

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JÉSSICA FARIA COSTA

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CENÁRIOS FUTUROS PARA A
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA:
TEPHRITIDAE) NO NORDESTE BRASILEIRO

CURITIBA
2014

JÉSSICA FARIA COSTA

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CENÁRIOS FUTUROS PARA A
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA:
TEPHRITIDAE) NO NORDESTE BRASILEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso especialização em projetos sustentáveis, mudanças climáticas e gestão corporativa de carbono do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

CURITIBA
2014

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CENÁRIOS FUTUROS PARA A DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) NO NORDESTE BRASILEIRO

Jéssica Faria Costa¹

Orientador: Thieres George Freire da Silva

¹ Bióloga, Mestranda, Serra Talhada - PE, jfcosta1990@gmail.com.

RESUMO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo e a região Nordeste é a principal região produtora de frutas do Brasil. Dentre as pragas que afetam a fruticultura, as moscas-das-frutas são as de maior expressão econômica, e os fatores climáticos são determinantes na dinâmica populacional desse inseto. O presente trabalho teve como objetivo avaliar como as mudanças climáticas afetarão a incidência da mosca-das-frutas, de acordo com os cenários de mudanças climáticas previstos para o Nordeste. Utilizou-se valores mensais históricos de temperatura e precipitação do período de 1961 a 1990, de 2.102 localidades. Modelos matemáticos foram usados com o intuito de calcular indicadores de ocorrência da praga: DCM (duração do ciclo da mosca-das-frutas), TRG (taxa de redução de gerações), NGM (número de gerações da mosca-das-frutas) e IVSM (índice de variação sazonal da mosca-das-frutas). Os incrementos de temperatura do ar dos cenários de mudanças climáticas A2 e B2, propostos pelo IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) regionalizados para o Nordeste brasileiro, foram usados para estimativa cenários futuros de DCM, NGM e IVSM, referentes aos cenários atual e futuros (ano 2099). Mapas dessas variáveis foram elaborados utilizando o Software ArcGis. Os resultados revelaram que a precipitação regional, no cenário atual, afeta menos de 10% na TRG em áreas em que o nível pluviométrico é baixo, podendo atingir valores superiores a 40% em nos locais mais chuvosos. Para o cenário futuro, espera-se redução pronunciada da DCM, com valores abaixo de 15 dias. Combinando o efeito do incremento de temperatura com o da TRG, constatou-se a maior incidência da praga, com NGM atingindo valores entre 20 a 25, porém com maior sazonalidade ao longo do ano (IVSM > 1) em algumas áreas da região Nordeste, o que pode ocasionar em danos aos frutos e prejuízos econômicos aos fruticultores.

Palavras-Chave: Fruticultura. Praga. Modelagem. Regionalização.

ABSTRACT

Brazil is the third largest producer of fruits in the world and the Northeast is the main fruit producing region of Brazil. Among the pests that affect fruit trees, the fruit flies are the most economical expression, and climatic factors determine the population dynamics of this insect. This study aimed to assess how climate change will affect the incidence of fruit-fly, according to climate change scenarios predicted for the Northeast. We used historical monthly values of temperature and precipitation for the period 1961-1990, of 2,102 locations. Mathematical models were used in order to calculate indicators of pest occurrence: DCM (duration of the fruit-fly cycle), TRG (rate reduction generations), NGM (number of generations of fruit-fly) and IVSM (index of seasonal variation in fruit-flies). The air temperature increments of climate change scenarios A2 and B2, proposed by the IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) regionalized for the Brazilian Northeast, were used to estimate future scenarios of DCM, NGM and IVSM, regarding the current and future scenarios (2099). Maps of these variables were developed using the ArcGIS software. The results revealed that regional precipitation in the current scenario, affects less than 10% in TRG in areas where rainfall is low level, reaching values higher than 40% in the wettest places. For the future scenario is expected pronounced reduction of DCM, with values below 15 days. Combining the effect of increase of temperature with the TRG, there was a higher incidence of the pest, NGM reaching values between 20-25, but with greater seasonality throughout the year ($IVSM > 1$) in some areas of the Northeast, which can cause damage to fruit and fruit growers economic losses.

Keywords: Fruit grower. Pest. Modeling. Regionalization.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
MATERIAIS E MÉTODOS	9
Escolha da área.....	9
Elaboração do banco de dados climáticos.....	9
Cenários de mudanças climáticas	10
Valores de DCM, TRG, NGM e IVSM	10
Espacialização dos dados.....	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS	21

INTRODUÇÃO

No Brasil, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio deve somar 1,03 trilhão em 2014 (BRASIL, 2014). O país se destaca como sendo o terceiro maior produtor de frutas no ranking mundial, com 43 milhões de toneladas produzidas, ficando atrás apenas da China e da Índia. O setor emprega 5,6 milhões de pessoas, equivalendo a 27% do total da mão de obra agrícola no Brasil (FRUTICULTURA, 2014).

A Região Nordeste, mediante a participação dos seus polos irrigados, é a principal região produtora e exportadora de frutas tropicais frescas do Brasil. Como principais estados produtores, o Rio Grande do Norte, Ceará e a Bahia são destaques com áreas plantadas que correspondem a 83,7% da área total cultivada no país (LOPES et al., 2009).

Dentre as pragas que afetam a fruticultura, a mosca-das-frutas é a de maior expressão econômica. Sua importância está relacionada diretamente aos danos causados aos frutos, aos elevados custos necessários ao seu controle e aos prejuízos que advêm com as restrições fitossanitárias impostas nas relações comerciais internacionais de frutos *in natura*. No mundo, anualmente são perdidos aproximadamente 1 bilhão de dólares devido aos danos causados por essa praga (GODOY; PACHECO; MALAVASI, 2011).

