

Impactos das Mudanças Climáticas sobre Doenças de Importantes Culturas no Brasil

Editores: Raquel Ghini, Emília Hamada & Wagner Bettiol

Embrapa

Impactos das mudanças climáticas sobre
doenças de importantes culturas no Brasil

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil

Editores
*Raquel Ghini
Emília Hamada
Wagner Bettiol*

*Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, SP
2011*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000 Jaguariúna, SP
Fone: 19-3311-2700 Fax: 19-3311-2740
sac@cnpma.embrapa.br
www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicações

Marcelo Augusto Boechat Morandi (Presidente)
Adriana M. M. Pires
Lauro Charlet Pereira
Vera Lúcia S. S. de Castro
Maria Conceição P. Y. Pessoa
Nilce Chaves Gattaz
Luiz Alexandre Nogueira de Sá
Maria Amélia de Toledo Leme
Sandro Freitas Nunes.

Normalização bibliográfica
Maria Amélia de Toledo Leme

Editoração eletrônica e tratamento das imagens
Edil Gomes

Foto da capa
Daniel Toyos Hinz

1ª edição
(2011)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Meio Ambiente

Ghini, Raquel
Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil / editores Raquel Ghini, Emília Hamada, Wagner Bettiol. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011.
356 p.

ISBN 978-85-85771-51-5

1. Mudança climática. 2. Doença de planta. I. Hamada, Emília. II. Bettiol, Wagner. III. Título.

CDD 632.3

© Embrapa 2011

Autores

Acelino Couto Alfenas

Engenheiro Florestal, Ph.D. em Patologia Florestal, professor da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG
aalfenas@ufv.br

Adriano Márcio Freire Silva

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE
adriano@cpac.embrapa.br

Álvaro Figueredo dos Santos

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR
alvaro@cnpf.embrapa.br

Ângela Diniz Campos

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fisiologia Vegetal, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS
angela@cpact.embrapa.br

Antonio Alberto Rocha Oliveira

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Biologia Pura e Aplicada, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA
alberto@cnpmf.embrapa.br

Aristoteles Pires de Matos

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA
apmatos@cnpmf.embrapa.br

Armando Bergamin Filho

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP
abergami@esalq.usp.br

Bernardo Ueno

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS
berueno@cpact.embrapa.br

Celso Garcia Auer

Engenheiro Florestal, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR
auer@cnpf.embrapa.br

Davi Theodoro Junghans

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA
davi@cnpmf.embrapa.br

Dulce Regina Nunes Warwick

Engenheira Agrônoma, Ph.D. em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE
dulce@cpac.embrapa.br

Edineide Eliza de Magalhães

Bióloga, mestranda em Agronomia da Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
edineide.fito@yahoo.com.br

Edna Dora Martins Newman Luz

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora do Centro de Pesquisas do CACAU (CEPEC), Ilhéus, BA
ednadora@yahoo.com.br

Eduardo Chumbinho de Andrade

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA
eandrade@cnpmf.embrapa.br

Elena Charlotte Landau

Bióloga, Doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG
landau@cnpms.embrapa.br

Elizabeth de Oliveira

Bióloga, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG
beth@cnpms.embrapa.br

Emília Hamada

Engenheira Agrícola, Doutora em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP
emilia@cnpma.embrapa.br

Fernando Tavares Fernandes

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Fitopatologia, pesquisador aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG
fernandotfernandes@gmail.com

Flávia Rodrigues Alves Patrício

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora do Instituto Biológico, Campinas, SP
flavia@biologico.sp.gov.br

Flávio Dessaune Tardin

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG
tardin@cnpms.embrapa.br

Francisco Marto Pinto Viana

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Proteção de Plantas, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE
fmpviana@cnpat.embrapa.br

Francislene Angelotti

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE
fran.angelotti@cpatsa.embrapa.br

Harllen Sandro Alves Silva

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA
harllen@cnpmf.embrapa.br

Hélcio Costa

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER)
helciocosta@incaper.es.gov.br

Hermes Peixoto Santos Filho

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA
hermes@cnpmf.embrapa.br

Irene M. G. Almeida

Engenheira Agrônoma, Mestre em Ciências, pesquisadora do Instituto Biológico, Campinas, SP
gatti@biologico.sp.gov.br

Jose Antonio Marengo

Meteorologista, Ph.D. em Meteorologia, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe)/ Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Cachoeira Paulista, SP
marengo@cptec.inpe.br

José Avelino Santos Rodrigues

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG
avelino@cnpms.embrapa.br

José Emilson Cardoso

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE
emilson@cnpat.embrapa.br

Kátia R. Brunelli

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, engenheira agrônoma da Sakata Seed Sudamerica, Bragança Paulista, SP
katia.brunelli@sakata.com.br

Lilian Amorim

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, professora da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP
liamorim@esalq.usp.br

Louise Larissa May de Mio

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, professora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR
maydemio@ufpr.br

Lucas da R. Garrido

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS
garrido@cnpuv.embrapa.br

Luis Otávio S. Beriam

Biólogo, Doutor em Genética e Biologia Molecular, pesquisador do Instituto Biológico, Campinas, SP
beriam@biologico.sp.gov.br

Marcelo Augusto Boechat Morandi

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP
mmorandi@cnpma.embrapa.br

Marcos Silveira Wrege

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR
wrege@cnpf.embrapa.br

Maria Cândida de Godoy Gasparoto

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia
mcggaspa@yahoo.com

Marília Campos Thomaz

Engenheira Agrícola, Engenheira da Brasil Foods S.A., São Paulo, SP
mariliang@gmail.com

Paulo Ernesto Meissner Filho

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA
meissner@cnpmf.embrapa.br

Paulo T. Della Vecchia

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Melhoramento Genético de Plantas, engenheiro agrônomo da Sakata Seed Sudamerica, Bragança Paulista, SP
paulo.vecchia@sakata.com.br

Raquel Ghini

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP
raquel@cnpma.embrapa.br

Reginaldo Gonçalves Mafia

Engenheiro Florestal, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Fibria Celulose S.A. Centro de Tecnologia, Aracruz, ES
rgoncalves@fibria.com.br

Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pós-doutoranda da Universidade Federal Rural de Pernambuco
rejanercosta@yahoo.com.br

Ricardo Gioria

Engenheiro agrônomo, Doutor em Fitopatologia, engenheiro agrônomo da Sakata Seed Sudamerica, Bragança Paulista, SP
ricardo.gioria@sakata.com.br

Rodolfo Araújo Loos

Engenheiro agrônomo, Doutor em Fitotecnia, pesquisador da Fibria Celulose S.A. Centro de Tecnologia, Aracruz, ES
raloos@fibria.com.br

Romulo Fujito Kobori

Engenheiro agrônomo, Doutor em Proteção de Plantas, gerente da Sakata Seed Sudamerica, Bragança Paulista, SP
romulo.kobori@sakata.com.br

Viviane Talamini

Engenheira agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Wagner Bettiol

Engenheiro agrônomo, Doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP
bettiol@cnpma.embrapa.br

Apresentação

As evidências de que ocorrerão mudanças climáticas globais, em função do aumento da concentração de gases de efeito estufa decorrentes de atividades antrópicas, têm se apresentado cada vez mais consistente e aceita pela comunidade científica internacional. Tais mudanças são relacionadas às atividades antrópicas, especialmente em relação ao uso crescente de combustíveis fósseis, desmatamentos e mudanças de uso da terra pós Revolução Industrial, com impacto crescente na concentração de CO₂ e outros gases na atmosfera em relação às décadas anteriores.

A agricultura brasileira vem apresentando um grande avanço nos últimos anos com a ampliação da produção e da produtividade dos diversos cultivos agrícolas. Entretanto, novos cenários podem ocorrer como decorrência das alterações climáticas e aumento da concentração de CO₂ na atmosfera. Por exemplo, a incidência de pragas e doenças nos cultivos agrícolas é decorrente da interação planta hospedeira, patógeno e condições ambientais. Assim, modificações na importância relativa das pragas e doenças das principais culturas podem ocorrer em um futuro próximo, com impactos positivos, negativos ou neutros.

Neste sentido, a Embrapa apresenta à sociedade, em particular à comunidade que trata da questão agropecuária no País, este livro dedicado à análise dos possíveis efeitos das mudanças globais sobre doenças de plantas para a adoção de medidas de adaptação, com a finalidade de evitar prejuízos à agricultura brasileira.

A elaboração deste trabalho é resultado do esforço integrado de especialistas de várias instituições de pesquisa e fomento, sob a coordenação da Embrapa Meio Ambiente. Esta obra visa à divulgação dos conhecimentos adquiridos sobre o tema ao público em geral, para a conscientização a respeito do problema e para subsidiar a adoção de medidas de adaptação aos impactos das mudanças climáticas sobre doenças de plantas. Pretende-se ainda com este documento chamar a atenção da importância da sustentabilidade da agricultura que constitui-se a base deste formidável complexo agroindustrial gerador de divisas, com o qual pode contar o Brasil de hoje.

Cientes destes novos desafios, os vinte capítulos desta obra foram redigidos por quarenta e oito especialistas, de diversas instituições de pesquisa, universidades e empresas da iniciativa privada do País. O primeiro capítulo enfatiza a importância do problema, os mecanismos pelos quais as

doenças podem sofrer alterações com as mudanças climáticas, os principais estudos realizados até o presente e as evidências de alterações na ocorrência e severidade de doenças de plantas ocasionadas pelas mudanças climáticas, assim como os impactos sobre o seu controle. O segundo capítulo descreve os cenários climáticos futuros projetados para o Brasil no final do século XXI, baseados no Quarto Relatório do IPCC (2007). Seguem-se dois capítulos de caráter mais amplo, abordando os impactos potenciais sobre a ocorrência de epidemias e doenças causadas por bactérias, cuja importância vem crescendo acentuadamente. Nos demais capítulos, são discutidos os impactos potenciais das mudanças climáticas sobre doenças do abacaxi, acácia-negra, alface, brássicas, cajueiro, cebola, coqueiro, eucalipto, fruteiras de caroço, mamoeiro, mandioca, mangueira, morangueiro, pínus, sorgo e videira.

Ao final dos estudos realizados, pode-se concluir que medidas urgentes dos tomadores de decisão são requeridas para manutenção ou aumento do atual status da agropecuária brasileira. Neste sentido, esta obra serve como um alerta sobre os desafios futuros à segurança alimentar nos Trópicos, mas também como um alento por deixar claro a competência e a dedicação de nossos pesquisadores e cientistas que poderão resultar em soluções para os novos desafios que as mudanças climáticas impõem.

Celso Vainer Manzatto

Chefe Geral, Embrapa Meio Ambiente

Prefácio

Após a publicação do livro intitulado “Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil”, por Ghini e Hamada (2008), o assunto despertou grande atenção por parte dos fitopatologistas, agrônomos e profissionais ligados ao setor. Devido a esse interesse, foi elaborado o presente livro, seguindo a mesma metodologia, porém contemplando diferentes culturas, também de grande importância para o País.

Um aumento no número de trabalhos de pesquisa e de iniciativas de discussões a respeito do assunto foi observado, tanto no Brasil, quanto em outros países, conforme descrito no Capítulo 1. Dentre os projetos, teve início em 2009 o projeto Climapest (<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/climapest>), liderado pela Embrapa Meio Ambiente e contando com uma equipe de mais de 130 pesquisadores de diferentes instituições públicas e privadas. Uma das atividades desenvolvidas no projeto foi a atualização do banco de mapas dos cenários climáticos futuros do Brasil. Assim, os novos modelos climáticos globais apresentados no Quarto Relatório do IPCC (2007) foram utilizados como base para as discussões deste livro, conforme descrição apresentada no Capítulo 2.

Editores

Sumário

- 15** **Capítulo 1**
Impacto das mudanças climáticas
sobre as doenças de plantas
- 41** **Capítulo 2**
Projeções de mudanças climáticas para o
Brasil no final do século XXI
- 75** **Capítulo 3**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre epidemias de doenças de plantas
- 87** **Capítulo 4**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças bacterianas no Brasil
- 105** **Capítulo 5**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças do abacaxi no Brasil
- 119** **Capítulo 6**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre a gomose da acácia-negra no Brasil
- 142** **Capítulo 7**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças da alface no Brasil
- 145** **Capítulo 8**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças das brássicas no Brasil
- 161** **Capítulo 9**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças do cajueiro no Brasil
- 177** **Capítulo 10**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças da cebola no Brasil

- 199** **Capítulo 11**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças do coqueiro no Brasil
- 211** **Capítulo 12**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre doenças na eucaliptocultura no Brasil
- 227** **Capítulo 13**
Impacto das mudanças climáticas
sobre as doenças de fruteiras de caroço no Brasil
- 249** **Capítulo 14**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças do mamoeiro no Brasil
- 263** **Capítulo 15**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças da mandioca no Brasil
- 273** **Capítulo 16**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças da mangueira no Brasil
- 285** **Capítulo 17**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças do morangueiro no Brasil
- 305** **Capítulo 18**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças do pínus no Brasil
- 319** **Capítulo 19**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças do sorgo no Brasil
- 331** **Capítulo 20**
Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças da videira no Brasil

Capítulo 1

Impacto das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas

Raquel Ghini
Emília Hamada
Wagner Bettiol

Introdução

Desde a década de 1970, a problemática das mudanças climáticas tem despertado crescente interesse da comunidade científica e do público, constituindo um dos temas mais polêmicos e preocupantes da atualidade. Em 1988, a World Meteorological Organization (WMO) e a United Nations Environment Programme (UNEP) criaram o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), composto por uma vasta rede de pesquisadores de diversos países com a finalidade de avaliar o conhecimento científico sobre as mudanças climáticas e suas relações com a sociedade.

Os quatro relatórios publicados pelo IPCC, disponibilizados na internet (www.ipcc.ch), constituem documentos de referência sobre as mudanças climáticas. O primeiro relatório (FAR, First Assessment Report) foi publicado em 1990, o segundo (SAR, Second Assessment Report) em 1995, o terceiro (TAR, Third Assessment Report) em 2001 e o quarto (AR4, Fourth Assessment Report) em 2007. O quarto relatório do IPCC (2007) apresenta informações detalhadas sobre o aumento da concentração de gases de efeito estufa de origem antrópica e analisa as consequências desse aumento sobre a eficiência com que o planeta se resfria, além de outros fenômenos.

A concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera atingiu valores significativamente superiores aos ocorridos nos últimos 800 mil anos (LÜTHI et al., 2008) e, nesta década, a sua taxa de crescimento está acentuadamente maior que nas décadas anteriores (CANADELL et al., 2007). Situação semelhante foi observada para o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e outros gases de efeito estufa. Desde o início da Revolução Industrial até 2005, a concentração de CO_2 da atmosfera aumentou de 280 ppm para 379 ppm; o CH_4 , de 580 – 730 ppm para 1774 ppm; e o N_2O , de 10 ppb para 319 ppb (IPCC, 2007; SPAHNI et al., 2005). No início de 2010, a concentração de CO_2 da atmosfera registrada foi de 389 ppm (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends>).

Além do aumento da concentração de gases de efeito estufa, promovido principalmente devido ao uso de combustíveis fósseis, a alteração do uso da terra, como o desmatamento, e outras atividades humanas são os fatores responsáveis pelas mudanças climáticas (IPCC, 2007). Como consequência, diversas alterações no clima foram registradas. A temperatura média da superfície do planeta tem aumentado em $0,2^\circ\text{C}$ por década nos últimos 30 anos (HANSEN et al., 2006). Onze dos doze anos mais quentes já registrados por instrumentos desde 1850 ocorreram entre 1995 e 2006. Alterações no ciclo da água também foram observadas e as mudanças deverão continuar ocorrendo, mesmo se a concentração de gases de efeito estufa se estabilizar,

devido à inércia térmica do sistema e o longo período necessário para retornar ao equilíbrio (IPCC, 2007).

Diversos outros efeitos estão ocorrendo, tanto no ambiente físico como no biológico, devido à abrangência e à inter-relação entre os compartimentos afetados. As mudanças climáticas têm se manifestado de diversas formas, dentre as quais se destaca o “aquecimento global”, termo usado para identificar o fenômeno do aumento da temperatura do planeta. Porém, também estão sendo observadas com maior frequência e intensidade, eventos climáticos extremos, alterações no regime de chuvas, perturbações nas correntes marítimas, retração de geleiras e elevação do nível dos oceanos. O termo “mudança ambiental global” envolve essa ampla gama de eventos, incluindo o aumento da concentração de CO₂ atmosférico, de ozônio (O₃) na troposfera (da superfície do planeta até 10 km de altura) e outros impactos. Os termos “mudança biosférica” ou “mudança global” também foram sugeridos porque envolvem o conceito de que interações complexas estão ocorrendo entre o ambiente físico e o biológico (COAKLEY, 1995). As alterações em um podem afetar o outro e podem resultar em efeitos aditivos ou sinérgicos no ambiente. As mudanças climáticas podem afetar de diferentes formas um grupo de organismos; este grupo afeta outros e o conjunto de mudanças pode voltar a causar efeitos no ambiente físico.

Em uma estimativa conservadora, Agrios (2005) discute que doenças, pragas e plantas invasoras interferem ou destroem a produção entre 31 % e 42 % de todas as culturas no mundo. Essas perdas são menores nos países desenvolvidos e maiores nos países em desenvolvimento, justamente os que mais necessitam de alimentos. Considerando a média de 36,5 % de perdas, 14,1 % delas são causadas pelas doenças, 10,2 % pelas pragas e 12,2 % pelas plantas invasoras. Dessa forma, o autor calcula que as perdas devidas às doenças de plantas totalizam anualmente no mundo, aproximadamente, US\$220 bilhões. A essas perdas devem ser adicionados de 6-12 % de perdas em pós-colheita, as quais são particularmente maiores nos países tropicais onde faltam recursos, tais como para refrigeração. Nesses cálculos não estão incluídas as perdas causadas pelos fatores ambientais, tais como a ocorrência de baixas temperaturas, secas, poluição do ar, deficiência de nutrientes e fitotoxicidade.

O ambiente pode influenciar o crescimento e a suscetibilidade da planta hospedeira, a multiplicação, a disseminação, a sobrevivência e as atividades do patógeno, assim como a interação entre a planta hospedeira e o patógeno. Por esse motivo, as mudanças climáticas constituem uma séria ameaça à agricultura, pois podem promover significativas alterações na ocorrência e severidade de doenças de plantas. Tais alterações podem representar graves

consequências econômicas, sociais e ambientais. A análise desses efeitos é fundamental para a adoção de medidas de adaptação, com a finalidade de evitar prejuízos futuros (GHINI, 2005).

Os microrganismos fitopatogênicos são ubíquos, em sistemas naturais ou manejados, e podem alterar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas. Os fitopatógenos estão entre os primeiros organismos a mostrar os efeitos das mudanças climáticas devido às numerosas populações, facilidade de multiplicação e dispersão, além do curto tempo entre gerações (SCHERM et al., 2000). Dessa forma, constituem um grupo fundamental de indicadores biológicos que deve ser avaliado quanto aos impactos das mudanças climáticas (GARRETT et al., 2009). Além disso, constituem um dos principais fatores responsáveis por reduções de produção e podem colocar em risco a sustentabilidade do agroecossistema.

Impactos potenciais sobre doenças de plantas

O clássico triângulo de doença, que ilustra um dos paradigmas da Fitopatologia, estabelece as condições para o desenvolvimento de doenças, isto é, a interação entre o hospedeiro suscetível, o patógeno virulento e o ambiente favorável. Dessa forma, as alterações previstas no clima promoverão modificações no atual cenário fitossanitário da agricultura. Certamente, num futuro próximo, poderão ocorrer alterações na importância relativa de cada doença de planta. O impacto econômico poderá ser positivo, negativo ou neutro, pois as mudanças podem diminuir, aumentar ou não ter efeito sobre os diferentes patossistemas, em cada região (CHAKRABORTY, 2001).

Um aspecto importante a ser considerado é que a alteração de um determinado fator climático poderá ter efeitos positivos, em uma das partes do triângulo da doença, e negativos, em outra. Além disso, os efeitos poderão ser também contrários nas diversas fases do ciclo de vida do patógeno e da cultura (COAKLEY; SCHERM, 1996). As diferentes variáveis climáticas também poderão exercer efeitos contrários. Assim sendo, somente a análise completa do sistema poderá definir se a doença será estimulada ou não.

As mudanças climáticas poderão ter efeitos diretos e indiretos tanto sobre os patógenos quanto sobre as plantas hospedeiras e a interação de ambos. Dentre os efeitos diretos sobre os microrganismos fitopatogênicos, sua distribuição geográfica, por exemplo, é determinada pela gama de temperaturas, ou outros fatores climáticos, nas quais o microrganismo pode se desenvolver. Muitas espécies prevalecem somente em regiões apresentando condições ótimas para permitir um rápido desenvolvimento. A distribuição

temporal também pode ser afetada. Diversos patógenos, especialmente os que infectam folhas, apresentam flutuações quanto à ocorrência e à severidade durante o ano, que podem ser frequentemente atribuídas às variações de clima. O aumento da umidade durante a estação de crescimento pode favorecer o aumento da produção de esporos; por outro lado, doenças como os oídios são favorecidas por condições de baixa umidade. As condições favoráveis são específicas para cada patossistema e, assim, não podem ser generalizadas (GHINI, 2005).

Em muitos casos, o aumento da precipitação pluviométrica permite uma maior dispersão de propágulos por gotas de chuva. A redução do número de dias de chuva durante o verão, por exemplo, pode diminuir a dispersão de diversos patógenos. Os ventos também exercem importante papel na disseminação de propágulos, tanto à curta como à longa distância. Fatores relacionados à turbulência do ar, intensidade e direção dos ventos podem influenciar a liberação, o transporte e a deposição do inóculo. Patógenos como *Mycosphaerella fijiensis* (sigatoka-negra da bananeira), *Hemileia vastatrix* (ferrugem do cafeeiro), *Puccinia melanocephala* (ferrugem da cana-de-açúcar) e *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (ferrugem do trigo) são dispersos por longas distâncias entre continentes e, assim, poderão ser afetados pelas mudanças climáticas (BROWN; HOVMOLLER, 2002).

Um dos principais efeitos diretos das mudanças climáticas sobre patógenos se dá na fase de sobrevivência. Patógenos de plantas anuais ou perenes com folhas decíduas, por exemplo, necessitam suportar longos períodos de tempo sem tecido da planta hospedeira disponível. Nesses casos, a fase de sobrevivência é fundamental para garantir a presença de inóculo para o ciclo seguinte da doença. As condições durante a estação de inverno são importantes para determinar o sucesso da sobrevivência saprofítica de diversos patógenos. A temperatura do solo, por exemplo, afeta o inóculo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, agente causal de murcha em grão-de-bico (*Cicer arietinum*), além de afetar a atividade de rizobactérias que conferem supressividade de solos ao patógeno (LANDA et al., 2001).

As mudanças climáticas também poderão ter efeitos diretos no crescimento, morfologia, fisiologia, reprodução, sobrevivência e predisposição das plantas, resultando em alterações na ocorrência e severidade de doenças. Certamente, a natureza da planta hospedeira (por exemplo, anual ou perene; metabolismo do tipo C3 ou C4) e do patógeno (veiculado pelo solo ou da parte aérea, biotrófico ou necrotrófico) determinará como serão os impactos. Os mecanismos de resistência das plantas hospedeiras poderão ser quebrados mais rapidamente, como resultado do desenvolvimento acelerado das populações dos patógenos, assim como outras modalidades de controle

poderão ser afetadas (CHAKRABORTY, 2001; CHAKRABORTY; PANGGA, 2004). Um zoneamento de risco climático foi realizado para oito culturas (algodão, arroz, cana-de-açúcar, feijão, girassol, mandioca, milho e soja) no Brasil, além das pastagens e gado de corte e publicado por Assad et al. (2008). Nos mapas, observa-se que o aumento de temperatura poderá provocar, de um modo geral, uma diminuição de áreas aptas para o cultivo dos grãos, porém aumento de regiões de baixo risco climático à cana e mandioca. Essa nova geografia das culturas certamente acarretará alterações na geografia das doenças de plantas.

Outros organismos que interagem com o patógeno e a planta hospedeira também poderão ser afetados pelas mudanças climáticas, resultando em efeitos indiretos nas doenças de plantas. Doenças que requerem insetos ou outros vetores poderão apresentar uma nova distribuição geográfica ou temporal, que será resultante da múltipla interação ambiente-planta-patógeno-vetor (SUTHERST et al., 1998). Aumentos na temperatura ou incidência de secas poderão estender a área de ocorrência da doença para regiões onde o patógeno e a planta estarão presentes, mas o vetor ainda não atuava. Fungos micorrízicos, microrganismos endofíticos e os fixadores de nitrogênio também poderão sofrer os efeitos das mudanças climáticas, acarretando alterações na severidade de doenças (GHINI, 2005).

Estudos realizados na área de Fitopatologia

A importância do ambiente sobre o desenvolvimento de doenças de plantas é conhecida há séculos (COLHOUN, 1973). Porém, a preocupação com os efeitos das mudanças climáticas sobre doenças de plantas assumiu a esfera internacional com as revisões publicadas por Atkinson (1993) e Manning e Tiedemann (1995). Outras três publicações se seguiram, alertando sobre as novas ameaças à Fitopatologia, de autoria de Coakley (1995), Coakley e Scherm (1996) e Coakley et al. (1999). Garrett et al. (2006) apresentaram uma revisão sobre diferentes abordagens do assunto, considerando diversas escalas de interação patógeno-hospedeiro, desde o microclima até o clima global. Recentemente, Chakraborty et al. (2008) analisaram os trabalhos publicados sobre o assunto e propuseram novas iniciativas de pesquisa. Eventos internacionais também começaram a incluir o tema em suas programações, como o 7th International Congress of Plant Pathology (ICPP) em Edinburgh, em 1998; o ICPP 2003, em Christchurch; e uma sessão foi realizada durante o evento em Torino em 2008.

No Brasil, o XXXVII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, realizado em Gramado em 2004, incluiu na programação uma palestra sobre os possíveis

impactos na agricultura e alimentação (CUNHA, 2004). O XXIX Congresso Paulista de Fitopatologia, realizado em 2006 em Botucatu, SP, abordou o tema “Mudanças climáticas globais: novos desafios para a Fitopatologia” (GHINI, 2006). O tema “Aquecimento global” foi abordado novamente durante o XXXI Congresso Paulista de Fitopatologia, realizado em fevereiro de 2008 em Campinas, SP (GHINI; HAMADA, 2008a). Uma revisão atualizada sobre o assunto, inclusive abordando os impactos do aumento da concentração de CO₂ atmosférico, foi publicada por Ghini et al. (2008). O primeiro livro sobre o assunto foi publicado por Ghini (2005), onde é apresentada uma revisão de literatura, enfatizando os principais aspectos dos impactos das mudanças climáticas sobre doenças de plantas, sobre grupos específicos de patógenos e microrganismos relacionados.

