e de 75% no Paraná, no caso de um aumento na temperatura de 5,8°C, com a observação de que esses resultados são válidos se mantidas as atuais características genéticas e fisiológicas das cultivares de café arábica utilizadas no Brasil, que têm como limite de tolerância temperaturas médias anuais entre 18°C e 23°C.

Segundo Siqueira (2001), as pesquisas voltadas ao efeito de mudanças climáticas globais na agricultura brasileira são ainda muito restritas, no entanto, considerando algumas questões agro-ambientais relevantes, observou que as pesquisas relacionadas ao manejo de pragas, doenças de plantas e do solo, tornam-se cada vez mais importantes no contexto do efeito estufa, em face dos impactos ambientais esperados.

Em doenças de plantas, Chakraborty *et al.* (1998) discutiram os impactos potenciais da mudança climática em doenças de culturas de importância econômica na Austrália, como o trigo, outros cereais, cana-de-açúcar, frutas decíduas, uva, hortaliças e espécies

florestais. Os autores concluíram que as mudanças climáticas poderão alterar a distribuição geográfica de ocorrência das doenças e influenciar na produção das culturas, com aumento ou diminuição das perdas provocadas pelas alterações na fisiologia da interação entre hospedeiro e patógeno, além de impactos no tipo, quantidade e importância relativa dos patógenos e doenças.

No Brasil, Ghini (2005) publicou uma ampla revisão bibliográfica das pesquisas desenvolvidas no mundo e observou que as recentes mudanças verificadas no clima do planeta poderão modificar a importância relativa das pragas e doenças das principais culturas, com conseqüente alteração no atual cenário fitossanitário da agricultura brasileira em um futuro próximo. Desta forma, há a necessidade de se analisar os efeitos de possíveis impactos das mudanças climáticas globais, a fim de permitir a adoção de medidas mitigadoras e evitar prejuízos mais sérios.

Em estudos nessa área, os modelos para previsões dos impactos de mudanças climáticas sobre problemas fitossanitários, apesar de inúmeras dificuldades, constituem uma importante ferramenta e maiores esforços devem ser dispensados, o que pode resultar em significativa economia de tempo e recursos (GHINI,

2005). A mais prática aproximação nesses casos, segundo Seem (2004), é relacionar um modelo de praga/doença com um modelo de estimativa de mudança climática, desde que o modelo climático inclua muito das interações conhecidas que se acredita ocorrer entre os principais parâmetros climáticos.

Os modelos de doença/praga, geralmente utilizados, estimam o seu comportamento em função dos parâmetros ambientais, por exemplo, em Sutherst; Maywald (1985), Sutherst; Maywald; Skarratt (1995) e Reis (2004). Teoricamente, se um modelo representa adequadamente o comportamento da praga/doença com as “entradas” das condições climáticas do local, então quando essa condição climática se alterar, refletindo a alteração da mudança climática esperada no futuro, o modelo igualmente descreverá o comportamento sob efeito da mudança climática (SEEM, 2004). Assim, uma das possibilidades é a utilização das informações climáticas do futuro, estimadas pelos modelos climáticos globais, nos modelos de doença/praga.

Usualmente denominados de modelos climáticos globais, os modelos matemáticos do sistema climático global são a melhor ferramenta para projetar cenários prováveis de alterações climáticas para o futuro, os quais levam em conta de

forma quantitativa (numérica) o comportamento dos compartimentos climáticos (atmosfera, oceanos, criosfera, vegetação, solos, etc.) e suas interações, permitindo que se simulem prováveis cenários de evolução do clima para vários cenários de emissões dos gases de efeito estufa (MUDANÇA DO CLIMA, 2005). Os cenários climáticos do IPCC, conhecidos como cenários SRES (“Special Report on Emissions Scenarios”) são baseados em quatro projeções diferentes de emissões de gases de efeito estufa para o futuro, relacionados com aspectos de desenvolvimento social, econômico e tecnológico, crescimento populacional, preocupação com o meio ambiente e diferenças regionais, definidos nas quatro famílias de cenários, denominadas A1, A2, B1 e B2 (IPCC, 2001). Assim, grupos de cientistas em diferentes países vêm realizando pesquisas climáticas com esses modelos de características similares, mas que, no entanto, apresentam diferenças entre os resultados de distintos modelos, segundo Camilloni; Bidegain (2005). Os resultados desses modelos, desenvolvidos por um conjunto de institutos com alta capacidade científica e computacional, encontram-se disponíveis na página da Internet do Centro de Distribuição de Dados (DDC, na sigla em inglês) do IPCC (<http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>).