Os danos da mosca-das-frutas são causados diretamente nos frutos pelas fêmeas adultas que perfuram o fruto por ocasião da oviposição, e pelas larvas, que consomem a polpa, provocando apodrecimento interno. Em pomares não tratados, a perda de frutos pode chegar a 100%, dependendo da espécie cultivada (RAGA e SOUZA FILHO, 2000).

No Brasil, a mosca-das-frutas mais ocorrentes são dos gêneros *Anastrepha* e *Ceratitis*. O período de duração do seu ciclo de vida é dependente de vários fatores, sobretudo da temperatura e da própria espécie de mosca. *Ceratitis capitata* apresenta a duração do seu ciclo de ovo a adulto em torno de 18 a 30 dias no verão, enquanto que *Anastrepha fraterculus* varia de 25 a 35 dias (RAGA e SOUZA FILHO, 2000; SALLES, 1994). Todavia, essa duração está diretamente relacionada com a temperatura; quanto mais

elevada, dentro da faixa limítrofe de desenvolvimento, menos dias são necessários para a mosca completar o seu ciclo de vida.

A mosca-das-frutas é multivoltina, logo desenvolve várias gerações/ano e, além disso, as populações dessa espécie podem ocorrer o ano todo, em razão da sucessão de hospedeiros e da capacidade de desenvolver-se em uma grande diversidade de frutos hospedeiros (ZUCCHI, 2000).

Diversos trabalhos relatam a influência dos fatores climáticos no comportamento e na dinâmica populacional da mosca-das-frutas, especialmente a temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, que influenciam a sobrevivência e o crescimento populacional deste tefritídeo (BATEMAN, 1972; LARA et al., 1977; ARAUJO; ZUCCHI, 2003).

De modo geral, a temperatura é o fator abiótico que mais influencia no seu desenvolvimento, e, à medida que essa aumenta, a partir de sua temperatura basal, o desenvolvimento também tende a ser mais rápido, até atingir seu ótimo e, posteriormente, tender ao seu declínio, o que irá afetar a dinâmica da população (WIGGLESWORTH, 1972).

Como os fatores climáticos influenciam de maneira decisiva na atividade biológica de pragas, variações e mudanças climáticas globais podem alterar os padrões de distribuição e severidade do ataque destes organismos, seja entre safras ou décadas (GHINI et al., 2007). Os efeitos dessas mudanças podem ser favoráveis ou desfavoráveis aos organismos, gerando migrações, aumento na abundância ou extinções, e modificando os padrões atuais de distribuição (CHAKRABORTY, 2005).

De acordo com o IPCC vários são as projeções de mudanças climáticas que se baseiam nas combinações de alterações das variáveis meteorológicas, sociais e econômicas (IPCC, 2001). Assim, pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de avaliar os efeitos de cenários futuros sobre o setor agropecuário (SILVA et al., 2009, 2010). Para praga agrícola, Hamada et al. (2006) estudaram o efeito das mudanças climáticas para o bicho-mineiro-do-cafeeiro (*Leucoptera coffeella*), comparando as condições climáticas atuais com as futuras, e observaram aumento no número provável de ciclos deste inseto para o futuro. Por sua vez, Ghini et al. (2007) utilizaram os cenários do

IPCC de projeções para 2099, visando estudar os impactos das mudanças climáticas sobre a sigatoka-negra da bananeira (*Mycosphaerella fijiensis*) no Brasil, e constataram redução da área favorável a esta doença no país.

Com as alterações nos fatores climáticos é possível que haja aumento populacional da mosca-das-frutas, em decorrência do incremento da temperatura do ar favorecer que a praga atenda mais rapidamente a sua exigência térmica, resultando maior número de gerações.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar como as mudanças climáticas afetarão a incidência da mosca-das-frutas, de acordo com os cenários de mudanças climáticas previstos para o Nordeste Brasileiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Escolha da área

O estudo foi conduzido para o Nordeste Brasileiro, cuja área tem aproximadamente 1.600.000 km², equivalente a 18% do território nacional. Apresenta alta variedade climática, com temperatura média elevada (23 a 27 °C), grande insolação (média de 2.880 h/ano), evaporação média anual superior a 2.000 mm, e precipitações pluviais bastante variáveis, de inferior a 800 mm/ano no semiárido, até o clima chuvoso, observado principalmente na costa leste, com precipitação acumulada anual superior a 1.500 mm e litoral norte da Região que recebe entre 1.000 e 1.200 mm/ano (SUDENE, 1996; MARENCO e DIAS, 2007).

Elaboração do banco de dados climáticos

Utilizou-se dados históricos mensais de precipitação e os valores observados e estimados de temperatura (t_m) referentes ao período de 1961 a 1990, de 2.102 localidades, situadas no Nordeste; desse total, 74 são estações meteorológicas convencionais, vinculadas ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e as demais (2.028) são postos pluviométricos,

pertencentes à Rede Hidrometeorológica da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

A complementação do banco de dados climáticos dos postos pluviométricos foi feita por equações de estimativa dos valores históricos normais de temperatura, que consideraram os dados geográficos (latitude, φ ; longitude, λ ; altitude, h) dos 2.028 postos pluviométricos e equações propostas por Alvares et al. (2012).

Cenários de mudanças climáticas

Para a realização desse trabalho foram assumidos dois cenários de mudanças climáticas propostos pelo IPCC (2007) para o ano de 2099, sendo o cenário B2, considerado otimista e o cenário B2, pessimista, conforme Atlas Digital dos Cenários Climáticos Projetados para o Brasil com base no Quarto Relatório do IPCC (2007), publicado pela Embrapa Meio Ambiente no link <http://www.cnpma.embrapa.br/climapest/atlasdigital4r/>. Esses cenários estimam incrementos de 1,8 e 4,0 °C, respectivamente, na temperatura do ar em escala global. Dependendo do cenário adotado, esses incrementos foram adicionados aos valores médios atuais de temperatura mensal (t_m) observados ou estimados para as 2.102 localidades avaliadas.