O segundo livro publicado sobre o assunto, organizado por Ghini e Hamada (2008b), discute o quê ocorrerá com as doenças das principais culturas do Brasil. Para a cultura da batata, por exemplo, Lopes et al. (2008) consideram que caso as previsões de aumento da temperatura global se concretizem, os cultivos de batata “das águas” deverão ser mais prejudicados pelas doenças do que os cultivos “de inverno” e que regiões de baixa altitude poderão se tornar inviáveis à bataticultura, pelo aumento da incidência de doenças bióticas e abióticas. Para a cultura do tomate, Gioria et al. (2008) apresentam uma previsão para as principais doenças e consideram que as mudanças climáticas serão desfavoráveis para a ocorrência de epidemias com requeima (*Phytophthora infestans*), murcha-de-verticillium (*Verticillium albo-atrum*), podridão-de-esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*); e não alterarão a importância do mosaico-do-tomateiro causado pelo *Tomato mosaic virus* (ToMV) e da mancha-de-septoria (*Septoria lycopersici*). Em contraposição a essas doenças, os autores consideram que a importância do oídio causado por *Leveillula taurica* será aumentada em todas as regiões produtoras de tomate do País, o mesmo ocorrendo com a pinta-preta (*Alternaria solani*), a murcha-do-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*), a murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), vira-cabeça (*Tomato spotted wilt virus* - TSWV, *Tomato chlorotic spot virus* - TCSV, *Groundnut ring spot virus* - GRSV, *Chrysanthemum stem necrosis virus* - CSNV) e mosaico-dourado do tomateiro (*Geminivirus*). O livro também discute as doenças das seguintes culturas: arroz, bananeira, cafeeiro, cana-de-açúcar, cereais de inverno, citros, eucalipto, melão, milho, pimentão, seringueira, soja, além do efeito sobre fitonematóides, controle biológico e químico.

Os impactos das mudanças climáticas têm sido discutidos no País em diversos setores relacionados com a Fitopatologia. O Núcleo de Assuntos Estratégicos (NAE) da Presidência da República publicou dois volumes

dedicados às mudanças do clima, abordando as negociações internacionais; a vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima e o mercado de carbono (NAE, 2005a, 2005b). Nesse documento, é afirmado que atenção deve ser dada aos efeitos das mudanças do clima sobre a ocorrência de doenças de plantas. No início de novembro de 2005, a II Conferência Regional sobre Mudanças Globais: a América do Sul, realizada na cidade de São Paulo, contou com uma mesa redonda sobre o sistema agroalimentar, incluindo um debate sobre doenças de plantas. O evento gerou a publicação de um livro contendo os temas abordados (DIAS et al., 2007). Quanto à formação de recursos humanos, o curso de pós-graduação da UNESP/FCA de Botucatu, SP, criou a primeira disciplina sobre o assunto, intitulada “Mudanças climáticas e proteção de plantas”, em 2007.

Apesar da importância, há poucos trabalhos publicados a respeito dos efeitos das mudanças climáticas sobre doenças de plantas, não só no Brasil, mas no mundo. Quanto a ensaios realizados em condições de campo, os poucos trabalhos disponíveis foram conduzidos no Hemisfério Norte. Porém, o aumento do número de eventos científicos e publicações sobre o tema realçam a importância que o assunto vem assumindo.

Casos de alterações na ocorrência de problemas fitossanitários causadas pelas mudanças climáticas

Ainda há um pequeno número de casos comprovados de alteração na ocorrência de problemas fitossanitários em decorrência das mudanças climáticas. Esse fato é devido à necessidade de registro de mudança na ocorrência de pragas ou doenças por um período relativamente longo, com significativa correlação com alguma variável climática alterada em decorrência das mudanças climáticas (JEGGER; PAUTASSO, 2008). A ausência de séries históricas de problemas fitossanitários é outra razão para o pequeno número de casos comprovados. Além disso, é sabido que diversos fatores, além do clima, causam flutuações nas populações de patógenos e pragas, como por exemplo, tratamentos culturais, nutrição das plantas, cultivares utilizadas, entre outros, dificultando a correlação entre as mudanças climáticas e os problemas fitossanitários.

Uma das evidências é o caso de *Dothistroma septosporum*, causador de queima-das-acículas em *Pinus contorta* var. *latifolia*, nas florestas da British Columbia no Canadá. O primeiro relato da doença data do início dos anos 1960, sendo que entre 1984 e 1986 foram observadas árvores com sintomas da queima-das-acículas em 10 ha. Woods et al. (2005) avaliaram uma área de 40.898 ha e observaram que 37.664 ha apresentavam plantas

infectadas, com árvores mortas em 2.741 ha. Os autores afirmam que a epidemia coincidiu com o aumento da frequência de chuvas de verão na região. Mais recentemente, Kurz et al. (2008) relataram que epidemias do besouro *Dendroctonus ponderosae*, causadas por alterações de precipitação pluviométrica e aumento da temperatura, estão resultando no aumento de emissões de gases de efeito estufa pela floresta. O inseto parasita as árvores, levando-as à morte e à decomposição, liberando o carbono para a atmosfera. Com as mudanças climáticas traduzidas pelo aumento da temperatura e redução das chuvas, houve o aumento da área favorável ao desenvolvimento da praga e as projeções indicam que o crescimento da floresta não será suficiente para compensar a quantidade de emissões.

O declínio do *Pinus sylvestris* nos Alpes italianos e suíços é outra evidência de alteração de problemas fitossanitários em decorrência das mudanças climáticas. Dobbertin et al. (2007) correlacionaram séries históricas climáticas da região e a incidência de declínio nas árvores e concluíram que a seca predispôs as árvores ao ataque de besouros e as altas temperaturas da primavera e do verão favoreceram o desenvolvimento dos insetos, os quais contribuíram para a alta taxa de mortalidade.

Utilizando dados de 69 anos de incidência de requeima da batata na Finlândia, Hannukkala et al. (2007) associaram epidemias da doença com as mudanças climáticas e com a ausência de rotação de culturas. O clima se tornou mais favorável à doença no final da década de 1990, resultando em um aumento da venda de fungicidas de, aproximadamente, quatro vezes, de 1980 a 2002.

Os relatos de efeitos em agroecossistemas são ainda mais raros, haja vista que são difíceis de serem comprovados devido aos inúmeros fatores envolvidos e à falta de séries históricas de incidência de doenças de plantas. Entretanto, Bearchell et al. (2005), utilizando métodos moleculares, comprovaram que a taxa de abundância relativa de *Phaeosphaeria nodorum* e de *Mycosphaerella graminicola* em trigo é ligada à poluição do ar com dióxido de enxofre (SO₂). Tal resultado foi obtido com material vegetal preservado, originado de um experimento conduzido nos últimos 160 anos, no Rothamsted Research da Inglaterra, no qual há registro detalhado das informações.

Distribuição geográfica e temporal de doenças

Devido às intensas relações entre ambiente e doenças, alterações na distribuição geográfica e temporal dos problemas fitossanitários poderão ocorrer como impacto direto das mudanças climáticas. O zoneamento

agroclimático da planta hospedeira será alterado, como demonstrado por Assad et al. (2004) para a cultura do cafeeiro; da mesma forma, os patógenos e outros microrganismos relacionados com o processo de doença serão afetados. Assim, em determinadas regiões, novas doenças poderão surgir e outras perder a importância econômica, especialmente se a planta hospedeira migrar para novas áreas, segundo Coakley et al. (1999). Os patógenos tendem a seguir a planta hospedeira em sua distribuição geográfica, segundo esses autores, porém a velocidade com a qual os patógenos vão se estabelecer no novo ambiente é função da possibilidade de dispersão e sobrevivência entre estações do ano ou de cultivo e das mudanças fisiológicas e ecológicas da planta hospedeira. Segundo Chakraborty et al. (2000a), linhagens mais agressivas de patógenos com ampla gama de hospedeiros, como *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Sclerotium* e outros patógenos necrotróficos, poderão migrar de agroecossistemas para vegetações naturais, assim como patógenos menos agressivos, de comunidades naturais de plantas, poderão começar a causar problemas em monoculturas de regiões vizinhas. No caso particular de patógenos pouco especializados, como os necrotróficos, poderá haver uma ampliação da gama de hospedeiros devido à migração das culturas.

Modelos de desenvolvimento de doenças, geralmente utilizados para sistemas de previsão, podem ser utilizados em estudos de simulação da distribuição espacial e temporal em cenários climáticos futuros. No caso de patógenos transmitidos por vetores, essa avaliação de risco deve considerar as condições para o desenvolvimento da população de vetores, como discutido por Harrington (2002) para o caso do vírus do nanismo amarelo da cevada.

Um dos primeiros trabalhos foi realizado por Luo et al. (1995) para a análise de risco de epidemias de brusone e do desenvolvimento de plantas de arroz associados com as mudanças climáticas em alguns países da Ásia, em virtude da importância da cultura e das perdas ocasionadas pela doença, causada por *Magnaporthe grisea*. Nas simulações, os fatores climáticos considerados foram alterações de temperatura e radiação UV-B. Os resultados indicaram que mudanças na quantidade de chuva não afetaram a ocorrência de epidemias, por terem pouco efeito no período de molhamento foliar no modelo usado. Nas zonas subtropicais frias, o aumento da temperatura causou aumento da severidade e da área abaixo da curva de progresso da doença. Isso se deve ao maior risco de epidemias em temperaturas elevadas. Nas zonas tropicais úmidas e subtropicais quentes e úmidas, como o sul da China, Filipinas e Tailândia, houve efeito contrário. Isto é, menores temperaturas aumentaram o risco de epidemias de brusone, pois as temperaturas atuais nessas regiões estão acima das favoráveis para a ocorrência da doença. Porém, nem sempre uma maior área abaixo da curva de progresso da doença resultou em menor produção de arroz, pois também

há o efeito no desenvolvimento da planta. Os efeitos do aumento da radiação UV-B foram altamente significativos para a ocorrência de epidemias.

Utilizando modelos matemáticos, Carter et al. (1996) simularam mudanças climáticas na Finlândia e concluíram que o aquecimento vai ampliar a área de cultivo de cereais em 2050 na razão de 100 a 150 km lineares para cada grau Celsius de aumento na temperatura média anual; além disso, com o aumento da concentração de CO₂, espera-se maior produtividade. Nesse cenário, o cultivo de batata também será beneficiado, com um aumento estimado de 20 % a 30 % na produtividade. Porém, também está prevista nova distribuição de nematóides fitopatogênicos, expandindo-se para o norte do País, e com maior número de gerações ao ano. Nessa situação, o risco de requeima da batata, causada por *Phytophthora infestans*, é significativamente maior em todas as regiões da Finlândia. Os danos causados pelo aumento da incidência desses importantes fitopatógenos não foram estimados.

Os dados do levantamento sobre distribuição geográfica de *Xiphinema* e *Longidorus*, importantes nematóides fitopatogênicos, obtidos por Boag et al. (1991) na Grã-Bretanha e na Europa Continental (amostras coletadas em grades de 10 km² e 50 km², respectivamente), foram associados às linhas isotérmicas de temperatura do solo em julho. A distribuição geográfica dos nematóides possui associação direta com a temperatura, dessa forma, os problemas com esses microrganismos deverão se intensificar no norte da Europa, devido ao aumento das populações existentes e à disseminação dessas espécies a partir da região Sul.

Um cenário semelhante também foi previsto por Brasier e Scott (1994) e Brasier (1996) para a ocorrência de *Phytophthora cinnamomi* em carvalho (*Quercus* spp.). Os estudos foram realizados devido à importância ecológica e hidrológica das espécies nativas de carvalho para o continente europeu. Com o aquecimento global, a ocorrência de podridão-de-raízes e a sobrevivência do patógeno, provavelmente exótico, vão aumentar, assim como a gama de plantas hospedeiras. O modelo explorou três cenários: 1,5 °C e 3 °C de aumento nas temperaturas mínimas e máximas médias anuais, e 3 °C de aumento nas temperaturas mínimas e máximas médias anuais associado com aumento de 20 % da precipitação no verão. Em todos os casos, os resultados sugerem que poderá haver aumento significativo da atividade patogênica e das áreas contaminadas. Entretanto, em regiões com inverno rigoroso, como na Escandinávia, Rússia e no Danúbio Central, deverá haver menor disseminação do patógeno. Entre os fatores responsáveis pelo aumento da importância da doença devido às mudanças climáticas, os autores citam a possibilidade de disseminação para novas áreas, maior período favorável para produção de inóculo e infecção, maior taxa de disseminação

e sobrevivência em raízes e no solo, além de maior predisposição da planta. Estudo semelhante foi realizado por Booth et al. (2000) numa análise de risco da ocorrência de *Cylindrocladium quinqueseptatum* em eucalipto nas diversas regiões produtoras do planeta.

Esses trabalhos pioneiros no assunto assumiram incrementos constantes de temperatura, precipitação ou outras variáveis climáticas. Porém, o desenvolvimento e a disponibilização de modelos climáticos globais (General Circulation Models - GCM) tornaram possível a aplicação desses incrementos espacializados para a avaliação de risco de ocorrência de doenças. Uma das mais importantes realizações do IPCC foi a divulgação de um conjunto de cenários de emissão de gases de efeito estufa, conhecidos como cenários SRES (Special Report on Emissions Scenarios), que levam em consideração forçantes controladoras, como demografia, desenvolvimento sócio-econômico, mudança tecnológica, bem como suas interações. Assim, foram definidas quatro famílias de cenários: A1, A2, B1 e B2 (Capítulo 2), que constituem referências com relação às emissões futuras de gases de efeito estufa (IPCC, 2000). O Centro de Distribuição de Dados (Data Distribution Centre - DDC) do IPCC foi estabelecido para facilitar a divulgação desses cenários, assim como de fatores ambientais e sócio-econômicos a eles relacionados, para uso em avaliações dos impactos do clima. Os GCM quantificam o comportamento dos compartimentos climáticos (atmosfera, oceanos, vegetação, solos, por exemplo) e suas interações, permitindo estimar as variáveis climáticas (temperaturas média, máxima e mínima; precipitação, por exemplo) para os diversos cenários de emissões de gases de efeito estufa estabelecidos pelo IPCC (2007).

Uma caracterização detalhada da variabilidade e tendências climáticas regionais para o Brasil durante o século XX e os cenários climáticos do futuro para a América do Sul, utilizando dados disponibilizados pelo IPCC (2001), foi apresentada por Marengo (2006). A publicação oferece mapas de chuva e temperatura para a região para o período da normal climatológica de 1961 a 1990, considerado como período de referência, e para projeções futuras, utilizando cinco GCM.

Com o objetivo de comparar metodologias de elaboração de mapas de distribuição espacial de problemas fitossanitários de plantas, associados aos efeitos das mudanças climáticas no Brasil, Hamada et al. (2006) utilizaram o modelo biológico do bicho-mineiro-do-cafeeiro (*Leucoptera coffeella*). Para as condições climáticas futuras, o primeiro método utilizou incrementos constantes na temperatura para o País e o segundo adotou aumentos variando espacialmente (disponibilizados pelos GCM), ambos centrados na década de 2080 (simulação do período entre 2071 a 2100), para o cenário A2. 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.

Em trabalho pioneiro com a utilização de GCM, Bergot et al. (2004) simularam os impactos potenciais das mudanças climáticas sobre a expansão de *Phytophthora cinnamomi* em carvalho, utilizando um modelo que relaciona a temperatura do floema e a probabilidade de infecção de árvores durante o inverno. Os autores concluíram que haverá um aumento na taxa anual de sobrevivência do patógeno, resultando em maior expansão da doença. Para míldio em videira, causado por *Plasmopara viticola*, Salinari et al. (2006) utilizaram GCM para avaliar a pressão da doença, definida como o número de aplicações de fungicidas necessárias para o seu controle. Como verificaram que aumentará a pressão da doença, concluíram que haverá necessidade de aumentar o número de pulverizações com fungicidas.

Evans et al. (2007), utilizando dados de temperatura e chuva de um modelo climático regionalizado, baseado em um GCM (HadCM3, "Hadley Climate Model 3" do Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Reino Unido), estimaram maior disseminação e aumento da severidade da *Leptosphaeria maculans* em colza no Reino Unido, em cenários climáticos de alta e baixa emissão de carbono para as décadas de 2020 e 2050. Associando nesse estudo modelos de simulação de produtividade de colza e de previsão de ocorrência de *Leptosphaeria maculans*, com diferentes previsões de temperatura e chuva, em dois cenários de alta e baixa emissão de CO₂, para investigar as interações entre planta-doença-clima, Butterworth et al. (2009) verificaram que os resultados obtidos foram diferentes para duas regiões analisadas (Escócia e sudeste da Inglaterra), indicando que é importante avaliar todos os aspectos envolvidos. Essa previsão ilustra um resultado inesperado: impactos contraditórios das mudanças climáticas nas interações planta-doença em sistemas agrícolas em regiões diferentes.

A análise de risco das mudanças climáticas sobre a sigatoka-negra da bananeira (causada por *Mycosphaerella fijiensis*), foi realizada por Ghini et al. (2007), por meio da elaboração de mapas de distribuição da doença confeccionados a partir dos cenários e dados dos GCM disponibilizados pelo IPCC (2001). Os autores concluíram que haverá redução da área favorável à doença no Brasil. Tal redução será gradativa para as décadas de 2020, 2050 e 2080 e de forma mais acentuada no cenário A2 que no B2. Apesar disso, extensas áreas ainda continuarão favoráveis à ocorrência da doença,

especialmente no período de novembro a abril. Resultados semelhantes foram encontrados por Jesus Júnior et al. (2008).

O banco de dados climáticos usado por Ghini et al. (2007) também foi utilizado para avaliar os impactos potenciais das mudanças climáticas sobre a distribuição espacial de nematóides (raças de *Meloidogyne incognita*) e do bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) da cultura de café por Ghini et al. (2008). Mapas obtidos no cenário A2 permitiram verificar que poderá haver aumento na infestação, tanto do nematóide quanto da praga, pelo maior número de gerações por mês quando se compara com a normal climatológica de 1961-1990. No cenário B2, o número de gerações também foi maior que no cenário atual, porém nota-se que é inferior ao cenário A2 para ambos. Del Ponte et al. (2008) analisaram os riscos de epidemias de ferrugem-asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) sob cenário de mudanças climáticas no Brasil, avaliando os mapas mensais de duração do período latente e de severidade, obtidos pela aplicação de modelos de desenvolvimento da doença. O efeito das mudanças climáticas na doença será distinto em cada região do País. No Norte e Nordeste, as altas temperaturas serão desfavoráveis às epidemias, embora a umidade continue favorável. No Centro-Oeste, o padrão será similar com as altas temperaturas afetando o período latente e, possivelmente, outros componentes da epidemia; no entanto, as condições de precipitação continuarão bastante favoráveis às epidemias na região, o que poderá compensar os efeitos negativos da temperatura elevada. No Sudeste e Sul, um aumento da temperatura poderá facilitar o progresso da doença, principalmente em períodos tardios na safra. Porém, maiores estudos deverão ser realizados para verificar o efeito da temperatura em outros componentes da epidemia e também do clima em geral na sobrevivência e disponibilidade de inóculo na safra.

Os GCM apresentam algumas dificuldades para utilização. As saídas disponibilizadas por esses modelos climáticos apresentam baixa resolução espacial e temporal, apesar dos avanços alcançados desde 1990 até recentemente (IPCC, 2007). Essas características, nas quais as avaliações são baseadas, tornam difícil conciliar os cenários previstos com os modelos de respostas biológicas, como o crescimento de plantas ou doenças, que requerem informações diárias ou até mesmo horárias. Um dos grandes desafios é adaptar as exigências dos modelos de processos biológicos às disponibilidades dos GCM, com abordagens de longo prazo (SCHERM; van BRUGGEN, 1994; SCHERM; COAKLEY, 2003; SCHERM, 2004).

Outro importante aspecto é o alto grau de incerteza das anomalias de algumas variáveis climáticas entre os modelos. Por exemplo, de modo geral, as projeções para a ocorrência de chuvas são mais incertas do que as

de temperatura. Desta forma, a precipitação pluviométrica não segue o mesmo padrão de comportamento nos diversos modelos, diferentemente do aumento de temperatura que está projetado em todos eles. Uma alternativa para contornar o problema é o uso da média aritmética dos resultados dos diversos modelos, pois essa operação ameniza tais diferenças, apesar de ser extremamente trabalhosa. Não obstante as limitações, segundo van Vuuren e O'Neill (2006), tais cenários continuam a servir como base para a avaliação dos impactos das mudanças climáticas globais. Esses autores discutiram a consistência dos cenários do IPCC, comparando dados projetados e reais para os últimos anos sobre população, economia, uso de energia e emissões de gases.

O grande potencial dos modelos reside na capacidade de simular os cenários das mudanças climáticas globais, os diferentes níveis de severidade de doenças e de determinar a produção resultante, o que permite o desenvolvimento de táticas de controle e estratégias, facilitando a tomada de decisões. Maiores esforços devem ser dispensados nesse tipo de estudo, que poderá resultar em significativa economia de tempo e recursos.

Eficácia de métodos de controle

Todas as modalidades de controle de doenças de plantas são, de alguma forma, afetadas pelas condições climáticas. As mudanças climáticas causarão alterações na distribuição geográfica e época de ocorrência de doenças e, como consequência, os métodos de controle deverão acompanhar essa nova realidade. Poucos trabalhos discutem como o controle químico será afetado, apesar da importância desses impactos. Mudanças na temperatura e precipitação pluviométrica poderão alterar a dinâmica de resíduos de fungicidas na parte aérea das plantas e a degradação dos produtos poderá ser modificada. Alterações na morfologia ou fisiologia das plantas resultantes do crescimento em atmosfera com maior concentração de CO₂ ou diferentes condições de temperatura e precipitação poderão afetar a absorção, o translocamento e o metabolismo de fungicidas sistêmicos. Além disso, as mudanças no crescimento das plantas poderão alterar o período de maior suscetibilidade das plantas aos patógenos, o que poderá determinar um novo calendário de aplicação de fungicidas (COAKLEY et al., 1999; CHAKRABORTY; PANGGA, 2004; PRITCHARD; AMTHOR, 2005).

O mercado de fungicidas certamente sofrerá alterações. Chen e McCarl (2001) realizaram uma análise de regressão entre o uso de agrotóxicos, fornecidos pelo United States Department of Agriculture (USDA) e as variações do clima em diversas localidades dos Estados Unidos, a partir

de dados climáticos disponibilizados pelo National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA). A intenção foi quantificar as alterações no gasto com agrotóxicos no clima futuro, por meio de uma avaliação econômica, tendo como premissa o fato do aumento da incidência de um determinado problema fitossanitário resultar em maiores gastos com o controle químico e vice-versa.

Entretanto, o principal impacto das mudanças climáticas sobre o controle químico deverá ser de ordem cultural. O fato de toda a humanidade estar sofrendo as consequências das atividades antrópicas na exploração do planeta despertará a conscientização de que tal atividade deve ser rigorosamente realizada de forma sustentável. Certamente, aumentarão as pressões da sociedade pelo uso de métodos não químicos para o controle de doenças de plantas.

Uma consequência direta das modificações causadas pelas mudanças climáticas nas relações patógeno-hospedeiro é na resistência genética de plantas às doenças. Muitas modificações na fisiologia das plantas poderão alterar os mecanismos de resistência de cultivares obtidas por métodos tradicionais ou por engenharia genética. Vários trabalhos comprovam tais alterações, como aumentos significativos das taxas de fotossíntese, produção de papilas, acúmulo de silício em locais de penetração dos apressórios, maior acúmulo de carboidratos nas folhas, mais cera, camadas adicionais de células epidermais, aumento da quantidade de fibras, redução da concentração de nutrientes e alteração na produção de enzimas relacionadas com a resistência (HIBBERD et al., 1996; CHAKRABORTY et al., 2000a; OSSWALD et al. 2006).

Um dos poucos trabalhos realizados com o objetivo de verificar os efeitos do aumento da concentração de CO₂ no controle de doenças, por meio do uso de variedades resistentes, foi desenvolvido por Paoletti e Lonardo (2001). Os autores verificaram que um clone de cipreste, *Cupressus sempervirens*, resistente ao cancro causado por *Seiridium cardinale*, não perdeu a resistência genética quando cultivado em ambiente com elevado teor de CO₂. Quanto aos efeitos da temperatura e outras variáveis climáticas, há uma quantidade maior de trabalhos realizados (HUANG et al., 2006).

Os cenários climáticos futuros, de modo geral, indicam um aumento da temperatura, o qual, certamente, alterará a resposta das plantas às doenças, seja devido à própria composição genética do hospedeiro, seja por alterações causadas na comunidade de organismos que induzem resistência. Mayama et al. (1975) verificaram que cultivares de trigo com o alelo *Sr6* para resistência a *Puccinia graminis* exibem alta resistência a 20 °C, porém apresentam suscetibilidade ao patógeno a 25 °C. Em estudos sobre o efeito da temperatura sobre a ferrugem do cafeeiro, Ribeiro et al. (1978) verificaram

que houve redução do desenvolvimento de uredíniosporos em folhas de cultivar suscetível de café inoculadas com *Hemileia vastatrix* e tratadas por 4 h a 40 °C, durante quatro dias consecutivos. Para o mesmo patossistema, Rodrigues Junior (1984) também discute as alterações na resistência e na suscetibilidade de cafeeiros submetidos a diferentes temperaturas. Além do aspecto da funcionalidade dos genes relacionados com a resistência do hospedeiro e da agressividade do patógeno, precisa ser considerada a alteração da funcionalidade dos genes dos antagonistas. Assim, possivelmente os organismos que têm a ação relacionada com a produção de alguma substância poderão sofrer maiores consequências do que aqueles que agem por predação e competição.

Algumas formas de resistência poderão ser mais afetadas do que outras. Entretanto, a maior ameaça à resistência genética é a aceleração dos ciclos dos patógenos que, com o aumento da concentração de CO₂ atmosférico, poderão sofrer alterações em todos os estádios de vida. Alguns trabalhos verificaram que, apesar de haver um atraso no desenvolvimento inicial e redução na penetração no hospedeiro, as colônias estabelecidas se desenvolvem em maior velocidade e há aumento da multiplicação do patógeno nos tecidos da planta (HIBBERD et al., 1996; CHAKRABORTY et al., 2000a). A multiplicação mais intensa do patógeno, associada a um microclima propício, devido ao maior desenvolvimento das plantas, favorece a ocorrência de epidemias.

Não há praticamente informações sobre os impactos das mudanças climáticas sobre o controle biológico de doenças de plantas. Os poucos resultados relacionados com o assunto tratam de impactos das mudanças climáticas sobre a composição e a dinâmica da comunidade microbiana da filosfera e do solo, as quais podem ser de grande importância para a saúde das plantas. Mendes (2009) avaliou o efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o controle biológico da ferrugem do cafeeiro por meio da esporulação do patógeno e da severidade da doença em discos foliares. Os agentes de biocontrole *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* e *Lecanicillium longisporum* foram aplicados 24 h antes e após, e simultaneamente à inoculação do patógeno (*Hemileia vastatrix*); e mantidos em caixas vedadas nas condições de fotoperíodo de 12 h, a 22 °C e 100 % de umidade relativa em diferentes concentrações de CO₂. Os antagonistas *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* e *Lecanicillium longisporum* não foram afetados pelo aumento da concentração de CO₂. *Bacillus subtilis* foi mais efetivo no controle da doença quando aplicado antes e simultaneamente à inoculação do patógeno.