Existe, no entanto, a dificuldade em utilizar esses modelos em problemas fitossanitários, principalmente, relacionada às características dos dados ou saídas disponibilizados pelos modelos, de baixa resolução espacial (escala global) e baixa resolução temporal (médias mensais representando média de intervalo de décadas), enquanto pragas/doenças ocorrem em escala local, com oscilações em seu desenvolvimento e população em escala de tempo muitas vezes inferior a 24 horas.

Alguns estudos foram realizados no sentido de contornar essas limitações. Seem *et al.* (2000) e Seem (2004) apresentaram um estudo de caso com previsões de doenças de videira em escala local a partir de modelo em mesoescala, que por sua vez foi derivado de modelo climático global, utilizando um método de “downscaling” (regionalização), por meio de sistemas climáticos hierárquicos. Em estudo de impacto hidrológico em uma microbacia, Bouwer *et al.* (2004) também propuseram “downscaling” aplicados aos dados dos modelos de mudança climática, utilizando métodos de interpolação e estatísticos. Embora contornando em parte as limitações dos modelos climáticos globais, os métodos de “downscaling” propostos nesses estudos foram aplicados e validados para aqueles casos em particular, exigindo grande quantidade de dados

locais e a adoção de procedimentos complexos. Assim, apesar das limitações, os dados desses modelos globais continuam a servir de base na avaliação dos impactos das mudanças climáticas (VAN VUUREN; O’NEILL, 2006).

Em contraposição, essas dificuldades levam também, em alguns casos, à demasiada simplificação, cujos estudos assumem como clima futuro incrementos ou decréscimos constantes com relação às variáveis climáticas (temperatura, precipitação, etc.) atuais, a despeito da escala temporal e espacial abrangido pelo trabalho, como os realizados por Boag *et al.* (1991), Luo *et al.* (1995), Brasier; Scott (1994), Brasier (1996); Carter *et al.* (1996) e Clifford *et al.* (1996), citados por Ghini (2005).

O bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella*, é considerado a principal praga do cafeeiro e está presente em todas as regiões produtoras do país. O principal método de controle utilizado é o químico (GALLO *et al.*, 2002). A avaliação do efeito da mudança climática sobre o desenvolvimento dessa praga é de grande interesse para a cafeicultura, pois permite a elaboração estratégias para minimizar possíveis danos. A temperatura é um dos principais fatores que governa a dinâmica populacional do bicho-mineiro. Parra (1985) desenvolveu um método para

previsão do número de gerações anuais do bicho-mineiro para o estado de São Paulo, baseado nas constantes térmicas das diferentes fases do seu ciclo biológico.

O objetivo deste trabalho foi comparar metodologias de elaboração de mapas que apresentam os impactos das mudanças climáticas sobre problemas fitossanitários, tomando como base a distribuição espacial do número de ciclos do bicho-mineiro-do-cafeeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O SIG Idrisi Kilimanjaro, software desenvolvido pela Universidade de Clark – EUA, foi utilizado na elaboração dos mapas, passando pelas etapas de organização e armazenamento das informações em seu banco de dados e posterior análise e confecção dos mapas. Este trabalho adotou como área de estudo o país, utilizando o sistema de coordenadas geográficas latitude e longitude, com resolução espacial de 0,5° X 0,5°.

As temperaturas médias do clima atual são médias mensais de 30 anos, do período de 1961 a 1990. Esses dados foram obtidos no IPCC-DCC (<http://ipcc-dcc.cru.eua.ac.uk/>), abrangendo o Brasil, em formato de grade de 0,5° X 0,5° de latitude e longitude.