Admitiu-se que as normais atuais de precipitação permanecerão inalteradas até o final do século em decorrência de suas incertezas quanto aos cenários A2 e B2 para o Nordeste do Brasil. As projeções de t_m e precipitação foram utilizadas para estimativa dos valores de duração do ciclo da mosca-das-frutas (DCM), taxa de redução de gerações (TRG), número de gerações da mosca-das-frutas (NGM) e índice de variação sazonal da mosca-das-frutas (IVSM) para os cenários A2 e B2, conforme metodologia definida por SILVA et al. 2014 (dados não publicados) e, os resultados foram comparados ao período de referência.

Valores de DCM, TRG, NGM e IVSM

A duração em dias do ciclo de vida da mosca-das-frutas (DCM) foi determinada com base nas exigências térmicas de $250^{\circ}\text{Cdia}^{-1}$ entre os estádios de ovo a adulto (SILVEIRA NETO et al. 1976), as quais foram representadas matematicamente por Silva et al. (2014) (dados não publicados) por meio da seguinte equação:

$$\left\{ \begin{array}{l} Se \left\{ \left(\frac{GDA}{\left(\frac{Tx + Tm}{2} \right)} \right) - Tb \right\} < 30 \text{ dias}, \\ Se \left\{ \left(\frac{GDA}{\left(\frac{Tx + Tm}{2} \right)} \right) - Tb \right\} \geq 30 \text{ e } \leq 40 \text{ dias}, \\ Se \left\{ \left(\frac{GDA}{\left(\frac{Tx + Tm}{2} \right)} \right) - Tb \right\} > 40 \text{ dias}, 0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} 1,1479 \cdot \exp \left\{ \exp \left[\frac{-\left(\frac{Tx + Tm}{2} \right) - 22,2058}{3,885} \right] \right\} \\ 0,9477 \cdot \exp \left\{ \exp \left[\frac{-\left(\frac{Tx + Tm}{2} \right) - 36,9554}{-1,1843} \right] \right\} \\ 0 \end{array} \right.$$

onde GDA é os Graus dias acumulado ($^{\circ}\text{Cdia}^{-1}$), Tx é a temperatura mínima, Tm é a temperatura máxima e Tb é a temperatura basal inferior.

De tal modo que, acima ou abaixo da faixa ótima de temperatura e até os valores críticos inferior ($13,5^{\circ}\text{C}$) ou superior (40°C) do inseto, há redução da taxa de desenvolvimento. Acima do valor crítico superior ou abaixo do limite crítico inferior o inseto não se desenvolve.

A taxa de redução de geração (TRG) da mosca-das-frutas foi definida com base no nível pluviométrico local, como proposto por Silva et al. (2014) (dados não publicados), que estabeleceram relações matemáticas entre a fração relativa de insetos em relação a lâmina de água precipitada, onde:

$$TRG \left\{ \begin{array}{l} Se - 0,0018 \times P + 1 < 0,0 \\ Se - 0,0018 \times P + 1 \geq 0 \end{array} \right. = -0,0018 \times P + 1$$

onde P é a precipitação anual.

O número de gerações da mosca-das-frutas (NGM) foi feito pela relação entre o número de dias do ano e os valores de DCM, onde:

$$NGM \begin{cases} \text{Se } DCM \leq 0,0 \\ \text{Se } DCM > 0 \end{cases} = \frac{365}{DCM}$$

Finalmente, o índice de variabilidade sazonal da moscas-das-frutas (IVSM) foi calculado pela relação entre a média do DCM anual, e a amplitude do DCM mensal, ou seja, a diferença entre os valores máximos e mínimos mensais do NGM, onde:

$$IVSM \begin{cases} \text{Se } DCM \text{ maximo mensal} \leq 0,0 \\ \text{Se } DCM \text{ maximo mensal} > 0 \end{cases} = \frac{DCM \text{ média anual}}{DCM \text{ máximo mensal} - DCM \text{ mínimo mensal}}$$

Espacialização dos dados

Utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGis 9.0, interpolados pelo método de Krigagem para obtenção das figuras de DCM, TRG, NGM e IVSM para o período de referência e de mudanças climáticas no Nordeste. Os dados das variáveis climáticas foram inseridos no banco de dados do SIG, adotando-se o sistema de coordenadas geográficas latitude e longitude, com resolução espacial de 0,5° X 0,5°. As variáveis são médias mensais de temperatura média do ar (°C), temperatura máxima do ar (°C), temperatura mínima do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm/dia).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas mensais da duração do ciclo da mosca-das-frutas (DCM) para o período de referencia (1961-1990) e cenários futuros são demonstrados nas Figuras 1, 2 e 3. Percebe-se que no período de referência (Figura 1), a DCM mensal, de modo geral, é inferior a 25 dias, sobretudo nas áreas mais ao norte da Região Nordeste, contemplando com maior abrangência, os estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, em praticamente todos os

meses do ano. Nas latitudes maiores, observa-se que a DCM tende a aumentar, devido os maiores valores de temperatura do ar, que diminui a taxa de desenvolvimento da espécie, quando comparada às latitudes menores. Porém, nos meses mais frios dessas áreas há uma redução drástica da DCM, por causa da diminuição da temperatura do ar estar mais próxima da faixa ótima de desenvolvimento da espécie. Assim, a DCM reduz para valores menores do que 15 dias. Nessa situação é mais ocorrente nas áreas do centro-sul da região Nordeste.

O aumento da temperatura média para níveis favoráveis à ocorrência da moscas-das-frutas, ou seja, valores acima de 20°C, também têm sido relatado por Garcia et al. (2003), em pomares no Oeste de Santa Catarina, onde a temperatura máxima atuou de forma positiva, enquanto a temperatura mínima, de forma negativa sobre a flutuação populacional de *A. fraterculus*.