Aspectos fundamentais do solo para a atividade microbiana sofrerão modificações, como a disponibilidade de nutrientes, o aumento da temperatura e, dependendo da região, a redução na umidade do solo. Além

disso, a quantidade de nitrogênio que é introduzida nos sistemas naturais e no agroecossistema por meio de fertilizantes e poluentes pode causar significativos impactos na microbiota (NOSENGO, 2003). Grüter et al. (2006) concluíram que a exposição do ambiente à concentração de 600 ppm de CO₂ não alterou quantitativamente a comunidade de bactérias do solo. Entretanto, os mesmos autores concluíram que um dos possíveis efeitos das mudanças climáticas é sobre a diversidade de plantas, o que resulta em alterações da composição bacteriana do solo (tipos de bactérias e frequência de ocorrência). Para avaliar os efeitos sobre fungos saprófitas, Rezácová et al. (2005) verificaram que *Clonostachys rosea*, importante agente de controle biológico de *Botrytis* e outros patógenos, e *Metarhizium anisopliae*, um dos mais importantes entomopatógenos usados para o controle de insetos-praga, mostraram-se fortemente associados com a cultura de trevo em ambiente com alta concentração de CO₂. Os autores sugeriram que a abundância dessas espécies de fungos pode indicar aumento da supressividade do solo a fungos fitopatogênicos e outras pragas.

Um dos poucos trabalhos sobre o efeito de condições climáticas sobre a eficiência de agentes de controle biológico foi realizado por Warwick (2001), que demonstrou os efeitos do regime de chuva e da hora do dia de aplicação de *Acremonium vittelinum* e *Acremonium persicinum* para o controle da lixa-do-coqueiro, causada por *Catacauma torrendiella* e *Cocostroma palmicola*. Porém, para a maioria dos antagonistas, não há informações. Trabalhos nessa área serão importantes para a manutenção da eficiência do controle biológico. Além disso, é necessário conhecer quais serão as respostas das doenças de plantas a essas mudanças. Essas respostas permitirão concluir sobre o que poderá acontecer ao biocontrole, tanto natural, quanto pela introdução de bioagentes.

Predizer os efeitos das mudanças climáticas sobre o controle biológico de doenças de plantas é problemático e atualmente baseado em observações indiretas. Entretanto, com certeza, a vulnerabilidade dos agentes de biocontrole será maior com as mudanças climáticas, pois esse é um dos problemas da aplicabilidade dos antagonistas (GARRETT et al., 2006).

Bradshaw e Holzapfel (2006) afirmam que os efeitos do rápido aquecimento climático chegaram ao nível de genes em diversos grupos de organismos. Essas alterações nas populações afetam os ciclos dos principais eventos da vida, isto é: desenvolvimento, reprodução, dormência e migração. Os microrganismos que apresentam curtos ciclos de vida e grandes populações, provavelmente, se adaptarão rapidamente. Entretanto, não se tem conhecimento da forma que será a nova estrutura e funcionamento das interações entre hospedeiro-patógeno-agentes de biocontrole-ambiente.

A plasticidade de alguns sistemas agrícolas poderá ajudar a minimizar os impactos negativos das mudanças climáticas com a adoção de novas cultivares ou outras práticas. Porém, os países em desenvolvimento provavelmente terão maiores dificuldades de adaptação às mudanças climáticas, devido ao menor desenvolvimento tecnológico e aos poucos recursos disponíveis para a adoção de medidas.

Bettiol e Ghini (2009) discutem que, de modo geral, as mudanças climáticas serão benéficas para o controle biológico, tanto natural, quanto o introduzido, pois as atenções da sociedade para os problemas ambientais exigirão medidas que minimizem o lançamento de poluentes. Com isso, o equilíbrio biológico dos sistemas agrícolas será beneficiado levando a um aumento da complexidade do sistema, e conseqüentemente, ao controle biológico.

Considerações finais

A manutenção da sustentabilidade dos sistemas agrícolas é diretamente dependente da proteção de plantas. Em poucos anos, as mudanças climáticas poderão alterar o cenário atual de doenças de plantas e o seu manejo. Essas alterações certamente terão efeitos na produtividade. Dessa forma, é fundamental o estudo dos impactos em importantes doenças de plantas, com a finalidade de minimizar perdas de produção e de qualidade, auxiliando a escolha de estratégias para contornar os problemas (CHAKRABORTY et al., 2000b).

Outro aspecto importante é que as doenças constituem um dos componentes do agroecossistema que podem ser manejados. Há uma necessidade imediata de se determinar os impactos das mudanças nas doenças economicamente importantes. As doenças secundárias também precisam ser estudadas, pois podem assumir maior importância. Mas, além disso, os especialistas em doenças de plantas precisam ir além de suas disciplinas e posicionar os impactos em doenças no contexto mais amplo, que envolve todo o agroecossistema.

O zoneamento de doenças com uso de parâmetros climáticos permite avaliar a possível distribuição geográfica nos cenários climáticos previstos. Esse tipo de estudo pode ser particularmente apropriado para patógenos exóticos, pois possibilita a avaliação de sua distribuição geográfica em novas regiões e a intensidade da importância que o patógeno pode assumir (COAKLEY, 1995). Entretanto, a falta de informações disponíveis sobre os efeitos do ambiente na ocorrência de doenças dificulta o uso desse tipo de

trabalho. Pouco se sabe a respeito dos fatores de ambiente que governam comunidades de patógenos secundários, que podem passar a assumir significativa importância nos cenários futuros (CLIFFORD et al., 1996).

Coakley e Scherm (1996) listaram algumas das principais dificuldades encontradas nos estudos sobre efeitos de mudanças climáticas e doenças de plantas. Dentre elas, destacam-se: a contínua incerteza sobre a exata magnitude das alterações climáticas que poderão ocorrer nos próximos 25 a 50 anos; a possibilidade de ocorrerem interações complexas entre os componentes das mudanças climáticas; a limitação do conhecimento sobre como essas mudanças em larga escala e em longo prazo afetarão os processos biológicos que ocorrem em escalas regionais ou locais, em curto espaço de tempo; e o problema da separação dos efeitos diretos (por exemplo, sobre o patógeno) e dos efeitos indiretos (por exemplo, pelo efeito em agentes de controle biológico ou mudanças na fisiologia da planta hospedeira).

Pesquisas de avaliação dos efeitos de mudanças climáticas globais sobre doenças de plantas devem ser realizadas de forma interdisciplinar e, preferencialmente, em programas internacionais. A complexidade dos processos envolvidos e suas inter-relações tornam necessária a comunicação de profissionais das diversas áreas.

Referências

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Elsevier, 2005. 922 p.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1057-1064, 2004.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; MARIN, F. R.; PELLEGRINO, G. Q.; EVANGELISTA, S. R.; OTAVIAN, A. F. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Brasília, DF: Embaixada Britânica, 2008. v. 1, 82 p.
- ATKINSON, D. **Global climate change: its implications for crop protection**. Surrey: BCPC, 1993.
- BEARCHELL, S. J.; FRAAIJE, B. A.; SHAW, M. W.; FITT, B. D. L. Wheat archive links long-term fungal pathogen population dynamics to air pollution. **PANS**, v. 102, p. 5438-5442, 2005.
- BERGOT, M.; CLOPPET, E.; PERARNAUD, V.; DEQUE, M.; MARCAIS, B.; DESPREZ-LOUSTAU, M. L. Simulation of potential range expansion of oak disease caused by *Phytophthora cinnamomi* under climate change. **Global Change Biology**, v. 10, p. 1539-1552, 2004.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Impactos das mudanças climáticas sobre o controle biológico de doenças de plantas. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 29-48.
- BOAG, B.; CRAWFORD, J. W.; NEILSON, R. The effect of potential climatic changes on the geographical distribution of the plant-parasitic nematodes *Xiphinema* and *Longidorus* in Europe. **Nematologica**, v. 37, p. 312-323, 1991.
- BOOTH, T. H.; JOVANOVIC, T.; OLD, K. M.; DUDZINSKI, M. J. Climatic mapping to identify high-risk areas for *Cylindrocladium quinqueseptatum* leaf blight on eucalypts in mainland South East Asia

and around the world. **Environmental Pollution**, v. 108, p. 365-372, 2000.

BRADSHAW, W. E.; HOLZAPTEL, C. M. Evolutionary response to rapid climate change. **Science**, v. 312, p.1477-1478, 2006.

BRASIER, C. M. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. **Annales des Sciences Forestieres**, v. 53, p. 347-358, 1996.

BRASIER, C. M.; SCOTT, J. K. European oak declines and global warming: a theoretical assessment with special reference to the activity of *Phytophthora cinnamomi*. **Bulletin OEPP/EPPO Bulletin**, v. 24, p. 221-232, 1994.

BROWN, J. K. M.; HOVMOLLER, M. S. Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impacts on plant disease. **Science**, v. 297, p. 537-541, 2002.

BUTTERWORTH, M. H.; SEMENOV, M. A.; BARNES, A.; MORAN, D.; WEST, J. S.; FITT, B. D. L. North-South divide: contrasting impacts of climate change on crop yields in Scotland and England. **Journal of the Royal Society**, v. 7, p. 123-130, 2009.

CANADELL, J. G.; LE QUÉRÉ, C.; RAUPACH, M. R.; FIELD, C. B.; BUITENHUIS, E. T.; CIAIS, P.; CONWAY, T. J.; GILLET, N. P.; HOUGHTON, R. A.; MARLAND, G. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, p. 1866-1870, 2007.

CARTER, T. R.; SAARIKKO, R. A.; NIEMI, K. J. Assessing the risks and uncertainties of regional crop potential under a changing climate in Finland. **Agricultural and Food Science in Finland**, v. 5, p. 329-350, 1996.

CHAKRABORTY, S. Effects of climate change. In: WALLER, J. M. L.; WALLER, S. J. (Ed.). **Plant pathologist's pocketbook**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 203-207.

CHAKRABORTY, S.; PANGGA, I. B. Plant disease and climate change. In: GILLINGS, M.; HOLMES, A. (Ed.). **Plant microbiology**. London: BIOS Scientific Publishers, 2004. p. 163-180.

CHAKRABORTY, S.; PANGGA, I. B.; LUPTON, J.; HART, L.; ROOM, P. M.; YATES, D. Production and dispersal of *Colletotrichum gloeosporioides* spores on *Stylosanthes scabra* under elevated CO₂. **Environmental Pollution**, v. 108, p. 381-387, 2000a.

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

CHAKRABORTY, S.; LUCK, J.; HOLLAWAY, G.; FREEMAN, A.; NORTON, R.; GARRETT, K. A.; PERCY, K.; HOPKINS, A.; DAVIS, C.; KARNOSKY, D. F. Impacts of global change on diseases of agricultural crops and forest trees. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 3, p. 1-15, 2008.

CHEN, C. C.; McCARL, B. A. An investigation of the relationship between pesticide usage and climate change. **Climatic Change**, v. 50, p. 475-487, 2001.

CLIFFORD B. C.; DAVIES, A.; GRIFFITH, G. UK climate change models to predict crop disease and pest threats. **Aspects of Applied Biology**, v. 45, p. 269-276, 1996.

COAKLEY, S. M. Biospheric change: will it matter in plant pathology? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 17, p. 147-153, 1995.

COAKLEY, S. M.; SCHERM, H. Plant disease in a changing global environment. **Aspects of Applied Biology**, v. 45, p. 227-238, 1996.

COAKLEY, S. M.; SCHERM, H.; CHAKRABORTY, S. Climate change and plant disease management. **Annual Review of Phytopathology**, v. 37, p. 399-426, 1999.

COLHOUN, J. Effects of environmental factor on plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 11, p. 343-364, 1973.

CUNHA, G. R. Mudanças climáticas globais e seus possíveis impactos em agricultura e alimentação. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29 (Suplemento), p. S8-S10, 2004.

DEL PONTE, E.; GHINI, R.; HAMADA, E.; ROSSI, P. Análise de risco de epidemia de ferrugem-

asiática da soja sob cenário de mudança climática no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 34 (Suplemento), p. S.42, 2008.

DIAS, P. L. S.; RIBEIRO, W. C.; NUNES, L. H. A. **Contribution to understanding the regional impacts of global change in South America**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2007. 412p. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/iea/artigos/globalchangeinsouthamerica.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2008.

DOBBERTIN, M.; WERMELINGER, B.; BIGLER, C.; BÜRGI, M.; CARRON, M.; FORSTER, B.; GIMMI, U.; RIGLING, A. Linking increasing drought stress to scots pine mortality and bark beetle infestations. **The Scientific World Journal**, v. 7, p. 231-239, 2007.

EVANS, N.; BAIERL, A.; SEMENOV, M. A.; GLADDERS, P.; FITT, B. D. L. Range and severity of plant disease increased by global warming. **Journal of The Royal Society**, v. 5, p. 1-7, 2007.

GARRETT, K. A.; DENDY, S. P.; FRANK, E. E.; ROUSE, M. N.; TRAVERS, S. E. Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, v. 44, p. 489-509, 2006.

GARRETT, K. A.; NITA, M.; WOLF, E. D. D.; GOMEZ, L.; SPARKS, A. H. Plant pathogens as indicators of climate change. In: LETCHER, T. (Ed.). **Climate change: observed impacts on planet Earth**. Amsterdam: Elsevier, 2009. cap. 25, p. 425-437.

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

GHINI, R. Mudanças climáticas globais: novos desafios para a fitopatologia. **Summa Phytopathologica**, v. 32 (Suplemento), p. S108-S111, 2006.

GHINI, R.; HAMADA, E. Cenários climáticos futuros e estudos em Fitopatologia. **Summa Phytopathologica**, v. 34 (Suplemento), p. S.119-521, 2008a.

GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008b.

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.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Climate change and plant diseases. **Scientia Agricola**, v. 65, n. esp., p. 98-107, 2008.

GHINI, R.; HAMADA, E.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MARENCO, J. A.; GONÇALVES, R. R. V. Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 187-194, 2008.

GIORIA, R.; BRUNELLI, K. R.; KOBORI, R. F. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças de tomate no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

GRÜTER, D.; SCHMID, B.; BRANDL, H. Influence of plant diversity and elevated atmospheric carbon dioxide levels on belowground bacteria diversity. **BMC Microbiology**, v. 6, p. 1-8, 2006.

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologias de elaboração de mapas. **Engenharia ambiental**, v. 3, p. 73-85, 2006. Disponível em: <<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/viewissue.php?id=5>>.

HANNUKKALA, A. O.; KAUKORANTA, T.; LEHTINEN, A.; RAHKONEN, A. Late-blight epidemics on potato in Finland, 1933–2002; increased and earlier occurrence of epidemics associated with climate change and lack of rotation. **Plant Pathology**, v. 56, p. 167-176, 2007.

HANSEN, J.; SATO, M.; RUEDY, R.; LO, K.; LEA, D. W.; MEDINA-ELIZADE, M. Global temperature change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, p. 14288-14293, 2006.

HARRINGTON, R. BYDV: the heat is on. In: HENRY, M. (Ed.). **Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies**. Mexico, DF: Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT), 2002. p. 4-9.

HIBBERD, J. M.; WHITBREAD, R.; FARRAR, J. Effect of elevated concentrations of CO₂ on infection of barley by *Erysiphe graminis*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 48, p. 37-53, 1996.

HUANG, Y. J.; EVANS, N.; LI, Z. Q.; ECKERT, M.; CHÈVRE, A. M.; RENARD, M.; FITT, B. D. L. Temperature and leaf wetness duration affect phenotypic expression of Rlm6-mediated resistance to *Leptosphaeria maculans* in *Brassica napus*. **New Phytologist**, v. 170, p. 129-141, 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate Change 2001: the scientific basis**. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001. 881 p. (Third Assessment Report).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate change 2007: the physical science basis**. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Disponível em: <<http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>>. Acesso em: 15 ago. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Emission scenarios: summary for policymakers**. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000. 20 p. (IPCC Special Report). Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>>.

JEGER, M. J.; PAUTASSO, M. Plant disease and global change - the importance of long-term data sets. **New Phytologist**, v. 177, p. 8-11, 2008.

JESUS JUNIOR, W. C.; VALADARES JÚNIOR, R.; CECÍLIO, 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, p. 40-53, 2008.

KURZ, W. A.; DYMOND, C. C.; STINSON, G.; RAMPLEY, G. J.; NEILSON, E. T.; CARROLL, A. L.; EBATA, T.; SAFRANYIK, L. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. **Nature**, v. 452, p. 987-990, 2008.

LANDA, B. B.; NAVAS-CORTÉS, J. A.; HERVÁS, A.; JIMÉNEZ-DÍAS, R. M. Influence of temperature and inoculum density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on suppression of Fusarium wilt of chickpea by rhizosphere bacteria. **Phytopathology**, v. 91, p. 807-816, 2001.

LOPES, C. A.; REIS, A.; SHIMOYAMA, N. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da batata no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

LUO, Y.; TEBEEST, D. O.; TENG, P. S.; FABELLAR, N. G. Simulation studies on risk analysis of rice leaf blast epidemics associated with global climate change in several Asian countries. **Journal of Biogeography**, v. 22, p. 673-678, 1995.

LÜTHI, D.; FLOCH, M. L.; BEREITER, B.; BLUNIER, T.; BARNOLA, J.-M.; SIEGENTHALER, U.; RAYNAUD, D.; JOUZEL, J.; FISCHER, H.; KAWAMURA, K.; STOCKER, T. F. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. **Nature**, v. 453, p. 379-382, 2008.

MANNING, W. J.; TIEDEMANN, A. V. Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), and ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. **Environmental Pollution**, v. 88, p. 219-245, 1995.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo de século XXI**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 212 p. (Série Biodiversidade, 26).

MAYAMA, S.; DALY, J. M.; REHFELD, D. W.; DALY, C. Hypersensitive response of near-isogenic wheat carrying the temperature-sensitive Sr6 allele for resistance to stem rust. **Physiological Plant Pathology**, v. 7, p. 35-47, 1975.

MENDES, L. **Impacto do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o período latente**

- e o controle biológico da ferrugem do cafeeiro, 2009. 42 p. Dissertação (Mestrado) – FCA-UNESP, Botucatu.
- NAE. **Mudança do clima**: volume I: Negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. Brasília, DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. 2005a. 250 p. (Cadernos NAE, 3).
- NAE. **Mudança do clima**: volume II: Mercado de carbono. Brasília, DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. 2005b. 500 p. (Cadernos NAE, 4).
- NOSENGO, N. Fertilized to death. **Nature**, v. 425, p. 894-895, 2003.
- OSSWALD, W. F.; FLEISCHMANN, F.; HEISER, I. Investigations on the effect of ozone, elevated CO₂ and nitrogen fertilization on host-parasite interactions. **Summa Phytopathologica**, v. 32S, p. S111-S113, 2006.
- PAOLETTI, E.; LONARDO, V. D. *Seiridium cardinale* cankers in a tolerant *Cupressus sempervirens* clone under naturally CO₂-enriched conditions. **Forest Pathology**, v. 31, p. 307-311, 2001.
- PRITCHARD, S. G.; AMTHOR, J. S. **Crops and environmental change**. Binghamton: Food Products Press, 2005. 421 p.
- REZÁCOVÁ, V.; BLUM, H.; HRSELOVÁ, H.; GAMPER, H.; GRYNDLER, M. Saprobic microfungi under *Lolium perenne* and *Trifolium repens* at different fertilization intensities and elevated atmospheric CO₂ concentration. **Global Change Biology**, v. 11, p. 224-230, 2005.
- RIBEIRO, I. J. A.; MÔNACO L. C.; TISSEL FILHO, O.; SUGIMORI, M. H. Efeito de alta temperatura no desenvolvimento de *Hemileia vastatrix* em cafeeiro. **Bragantia**, v. 37, p. 11-16, 1978.
- RODRIGUES JUNIOR, C. J. Coffee rust races and resistance. In: FULTON, R.H. **Coffee rust in the Americas**. St Paul: APS, 1984. p. 41-58.
- SALINARI, F.; GIOSUE, S.; TUBIELLO, F. N.; RETTORI, A.; ROSSI, V.; SPANNA, F.; ROSENZWEIG, C.; GULLINO, M. L. Downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change. **Global Change Biology**, v. 12, p. 1299-1307, 2006.
- SCHERM, H. Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 26, p. 267-273, 2004.
- SCHERM, H.; COAKLEY, S. M. Plant pathogens in a changing world. **Australasian Plant Pathology**, v. 32, p. 157-165, 2003.
- SCHERM, H.; van BRUGGEN, A. H. C. Global warming and nonlinear growth: how important are changes in average temperature? **Phytopathology**, v. 84, p.1380-1384, 1994.
- SCHERM, H.; SUTHERST, R. W.; HARRINGTON, R.; INGRAM, J. S. I. Global networking for assessment of impacts of global change on plant pests. **Environmental Pollution**, v. 108, p. 333-341, 2000.
- SPAHNI, R.; CHAPPELLAZ, J.; STOCKER, T. J.; LOULERGUE, L.; HAUSAMMANN, G.; KAWAMURA, K.; FLUCKIGER, J.; SCHWANDER, J.; RAYNAUD, D.; MASSON-DELMOTTE, V.; JOUZEL, J. Atmospheric methane and nitrous oxide of the late pleistocene from Antarctic ice cores. **Science**, v. 310, p. 1317-1321, 2005.
- SUTHERST, R. W.; INGRAM, J. S. I.; SCHERM, H. Global change and vector-borne diseases. **Parasitology Today**, v. 14, p. 297-299, 1998.
- van VUUREN, D. P.; O'NEILL, B. C. O. The consistency of IPCC's SRES scenarios to recent literature and recent projections. **Climatic Change**, v. 75, p. 9-46, 2006.
- WARWICK, D. R. N. Colonização de estromas de *Sphaerodothis acrocomiae* agente causal da lixa grande do coqueiro por *Acremonium persicinum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 220, 2001.
- WOODS, A.; COATES, K. D.; HAMANN, A. Is an unprecedented Dothistroma needle blight epidemic related to climate change? **BioScience**, v. 55, p. 761-769, 2005.

Capítulo 2

Projeções de mudanças climáticas para o Brasil no final do século XXI

Emília Hamada

Raquel Ghini

Jose Antonio Marengo

Marília Campos Thomaz

Introdução

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas em seu Quarto Relatório de Avaliação (*Fourth Assessment Report - AR4*) (IPCC, 2007) concluiu que é muito provável (com probabilidade acima de 90 %) que a maior parte do incremento observado nas temperaturas médias globais desde meados do século XX seja devido ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa. No Terceiro Relatório de Avaliação (*Third Assessment Report - TAR*), de 2001, era provável afirmar (com probabilidade superior a 66 %) que a maior parte do aquecimento observado ao longo dos últimos 50 anos deveu-se ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa. Segundo o IPCC (2007), o aumento de confiabilidade das conclusões entre os dois Relatórios em evidenciar a influência humana sobre o clima deveu-se aos avanços que ocorreram desde a publicação do TAR na compreensão de como o clima está mudando em termos espaciais e de tempo. Isso foi possibilitado graças à melhoria das análises dos dados, à ampliação de numerosos conjuntos de dados, à análise mais ampla da cobertura vegetal ao desenvolvimento de modelos climáticos e ambientais mais complexos, à melhor compreensão das incertezas e à maior variedade de medições, apesar da cobertura dos dados em algumas regiões do planeta ser ainda limitada (IPCC, 2007). A avaliação das projeções das mudanças do clima apresentada no AR4 é resultado de um grande número de simulações realizadas por uma gama de modelos climáticos globais, que juntamente com as informações adicionais obtidas de dados observados, fornecem uma base quantitativa para estimar as probabilidades de muitos aspectos das mudanças do clima no futuro.

No livro “Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil”, editado por Ghini e Hamada (2008), os diversos capítulos utilizaram em suas análises os mapas baseados no banco de dados dos cenários climáticos futuros do Brasil projetados pelos modelos climáticos globais disponibilizados no TAR, considerando o cenário de baixas emissões dos gases de efeito estufa (B2) e o cenário de altas emissões (A2). Nessa oportunidade de uma nova publicação objetivando avaliar doenças de outras culturas agrícolas, optou-se por constituir uma nova e atualizada base de mapas a partir dos dados disponibilizados no AR4. Nesse intento, novos desafios foram enfrentados, uma vez que no AR4 estão disponíveis simulações de mais de 20 modelos para cada cenário de emissão de gases de efeito estufa, enquanto no TAR eram seis modelos. No TAR, cada cenário de emissão de simulações mensais do clima eram integradas em décadas centradas em 2020, 2050 e 2080. No IPCC AR4, por sua vez, as

informações das simulações mensais para cada cenário de emissão estão disponibilizadas ano a ano até 2100, resultando em um volume muito maior de dados a ser processado/tratado. Para este estudo foi mantida, na medida do possível, a mesma metodologia de composição da base de dados adotada no livro anterior (GHINI; HAMADA, 2008). Assim, este capítulo apresenta uma avaliação do clima futuro para o Brasil para o cenário de emissão A2, utilizando-se a média aritmética das projeções de diferentes modelos climáticos globais disponibilizados pelo IPCC AR4, para o período integrado de 2071 a 2100. O cenário A2, chamado de “pessimista”, foi o escolhido por ser o cenário extremo de altas emissões, considerando que avaliar os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a ocorrência de doenças de plantas no “pior” cenário possibilitaria elaborar com uma margem maior de segurança as estratégias de adaptação.

Cenários de mudanças climáticas e modelos climáticos globais

Os cenários SRES (*Special Report on Emissions Scenarios*) do IPCC compreendem quatro famílias ou conjuntos narrativos (*storylines*) (IPCC, 2000). Essas famílias de cenários (A1, B1, A2 e B2) consideram diferentes projeções de emissões de gases de efeito estufa, relacionando aspectos de desenvolvimento social, econômico e tecnológico, crescimento populacional, preocupação com o meio ambiente e diferenças regionais, denominados de principais forças condutoras (Fig. 1). Assim, cada família de cenários é baseada em uma especificação comum de algumas das principais forças condutoras. Cada família de cenário também combina dois conjuntos ou dimensões de tendências divergentes: uma que varia entre desenvolvimentos com prioridades em valores econômicos ou ambientais e outra que vai desde um aumento na homogeneização global à manutenção das condições heterogêneas entre regiões, com características e dinâmicas específicas (Tabela 1). A família de cenário A1 se desdobra ainda em três grupos de cenários, enfatizando suas características principais, com relacionamentos entre as forças principais de direção e as dinâmicas de sua evolução.

Adotar um cenário de baixas emissões (B1) supõe um futuro tendendo à estabilização das emissões de efeito estufa e que a concentração atmosférica de CO₂ será, no final deste século, em torno de 550 ppmv ou 0,055 %; enquanto que no cenário de altas emissões (A2), com manutenção dos padrões de emissões observados nas últimas décadas, implicaria em chegar a 1000 ppmv de CO₂ atmosférico, cerca de três vezes maior que as concentrações atuais (IPCC, 2000).