Para o clima futuro, foi definido o cenário A2, centrado na década de 2080

(período entre 2071 a 2100). Para os incrementos constantes na temperatura média para a obtenção do clima futuro do Brasil, foram utilizados os dados disponíveis no Tyndall Centre (2006). Os dados disponíveis eram as temperaturas médias mensais obtidas de quatro modelos climáticos (CGCM2, CSIRO-Mk2, HadCM3 e PCM), considerando os cenários A1, A2, B1 e B2. Para este estudo, em particular, foram calculadas as médias aritméticas dos quatro modelos para o cenário A2 (Tabela 1), a fim de diminuir as variações existentes entre os modelos

Tabela 1. Incrementos nas temperaturas médias mensais (ITM) no período centrado na década de 2080, cenário A2 para o Brasil

Meses do ano	ITM (°C)
Jan	3,2
Fev	3,1
Mar	3,2
Abr	3,4
Mai	3,6
Jun	3,8
Jul	3,9
Ago	3,9
Set	3,7
Out	3,6
Nov	3,5
Dez	3,3

Fonte: Adaptado de Tyndall Centre (2006).

Já as temperaturas médias do clima futuro, incorporados os incrementos variando espacialmente, foram obtidas no IPCC-DCC. Foram utilizados os dados resultantes de cinco modelos (CCSR/NIES, CGCM2, CSIRO-Mk2, ECHAM4 e HadCM3), cenário A2, disponibilizados em formato de grade, de diferentes resoluções espaciais, cobrindo todo o globo. Essas resoluções espaciais são de 5,6° X 5,6° (CCSR/NIES), 3,7° X 3,7° (CGCM2), 5,6° X 3,2° (CSIRO-Mk2), 2,8° X 2,8° (ECHAM4) e 3,7° X 2,5° (HadCM3A) de latitude e longitude. Desta forma, esses dados foram interpolados pelo método de interpolação de Inverso do Quadrado da Distância a fim de terem a mesma resolução espacial de 0,5° X 0,5° de latitude e longitude, adotada neste trabalho. Essa etapa foi essencial, de forma a permitir as operações no SIG. A seguir, com o objetivo de diminuir as variações entre os modelos climáticos, foram também calculadas as médias aritméticas desses modelos.

A distribuição espacial do número provável de gerações do bicho-mineiro foi obtida utilizando o modelo proposto por Parra (1985), em função da temperatura média mensal, para o clima presente e futuros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas de distribuição espacial do número provável de ciclos do bicho-mineiro no Brasil calculado para o clima presente (1961-1990) e dois climas futuros (2080-A2, obtidos de incrementos constantes de temperatura e de incrementos variando espacialmente) são apresentados na Figura 1. Para ambos os climas futuros, comparando com a situação climática atual, os mapas permitem verificar que no futuro haverá aumento na infestação da praga pelo maior número de gerações por mês. Além disso, observa-se que existe diferença regional entre os mapas obtidos pelos dois métodos, em especial nos meses de julho a dezembro.

Comparando os mapas do futuro dos dois métodos (Figura 1), pode-se observar que existe um detalhamento maior nos mapas do futuro obtidos pelo incremento constante do que pelos mapas obtidos pelo método de incremento variável. Isso se explica pelo fato dos mapas do método de incremento constante terem sido gerados a partir dos mapas de temperatura média do futuro, somando-se um incremento constante aos mapas de temperatura média atual, que possuíam maior resolução espacial (ou maior detalhamento) que os mapas do futuro disponibilizados pelo IPCC-DCC. No entanto, um maior detalhamento nos mapas não representa

uma maior precisão nos mapas, uma vez que os mapas do IPCC-DCC são os resultados dos modelos climáticos globais, que são considerados a melhor ferramenta para projetar os cenários de alterações climáticas do futuro, conforme salientam Camilloni; Bidegain (2005), Mudança do clima (2005) e Marengo (2001b).

Analisando-se as faixas ou intervalos de ciclos do bicho-mineiro dos mapas, pode-se observar que no clima atual, as maiores áreas ocupadas no Brasil são de 1,0 a 1,5 ciclos do bicho-mineiro em todos os meses do ano (área média superior a 65%), exceto em outubro, com 1,5 a 2,0 ciclos (Figuras 1 e 2c), sem a ocorrência de número de ciclos superior a 2,0. Já nos dois climas futuros, ocorrem áreas com número de ciclos acima de 2,0 ciclos, de julho a dezembro (Figuras 1, 2a e 2b).