Os limites usados para caracterizar as condições favoráveis à ocorrência da moscas-das-frutas mostraram-se adequados, pois as figuras elaboradas para as condições atuais estão de acordo com os relatos na literatura. Segundo Silveira Neto et al. (1976) e Salles (1994), em temperaturas abaixo de 13,5°C há paralisação no desenvolvimento do inseto e em temperaturas superiores a 38°C, este desenvolvimento tende a ser mais lento. Os mesmos autores relatam que temperaturas em torno de 22 a 26°C são a faixa ótima de desenvolvimento deste inseto.

Para os cenários futuros, notou-se que no cenário mais otimista, com menores aumentos na temperatura do ar (B2) (Figura 2), a DCM apresentou menores valores, nos meses mais quentes das áreas ao norte da Região. Por outro lado, no centro-sul ao litoral verificou-se aumento da DCM como reflexo do aumento da temperatura acima da faixa ideal para o inseto. Com o cenário A2 esses resultados foram intensificados, todavia os meses com ocorrência de maiores durações do ciclo foram reduzidos (Figura 3).

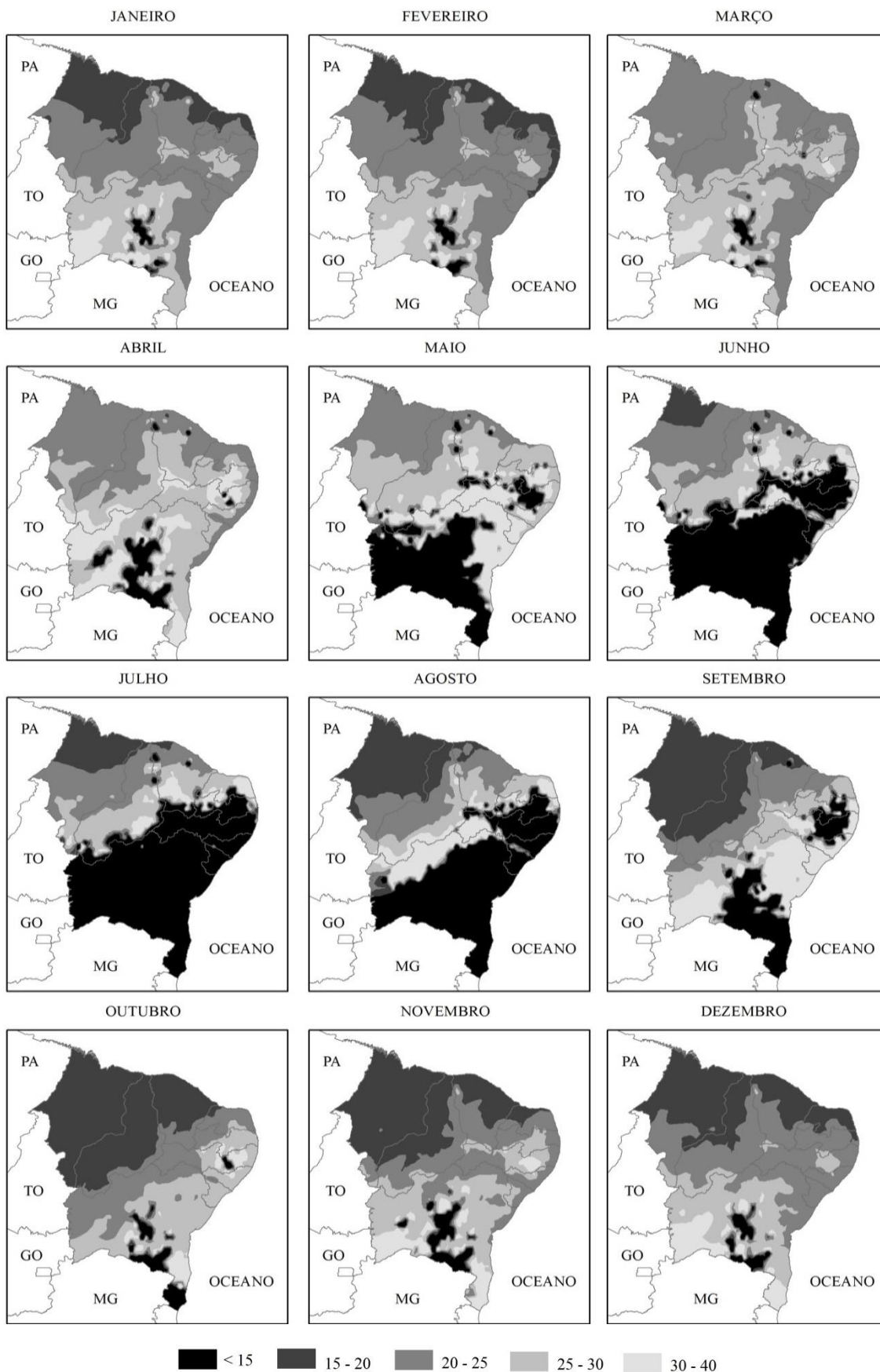


Figura 1: Duração em dias do ciclo da praga mosca-das-frutas para o período de referência (1961-1990).