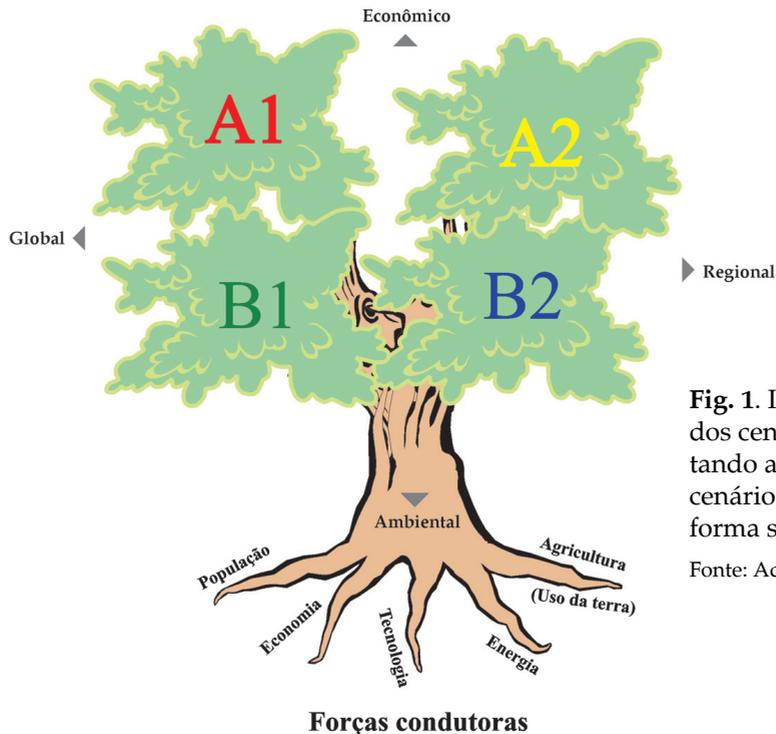


Fig. 1. Ilustração esquemática dos cenários SRES, representando as quatro “famílias” de cenários (A1, A2, B1 e B2) de forma simplificada.

Fonte: Adaptado de IPCC (2000).

Tabela 1. Principais características (linhas narrativas) das famílias de cenários SRES de mudanças climáticas.

A1 - descreve um mundo com rápido crescimento econômico, crescimento populacional atingindo um pico em meados do século e declinando em seguida e rápida introdução de novas e mais eficientes tecnologias. As principais características incluem a convergência entre as regiões, o desenvolvimento das capacidades e o aumento das interações culturais e sociais, com importante redução nas diferenças regionais da renda per capita. Considera direções alternativas de mudança tecnológica no sistema de energia, o que é descrito pelos três grupos que são desdobrados nessa família de cenários: A1F – intenso uso de combustíveis fósseis; A1T – ênfase no uso de fontes energéticas não-fósseis; e A1B – equilíbrio entre todas as fontes de energia.

A2 - descreve um mundo futuro muito heterogêneo, com preservação das identidades locais e da tradição. Os padrões de fertilidade entre regiões convergem muito lentamente, o que resulta em alto crescimento populacional. O desenvolvimento econômico é principalmente orientado regionalmente e o crescimento econômico per capita e a mudança tecnológica são mais fragmentados e mais lentos, comparados às outras famílias de cenário.

B1 - descreve um mundo convergente com a mesma população global, que atinge o pico em meados do século e declina em seguida, como na família A1, porém com rápida mudança nas estruturas econômicas, com redução na utilização de material e a introdução de tecnologias limpas e eficientes na utilização de recursos. A ênfase é nas soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, incluindo a melhoria na equidade, porém sem iniciativas climáticas adicionais.

B2 - descreve um mundo no qual a ênfase está em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo em que o crescimento populacional aumenta continuamente, a uma taxa inferior ao cenário A2, com níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudança tecnológica menos rápida e mais diversa, do que no B1 e A1. É orientado para a proteção do meio ambiente e a equidade social, mas com foco nos níveis local e regional.

Fonte: Adaptado de IPCC (2000).

Os cenários servem de base para que os modelos climáticos globais realizem as projeções quantitativas do clima do planeta no futuro. Esses modelos são representações matemáticas do sistema climático e sua confiabilidade vem de suas bases físicas e sua capacidade em bem representar o clima observado e as alterações do clima do passado. São consideradas importantes ferramentas tanto para a simulação e entendimento do clima, como também capazes de fornecer estimativas confiáveis das mudanças do clima futuro, particularmente em escalas continentais (IPCC, 2007). Os prováveis cenários de alterações climáticas para o futuro, projetados pelos modelos, simulam panoramas de evolução do clima como consequência de futuros cenários de forçantes climáticas, causados por gases de efeito estufa e aerossóis (NOBRE et al., 2008; VALVERDE; MARENGO, 2010). Para tanto, os modelos levam em consideração de forma quantitativa o comportamento dos compartimentos climáticos (atmosfera, oceanos, criosfera, vegetação, ciclos biogeoquímicos, por exemplo) e de suas interações. Eles, no entanto, continuam a ter limitações significativas, em função das incertezas envolvidas, destacando-se duas grandes fontes de incerteza: uma é a imprecisão da trajetória futura das emissões dos gases de efeito estufa e a outra a incerteza advinda da representação imperfeita da natureza dos modelos matemáticos (NOBRE et al., 2008). Apesar disso, ao longo das décadas de desenvolvimento, eles têm consistentemente fornecido um robusto e inequívoco panorama do aquecimento climático significativo em resposta ao aumento de gases de efeito estufa (IPCC, 2007). As projeções dos modelos climáticos globais do IPCC estão disponíveis no *Data Distribution Centre* (DDC) em sua página da internet (<http://www.ipcc-data.org/>).

Mudanças do clima no Brasil

As mudanças climáticas tornam os Países em desenvolvimento, de um modo geral, os mais vulneráveis pelos seus possíveis impactos (IPCC, 2001). Assim como os outros Países, o Brasil é vulnerável ao aquecimento global, especialmente quando são analisados os impactos sobre seus ecossistemas e sua agricultura (SAMPAIO et al., 2008). Para se realizar estudos consistentes que tratem de nossa vulnerabilidade nas diversas áreas, torna-se necessária uma base de dados organizada e estruturada das condições climáticas projetadas pelos modelos climáticos globais do IPCC para o Brasil. A alteração no clima não é projetada somente considerando a alteração dos valores de temperatura, mas também no ritmo esperado de outras variáveis climáticas (precipitação pluviométrica, umidade, ventos, por exemplo), embora se considere que as projeções de temperatura sejam as mais confiáveis.

Uma caracterização das tendências climáticas observadas desde o início do século XX e as projeções climáticas para o século XXI do TAR para o Brasil são apresentadas por Marengo (2006) e Marengo et al. (2007). As projeções de chuva pelos diferentes modelos do TAR, individualmente ou pela média dos modelos, apresentaram diferenças nos cenários futuros para América do Sul, mostrando às vezes anomalias de sinais opostos. Em relação à temperatura do ar, os diferentes modelos mostraram aquecimento, o que tende a ser sempre maior no cenário A2 se comparado com o cenário B2. A projeção de aquecimento foi maior no inverno e na primavera que no verão e mais intenso no cenário A2 comparado com B2. Ainda, Hamada et al. (2008), utilizando a base do TAR, concluíram que os padrões de comportamento espacial da temperatura média do ar e da precipitação pluviométrica nos cenários climáticos futuros A2 e B2, centrados em 2020, 2050 e 2080 foram diferenciados nas diversas regiões do Brasil e ao longo dos meses do ano, demonstrando também o efeito sazonal.

Analisando as projeções do AR4 para o período de 2071-2100, para 15 modelos climáticos globais e dois cenários de emissões A2 e B1, Nobre et al. (2008) observaram maiores diferenças nas projeções de anomalias de precipitação e temperatura entre os diferentes modelos do que entre os diferentes cenários para o mesmo modelo e, como esperado, as maiores fontes de incerteza dos cenários de mudança climática regional foram associadas às projeções dos diferentes modelos climáticos globais.

Neste trabalho foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) Idrisi 32, software desenvolvido pela Universidade de Clark, EUA. 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 $0,5^\circ \times 0,5^\circ$. As variáveis consideradas foram médias mensais de temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$), precipitação pluviométrica (mm/dia), temperatura máxima do ar ($^\circ\text{C}$), temperatura mínima do ar ($^\circ\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), para o período de 2071-2100, cenário A2. Pela sua importância, são discutidas com maior detalhamento somente as duas primeiras variáveis.

Clima de referência do Brasil

Considera-se como cenário de referência ou “presente observado” os dados da normal climatológica de 1961-1990, do CRU (*Climate Research Unit*). Na Fig. 2 são apresentados os mapas de temperatura média do ar agrupados nas estações do ano (outono: março a maio; inverno: junho a

agosto; primavera: setembro a novembro; verão: dezembro a fevereiro). As temperaturas médias para todo o País foram de 23,8°C nos meses de outono; 21,8°C no inverno; 24,2°C na primavera e 25,0°C no verão. A temperatura média mensal nesse período para todo o País teve os valores mais altos em janeiro e fevereiro, com médias em torno de 25,1°C, e o menor valor em junho e julho, com 21,5°C.

Comparando-se as regiões do País, as maiores e menores temperaturas médias durante o ano ocorreram, respectivamente, nas regiões Norte e Nordeste (variando no ano de 25,6°C a 26,9°C) e Sul (variando no ano de 14,3°C a 23,6°C). As menores temperaturas médias para todas as regiões ocorreram no mês de julho, exceto em junho no Sul; enquanto que as maiores temperaturas médias ocorreram para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste em outubro e para Sul e Sudeste em janeiro e fevereiro.

Clima projetado do futuro para o Brasil

Conforme citado anteriormente, neste trabalho foi utilizado o cenário A2 (pessimista) para o período de 2071 a 2100. Os modelos climáticos globais do AR4 utilizados e suas características são apresentados na Tabela 2. Destaque-se que cada modelo apresenta os dados projetados em diferentes resoluções espaciais.

O número de modelos considerados para o cálculo da média aritmética é diferente para cada variável (Tabela 3). Embora no AR4 sejam disponibilizados dados projetados de mais de 20 modelos climáticos globais, nem todos disponibilizam todas as variáveis climáticas de interesse. A umidade relativa do ar é uma variável diferenciada das outras consideradas, pois não está diretamente disponível no AR4. Em sua obtenção foi empregada a equação de Tetens (VIANELLO; ALVES, 1991), utilizando dados de pressão atmosférica ao nível do mar e de umidade específica, disponíveis no AR4, e de altitude, utilizando dados do sensor SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Em função do grande volume de dados, foi utilizado um sistema computacional de gerenciamento dos dados climáticos baseado no sistema gerenciador de banco de dados Firebird 2.0, a linguagem Object Pascal do software Delphi e a ferramenta de manipulação dos dados IBExpert. Esse sistema é subdividido em duas partes. A primeira parte com a entrada dos dados no formato "grib" disponível no AR4, a conversão para o Sistema Internacional de Unidades das variáveis climáticas, quando necessário; a incorporação das informações de coordenadas geográficas para cada modelo;

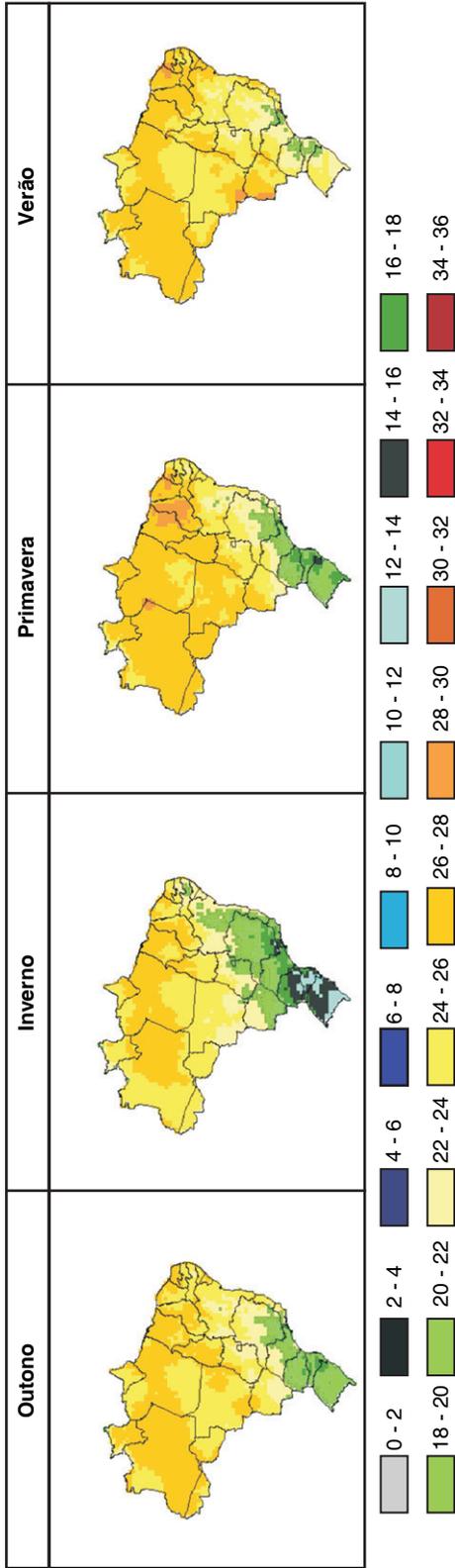


Fig. 2. Temperatura média do ar (°C) do Brasil, período de 1961 a 1990, nas estações do ano.

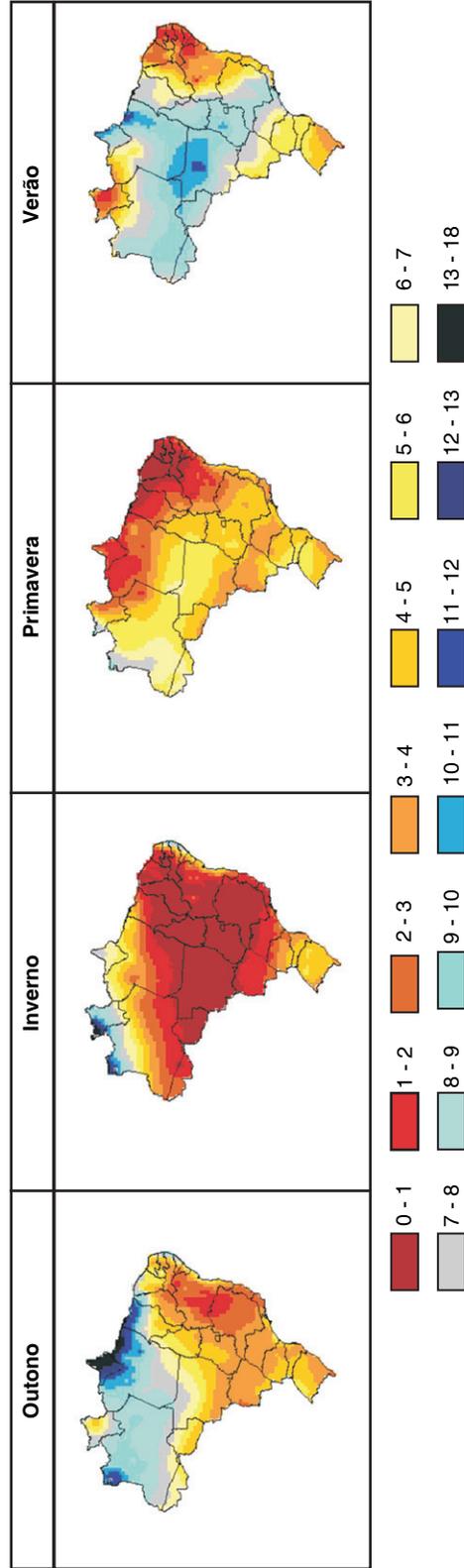


Fig. 3. Precipitação pluviométrica média diária (mm/dia) do Brasil, período de 1961 a 1990, nas estações do ano.

operações aritméticas básicas (por exemplo, de média de 30 anos) do período de 2071 a 2100, para cada modelo disponível de cada variável climática; e a saída das informações no formato adequado para ser utilizado como dado de entrada no software Surfer, programa de mapeamento de superfície. Nessa etapa, são ajustadas todas as saídas dos modelos para um mesmo padrão de resolução espacial, utilizando os métodos de interpolação mais adequados para cada variável climática e um ajuste para os limites geográficos da América do Sul. Desta forma, os dados foram ajustados por interpolação para uma mesma resolução espacial de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ de latitude e longitude (a mesma dos dados do clima de referência). Essa técnica de “downscaling” reamostra espacialmente os dados brutos do modelo climático global para a resolução desejada e também foi aplicada por Bouwer et al. (2004).

Tabela 2. Características dos modelos climáticos globais do IPCC-AR4 adotados, com abrangência para o continente sul-americano.

Modelo	Instituição e País	Resolução (graus X graus de latitude-longitude)	Número de linhas e colunas
BCCR-BCM2.0	Bjerknes Centre for Climate Research, Noruega	2,81252 X -2,7904	32 x 26
CGCM3.1.T47	Canadian Centre for Climate Modelling & Analysis, Canadá	3,75 X -3,711	24 x 20
CNRM-CM3	Météo-France, França	2,81252 X -2,7904	32 x 26
CSIRO-Mk3.0	CSIRO Atmospheric Research, Austrália	1,875 X 1,865	48 x 39
ECHO-G	Meteorological Institute of the University of Bonn, Alemanha/Coréia	3,75 X -3,711	24 x 20
GFDL-CM2.0	US Dept. of Commerce / NOAA / Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, EUA	2,5 X 2,0	36 x 37
GISS-ER	Goddard Institute for Space Shuttles, EUA	5,0 X 4,0	18 x 19
UKMO-HadCM3	Hadley Centre for Climate Prediction and Research / Met Office, Reino Unido	3,75 X 2,5	24 x 30
UKMO-HadGEM1	Hadley Centre for Climate Prediction and Research / Met Office, Reino Unido	1,875 X 1,25	48 x 59
INM-CM3.0	Institute for Numerical Mathematics, Rússia	5,0 X 4,0	18 x 18
MIROC3.2.medres	Center for Climate System Research, Japão	2,81252 X -2,7904	32 x 26
ECHAM5	Max Planck Institute for Meteorology, Alemanha	1,875 X -1,8652	48 x 39
MRI-CGCM2.3.2	Meteorological Research Institute, Japão	2,81252 X -2,7904	32 x 26
CCSM3	National Center for Atmospheric Research, EUA	1,40625 X -1,4007	64 x 52
PCM	National Center for Atmospheric Research, EUA	2,81252 X -2,7904	32 x 26

Fonte: Adaptado de IPCC (2007).

Posteriormente, os dados interpolados foram utilizados como dados de entrada do software SIG Idrisi 32, permitindo a elaboração de diversos procedimentos automatizados disponíveis em seus Macros de programação a fim de aumentar a velocidade e eficiência nas diversas etapas de elaboração dos mapas. No SIG as informações foram convertidas do formato vetorial para o formato matricial. Desta forma, a próxima etapa foi o recorte das informações somente para a área do Brasil, desconsiderando os outros países da América do Sul e o oceano. O banco de dados geográficos do SIG

Tabela 3. Modelos climáticos globais do IPCC-AR4 adotados para cálculo nas variáveis climáticas consideradas.

Modelo	Temperatura média do ar e precipitação pluviométrica	Temperatura máxima do ar e temperatura mínima do ar	Pressão atmosférica ao nível do mar e umidade específica do ar
BCCR-BCM2.0	X		X
CGCM3.1.T47	X		X
CNRM-CM3	X		X
CSIRO-Mk3.0	X	X	
ECHO-G	X		
GFDL-CM2.0	X		
GISS-ER	X		X
UKMO-HadCM3	X		
UKMO-HadGEM1	X		
INM-CM3.0	X	X	X
MIROC3.2.medres	X	X	X
ECHAM5	X		
MRI-CGCM2.3.2	X		X
CCSM3	X		
PCM	X		

possibilitou a elaboração dos mapas climáticos do País com acabamentos gráficos de classes, legenda e cores.

Assim, foi obtido o banco de dados do “futuro projetado” pelos modelos climáticos globais para o período de 2071-2100, cenário A2. O mesmo procedimento foi também empregado para os dados simulados pelos modelos climáticos globais para o período de referência (1991-1990), denominados de “experimentos do século XX” ou 20C3M, resultando na obtenção do banco de dados do “presente simulado” pelos modelos climáticos globais. Por fim, foi adotada a metodologia de correção de viés, obtendo-se o banco de dados do “futuro corrigido” por viés, a partir dos três bancos de dados do “presente observado”, “presente simulado” e “futuro projetado”. As considerações do clima futuro, a seguir, serão baseadas nas informações do “futuro corrigido”.

Temperatura média do ar

A média das projeções dos modelos climáticos para o período de 2071-2100, cenário A2, estima um aumento na temperatura média do ar no Brasil, em todos os meses, comparado ao período de referência (1961-1990), porém, apresentando o mesmo comportamento sazonal (Fig. 4). A maior temperatura média do ar no País ocorrerá em fevereiro (28,5 °C) e a menor nos meses de junho e julho (24,9 °C).

Na região Norte, a maior temperatura média no futuro ocorrerá em setembro e outubro, com 31,5 °C e a menor temperatura nos meses de

janeiro a março, maio e junho, com 29,7 °C. Nas demais regiões, as menores temperaturas médias do ar ocorrerão todas em julho, com 27,5 °C no Nordeste; 26,9 °C no Centro-Oeste; 22,5 °C no Sudeste; e 17,4 °C no Sul. A maior temperatura média ocorrerá em novembro no Nordeste (30,3 °C), em outubro no Centro-Oeste (30,9 °C), em fevereiro no Sudeste (27,7 °C), e em janeiro e fevereiro no Sul (26,5 °C), conforme a Tabela 4.

Os acréscimos na temperatura média do ar ou anomalias positivas ocorrerão tanto na média do País, como igualmente em todas as regiões e meses do ano, porém com considerável variação regional, com extremos médios de aquecimento variando de 2,9 °C de novembro a fevereiro no Sul a 4,8 °C em setembro no Centro-Oeste. Na média do País, as anomalias variarão de 3,3°C em janeiro e fevereiro a 4,1°C em outubro (Tabela 4).

Por consequência, os aumentos de temperatura no futuro também serão variáveis nas estações do ano para a média do País, com a maior anomalia ocorrendo na primavera (setembro a novembro), com 3,9 °C e a menor no verão (dezembro a fevereiro), com 3,4 °C (Fig. 5 e Tabela 5). As anomalias também serão variáveis nas regiões do País, com a maior anomalia ocorrendo nas regiões Norte e Centro-Oeste na primavera, com 4,5 °C, enquanto que a menor está prevista ocorrer na região Sul no verão, com 2,9 °C. Para todas as estações do ano, as menores anomalias ocorrerão na região Sul (Fig. 5 e Tabela 5). As maiores anomalias de temperatura média do ar ocorrerão na primavera, exceto para a região Sul, que será no inverno (junho a agosto). A distribuição geográfica da temperatura média do ar pode ser observada nas Fig. 6 e 7.

Precipitação pluviométrica

As projeções das precipitações pluviométricas ao longo dos meses do ano em 2071-2100, cenário A2, prevêem alterações também nessa variável climática, indicando para o País uma diminuição da precipitação projetada em relação ao clima de referência nos meses de abril a outubro e aumentos na precipitação nos meses de novembro a março (Fig. 9), porém seguindo comportamento similar. Estima-se, segundo a média dos modelos climáticos globais, que no final do século XXI a maior precipitação média diária ocorrerá no Brasil em fevereiro, com 7,1 mm/dia e a menor em agosto, com 1,8 mm/dia.

Na região Norte, a maior precipitação no futuro ocorrerá em março, com 9,6 mm/dia e a menor em agosto, com 2,7 mm/dia, assim como no Nordeste, com 6,0 mm/dia e 0,7 mm/dia, respectivamente. No Centro-Oeste, a maior precipitação será em janeiro, com 9,1 mm/dia e a menor em julho, com 0,5 mm/dia. No Sudeste, a precipitação será maior em dezembro, com 7,8 mm/dia e a menor em julho, com 0,7 mm/dia; e no Sul, fevereiro será

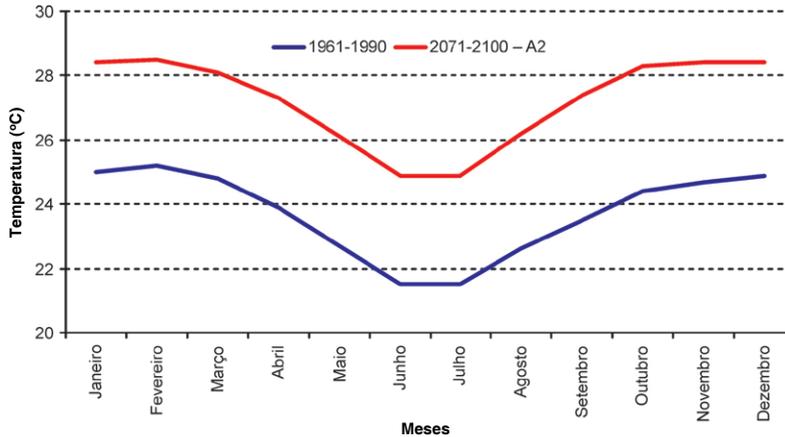


Fig. 4. Temperatura média do Brasil ao longo dos meses do ano para o clima de referência (1961-1990) e futuro (2071-2100) do cenário A2.

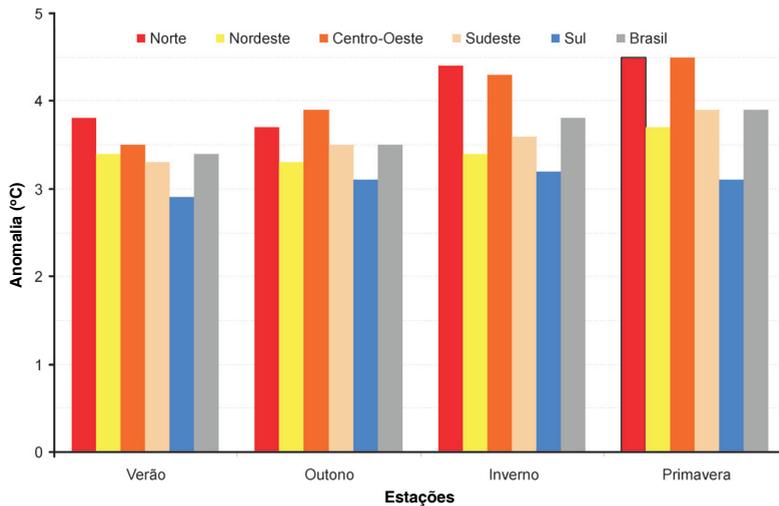


Fig. 5. Anomalias de temperatura média do ar do período de 2071 a 2100, cenário A2, comparadas ao período de 1961 a 1990, para as estações do ano, nas regiões e no Brasil.

Tabela 4. Temperatura média mensal do ar (°C) para os períodos de 1961 a 1990 e de 2071 a 2100 – cenário A2 e anomalia comparada ao período de 1961 a 1990, para as regiões e para o País.

Regiões	Meses	1961-1990	2071-2100 – A2	
		Temperatura	Temperatura	Anomalia
Norte	janeiro	26,0	29,7	3,7
	fevereiro	26,0	29,7	3,7
	março	26,1	29,7	3,6
	abril	26,2	29,8	3,6
	maio	26,0	29,7	3,8
	junho	25,6	29,7	4,1
	julho	25,6	30,0	4,5
	agosto	26,2	30,9	4,7
	setembro	26,8	31,5	4,7
	outubro	26,9	31,5	4,6
	novembro	26,7	30,9	4,2
	dezembro	26,3	30,2	3,9

Continua.