No clima futuro obtido de incremento constante de temperatura, as maiores áreas apresentam número de ciclos por mês entre 1,5 a 2,0 (área média acima de 80%), exceto somente em janeiro, com 1,0 a 1,5 ciclos (Figuras 1 e 2a). E, nos mapas de clima do futuro obtido com incrementos de temperatura variando espacialmente, as maiores áreas apresentam também número de ciclos por mês superior a 1,5, sendo que nos meses de agosto a outubro as maiores áreas já

possuem 2,0 a 2,5 ciclos por mês (Figuras 1 e 2b).

Assim, observa-se que a utilização de incrementos constantes de temperatura média levou a subestimar o número de ciclos no futuro, em especial nos meses de julho a novembro. Portanto, considerando todo o esforço computacional e capacidade científica empregados no desenvolvimento dos modelos climáticos globais e, ainda assim, com um grau de incerteza dos resultados da modelagem do clima, recomenda-se fortemente utilizar nos estudos de efeito de mudança climática todo o potencial dos dados disponibilizados pelo IPCC-DCC. Simplificações demasiadas, como adotar um único valor de incremento ou decréscimo de alguma variável climática para todo o país, como as realizadas nos estudos de Boag *et al.* (1991), Luo *et al.* (1995), Brasier; Scott (1994), Brasier (1996); Carter *et al.* (1996) e Clifford *et al.* (1996), citados por Ghini (2005), podem comprometer a precisão e os resultados em si, propriamente.

4. CONCLUSÕES

Ambos os métodos de obtenção do clima futuro levaram a aumento do número provável de ciclos do bicho-mineiro, ou seja, aumento na infestação da praga, quando comparado com a situação

climática atual. Observa-se, no entanto, que a utilização de incrementos constantes de temperatura média levou a subestimar o número de ciclos no futuro, em especial nos meses de julho a novembro, comparado à utilização de incremento de temperatura variando espacialmente. Além da diferença sazonal, ocorreu diferença regional de ocorrência do número de ciclos do bicho-mineiro, comparando os dois métodos. Desta forma, a utilização de incrementos de temperatura variando espacialmente resultou em informações mais precisas.

REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JR., J.; ÁVILA, A. M. H. de. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.
- CAMILLONI, I.; BIDEGAIN, M. Escenarios climáticos para el siglo XXII. In: BARROS, V.; MENÉNDEZ, Á.; NAGY, G. (Eds.) **El cambio climático en el río de la Plata**. CIMA/CONICET/UBA, 2005, 200 p. 33-39.
- CHAKRABORTY, S.; MURRAY, G. M.; MAGAREY, P. A.; YONOW, T.; O'BRIEN, R. G.; CROFT, B. J.; BARBETTI, M. J.; SIVASITHAMPARAM, K.; OLD, K. M.; DUDZINSKI, M. J.; SUTHERST, R.W.; PENROSE, L. J.; ARCHER, C.; EMMETT, R. W. Potential impact of climate change on plant diseases of economic significance to Australia. **Australasian Plant Pathology**, v. 27, p. 15-35, 1998.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 10).
- GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Embrapa Meio Ambiente, 2005. 104 p.
- INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001: the scientific basis IPCC WG I**, TAR., 2001, 881 p. (<http://www.ipcc-wg2.org/index.html.html>, consultado em 27/08/2004).
- MARENGO, J. A. Impactos das condições climáticas e da variabilidade e mudanças do clima sobre a produção e os preços agrícolas: ondas de frio e seu impacto sobre a cafeicultura nas regiões sul e sudeste do Brasil. In: LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001a. p. 97-123.

- MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 16, p. 1-18, 2001b.
- MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. Impacto das mudanças climáticas no Brasil e possíveis futuros cenários climáticos: síntese do terceiro relatório do IPCC. In: TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. (Ed.). **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003. p.209-242.
- MUDANÇA DO CLIMA: volume I: Negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. 2005. 250 p. (Cadernos NAE, 3).
- PARRA, J. R. P. Biologia comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera, Lyonetiidae) visando ao seu zoneamento ecológico no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.29, n.1, p.45-76, 1985.
- REIS, E.M. **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004. 316 p.
- SEEM, R. C. Forecasting plant disease in a changing climate: a question of scale. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 26, p. 274-283, 2004.
- SEEM, R. C.; MAGAREY, R. D.; ZACK, J. W.; RUSSO, J. M. Estimating disease risk at the whole plant level with General Circulation Models. **Environmental Pollution**, v. 108, p. 389-395, 2000.
- SIQUEIRA, O. J. F. de. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 33-63.
- SIQUEIRA, O. J. F. de; FARIAS, J. R. B. de; SANS, L. M. A. Potential effects of global climate change for brazilian agriculture and adaptative strategies for wheat, maize and soybean. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 2, p.115-129, 1994.
- SUTHERST, R. W.; MAYWALD, G. F. A computerised system for matching climates in ecology. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 13, p. 281-299, 1985.
- SUTHERST, R. W.; MAYWALD, G. F.; SKARRATT, D. B. Predicting insect distributions in a changed climate. In: HARRINGTON, R.; STORK, N. E. (Ed.). **Insects in a changing environment**. Academic Press, London, 1995. p. 59-91.
- TYNDALL CENTRE. Country climate data: dados criados por Tim Mitchell. Disponível em: <http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/climate/ateam/TYN_CY_3_0.html>. Acesso em: 16 nov. 2006.
- Van VUUREN, D. P.; O'NEILL, B. C. O. The consistency of IPCC's SRES scenarios to recent literature and recent projections. **Climate Change**, v. 75, p. 9-46, 2006.