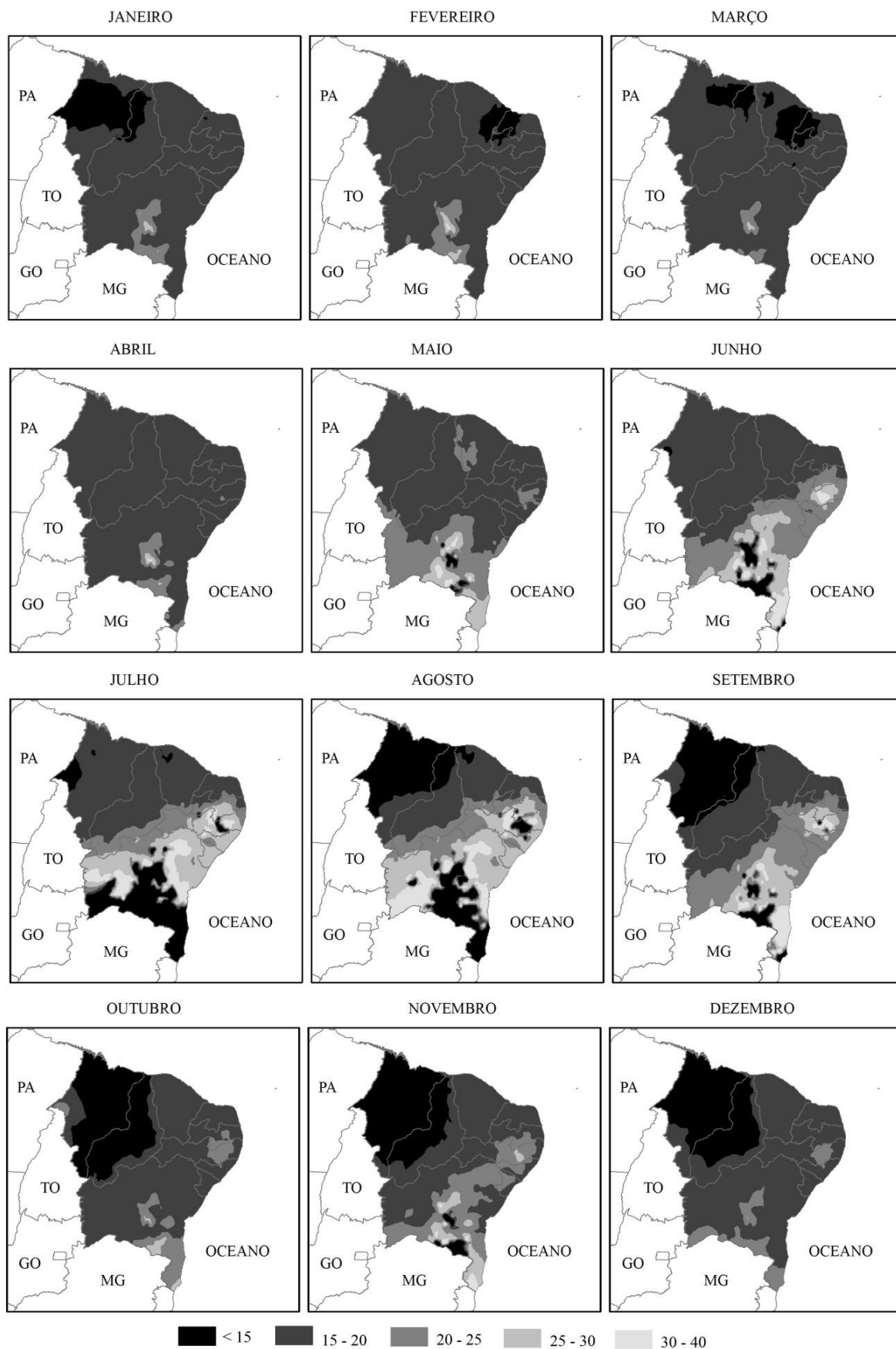


Figura 2: Duração em dias do ciclo da praga mosca-das-frutas para o cenário futuro B2.