Tabela 4. Continuação

Regiões	Meses	1961-1990	2071-2100 – A2	
		Temperatura	Temperatura	Anomalia
Nordeste	janeiro	26,0	29,4	3,3
	fevereiro	26,0	29,2	3,3
	março	26,1	29,1	3,3
	abril	26,2	28,8	3,3
	maio	26,0	28,4	3,4
	junho	25,6	27,7	3,4
	julho	25,6	27,5	3,4
	agosto	26,2	28,2	3,5
	setembro	26,8	29,5	3,5
	outubro	26,9	30,2	3,8
	novembro	26,7	30,3	3,8
	dezembro	26,3	30,0	3,6
Centro-Oeste	janeiro	25,7	29,1	3,4
	fevereiro	25,8	29,3	3,5
	março	25,7	29,2	3,5
	abril	25,4	29,3	3,9
	maio	24,1	28,2	4,2
	junho	22,7	26,9	4,2
	julho	22,8	27,0	4,2
	agosto	24,4	28,9	4,5
	setembro	25,5	30,3	4,8
	outubro	26,2	30,9	4,7
	novembro	26,0	30,1	4,1
	dezembro	25,8	29,5	3,7
Sudeste	janeiro	24,1	27,3	3,2
	fevereiro	24,5	27,7	3,2
	março	24,1	27,4	3,3
	abril	22,6	26,1	3,5
	maio	20,8	24,4	3,6
	junho	19,3	22,8	3,6
	julho	19,0	22,5	3,6
	agosto	20,4	24,2	3,8
	setembro	21,7	25,7	3,9
	outubro	22,8	26,9	4,0
	novembro	23,3	27,0	3,8
	dezembro	23,4	26,8	3,4
Sul	janeiro	23,6	26,5	2,9
	fevereiro	23,6	26,5	2,9
	março	22,2	25,3	3,1
	abril	19,4	22,6	3,2
	maio	16,5	19,6	3,1
	junho	14,3	17,4	3,1
	julho	14,4	17,6	3,2
	agosto	15,5	18,8	3,2
	setembro	16,8	19,9	3,1
	outubro	19,0	22,1	3,1
	novembro	20,8	23,7	2,9
	dezembro	22,5	25,4	2,9

Tabela 4. Continuação

Regiões	Meses	1961-1990	2071-2100 – A2	
		Temperatura	Temperatura	Anomalia
Brasil	janeiro	25,0	28,4	3,3
	fevereiro	25,2	28,5	3,3
	março	24,8	28,1	3,4
	abril	23,9	27,3	3,5
	maio	22,7	26,1	3,6
	junho	21,5	24,9	3,7
	julho	21,5	24,9	3,8
	agosto	22,6	26,2	3,9
	setembro	23,5	27,4	4,0
	outubro	24,4	28,3	4,1
	novembro	24,7	28,4	3,8
	dezembro	24,9	28,4	3,5

Tabela 5. Temperatura média do ar (°C) para os períodos de 1961 a 1990 e de 2071 a 2100 – cenário A2 e anomalia comparada ao período de 1961 a 1990, para as regiões e o País nas estações do ano.

Regiões	Estações	Meses	1961-1990	2071-2100 – A2	
			Temp. média	Temp. média	Anomalia
Norte	verão	dez – fev	26,1	29,9	3,8
	outono	mar – mai	26,1	29,7	3,7
	inverno	jun – ago	25,8	30,2	4,4
	primavera	set – nov	26,8	31,3	4,5
Nordeste	verão	dez – fev	26,1	29,5	3,4
	outono	mar – mai	26,1	28,8	3,3
	inverno	jun – ago	25,8	27,8	3,4
	primavera	set – nov	26,8	30,0	3,7
Centro-Oeste	verão	dez – fev	25,8	29,3	3,5
	outono	mar – mai	25,0	28,9	3,9
	inverno	jun – ago	23,3	27,6	4,3
	primavera	set – nov	25,9	30,4	4,5
Sudeste	verão	dez – fev	24,0	27,3	3,3
	outono	mar – mai	22,5	26,0	3,5
	inverno	jun – ago	19,5	23,2	3,6
	primavera	set – nov	22,6	26,5	3,9
Sul	verão	dez – fev	23,2	26,1	2,9
	outono	mar – mai	19,4	22,5	3,1
	inverno	jun – ago	14,8	17,9	3,2
	primavera	set – nov	18,9	21,9	3,1
Brasil	verão	dez – fev	25,0	28,4	3,4
	outono	mar – mai	23,8	27,2	3,5
	inverno	jun – ago	21,8	25,3	3,8
	primavera	set – nov	24,2	28,0	3,9

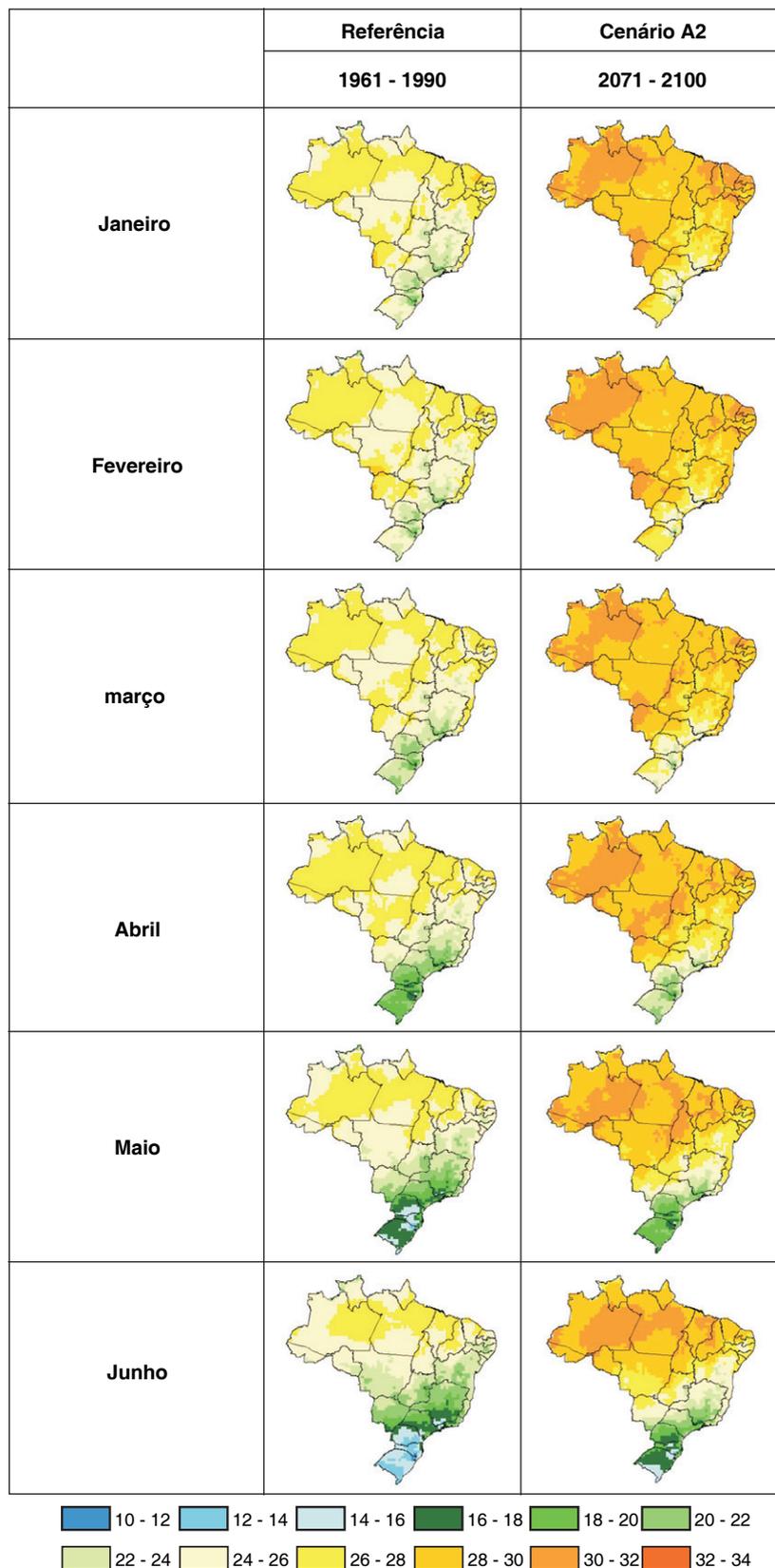


Fig. 6. Temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$) de janeiro a junho no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.

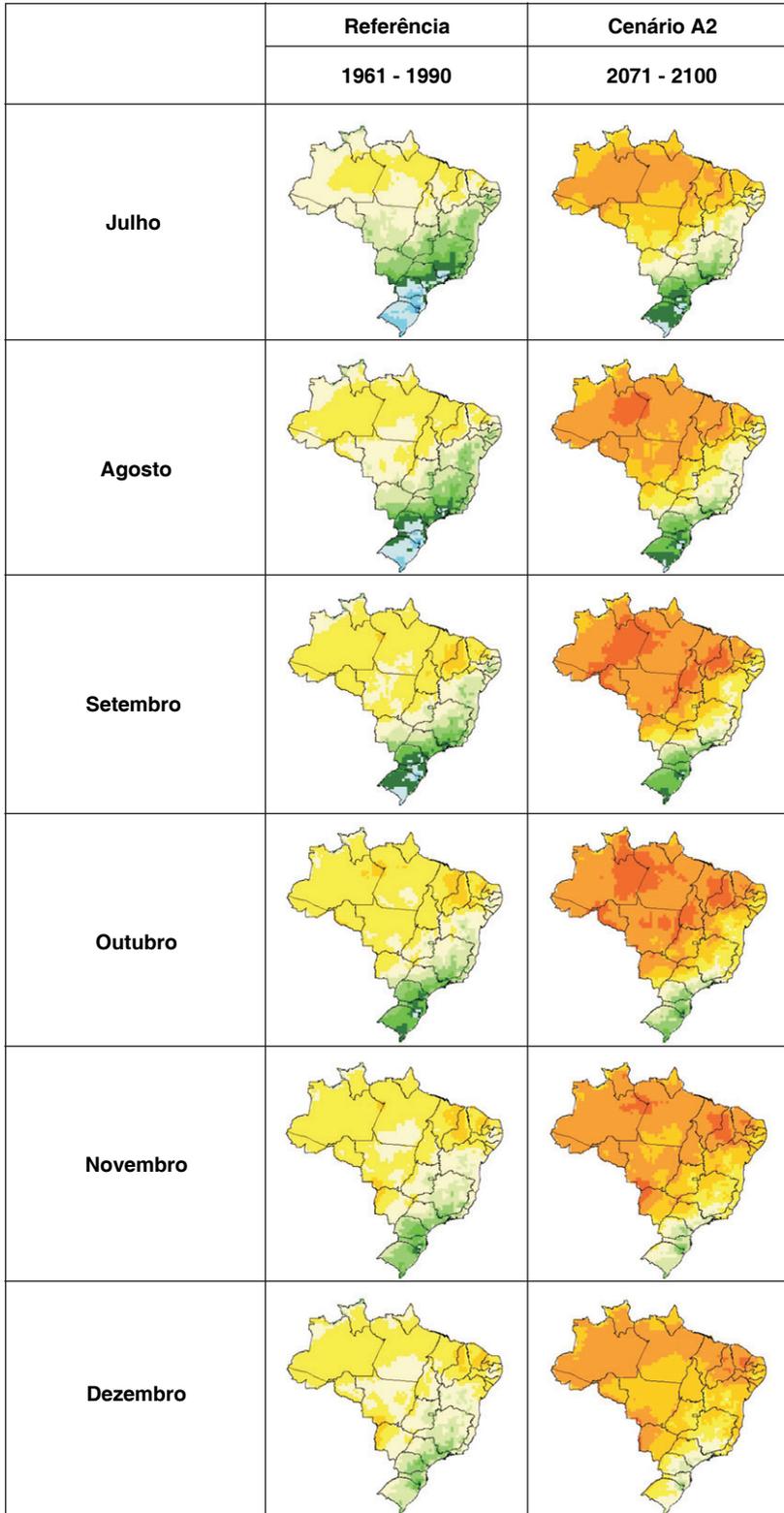
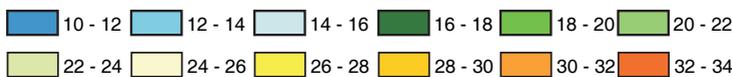


Fig. 7. Temperatura média do ar (°C) de julho a dezembro no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.



o mês mais chuvoso, com 5,6 mm/dia e o mais seco será em julho, com 3,7 mm/dia (Tabela 6).

No Brasil, estima-se que em 2071-2100, os maiores acréscimos na precipitação pluviométrica ou anomalias positivas ocorrerão em fevereiro, com 0,27 mm/dia, enquanto as maiores anomalias negativas ocorrerão em setembro, com -0,12 mm/dia (Tabela 6). As anomalias de precipitação variarão conforme a região e as estações do ano, segundo a Fig. 9 e Tabela 7, com anomalias positivas e negativas. No verão, as anomalias serão positivas, para todas as regiões, enquanto que para as outras estações isso variará. A região Sul, no entanto, terá anomalias positivas em todas as estações do ano. Na primavera, todas as regiões terão anomalia negativa, exceto a região Sul. Na Tabela 9, as precipitações pluviométricas por região e nas estações do ano estão apresentadas por cumulativa no mês. A distribuição geográfica da precipitação pluviométrica pode ser observada nas Fig. 10 e 11.

Nobre (2005) destaca que ao contrário dos padrões de temperatura, onde todas as projeções indicam aquecimento, diferentes modelos climáticos indicam diferenças significativas de padrões pluviométricos, às vezes com projeções quase que diametralmente opostas. As variações entre os comportamentos dos modelos climáticos globais para as variáveis temperatura média e precipitação pluviométrica podem ser observados nas Fig. 12 a 17, conforme as regiões e para o País.

Os mapas das variáveis climáticas médias mensais de temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$), temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) são apresentados nas Fig. 18 a 23, a seguir. As projeções indicam alterações nessas variáveis no futuro, em geral, com aumentos na temperatura máxima e temperatura mínima do ar e diminuição da umidade relativa do ar, variando entre as regiões do País e ao longo dos meses do ano.

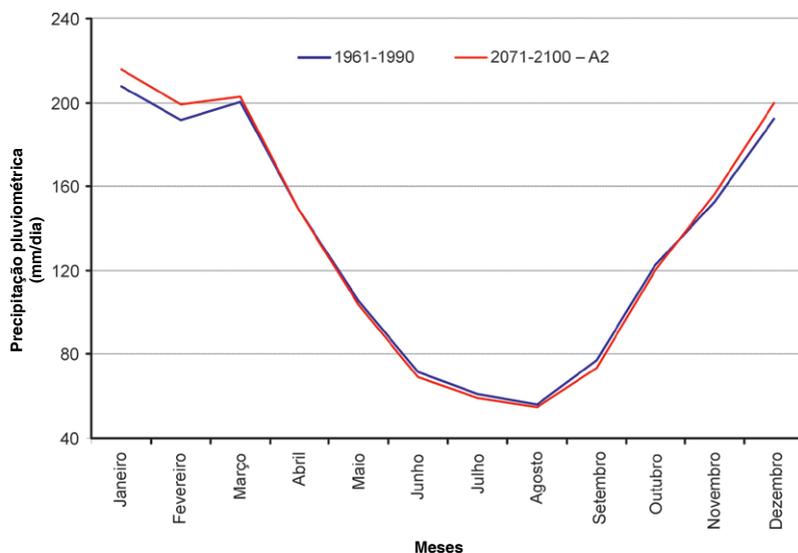


Fig. 8. Precipitação pluviométrica do Brasil ao longo dos meses do ano para o clima de referência (1961-1990) e futuro (2071-2100) do cenário A2.

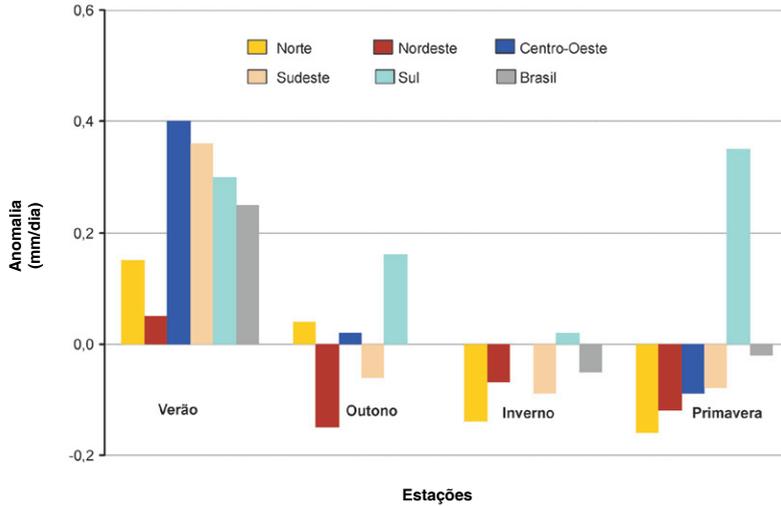


Fig. 9. Anomalias de precipitação pluviométrica do período de 2071 a 2100, cenário A2, comparadas ao período de 1961 a 1990, para as estações do ano, nas regiões e no Brasil.

Considerações finais

Quando se analisa a distribuição geográfica de temperatura média e precipitação no Brasil no cenário climático futuro, podem-se observar mudanças

Tabela 6. Precipitação pluviométrica média mensal (mm/dia) para os períodos de 1961 a 1990 e de 2071 a 2100 – cenário A2 e anomalia comparada ao período de 1961 a 1990, para as regiões e o País.

Regiões	Meses	1961-1990	2071-2100 – A2	
		Precipitação	Precipitação	Anomalia
Norte	janeiro	8,25	8,39	0,13
	fevereiro	9,20	9,33	0,13
	março	9,43	9,64	0,21
	abril	8,70	8,81	0,11
	maio	6,74	6,55	-0,19
	junho	4,49	4,31	-0,18
	julho	3,34	3,23	-0,11
	agosto	2,78	2,66	-0,12
	setembro	3,32	3,09	-0,23
	outubro	4,49	4,22	-0,27
	novembro	5,60	5,63	0,03
	dezembro	6,79	6,97	0,17
Nordeste	janeiro	4,39	4,49	0,10
	fevereiro	5,52	5,57	0,04
	março	6,09	5,98	-0,11
	abril	5,41	5,29	-0,12
	maio	2,83	2,62	-0,21
	junho	1,79	1,67	-0,12

Continua.

Tabela 6. Continuação

Regiões	Meses	1961-1990	2071-2100 – A2	
		Precipitação	Precipitação	Anomalia
	julho	1,44	1,40	-0,04
	agosto	0,79	0,73	-0,06
	setembro	0,82	0,78	-0,03
	outubro	1,52	1,32	-0,20
	novembro	2,52	2,40	-0,12
	dezembro	3,40	3,40	0,00
Centro-Oeste	janeiro	8,66	9,08	0,42
	fevereiro	8,51	8,96	0,45
	março	7,74	7,90	0,16
	abril	4,33	4,30	-0,03
	maio	2,00	1,92	-0,08
	junho	0,66	0,58	-0,08
	julho	0,44	0,45	0,01
	agosto	0,86	0,94	0,08
	setembro	2,22	2,04	-0,19
	outubro	4,83	4,64	-0,19
	novembro	6,88	6,97	0,10
	dezembro	8,59	8,94	0,34
Sudeste	janeiro	7,35	7,68	0,33
	fevereiro	5,63	6,10	0,47
	março	4,69	4,74	0,04
	abril	2,55	2,42	-0,12
	maio	1,49	1,40	-0,09
	junho	0,88	0,77	-0,10
	julho	0,81	0,70	-0,08
	agosto	0,81	0,73	-0,07
	setembro	1,76	1,61	-0,16
	outubro	4,02	3,87	-0,14
	novembro	6,01	6,08	0,07
	dezembro	7,54	7,83	0,29
Sul	janeiro	4,86	5,15	0,30
	fevereiro	5,38	5,63	0,24
	março	4,37	4,52	0,14
	abril	3,87	3,99	0,12
	maio	3,99	4,21	0,22
	junho	4,09	4,22	0,12
	julho	3,78	3,74	-0,03
	agosto	3,82	3,79	-0,03
	setembro	4,72	4,74	0,02
	outubro	4,86	5,25	0,39
	novembro	4,37	5,00	0,63
	dezembro	4,73	5,08	0,36
Brasil	janeiro	6,70	6,96	0,26
	fevereiro	6,85	7,11	0,27
	março	6,46	6,55	0,09
	abril	4,97	4,96	-0,01

Continua.

Tabela 6. Continuação

Regiões	Meses	1961-1990	2071-2100 – A2	
		Precipitação	Precipitação	Anomalia
	maio	3,41	3,34	-0,07
	junho	2,38	2,31	-0,07
	julho	1,96	1,91	-0,05
	agosto	1,81	1,77	-0,04
	setembro	2,57	2,45	-0,12
	outubro	3,94	3,86	-0,08
	novembro	5,08	5,22	0,14
	dezembro	6,21	6,44	0,23

Tabela 7. Precipitação pluviométrica média diária (mm/dia) nas estações do ano, para os períodos de 1961 a 1990 e de 2071 a 2100 – cenário A2 e anomalia comparada ao período de 1961 a 1990, para as regiões e o País.

Regiões	Estações	Meses	1961-1990	2071-2100 - A2	
			Precipitação	Precipitação	Anomalia
Norte	verão	dez - fev	8,08	8,23	0,15
	outono	mar - mai	8,29	8,34	0,04
	inverno	jun - ago	3,54	3,40	-0,14
	primavera	set - nov	4,47	4,31	-0,16
Nordeste	verão	dez - fev	4,44	4,49	0,05
	outono	mar - mai	4,78	4,63	-0,15
	inverno	jun - ago	1,34	1,27	-0,07
	primavera	set - nov	1,62	1,50	-0,12
Centro-Oeste	verão	dez - fev	8,59	8,99	0,40
	outono	mar - mai	4,69	4,71	0,02
	inverno	jun - ago	0,65	0,65	0,00
	primavera	set - nov	4,64	4,55	-0,09
Sudeste	verão	dez - fev	6,84	7,20	0,36
	outono	mar - mai	2,91	2,85	-0,06
	inverno	jun - ago	0,83	0,74	-0,09
	primavera	set - nov	3,93	3,86	-0,08
Sul	verão	dez - fev	4,99	5,29	0,30
	outono	mar - mai	4,08	4,24	0,16
	inverno	jun - ago	3,90	3,92	0,02
	primavera	set - nov	4,65	4,99	0,35
Brasil	verão	dez - fev	6,59	6,84	0,25
	outono	mar - mai	4,95	4,95	0,00
	inverno	jun - ago	2,05	2,00	-0,05
	primavera	set - nov	3,86	3,84	-0,02

Tabela 8. Precipitação pluviométrica média diária acumulada (mm) nas estações do ano, para os períodos de 1961 a 1990 e de 2071 a 2100 – cenário A2 e anomalia comparada ao período de 1961 a 1990, para as regiões e o País.

Regiões	Estações	Meses	1961-1990	2071-2100 - A2	
			Precipitação	Precipitação	Anomalia
Norte	verão	dez - fev	727,3	740,4	13,1
	outono	mar - mai	762,8	767,0	4,1
	inverno	jun - ago	325,6	313,1	-12,5
	primavera	set - nov	406,7	392,5	-14,2
Nordeste	verão	dez - fev	399,4	403,7	4,4
	outono	mar - mai	439,4	425,8	-13,6
	inverno	jun - ago	123,3	116,6	-6,6
	primavera	set - nov	147,4	136,6	-10,8
Centro-Oeste	verão	dez - fev	772,8	809,1	36,3
	outono	mar - mai	431,3	432,9	1,6
	inverno	jun - ago	60,2	60,2	0,1
	primavera	set - nov	422,5	413,9	-8,6
Sudeste	verão	dez - fev	615,5	648,2	32,8
	outono	mar - mai	267,8	262,6	-5,2
	inverno	jun - ago	76,4	67,8	-7,9
	primavera	set - nov	357,7	350,8	-6,8
Sul	verão	dez - fev	449,0	475,9	26,9
	outono	mar - mai	374,9	390,0	15,1
	inverno	jun - ago	358,6	360,3	1,7
	primavera	set - nov	423,1	454,5	31,4
Brasil	verão	dez - fev	592,8	615,5	22,7
	outono	mar - mai	455,3	455,7	0,4
	inverno	jun - ago	188,8	183,6	-5,1
	primavera	set - nov	351,5	349,7	-1,8

na sua distribuição, com comportamento diferenciado nas diversas regiões e ao longo dos meses do ano. A estimativa dos modelos climáticos globais é que, em geral, a temperatura média aumentará, porém esses acréscimos não serão uniformes para todo o País. Os comportamentos sazonais da temperatura média do ar e da precipitação pluviométrica no futuro serão similares ao clima de referência (1961-1990). Porém, a estimativa dos modelos para a precipitação é mais incerta, com grande variação, com anomalias positivas e negativas, variando entre as regiões e entre os meses do ano.

De uma forma geral, as projeções dos modelos do Quarto Relatório do IPCC (2007) seguem as mesmas tendências observadas no Terceiro Relatório.

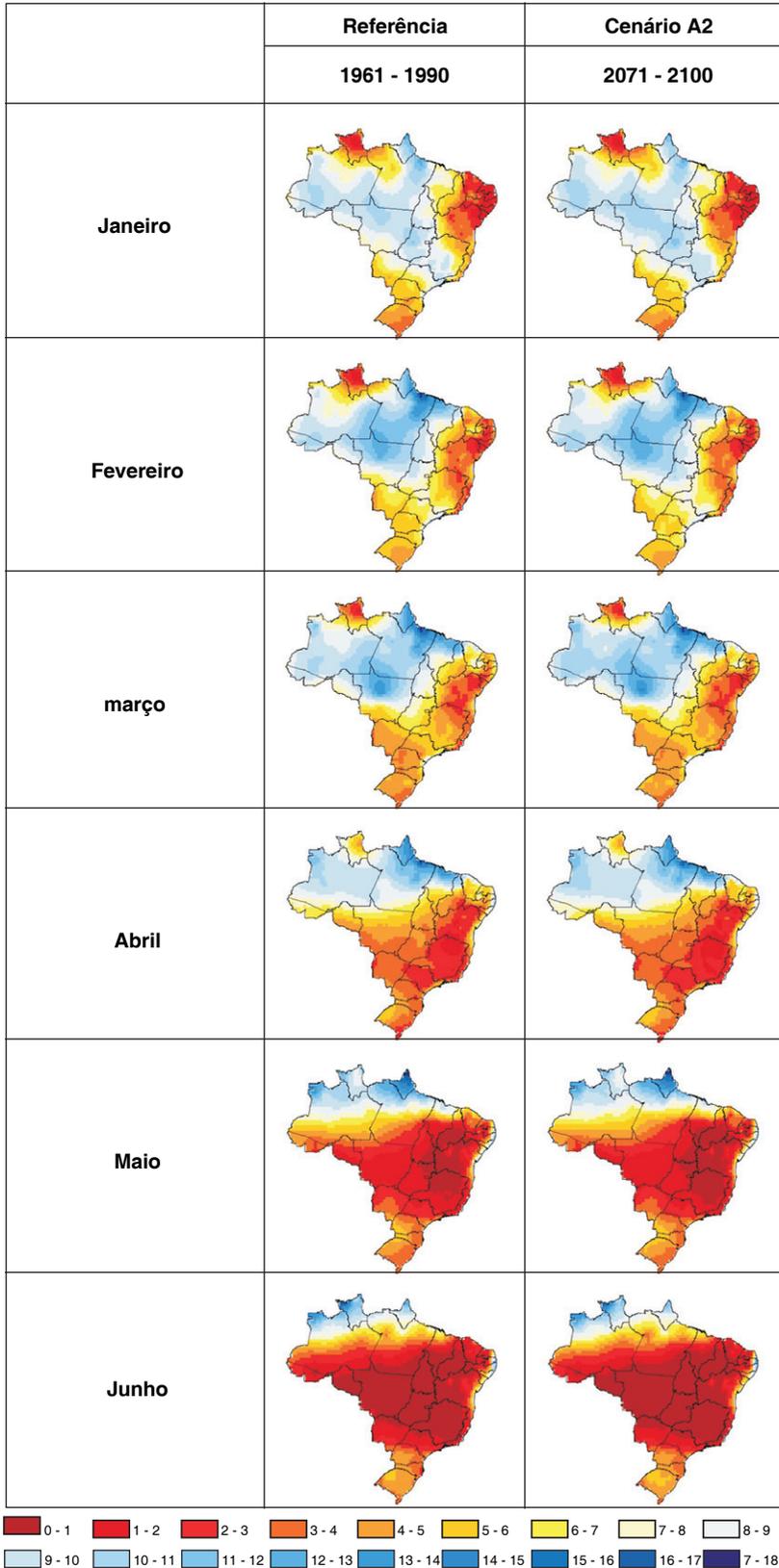


Fig. 10. Precipitação pluviométrica média diária (mm/dia) de janeiro a junho no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.