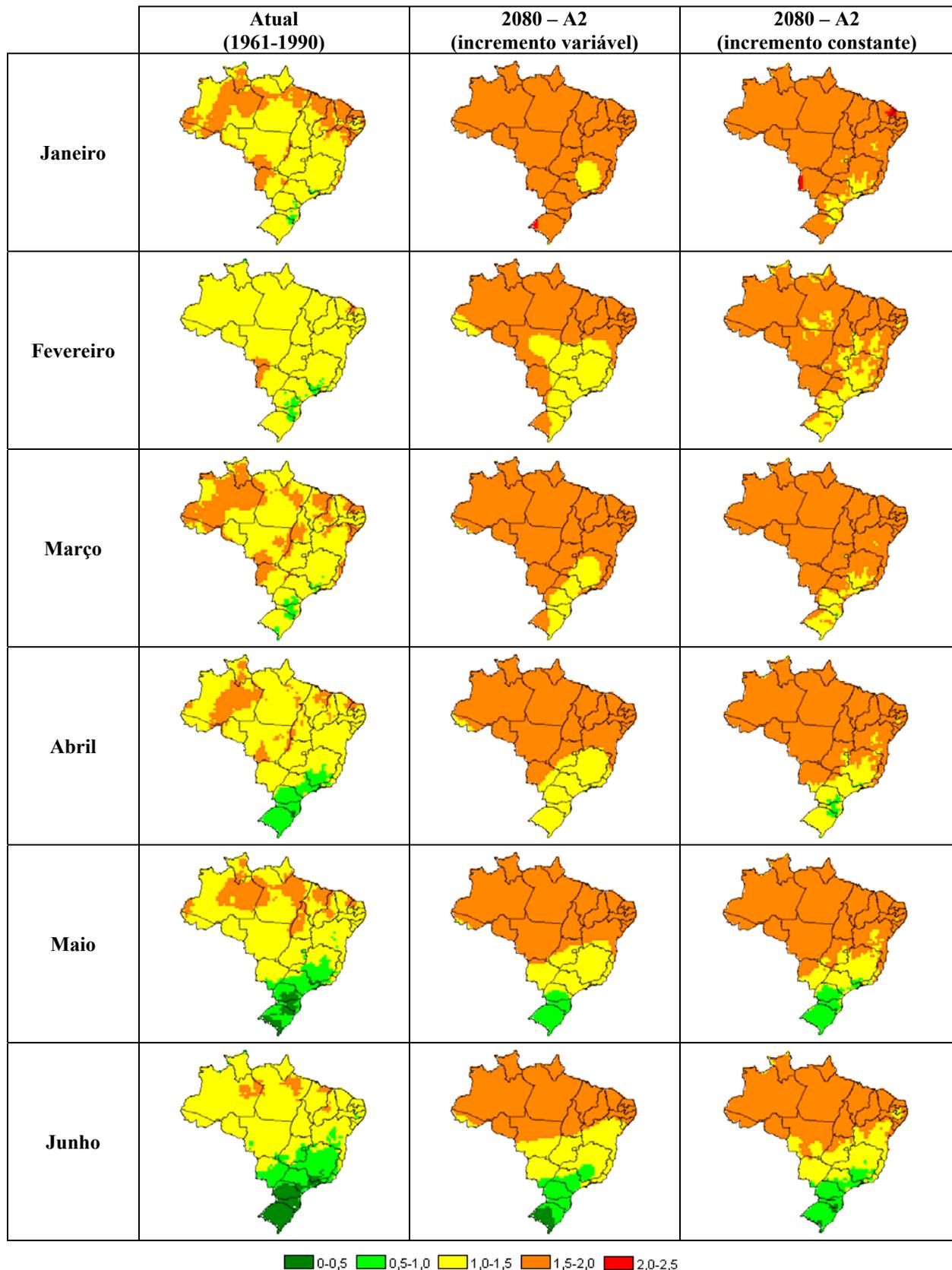
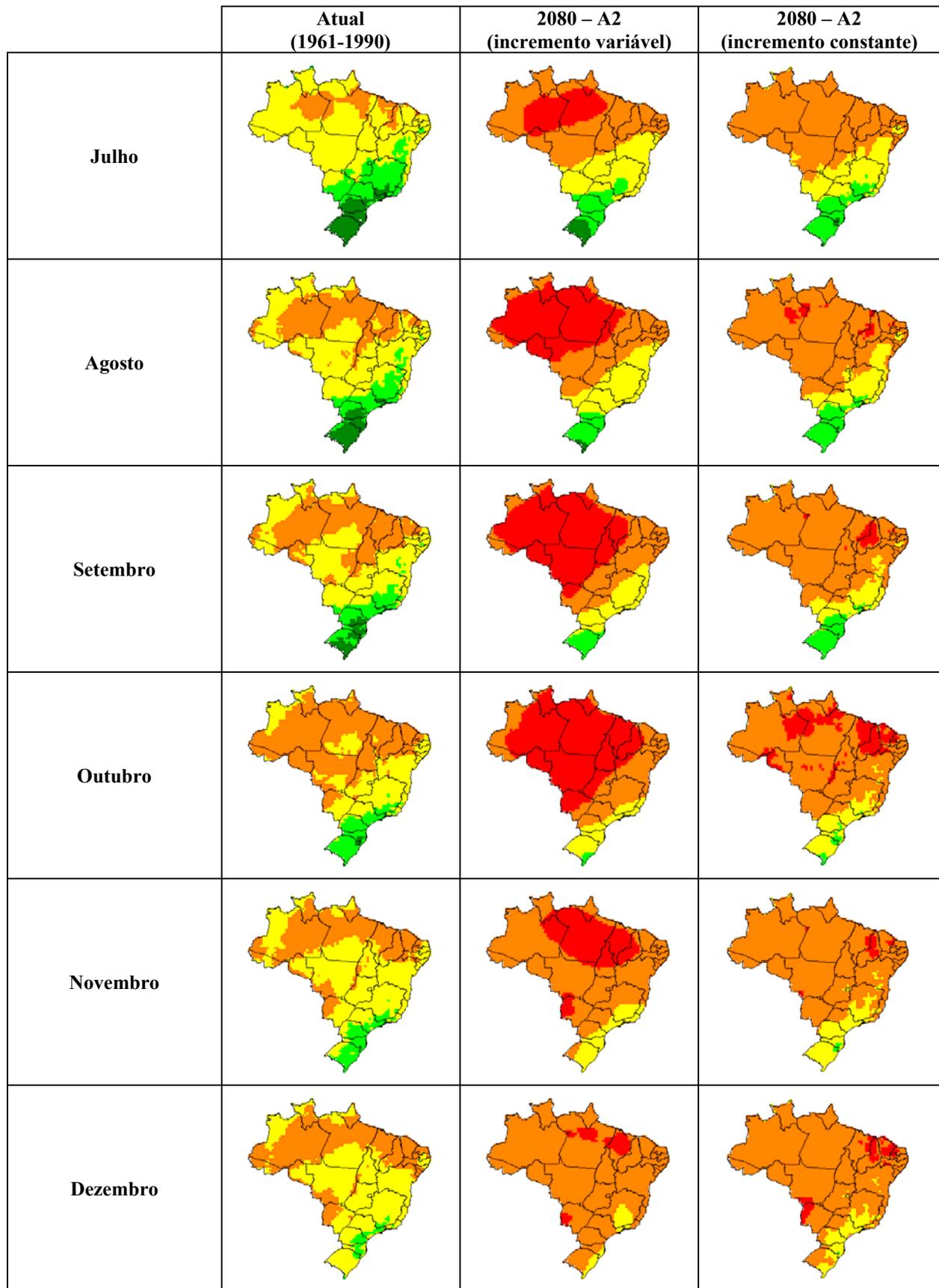
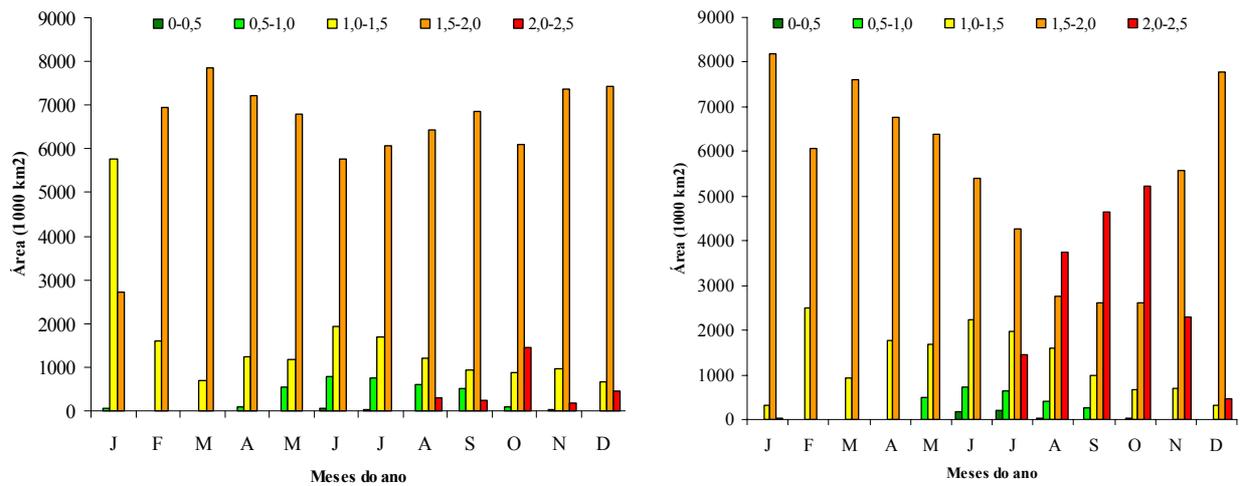