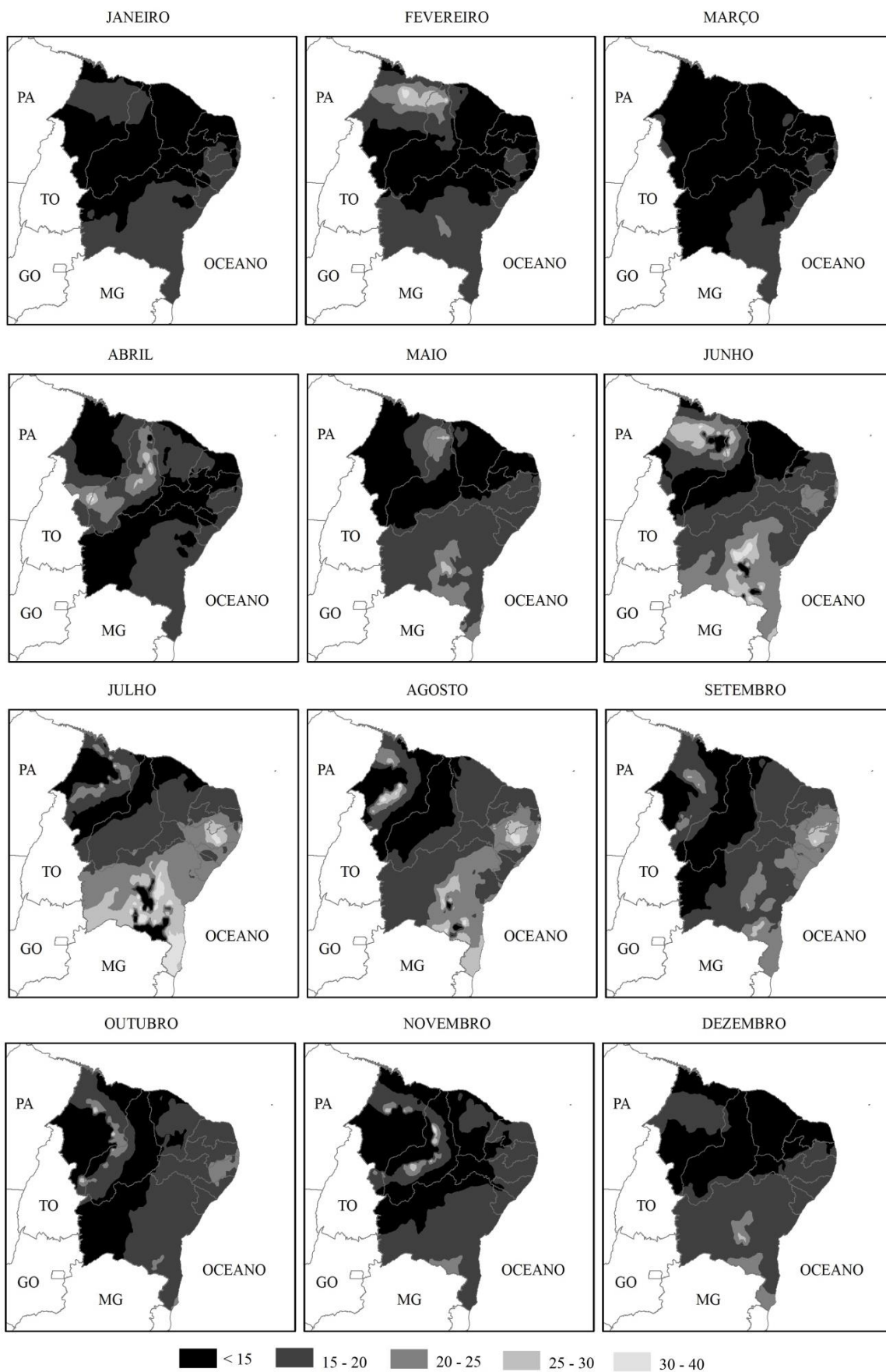


Figura 3: Duração em dias do ciclo da praga mosca-das-frutas para o cenário futuro A2.

As figuras anuais de duração do ciclo da moscas-das-frutas (DCM) (Figura 4) indicam que, de um modo geral, haverá diminuição na duração em dias do ciclo da mosca-das-frutas tanto para o cenário A2 quanto para o B2 em relação ao clima avaliado, o que pode indicar uma maior incidência da praga por conta do aumento da área favorável ao seu desenvolvimento.

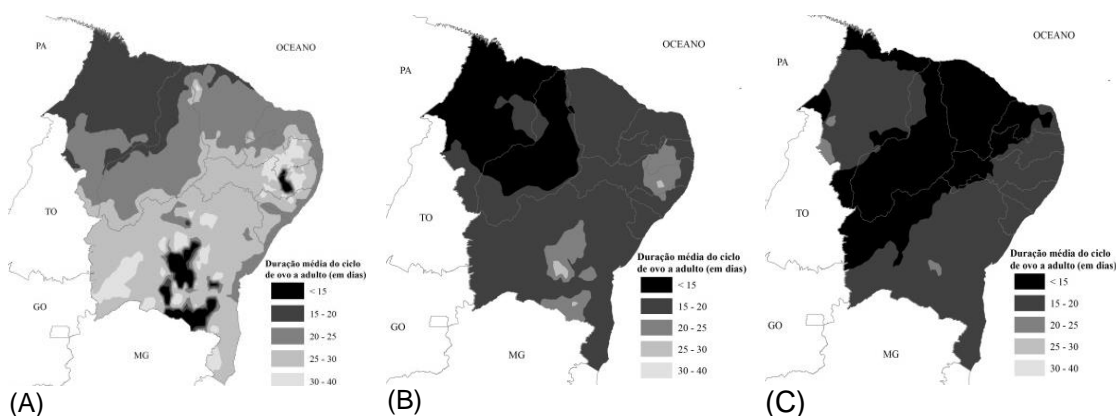


Figura 4: Duração em dias do ciclo da praga mosca-das-frutas para o período de referência (1961-1990) (A) e cenários futuros (2099), B2 (B) e A2 (C).

A redução dos valores de DCM possui influência preponderante no número de gerações da praga, mas a mesma também depende do efeito dos níveis pluviométricos. Tal relação foi estabelecida por meio da taxa de redução de gerações (TRG), que é demonstrada na Figura 5. Constata-se que regiões onde ocorre alta precipitação pluviométrica há diminuição na incidência da mosca-das-frutas, explicado pelo fato da mosca-das-frutas manter pupários no solo, e estes com a ação mecânica das chuvas serem lavados, diminuindo a emergência da praga.

Resultados semelhantes foram constatados por Dimou et al. (2003), em estudo avaliando a profundidade de pupação de *Bactrocera (Dacus) oleae*, onde verificaram que nos casos em que a umidade do solo se aproximava de 100%, em decorrência dos eventos de chuva, a falta de oxigênio induziu a pupação de larvas de tefritídeos na superfície do solo. Feitosa et al. (2008) relatou que, em pomar de manga no Piauí, a diminuição da precipitação

pluviométrica resultou na maior captura das moscas-das-frutas, concordando também com os resultados obtidos por Thomas (2003), que, ao estudar a fenologia reprodutiva de moscas-das-frutas em citros, no norte do México, verificou que a diminuição da umidade provocou aumento no número de insetos capturados.

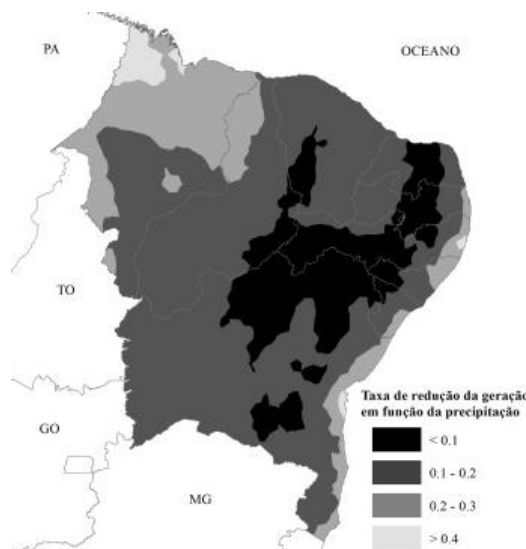


Figura 5: Taxa de redução do número de gerações das moscas-das-frutas em função da precipitação para o Nordeste.