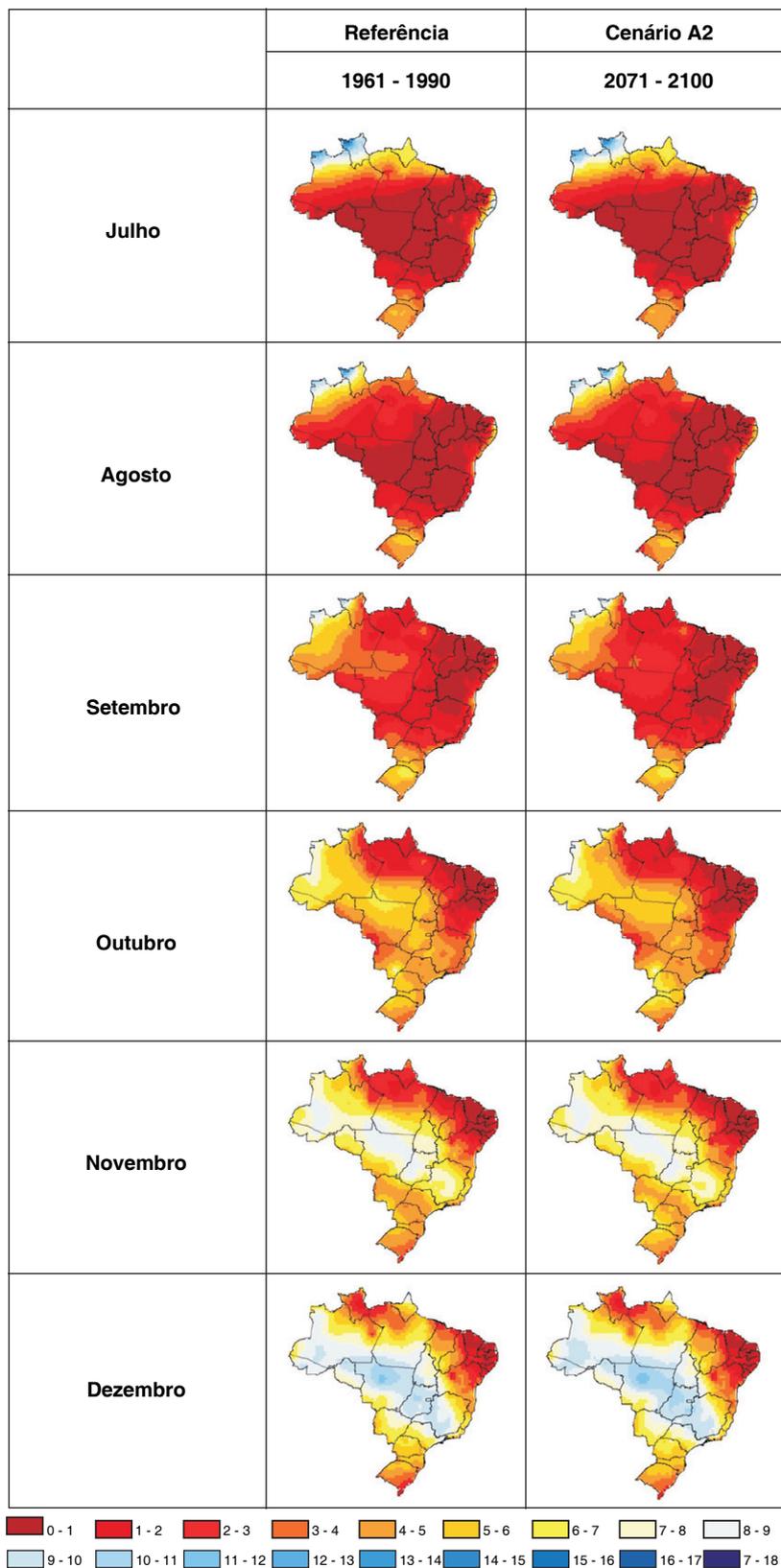


Fig. 11. Precipitação pluviométrica média diária (mm/dia) de julho a dezembro no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.

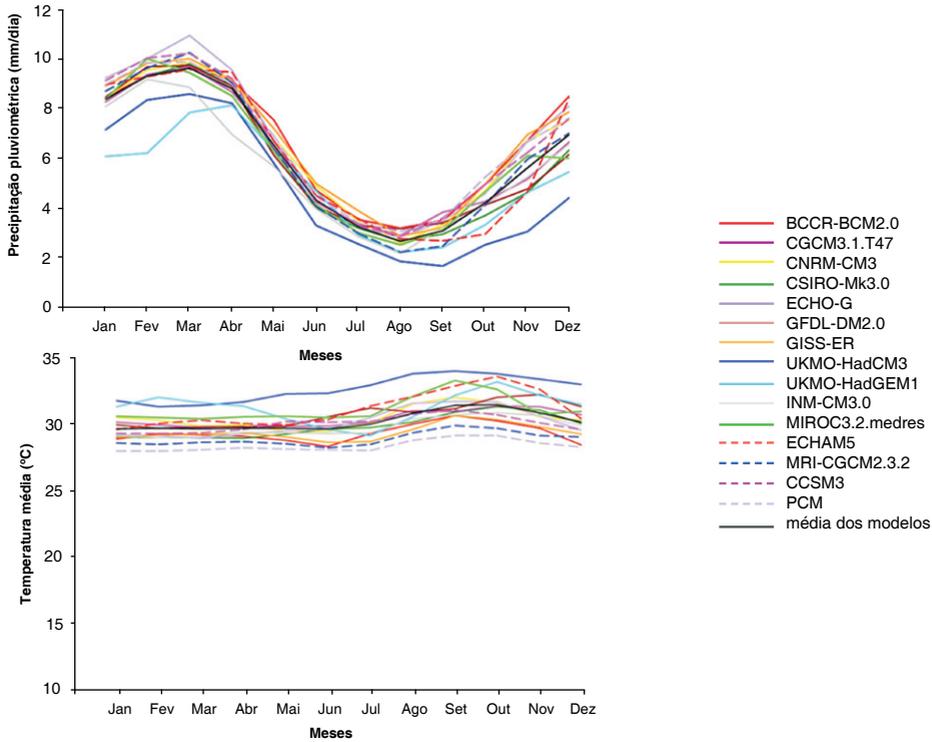


Fig.12. Precipitação pluviométrica e temperatura média para o período de 2071 a 2100, cenário A2, região Norte.

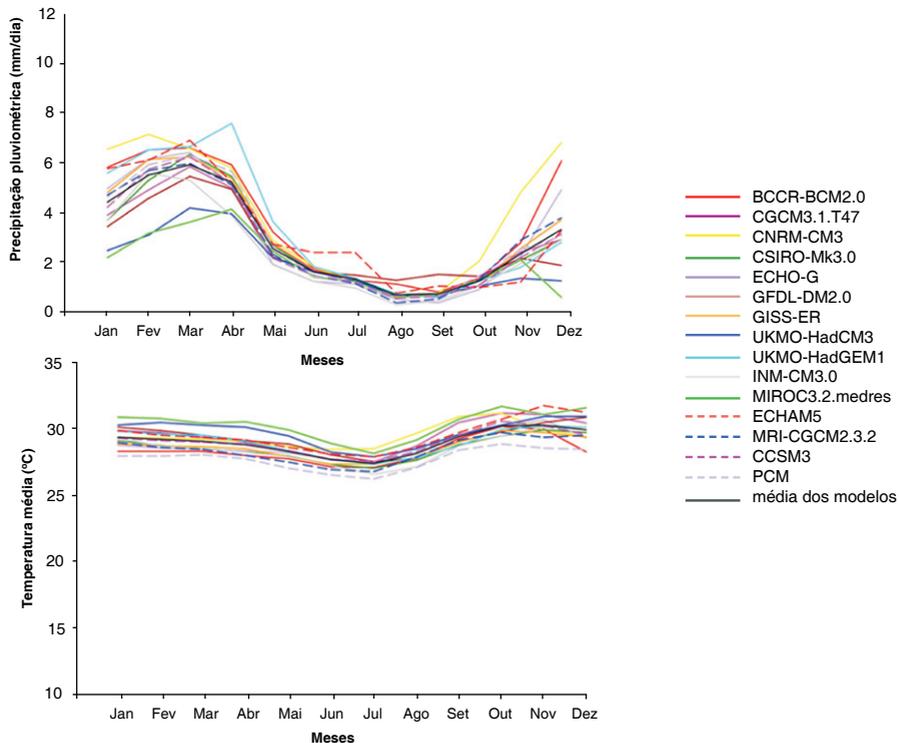


Fig.13. Precipitação pluviométrica e temperatura média para o período de 2071 a 2100, cenário A2, região Nordeste.

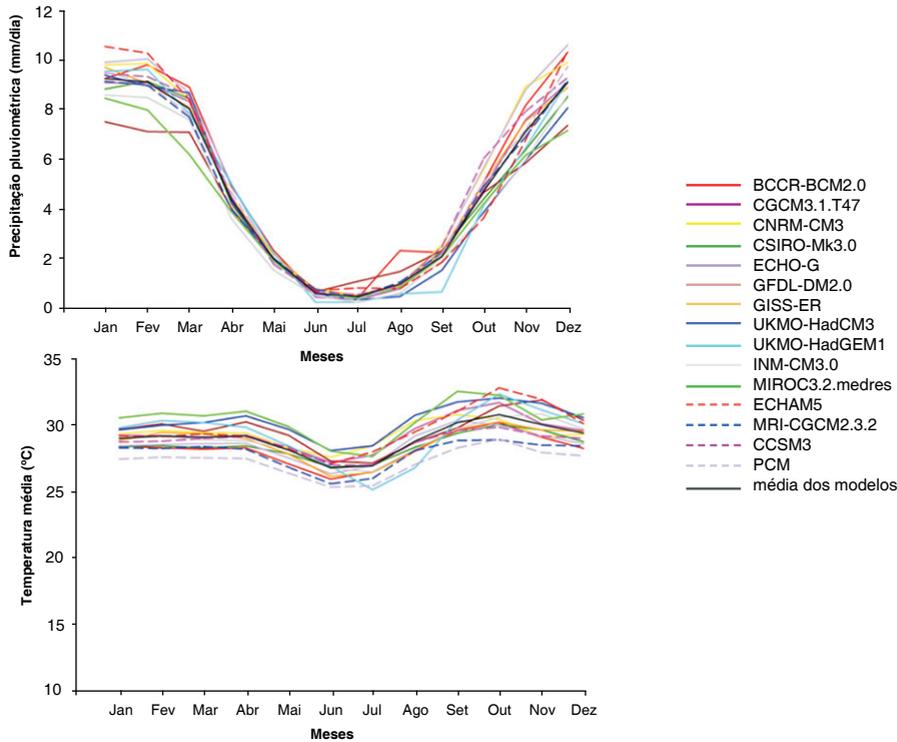


Fig.14. Precipitação pluviométrica e temperatura média para o período de 2071 a 2100, cenário A2, região Centro-Oeste.

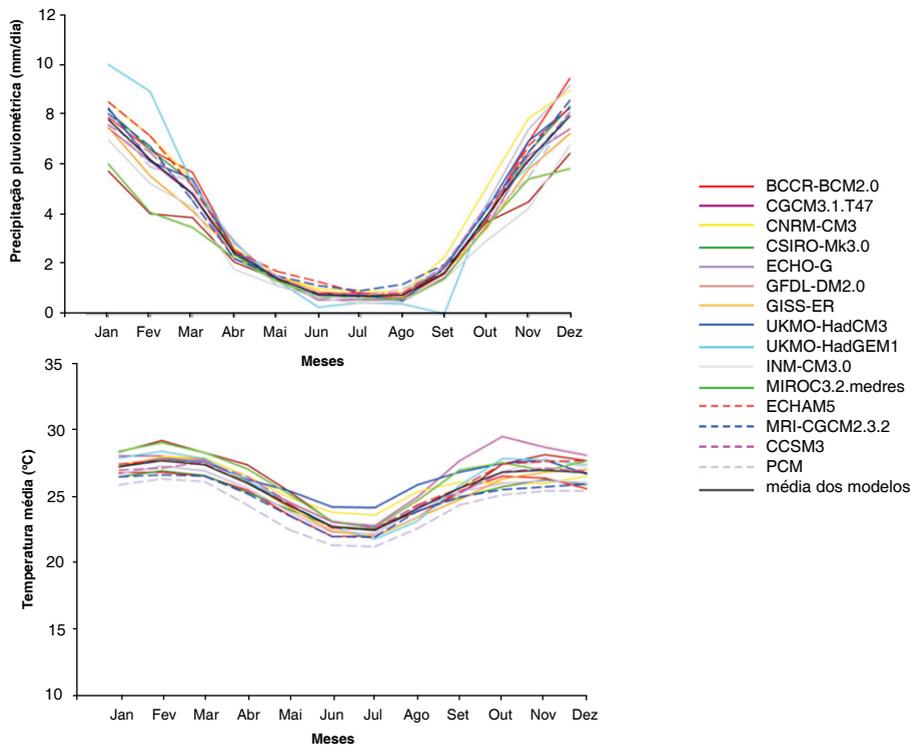


Fig.15. Precipitação pluviométrica e temperatura média para o período de 2071 a 2100, cenário A2, região Sudeste.

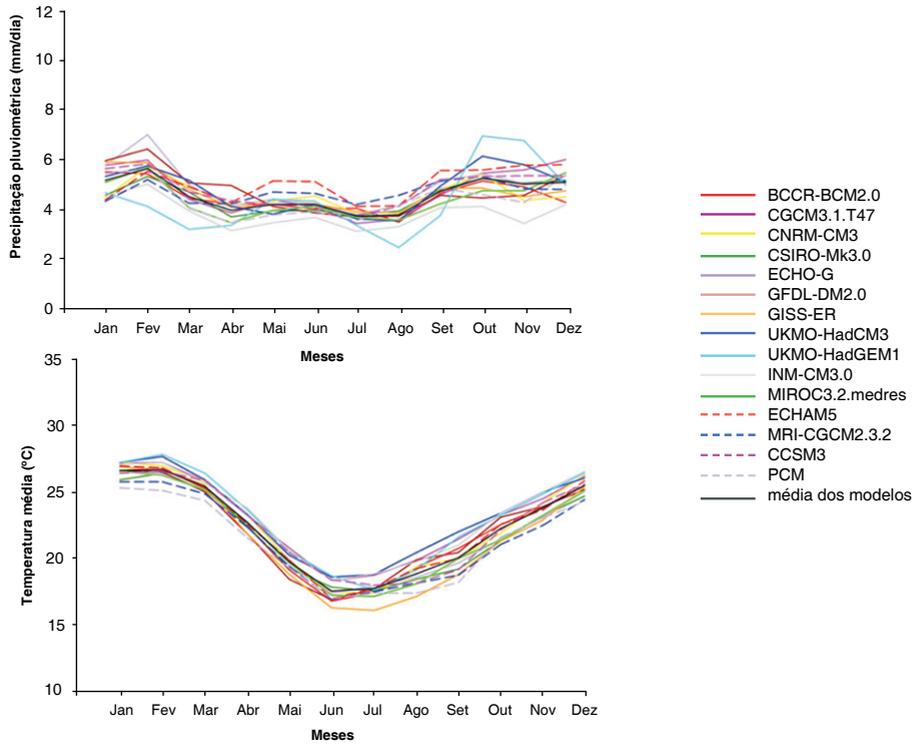


Fig.16. Precipitação pluviométrica e temperatura média para o período de 2071 a 2100, cenário A2, região Sul.

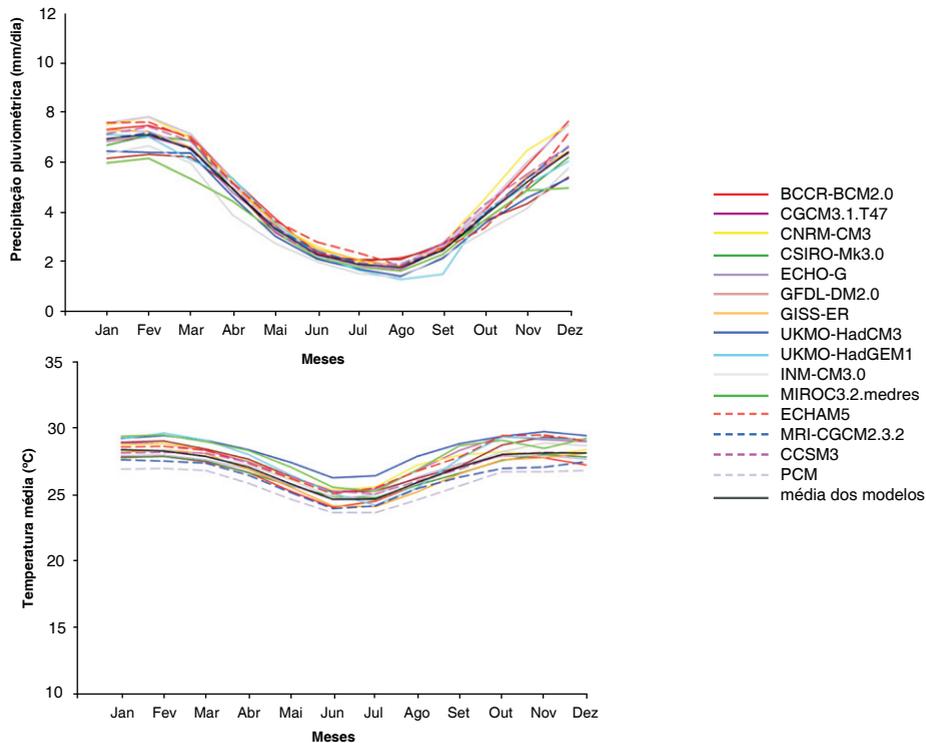


Fig. 17. Precipitação pluviométrica e temperatura média para o período de 2071 a 2100, cenário A2, Brasil.

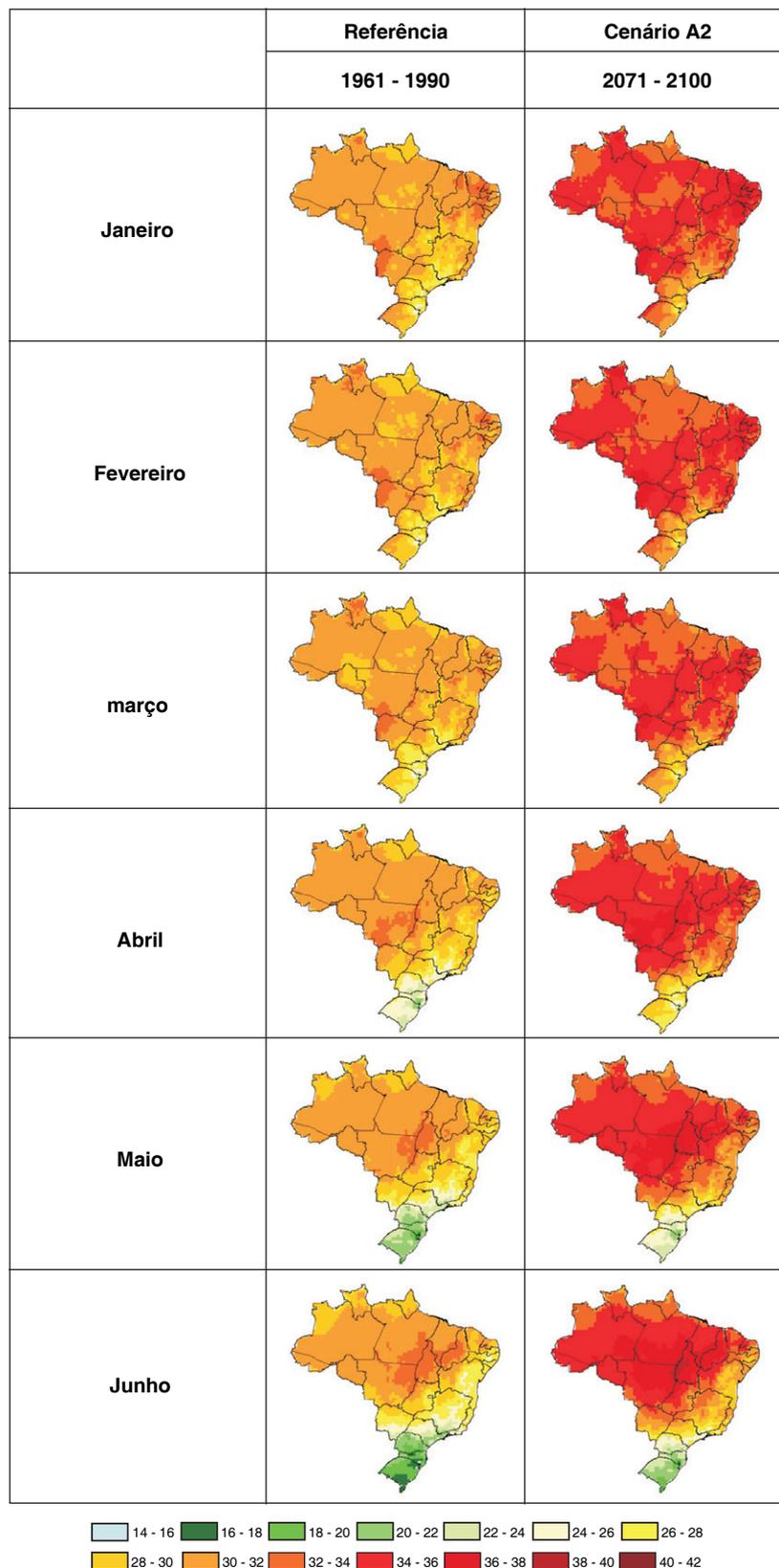


Fig. 18. Temperatura máxima do ar (°C) de janeiro a junho no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.

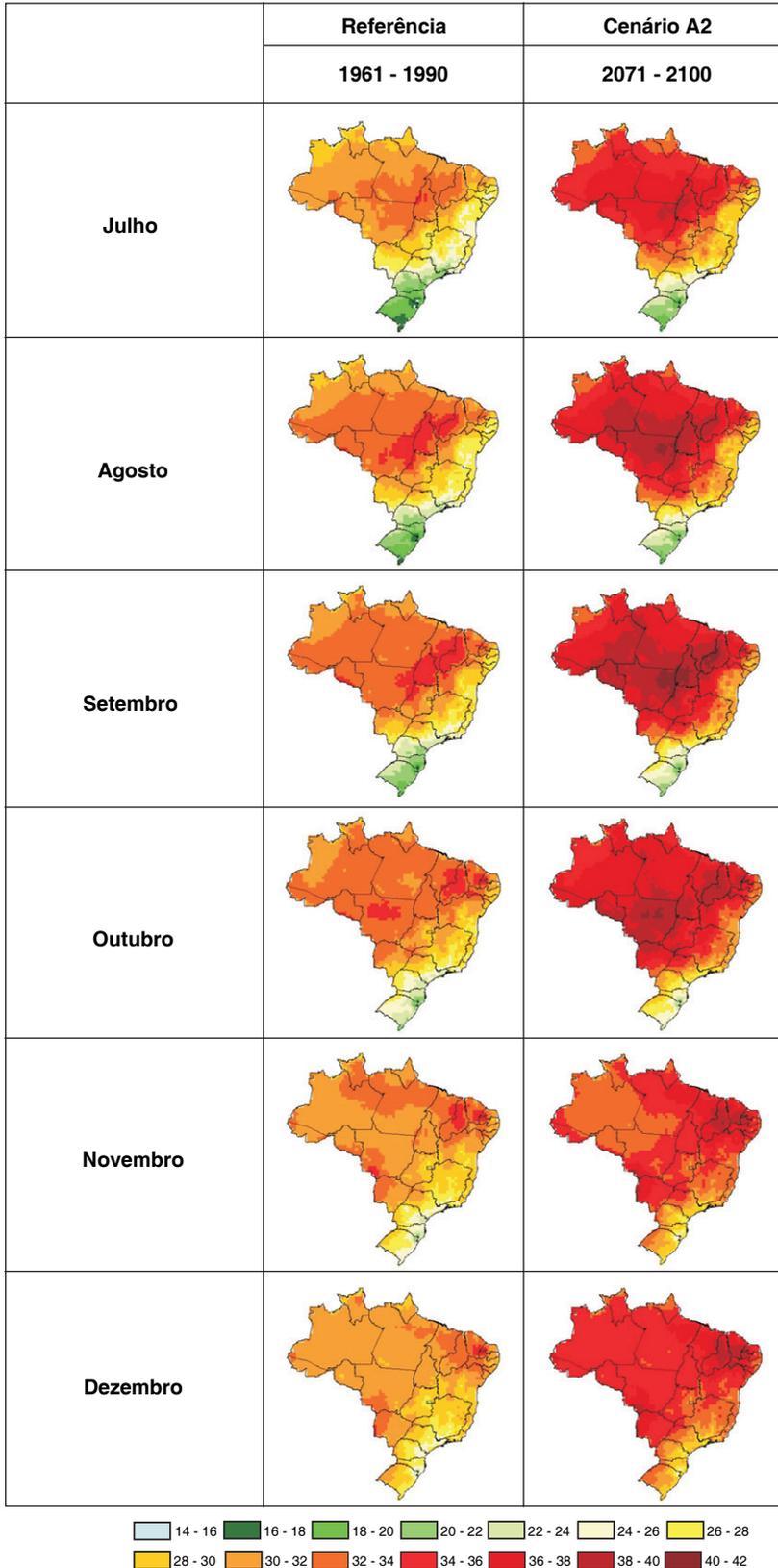


Fig. 19. Temperatura máxima do ar (°C) julho a dezembro no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.