Figura 1. Número provável de ciclos do bicho-mineiro no Brasil nos climas atual (1961-1990) e futuros (2080 – A2), calculados a partir da temperatura média obtida com incrementos variando espacialmente e com incrementos constantes para os meses do ano.

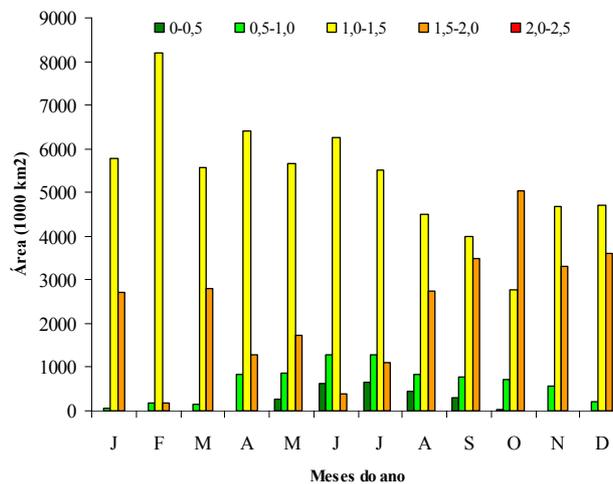
continua





(a) 2080 – A2 (incremento constante)

(b) 2080 – A2 (incremento variável)



(c) Atual (1961-1990)

Figura 2. Área ocupada pelos intervalos de número provável de ciclos do bicho-mineiro no Brasil ao longo dos meses do ano para os climas de 2080-A2, (a) estimado pelo incremento constante; (b) estimado pelo incremento variável e (c) clima atual, média do período de 1961 a 1990.