O litoral Nordestino e Noroeste do Maranhão apresentam valores de TRG superiores a 40%, o que significa que os eventos de chuva nessas áreas são responsáveis pela redução em 40% no número máximo de gerações da praga. Nas áreas onde a precipitação é baixa, representada na figura pela área mais escura (Semiárido brasileiro), a TRG é inferior a 10%, podendo essas áreas serem mais vulneráveis à incidência da praga moscas-das-frutas.

Como nos cenários futuros não foram considerados as anomalias da precipitação pluviométricas, os valores de TRG foram considerados constantes para os mesmos. Com isso, o efeito combinado da temperatura do ar, nos valores de DCM, e da precipitação, na TRG, possibilitou a estimativa da NGM (Figura 6). Observou-se que o número de gerações das moscas-das-frutas (NGM) durante o ano, no cenário atual, é elevado, até 15 gerações, na maior parte da Região, porém algumas áreas apresentam valores de até 20 gerações

(Figura 6A). Conforme Salles (1995), as moscas-das-frutas apresentam no mínimo seis gerações por ano. Contudo, o NGM pode sofrer alterações de acordo com as mudanças climáticas apresentadas, como demonstradas nas Figuras 6B e 6C, nos cenários B2 e A2, respectivamente. No cenário B2 houve um aumento do número de gerações, destacando-se a faixa de 15 a 20 gerações por ano, e aumento das áreas com 20 a 25 (Figura 6B). Com a intensificação do regime térmico, no cenário A2, a classe de 20 a 25 gerações por ano ganhou destaque para a Região (Figura 6C).

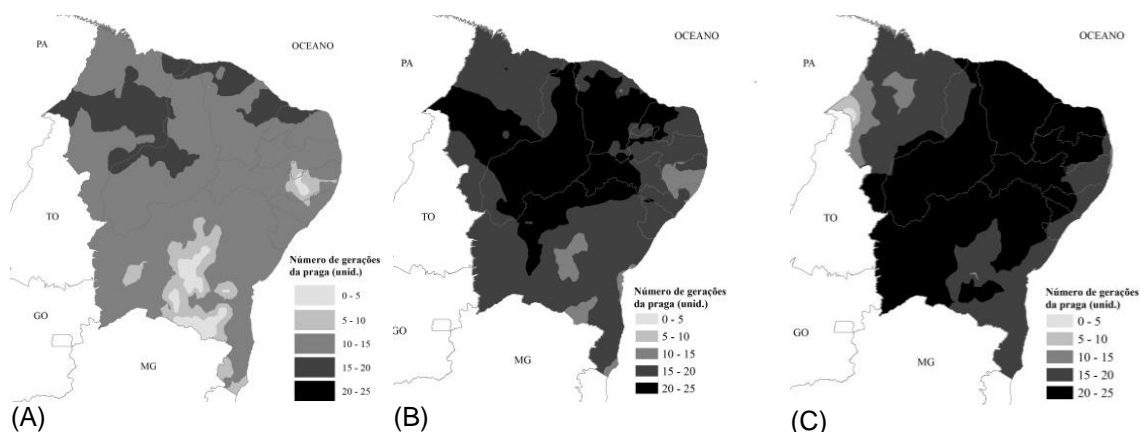


Figura 6: Número de Gerações das moscas-das-frutas anual para o período de referência (1961-1990) (A) e cenários futuros (2099), B2 (B) e A2 (C).

Os valores mensais do NGM resultaram o índice de variabilidade sazonal da mosca-das-frutas (IVSM) (Figura 7). Por essa Figura, percebe-se que valores próximos de 1 indicam menor variação na duração do ciclo da mosca, consequentemente, maior presença da mesma ao longo do ano. Por outro lado, valores que se afastam de 1 representam maior variação da duração do ciclo da mosca ao longo do ano, ou seja, indicando períodos com maior ocorrência da praga, e outros com menor.

Na figura do cenário atual (Figura 7A), nota-se que todo o Nordeste apresenta uma baixa variabilidade na duração do ciclo durante o ano, devido às condições ambientais propiciar uma maior regularidade entre os ciclos, tendo assim a presença da mosca-das-frutas durante todo o ano.

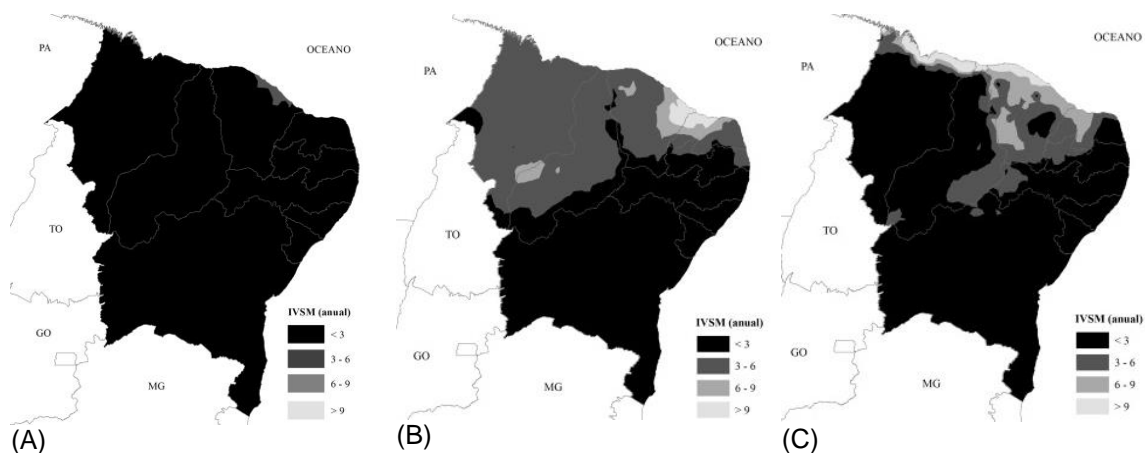


Figura 7: Índice de variabilidade sazonal da moscas-das-frutas para o período de referência (1961-1990) (A) e cenários futuros (2099), B2 (B) e A2 (C).