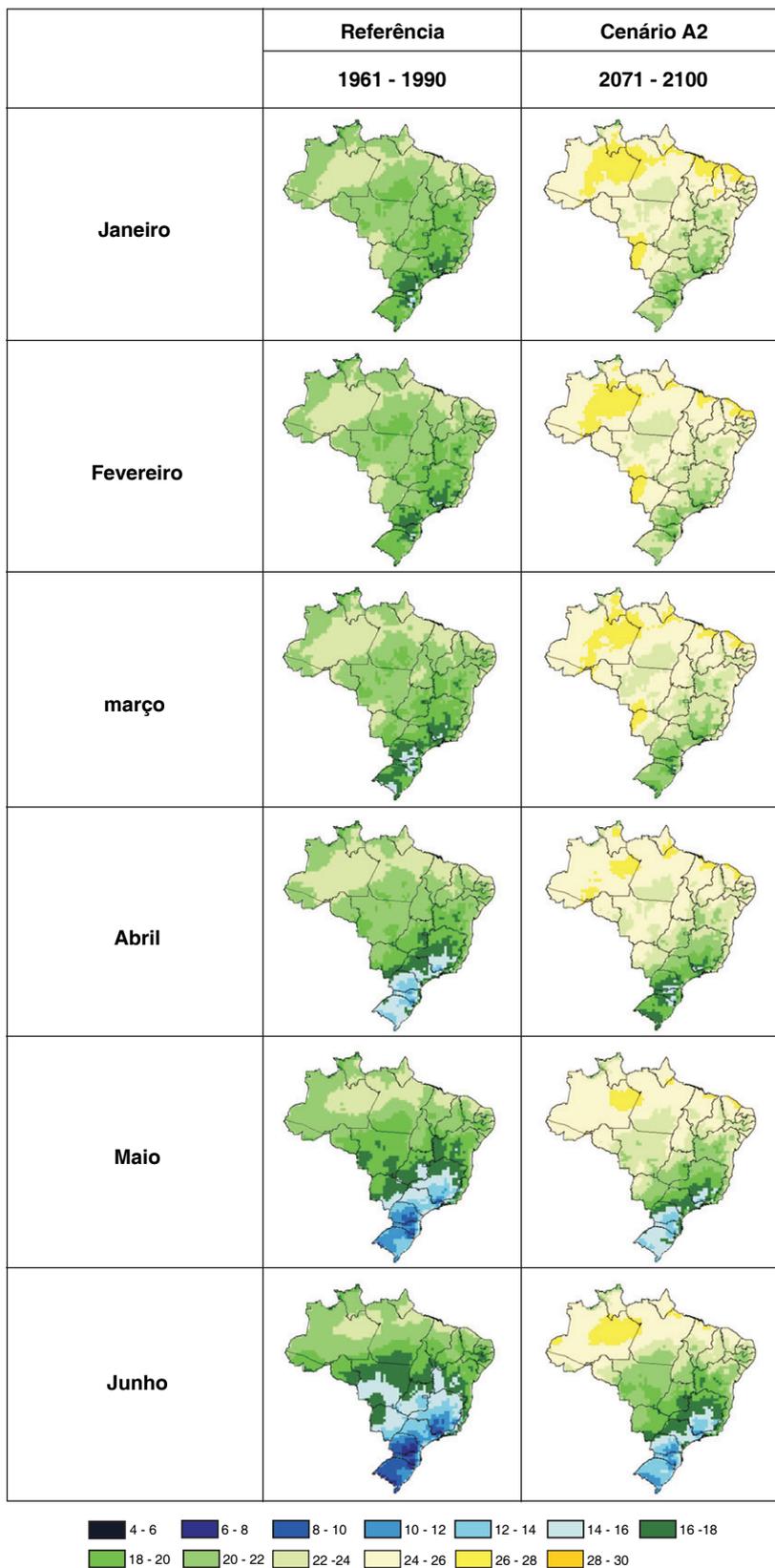


Fig. 20. Temperatura mínima do ar (°C) de janeiro a junho no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.

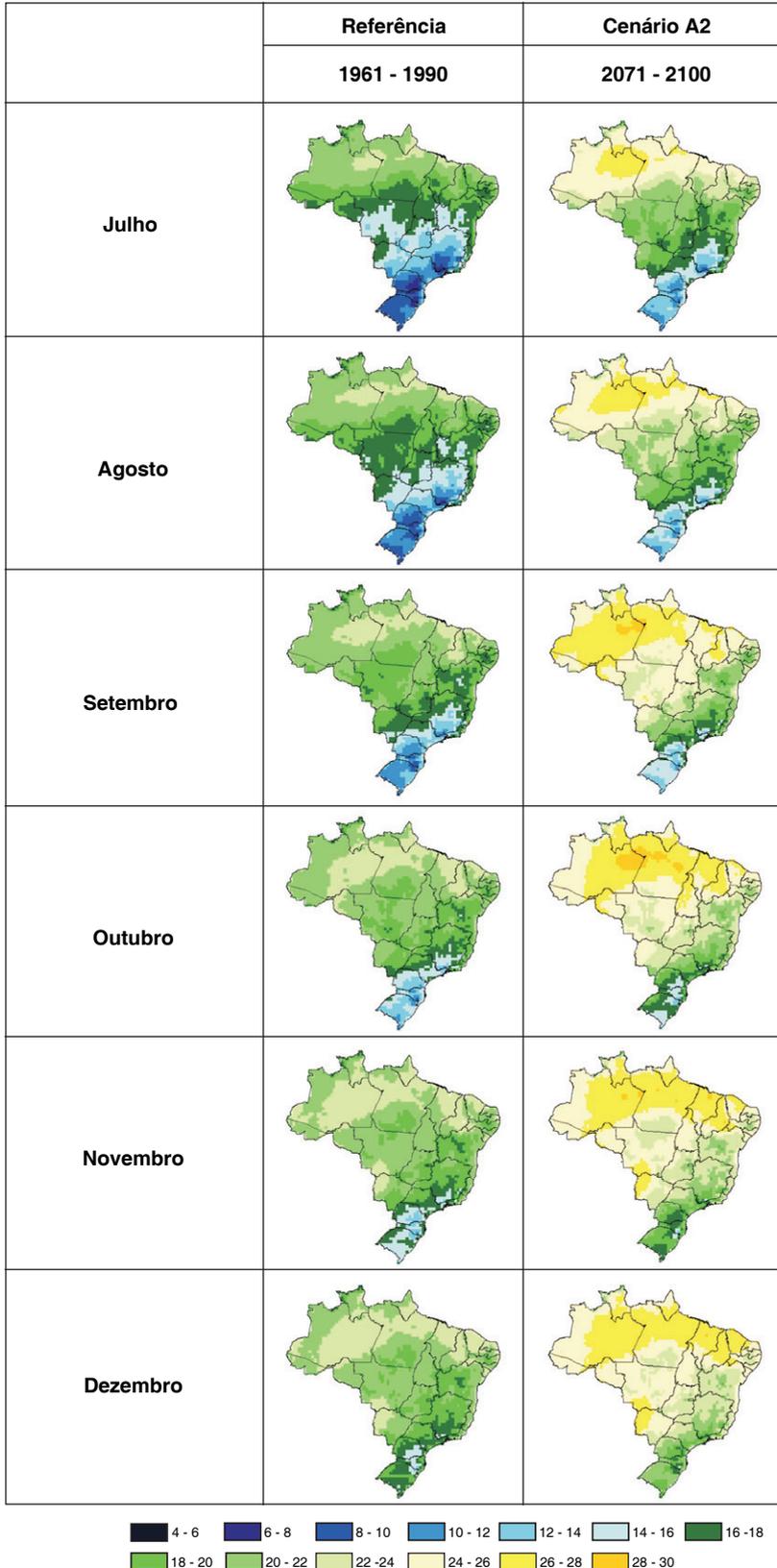


Fig. 21. Temperatura mínima do ar (°C) de julho a dezembro no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.

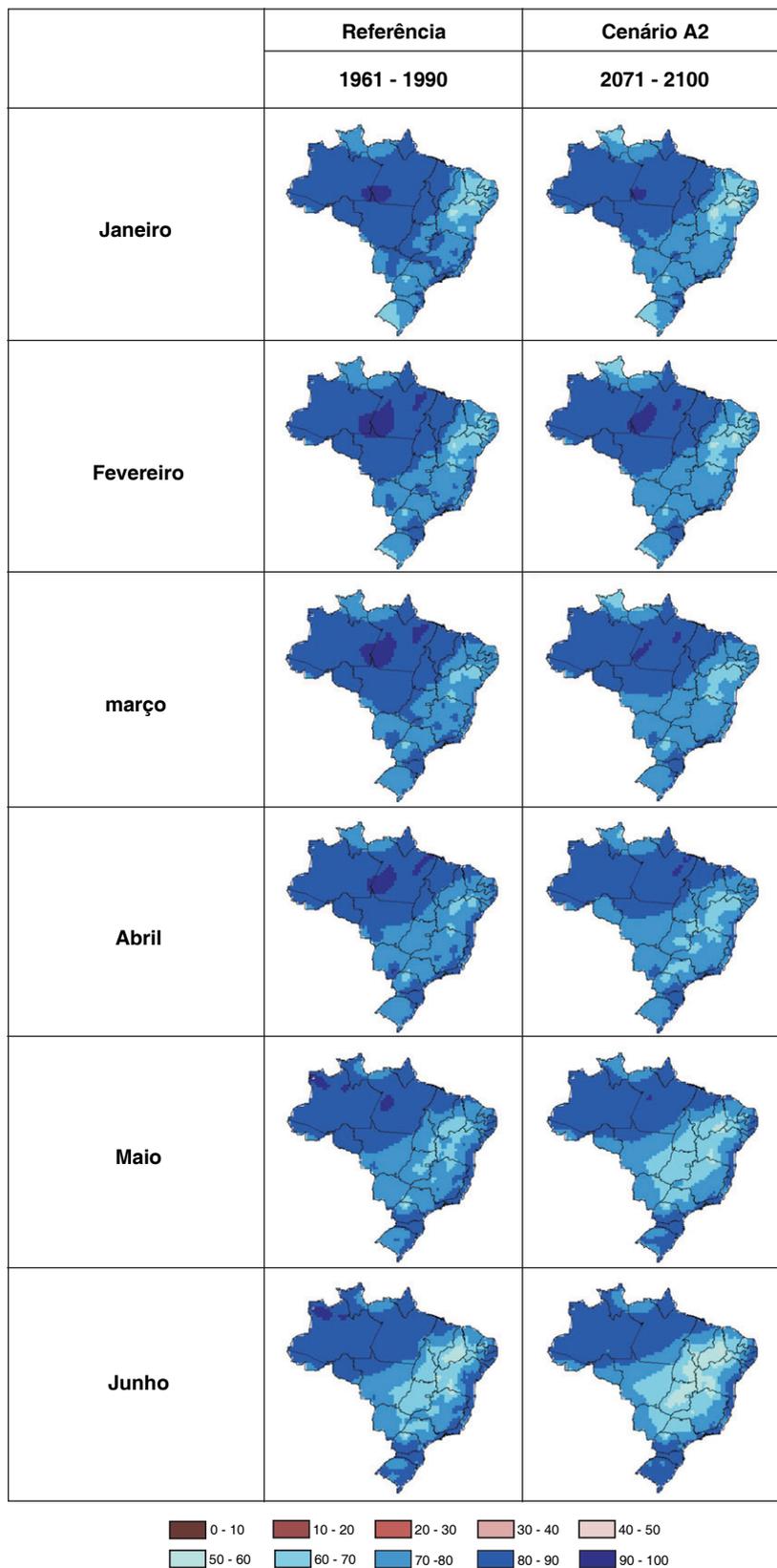


Fig. 22. Umidade relativa do ar (%) de janeiro a junho no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.

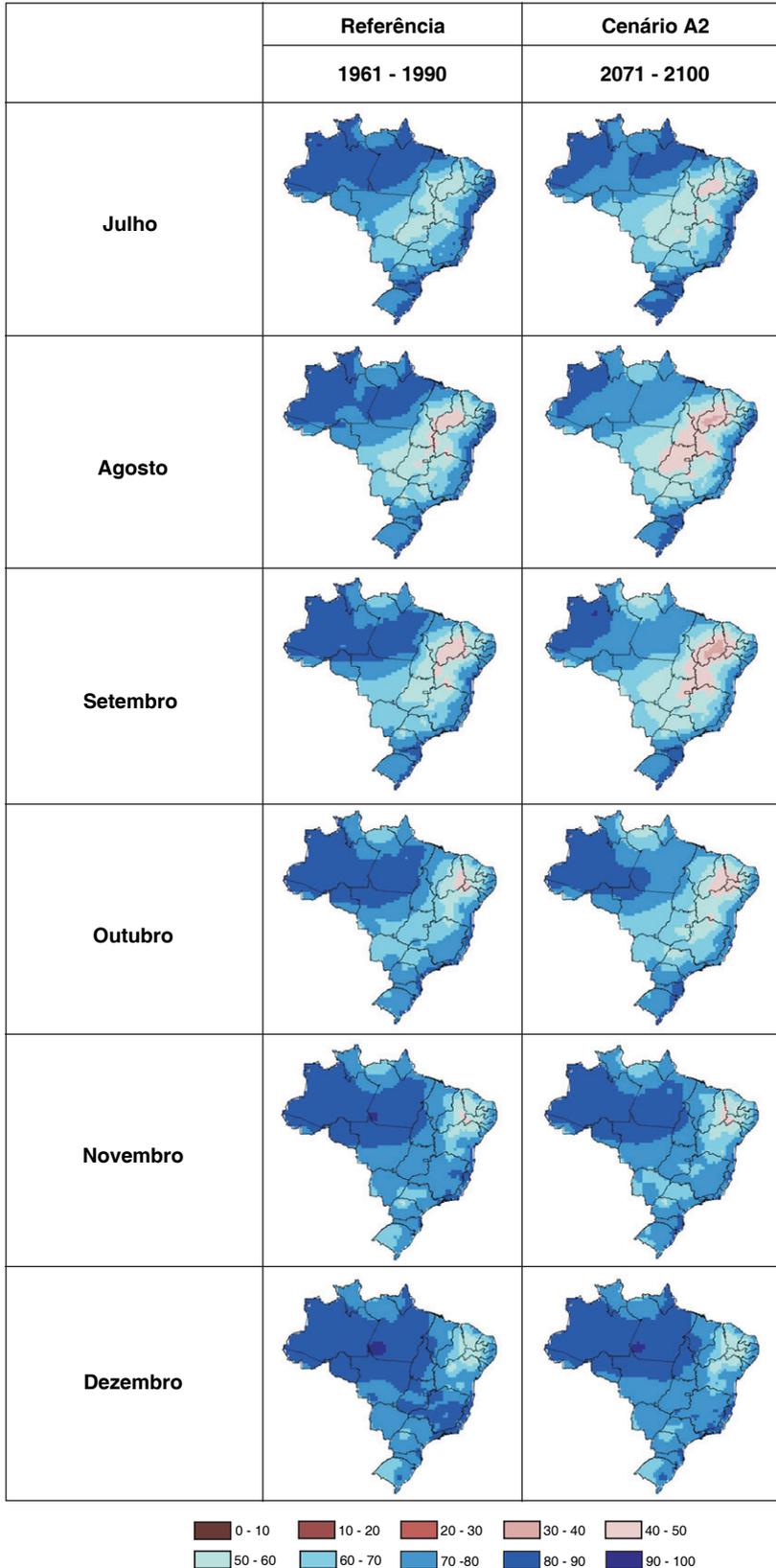


Fig. 23. Umidade relativa do ar (%) de julho a dezembro no clima de referência (1961 a 1990) e de 2071 a 2100, cenário A2.

Referências

BOUWER, L. M.; AERTS, J. C. J. H.; CÔTERLET, G. M. van de; GIESEN, N. van de; GIESKE, A.; MANNAERTS, C. Evaluating downscaling methods for preparing global circulation model (GCM) data for hydrological impact modelling. In: AERTS, J. C. J. H.; DROOGERS, P. (Ed.). **Climate change in contrasting river basins: adaptation strategies for water, food and environment**. Wallingford: CABI, 2004, p. 25-47.

GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 331p.

HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R. V.; MARENCO, J.; GHINI, R. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 27-73.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2001: the scientific basis**. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 881 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Emission scenarios: summary for policymakers**. Geneva: IPCC, 2000. 20 p. (IPCC Special Report). Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf> >.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 212p. (Série Biodiversidade, 26).

MARENCO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. **Caracterização do clima de referência e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI: sumário técnico**. Brasília, DF: MMA, SBF, DCBio, 2007. 50 p.

NOBRE, C. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. In: MUDANÇA do clima: volume I: negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. Brasília, DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005. p. 147-216. (Cadernos NAE, 3).

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do século 21. **Parcerias Estratégicas**, n. 27, p. 19-42, 2008. (Edição especial "Mudanças do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação").

SAMPAIO, G.; MARENCO, J. A.; NOBRE, C. A atmosfera e as mudanças climáticas. In: BUCKERIDGE, M. S. (Org.). **Biologia & mudanças climáticas no Brasil**. São Carlos: RiMa Editora, 2008. p. 5-28.

VALVERDE, M. C.; MARENCO, J. A. Mudanças na circulação atmosférica sobre a América do Sul para cenários futuros de clima projetados pelos modelos globais do IPCC AR4. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 125-145, 2010.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 1991. 449p.

Capítulo 3

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre epidemias de doenças de plantas

Lilian Amorim

Maria Cândida de Godoy Gasparoto

Armando Bergamin Filho

Introdução

Epidemia pode ser conceituada como qualquer mudança na intensidade da doença, numa população de hospedeiros, no tempo e no espaço. Por definição, trata-se de um processo *dinâmico*, caracterizado por taxas de mudanças; *populacional*, envolvendo as populações do(s) hospedeiro(s) e do(s) patógeno(s); caracterizado em duas dimensões físicas: o *tempo* e o *espaço* (MADDEN et al., 2007).

A descrição temporal das epidemias é usualmente feita por meio de curvas de progresso da doença, nas quais a intensidade da doença (incidência, severidade ou índice de doença) é representada graficamente em função do tempo. Para muitas epidemias, as curvas de progresso da doença podem ser descritas por modelos matemáticos relativamente simples que, além de contribuir para um melhor entendimento do processo epidêmico, possibilitam comparações. Curvas de progresso da doença podem ser construídas para qualquer patossistema e caracterizadas, na maioria das vezes, pelos seguintes parâmetros: quantidade de inóculo inicial (y_0), taxa de progresso da doença (r) e quantidades máxima (y_{max}) e final (y_f) da doença (BERGAMIN FILHO, 1995). Todos esses parâmetros são, em maior ou menor grau, influenciados por variáveis ambientais e podem sofrer variações, em maior ou menor intensidade, decorrentes das mudanças climáticas que se anunciam. As variáveis ambientais que mais influenciam as epidemias de doenças de parte aérea são temperatura, período de molhamento e radiação solar (PAPASTAMATI; VAN DEN BOSCH, 2007).

A descrição espacial de epidemias pode ser feita por meio de gráficos de áreas isópatas (BERGAMIN FILHO et al., 2002), nos quais os níveis de intensidade da doença, caracterizados por cores ou padrões distintos, são distribuídos em mapas geográficos, de formato similar aos mapas de variáveis climáticas, como os publicados por Hamada et al. (2008). Como a distribuição espacial da doença é decorrente da presença de inóculo e da favorabilidade climática da área, qualquer variação ambiental provoca mudanças nesses mapas.

Impacto potencial das mudanças climáticas no progresso temporal de epidemias

Os modelos matemáticos mais utilizados para descrever o progresso temporal de epidemias são os modelos exponencial, monomolecular, logístico e de Gompertz. Esses modelos servem de base às pesquisas empírica e teórica

em epidemiologia e a suas aplicações (MADDEN et al., 2007). Todos eles têm como parâmetros a taxa de progresso da doença (r), o inóculo inicial (y_0) e a quantidade máxima de doença (y_{\max}). A taxa de progresso da doença é o velocímetro da epidemia e caracteriza-se por ser extremamente sensível aos efeitos do clima no desenvolvimento das doenças em populações (KRANZ, 1978). É, portanto, um valioso parâmetro de comparação entre epidemias que se desenvolvem sob condições ambientais distintas. Foi por meio da comparação das taxas do modelo de Gompertz, ajustado a 90 curvas de progresso de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* em grão de bico (*Cicer arietinum* L.), que Landa et al. (2001) demonstraram, experimentalmente, que a temperatura de 25 °C é significativamente mais favorável ao desenvolvimento da doença do que as temperaturas de 20 °C e de 30 °C. Adicionalmente, os autores constataram uma significativa interação entre a temperatura e a densidade do inóculo inicial no solo em que a cultura foi implantada. Sob temperatura de 25 °C, as epidemias que se desenvolveram a partir de 25 clamidósporos do patógeno por grama de solo foram indistintas daquelas em que a densidade de inóculo era de 1000 clamidósporos/g de solo. Todas as epidemias geradas com diferentes concentrações de inóculo inicial nesse intervalo (25 a 1000 clamidósporos/g de solo) apresentaram taxas de progresso similares e atingiram, ao final das avaliações, índices de doença (escala de 0-1) superiores a 0,95. No entanto, nas temperaturas de 20 °C e de 30 °C, plantas que se desenvolveram nos solos com menores concentrações de inóculo apresentaram epidemias menos explosivas que aquelas que se desenvolveram nos solos com as maiores concentrações. A 20 °C, a quantidade final de doença nas plantas cultivadas em solos com densidades de inóculo de 25 e 50 clamidósporos/g foi 60 % menor do que naquelas cultivadas em solos com 500 ou 1000 clamidósporos/g de solo. Consequentemente, o efeito de medidas de sanitização, que reduzem o inóculo inicial, dependerá do ambiente no qual a cultura será instalada, com grande chance de nada contribuírem quando a temperatura predominante permanecer próxima a 25 °C. Para efeitos práticos, adicionalmente a esse empecilho, há que se considerar que outras podridões radiculares do grão de bico, como as causadas por o *Fusarium solani* e *Thielaviopsis basicola*, respondem à temperatura de forma linearmente positiva, e não quadrática como a podridão de *Fusarium oxysporum*. As incidências de podridões de *Fusarium solani* e *Thielaviopsis basicola* são tanto maiores quanto maior a temperatura, no intervalo entre 10 °C e 30 °C (BHATTI; KRAFT, 1992). A indicação de formas de manejo de doenças da cultura em cenários futuros é um interessante desafio.

A determinação da influência de variáveis climáticas em epidemias é de difícil execução experimental, pois as parcelas necessárias para gerar epidemias devem ter grandes dimensões, que raramente suportam o controle

de todas as variáveis ambientais. Dessa forma, raros são os trabalhos que tentam simular, experimentalmente, o desenvolvimento de epidemias, considerando possíveis cenários futuros ocasionados pelas mudanças climáticas. Numa tentativa de avaliar o efeito nocivo de doses elevadas de ozônio e de CO₂ combinados ou não à infecção de *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* em trigo, Tiedemann e Firsching (2000) conduziram experimentos em câmaras enriquecidas com ozônio e com CO₂. Dentre as diversas variáveis analisadas no experimento, os autores mediram a área foliar danificada pelo patógeno combinado ao ozônio em duas concentrações de CO₂: 374,1 – 380,2 µl/l, que corresponde à concentração atmosférica atual, e 610,6 – 615,0 µl/l, que representa atmosfera enriquecida do gás. Embora a concentração elevada do dióxido de carbono tenha compensado os efeitos negativos do ozônio na taxa fotossintética e nas variáveis de produção, ela não foi suficiente para compensar os efeitos negativos do patógeno. As curvas de progresso de área foliar de trigo danificada pela combinação ozônio+ferrugem foram similares nas duas concentrações de CO₂ testadas.

Alternativamente aos experimentos conduzidos sob condições controladas, o efeito de variáveis ambientais em epidemias pode ser avaliado em sistemas agrícolas, desde que epidemias naturais sejam monitoradas em ambientes distintos, repetidas vezes. Essa foi a abordagem utilizada por Fargette et al. (1994) para descrever o efeito do ambiente em epidemias do vírus do mosaico da mandioca (*Cassava mosaic virus*) no continente africano. Os autores mostraram que as taxas de progresso da doença, estimadas pelo modelo de Gompertz, exibiam grande variação entre os plantios realizados ao longo dos anos de monitoramento (de 0,015 a 0,14), porém elas seguiam padrão sazonal. Taxas elevadas (>0,06) foram constatadas em epidemias de plantios realizados entre outubro e abril (primavera/verão) e taxas mais baixas (<0,06) foram frequentes nas epidemias de plantios realizados entre maio e outubro (outono/inverno). Essa variação foi atribuída a variações na temperatura e na radiação incidente, que poderiam influenciar diretamente o progresso da doença, por um aumento da concentração do vírus nas plantas ou pela maior atividade da população dos vetores, ou indiretamente, pela mudança na suscetibilidade da planta à infecção. Por se tratar de levantamento epidemiológico em condições naturais de epidemias, os autores deixam claro que nenhuma variável ambiental poderia ser isoladamente correlacionada às variações observadas nas curvas de progresso da doença, embora a temperatura mostre mais influência que a precipitação. Para se ter uma idéia da magnitude das diferenças observadas nas epidemias do vírus do mosaico da mandioca, a Fig. 1 apresenta curvas do modelo de Gompertz com a taxa mais baixa, uma taxa intermediária e a taxa mais alta relatada no trabalho. Para efeitos comparativos, o inóculo inicial e a quantidade máxima de doença

foram constantes nas três curvas, respectivamente, iguais a 0,001 e 1. A incidência final da doença, estimada aos 60 dias após o aparecimento do primeiro sintoma foi de 6 %, 32 % e 99 %, respectivamente, para as curvas com as taxas baixa (0,015), intermediária (0,04) e elevada (0,14). Assim, se as previsões de elevação de temperaturas se confirmarem no futuro, taxas superiores a 0,06 devem prevalecer e as epidemias deverão tornar-se mais severas.

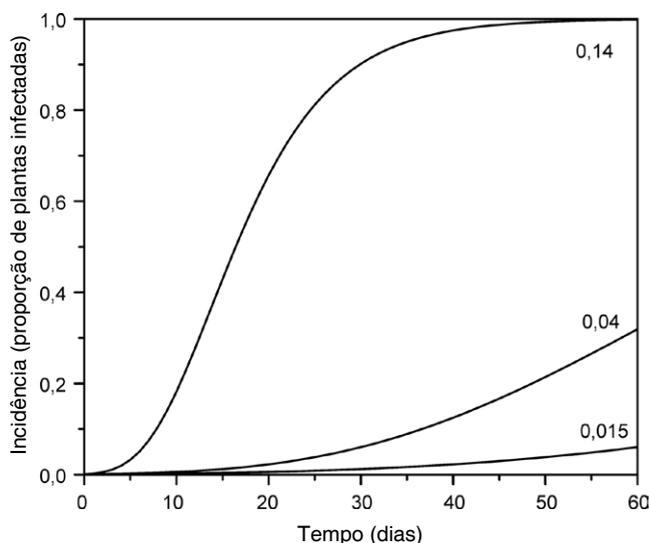


Fig. 1. Curvas de progresso de doença estimadas pelo modelo de Gompertz, com três taxas de progresso da doença: 0,015, 0,04 e 0,14. O inóculo inicial (y_0) foi fixado em 0,001 e a assíntota (y_{max}), em 1 para as três curvas.