No cenário futuro é verificado o surgimento de áreas em que há uma maior variação na duração do ciclo ao longo do ano. Essa variabilidade sazonal é verificada com maior intensidade no cenário B2, devido as mudanças na temperatura permitirem uma maior variação na duração o ciclo das moscas-das-frutas. Evidências são observadas mais na região Norte, contemplando maiores áreas nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, no cenário mais otimista (Figura 7B). Com o cenário A2, há uma redução das áreas com maior variabilidade sazonal da praga ao longo do ano (Figura 7C).

CONCLUSÕES

Com o incremento de temperatura do ar previsto para os cenários B2 e A2 do IPCC, a duração do ciclo da mosca-das-frutas (DCM) será reduzida, resultando em uma maior incidência da praga (NGM), porém com maior sazonalidade ao longo do ano ($IVSM > 1$), o que pode ocasionar em danos aos frutos e prejuízos econômicos aos fruticultores, ou a necessidade de adoção de métodos alternativos de controle da praga moscas-das-frutas, como por exemplo, o controle biológico.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, E. L.; ZUCCHI, R. A. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em goiaba (*Pisidium guajava* L.) em Mossoró, RN. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 459-465. 2003.

BATEMAN, M. A. The ecology of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 17, p. 493-518, 1972.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 13 maio 2014.

CHAKRABORTY, S. Potential impact of climate change on plant–pathogen interactions. **Australasian Plant Pathology**, Geelong, v.34, p.443-448, 2005.

DIMOU, I.; KOUTSIKOPOULOS, C.; ECONOMOPOULOS, A.P.; LYKAKIS, J. Depth of pupation of the wild olive fruit fly, *Bactrocera* (*Dacus*) *oleae* (Gmel.) (Diptera: Tephritidae), as affected by soil abiotic factors. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 127, p. 12-17, 2003.

FEITOSA, S. S.; SILVA, P. R. R.; PÁDUA, L. E. M.; CARVALHO, E. M. S.; PAZ, J. K. S.; PAIVA, D. R. Flutuação populacional de moscas-das-frutas (diptera: tephritidae) associadas a variedades de manga no município de José de Freitas-Piauí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.112-117, 2008.

FRUTICULTURA. Disponível em <<http://fruticultura.cav.udesc.br.>> Acesso em: 11 maio 2014.

GARCIA, F. R. M; CAMPOS, J. V.; CORSEUIL, E. Flutuação populacional de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera, Tephritidae) na Região Oeste de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.47, n.3, p.415-420, 2003.

GHINI, R.; HAMADA, E.; GONÇALVES, R.R.V.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J.C.R. Análise de Risco das Mudanças Climáticas Globais sobre a Sigatoka-negra da Bananeira no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, n.3, p.197-204, 2007.

GODOY, M. J. S.; PACHECO, W. S. P.; MALAVASI, A. Moscas-das-frutas quarentenárias para o Brasil. In: SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais**. Macapá: Embrapa Amapá, 2011. p. 111-131.

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologia de elaboração de mapas. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.3, n.2, p.073-085, 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2007: Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability**. [S.l.: s.n.], 2001. 56 p. A report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

LARA, F. M.; DE BORTOLI, S. A; OLIVEIRA, E. A. Flutuações populacionais de alguns insetos associados ao Citrus sp. e suas correlações com fatores meteorológicos. *Científica*, Jaboticabal, v. 5, n. 2, p. 134-143, 1977.

LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V. M.; SILVA, R. R. S. Avaliação do potencial de produção de frutas de clima temperado no Nordeste Brasileiro. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 2009, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2009. 1 CD-ROM.

MARENGO, J. A.; DIAS, M. S Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. In: **Águas doces no Brasil: capitais ecológicos usos múltiplos, exploração racional e conservação**. 3. ed. São Paulo: USP, 2006. p. 63-109.

RAGA, A.; SOUZA FILHO, M. F., 2000. Manejo e Monitoramento de Moscas-das-Frutas. In: Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, 3., 2000, Mogi das Cruzes, SP. Anais... Indaituba, SP, 2000.

RIBEIRO, J.G.B.; RAGA, A.; D'ANGELCOLA, M.H.; AZZARO, F.G.; FARIÑA, N.; MIRANDA, A.; ZEFFERINO, E. **Manual técnico de procedimentos da mosca-das-frutas em citros**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002. 36p.

SALLES, L. A. B. **Mosca das frutas (*Anastrepha spp*) Biologia e controle**. Pelotas: EMBRAPA-CNPFT, 1994.

SALLES, L. A. B. **Bioecologia e controle da mosca-das-frutas sul-americana**. Pelotas: EMBRAPA - CPACT, 1995. 58 p.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S. H. N.; JUSTINO, F.; CARMO, J. F. A.; SOUZA, L. S. B. Impactos das mudanças climáticas na produção leiteira do estado de Pernambuco: análise para os cenários B2 e A2 do IPCC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 24, n.4, p. 489-50. 2009.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S. H. N.; SOUZA, L. S. B. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos. **Revista brasileira engenharia agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol.14, n.8, p. 863-870, 2010.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1976. 419p.

SUDENE. Pacto Nordeste: ações estratégicas para um salto do desenvolvimento regional. Recife, 1996. 77p.

THOMAS, D. B. Reproductive phenology of the Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) in the Sierra Madre Oriental, Northern Mexico. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v.32, n.3, p.385-397, 2003.

WIGGLESWORTH, V. B. **The principles of insect physiology**. 7. ed. London: Chapman and Hall, 1972. 827p.

ZUCCHI, R. A. Taxonomia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000, cap. 1, p. 13-24.