Contrariamente à escassez de experimentos que avaliam a influência conjunta de variáveis ambientais em epidemias policíclicas, são numerosos os estudos que descrevem o efeito dessas variáveis isoladamente, ou em combinação duas a duas, nos componentes monocíclicos de doenças de plantas, tanto no Brasil (BASSANEZI et al., 1998; VALE; ZAMBOLIM, 1996; MARTINS; AMORIM, 1999; LEITE; AMORIM, 2002; CHRISTIANO et al., 2009) quanto no exterior (HAU, 1990; CHANG et al., 1992; VALLAVIEILLE-POPE et al., 1995; 2002; EDEN et al., 1996; CHONGO; BERNIER, 2000; De WOLF; ISARD, 2007). Esses estudos mostram que há relações significativas entre as variações do ambiente, especificamente entre as variáveis temperatura, umidade relativa, período de molhamento e radiação, e o comportamento dos componentes monocíclicos - períodos de incubação e de latência, frequência de infecção, esporulação e tamanho das lesões. No entanto, na maioria das vezes, o efeito combinado dessas variações do ambiente no monociclo não é transposto ao nível hierárquico superior: a epidemia. Recentemente, Papastamati e van den Bosch (2007) demonstraram estatisticamente como calcular a taxa de progresso da ferrugem-amarela do trigo (*Puccinia striiformis*) a partir de equações que relacionam variáveis ambientais aos componentes monocíclicos da

doença. Os autores conseguiram estimar taxas médias de progresso da doença, de acordo com o modelo exponencial, em função da temperatura, da duração do molhamento foliar e da intensidade da radiação incidente, tendo como base equações que relacionam latência, infecção e esporulação a essas variáveis do ambiente. Assim, sob incidência luminosa baixa (5 mol quanta/m²), as taxas de progresso da doença situaram-se em torno de 0,05, quando o molhamento foi superior a 10 h e a temperatura média variava entre 12 °C e 16 °C. Já para intensidades luminosas maiores (40 mol quanta/m²), as taxas de progresso da doença variaram entre 0,05 e 0,15, sendo a mais alta estimada para períodos de molhamento superiores a 14 h no intervalo de temperaturas entre 13 °C e 17 °C. Os autores concluíram que a temperatura foi a variável que exerceu maior influência no progresso da doença.

A análise de epidemias é inerentemente quantitativa e o efeito do impacto potencial das mudanças climáticas nas epidemias também deveria sê-lo. No entanto, em função da necessidade política de prever o futuro, para que ações possam ser tomadas no presente, é comum que textos meramente opinativos e especulativos sejam produzidos sobre o futuro das epidemias. Assim, Boland et al. (2004), imbuídos do senso comum de que os invernos mais curtos e menos rigorosos previstos para a região de Ontário, no Canadá, modificarão o comportamento das epidemias de doenças de plantas, elaboraram uma tabela que antecipa os efeitos das mudanças climáticas na taxa de progresso da doença, no inóculo inicial e na duração das epidemias de 146 doenças de 16 culturas agrícolas e nove espécies vegetais. Foram previstos aumentos no inóculo inicial em 58 % das doenças e aumentos na taxa de progresso das epidemias em 34 % dos casos relatados. As informações que justificaram essas previsões foram as seguintes: (i) invernos menos rigorosos podem diminuir o inóculo de patógenos do solo pela maior competição microbiana; (ii) invernos menos rigorosos devem aumentar o inóculo de patógenos que sobrevivem em restos culturais e em insetos vetores; (iii) as estações de cultivo mais quentes e secas podem aumentar ou reduzir a taxa de progresso da doença, devendo-se verificar, para cada caso, se o patógeno é positivamente ou negativamente influenciado por essas variáveis; (iv) as taxas de progresso de doenças transmitidas por insetos vetores devem aumentar, pois haverá mais insetos vindos do sul e sua atividade será aumentada com o clima mais quente; (v) as taxas de progresso de doenças ocasionadas por patógenos que penetram via ferimento deverão aumentar, pois haverá aumento na quantidade de injúrias nas plantas ocasionadas pela maior frequência de eventos climáticos drásticos, como furacões; (vi) as taxas de progresso de doenças ocasionadas por patógenos

dispersos pela água devem diminuir, pois haverá redução na quantidade de chuvas. Apesar de demandar enorme esforço, textos opinativos com a antecipação das implicações das mudanças climáticas em epidemias de doenças de plantas, sem dados experimentais, não têm respaldo científico e deveriam permanecer na esfera política.

Impacto potencial das mudanças climáticas na distribuição espacial de epidemias

Um dos impactos mais evidentes das mudanças climáticas nas doenças de plantas é a alteração na distribuição geográfica das epidemias, ocasionadas por prováveis migrações do próprio hospedeiro e do patógeno (CHAKRABORTY et al., 1998; COAKLEY et al., 1999). Mapas da distribuição espacial de variáveis climáticas médias do período 1961-1990 e de cenários futuros no Brasil, produzidos mês a mês para temperaturas média, máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), precipitação (mm/dia), umidade relativa (%) e radiação solar (W/m^2), mostram quão graves poderão ser essas mudanças (HAMADA et al., 2008). É possível incorporar a esses mapas modelos de crescimento de organismos, em função de cada variável climática, e produzir novos mapas que apresentem o risco de desenvolvimento de epidemias, tanto no cenário atual, como no futuro. Essa abordagem foi utilizada para prever, no Brasil, o efeito de mudanças climáticas na distribuição do bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*) do café (HAMADA et al., 2006; GHINI et al., 2008) e da sigatoka-negra da bananeira (GHINI et al., 2007). Embora a distribuição geográfica de doenças nos cenários futuros previstos pelas mudanças climáticas globais seja uma novidade na literatura, a distribuição geográfica de doenças no cenário atual já é bastante utilizada com objetivos diferentes, como o zoneamento de determinadas culturas e a análise de riscos de epidemias (PILAU et al., 2007; LOPES, 2007; LOPES et al., 2008).

As equações que alimentam os modelos utilizados na análise de risco são, na maioria das vezes, equações de segundo grau ou do modelo beta (HAU, 1990), que descrevem a relação entre a temperatura e qualquer variável do monociclo, geralmente de formato obcônico (Fig. 2). Algumas vezes, modelos mais complexos, que utilizam a combinação de duas variáveis ambientais, são também utilizados. Os dados que geraram a curva representada na Fig. 2 foram obtidos em experimentos em que plantas inoculadas foram submetidas a diferentes tratamentos (temperaturas fixas no caso da Fig. 2), ali permanecendo até que a doença se estabilizasse. O comportamento da doença refere-se às temperaturas

fixas às quais as plantas foram submetidas. O uso desses modelos para gerar mapas de risco no cenário atual e, principalmente, no futuro, foi criticado por Scherm e Van Bruggen (1994), pois eles desconsideram a variabilidade de cada variável climática. Mudanças na variabilidade das variáveis climáticas estão previstas no futuro (KATZ; BROWN, 1992) e seus efeitos são assustadores. De acordo com estudos estatísticos teóricos, a frequência de eventos extremos como furacões, secas prolongadas e geadas inesperadas depende mais de mudanças na variabilidade do que na média das variáveis climáticas (KATZ; BROWN, 1992). Dessa forma, modelos que ignoram essa variabilidade podem gerar resultados pouco confiáveis.

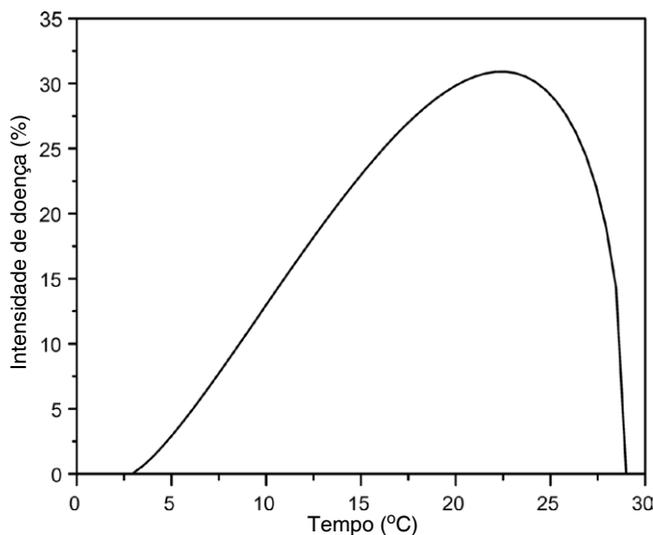


Fig. 2. Curva simulada de crescimento da mancha-angular do feijoeiro (*Phaeoisariopsis griseola*), sob temperaturas fixas no intervalo entre 5 e 30°C (DALLA PRIA, 1997)

Por meio de simulações, Scherm e Van Bruggen (1994) mostraram que as curvas das relações entre temperatura e doença mudam seu comportamento de forma significativa quando a variabilidade da variável climática é incorporada ao modelo. Assim, ao invés de apresentar curvas de doença em função de temperaturas fixas, os autores produziram curvas de doença em função das mesmas temperaturas médias, nas quais flutuação senoidal foi incorporada. Eles mostraram que há um deslocamento na temperatura ótima e um achatamento nas curvas, de tal forma que a doença aumenta de intensidade em temperaturas anteriormente consideradas extremas. No entanto, os valores máximos de doença ficam um pouco menores. Os aumentos nas taxas de crescimento das doenças nas temperaturas mínimas (5 °C) foram maiores que 100 % em várias simulações (Fig. 3). Assim, o crescimento da doença na temperatura de 5 °C passou de 0,15 para 0,3 (ver simulação 1 na Fig. 3) numa escala de 0 a 1, simplesmente com a incorporação da variabilidade na temperatura.

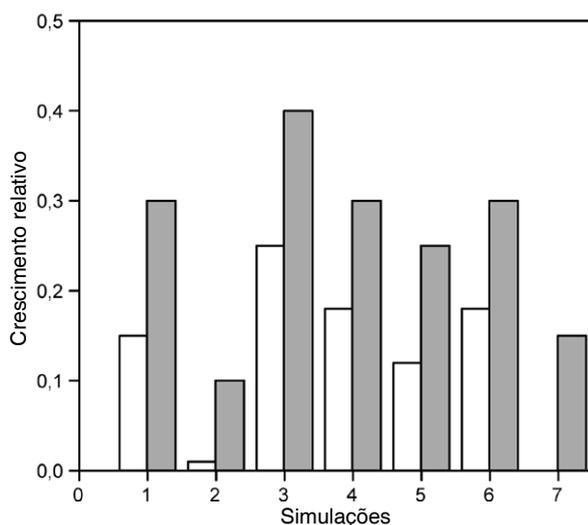


Fig. 3. Taxas de crescimento de doenças na temperatura de 5 °C, estimadas pelo modelo beta, quando a temperatura média é calculada sem variações (barras vazias) e quando a temperatura sofre variações senoidais com 10 graus de amplitude (barras cheias), em simulações realizadas com diferentes parâmetros do modelo beta (modificado de SCHERM; VAN BRUGGEN, 1994).

Considerações finais

Os modelos de previsão do clima em extensas áreas geográficas são sofisticados e bastante confiáveis, embora sua capacidade de simular situações regionais ou de prever a ocorrência de eventos extremos seja ainda limitada (HOUGHTON et al., 2001, citado por SCHERM, 2004). A essa limitação soma-se a complexidade de respostas de modelos de previsão quando alimentados com equações não lineares, como a variação senoidal da temperatura (SCHERM; VAN BRUGGEN, 1994; WEBB et al., 2000). Dessa forma, como comenta Scherm (2004) “*considerando nosso nível rudimentar de entendimento sobre como as mudanças climáticas poderiam afetar patossistemas vegetais, há ainda um longo caminho a seguir antes que uma avaliação confiável do impacto na produção agrícola futura possa ser feita*”.

Para tanto, experimentações são necessárias. Um roteiro proposto por Teng et al. (1996) sugere que a experimentação deve ser iniciada com a quantificação das relações entre as variáveis das mudanças climáticas globais e o ciclo de vida do patógeno (monociclo) e com atributos das epidemias (policiclo), para depois partir para simulações da dinâmica populacional.

Referências

BASSANEZI, R. B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B. Effects of bean line pattern mosaic virus on the monocyclic components of rust and angular leaf spot of phaseolus bean at different temperatures. **Plant Pathology**, Edinburgo, v. 47, n. 3, p. 289-298, 1998.

BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; AMORIM, L.; LARANJEIRA, F. F. Análise espacial de epidemias.

Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, v. 10, p. 155-218, 2002.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, 1995. p. 602-626.

BHATTI, M. A.; KRAFT, J. M. Effects of inoculum density and temperature on root rot and wilt of chickpea. **Plant Disease**, v. 76, n. 1, p. 50-54, 1992.

BOLAND, G. J.; MELZER, M. S.; HOPKIN, A.; HIGGINS, V.; NASSUTH, A. Climate change and plant diseases in Ontario. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 26, p. 335-350, 2004.

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, n.1, p. 15-35, 1998.

CHANG, R. J.; RIES, S. M.; PATAKY, J. K. Effects of temperature, plant age, inoculum concentration and cultivar on the incubation period and severity of bacterial canker of tomato. **Plant Disease**, v. 76, n. 11, p. 1150-1155, 1992.

CHONGO, G.; BERNIER, C. C. Effects of host, inoculum concentration, wetness duration, growth stage, and temperature on anthracnose of lentil. **Plant Disease**, v. 84, n. 5, p. 544-548, 2000.

CHRISTIANO, R. S. C.; DALLA PRIA, M.; JESUS JUNIOR, W. C.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Modelling the progress of Asiatic citrus canker on Tahiti lime in relation to temperature and leaf wetness. **European Journal of Plant Pathology**, v. 124, p. 1-7, 2009.

COAKLEY, S. M.; SCHERM, H.; CHAKRABORTY, S. Climate changing and plant disease management. **Annual Review of Phytopathology**, v. 37, p. 399-426, 1999.

DALLA PRIA, M. **Quantificação de parâmetros monocíclicos da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro**. 1997. Tese (Doutorado) – ESALQ-USP, Piracicaba.

DE WOLF, E. D.; ISARD, S. A. Disease cycle approach to plant disease prediction. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 45, p. 203-220, 2007.

EDEN, M. A.; HILL, R. A.; BERESFORD, R.; STEWART, A. The influence of inoculum concentration, relative humidity and temperature on infection of greenhouse tomatoes by *Botrytis cinerea*. **Plant Pathology**, v. 45, p. 795-806, 1996.

FARGETTE, D.; JEGER, M.; FAUQUET, C.; FISHPOOL, L. D. C. Analysis of temporal disease progress of african cassava mosaic virus. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 84, n. 1, p. 91-98, 1994.

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.

GHINI, R.; HAMADA, E.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MARENGO, J. A.; GONÇALVES, R. R. V. Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 2, p.187-194, 2008.

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologia e elaboração de mapas. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 3, n. 2, p. 73-85, 2006.

HAMADA, E.; GONÇAVES, R. R. V.; ORSINI, J. A. M.; GHINI, R. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 25-73.

HAU, B. Analytic models of plant disease in changing environment. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 28, p. 221-245, 1990.

KATZ, R. W.; BROWN, B. G. Extreme events in a changing climate: variability is more important

than averages. **Climatic change**, v. 21, p. 289-302, 1992.

KRANZ, J. Comparative epidemiology. In: HORFALL, J.G.; COWLING, E.B. (Ed.). **Plant disease: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1978. v. 2, p. 33-62.

LANDA, B. B.; NAVAS-CORTÉS, J. A.; HERVÁS, A.; JIMÉNEZ-DÍAZ, R. Influence of temperature and inoculum density of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* on suppression of Fusarium wilt of chickpea by rhizosphere bacteria. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 91, n. 8, p. 807-816, 2001.

LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo da mancha de *Alternaria* em girassol. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 27, n. 2, p. 193-200, 2002.

LOPES, M. V. **Mapas de zonas de riscos de epidemias para doenças dos citros no Estado de São Paulo**. 2007. Tese (Doutorado) – FAC-Unesp, Jaboticabal.

LOPES, M. V.; BARRETO, M.; SCALOPPI, E. A.; BARBOSA, J. C.; BRUNINI, O. Mapas de zonas de risco de epidemias e zoneamento agroclimático para o Cancro Cítrico no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 4, p. 349-353, 2008.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. **The study of plant disease epidemics**. Saint Paul: APS, 2007. 421 p.

MARTINS, M. C.; AMORIM, L. Efeito do período de molhamento em componentes monocíclicos da ferrugem do pessegueiro. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 24, n. 4, p. 552-555, 1999.

PAPASTAMATI, K.; VAN DEN BOSCH, F. The sensitivity of the epidemic growth rate to weather variables, with an application to yellow rust on wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 97, n. 2, p. 202-210, 2007.

PILAU, F. G.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; BARBARISI, B. Zoneamento agroclimático da heveicultura para as regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 15, p. 161-168, 2007.

SCHERM, H. Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.26, p.267-273, 2004.

SCHERM, H.; VAN BRUGGEN, A. Global warming and nonlinear growth: how important are changes in average temperature? **Phytopathology**, v. 84, n. 12, p.1380-1384, 1994.

TENG, P. S.; HEONG, K. L.; KROPFF, M. J.; NUTTER, F. W.; SUTHERST, R. W. Linked pest-crop models under global change. In: WALKER, B.; STEFFEN, W.L. (Ed.). **Global change and terrestrial ecosystem**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 291-316. (International Geosphere Biosphere Programme Book Series, 2).

TIEDEMANN, A. V.; FIRSCHING, K. H. Interactive effects of elevated ozone and carbon dioxide on growth and yield of leaf rust-infected versus non-infected wheat. **Environmental Pollution**, v. 108, p. 357-363, 2000.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. Influência da temperatura e da umidade em epidemias de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 4, p. 149-208, 1996.

VALLAVIEILLE POPE, C.; HUBER, L.; LCONTE, M.; GOYEAU, H. Comparative effects of temperature and interrupted wet periods on germination, penetration, and infection of *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* and *P. striiformis* on wheat seedlings. **Phytopathology**, v. 85, p. 409-415, 1995.

WEBB, C. R.; GILLIGAN, C. A.; ASHER, M. J. C. Modelling the effect of temperature on the development of *Polimixia betae*. **Plant Pathology**, v. 49, n. 5, p. 600-607, 2000.

Capítulo 4

**Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças bacterianas no Brasil**

Luis Otávio S. Beriam

Irene M. G. Almeida

Flávia R. A. Patrício

Introdução

Os impactos ocasionados pelas mudanças climáticas, ou seja, as alterações resultantes no ambiente, com modificações no regime de chuvas, na temperatura e na umidade relativa do ar, poderão ter efeito sobre o hospedeiro, o patógeno e sobre as interações entre plantas e bactérias fitopatogênicas. Nos hospedeiros, os impactos poderão diferir nas plantas anuais, perenes, semi-perenes e nas com metabolismo C-3 ou C-4. As espécies de bactérias fitopatogênicas poderão reagir de maneira variada às alterações no ambiente. As mudanças no ambiente poderão ter efeito deletério, benéfico ou não causarem alteração no ciclo de vida e na patogenicidade de bactérias fitopatogênicas e ainda poderão modificar a fisiologia e a resistência da planta hospedeira. Essas alterações poderão modificar a distribuição geográfica das principais bacterioses de plantas e ocasionar migrações das culturas para outras regiões geográficas, com o deslocamento inclusive dos patógenos daquelas culturas, fazendo com que eventuais medidas de controle tenham que ser adequadas para as novas realidades (GHINI et al., 2008).

Outro importante fenômeno relacionado às mudanças climáticas, a elevação nas concentrações de CO_2 , poderá promover maior crescimento de plantas, aumentando a área foliar, pecíolos e brotos com diâmetros maiores, maior densidade da copa, o que favoreceria, entre as doenças bacterianas, as manchas foliares e os crestamentos. A elevação nas taxas fotossintéticas poderá ainda melhorar a eficiência no uso da água, reduzindo os danos ocasionados pelo ozônio. Esses impactos relacionam-se às mudanças na fisiologia e anatomia das plantas. Em condições de alta concentração de CO_2 , ocorre diminuição na densidade de estômatos que, de forma genérica, poderia ser um fator limitante para infecções de origem bacteriana. A elevação na concentração de CO_2 pode também reduzir a concentração de nutrientes nos tecidos das plantas, gerar o aumento na concentração de carboidratos e cera nas folhas, resultar na formação de camadas extras de células na epiderme e aumentar o número de células no mesófilo (GHINI et al., 2008). Esses fenômenos podem, eventualmente, reduzir a penetração de bactérias nas folhas, diminuindo a magnitude das epidemias de doenças bacterianas.

Uma das principais vias de penetração de fitobactérias em tecidos das plantas hospedeiras é por ferimentos. O esperado aumento na frequência e intensidade de tempestades de verão, com fortes ventos e chuvas de granizo, poderão criar condições mais efetivas para disseminação das bactérias (MINA; SINHA, 2008).

De acordo com Schaad (2008), há um grupo de bactérias muito adaptadas a temperaturas elevadas ("heat-loving bacteria"), que inclui os

gêneros *Acidovorax*, *Burkholderia* e *Ralstonia*, que tem causado mais prejuízos nos últimos anos em todo o mundo. Essas bactérias crescem em temperaturas ótimas entre 32 °C e 36 °C e muitas ainda apresentam melhor crescimento a 41 °C (Tabela 1). Aumento de podridões em plantas de arroz causadas por *Burkholderia glumae*, no sul da Coréia do Sul, foi observado quando ocorrem prolongadas ondas de calor e contínuos períodos de chuvas. Essa espécie bacteriana apresenta ótimo de crescimento entre 32 °C e 36 °C, mas muitos isolados crescem melhor na faixa de 41 °C a 42 °C (SCHAAD; SUMNER, 1980). Temperaturas extremas, longos períodos de chuvas, temporais e tornados favorecem a disseminação dessas bactérias e exacerbam os problemas por elas ocasionados. De forma geral, invernos mais curtos e brandos podem favorecer a sobrevivência de bactérias em restos culturais, ou mesmo em insetos vetores.

A seguir, serão discutidos os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre os prejuízos ocasionados pelos principais gêneros de fitobactérias que ocorrem no Brasil. As discussões se baseiam no conhecimento das epidemias dessas bacterioses em condições climáticas de temperatura e/ou umidade extremas, pois, na literatura, não existem estudos relacionados às mudanças climáticas e doenças de etiologia bacteriana.

Tabela 1. Efeito da temperatura no crescimento de *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*^a (SCHAAD; SUMNER, 1980).

Temperatura (°C)	Tempo de duplicação (min) ^b
36	46-57
29	64-91
21	100-212
15	172-310

^aExperimento conduzido em meio 523, sob agitação. ^bMédia de quatro linhagens

Acidovorax

O gênero *Acidovorax* foi criado em 1990 para abrigar antigas *Pseudomonas* não fluorescentes, isoladas de plantas, de solo ou de água. Em 1992, foram transferidas para esse gênero algumas *Pseudomonas* fitopatogênicas, como *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* (sin.: *Pseudomonas avenae*), *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (sin.: *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli*), *Acidovorax avenae* subsp. *cattleyae* (sin.: *Pseudomonas cattleyae*), *Acidovorax konjaci* (*Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *konjaci*) (WILLEMS et al., 1990; WILLEMS et al., 1992). Em 2000, foi descrita a espécie *Acidovorax anthurii* e, mais recentemente, também foi relatada a ocorrência *Acidovorax valerianellae*

(GARDAN et al., 2000; GARDAN et al., 2003).

No Brasil, o gênero *Acidovorax* foi relacionado como patógeno de vários hospedeiros, como as plantas ornamentais [antúrio (*Anthurium* sp.), orquídeas (*Cattleyae autumnalis*, *Cattleyae* híbrida), *Phalaenopsis* sp.], melancia (*Citrullus lanatus*); em hortaliças [abóbora (*Cucurbita maxima*), cenoura (*Daucus carota*), pepino (*Cucumis melo*), melão (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*), rabanete (*Raphanus sativus*)]; gramíneas [cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), capins (*Cana indica*, *Canna paniculata*, *Panicum miliaceum*, *Pennisetum americanum*), arroz (*Oryza sativa*) e milho (*Zea mays*)] e, ainda, de vários gêneros e espécies de orquídeas não identificados (BERIAM et al., 2003; MALAVOLTA et al., 2003; MALAVOLTA JR et al., 2008). Entre as espécies de *Acidovorax* descritas no Brasil, a de maior importância econômica é a espécie *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, causadora da mancha bacteriana do fruto do meloeiro e da melancia.

Esse gênero apresenta crescimento ótimo ao redor de 30 °C. Dessa forma, regiões com alta temperatura e com alta disponibilidade de água, deverão favorecer essas fitobacterioses. Todas as espécies patogênicas de *Acidovorax* são normalmente encontradas durante estações quentes e úmidas, em todas as partes do mundo, exceto *Acidovorax valerianellae*, que ocorre em cultivos de estações frias, no sul da França.

Para a mancha bacteriana do fruto do meloeiro, as previsões de médias de temperatura de 31 °C a 29 °C no período de outubro a abril para a região Nordeste (HAMADA et al., 2008), atualmente, a principal região produtora de melão no Brasil, com cerca de 94 % da produção nacional, indicam que a doença poderá vir a se tornar fator limitante para a condução da cultura na região (BRUNELLI et al., 2008). A doença poderá atingir 100 % da área cultivada em períodos chuvosos. Embora não haja previsão de aumento da precipitação nos meses de janeiro e dezembro de 2080, tempestades e irregularidade no regime de chuvas deverão aumentar, condição em que a doença poderá ser muito favorecida. Segundo Schaad (2008), a mancha aquosa do meloeiro vem sendo largamente disseminada com o aumento dos furacões e o tempo mais quente e úmido, sendo sério problema em culturas irrigadas por pivô central, no Texas, Estados Unidos.

Acidovorax avenae subsp. *avenae* (sin.: *Pseudomonas avenae*; *Pseudomonas rubrilineans*) pode causar a doença denominada estria-vermelha da cana-de-açúcar. Seus danos estão associados às condições especiais de solos profundos, com elevada fertilidade e às condições climáticas de temperatura e umidade elevadas. Os sintomas característicos da bactéria são estrias vermelhas nas folhas e podridão do topo das plantas, que podem causar a morte das plantas, que ocorre apenas nas variedades mais suscetíveis. Condições predisponentes para a ocorrência de epifítias são crescimento vegetativo exuberante da planta,

chuva constante durante vários dias com pequenos períodos de interrupção, umidade relativa acima de 90 % e temperaturas acima de 28 °C. A ausência de qualquer um desses fatores pode interromper o desenvolvimento da doença. Muito embora os programas de melhoramento varietal estejam bastante desenvolvidos, inclusive com o uso da engenharia genética, especialmente na produção de variedades transgênicas, procurando disponibilizar variedades com grau de resistência e/ou tolerância satisfatórios, as previsões de elevação de temperatura e diminuição no volume das chuvas poderão fazer com que as novas variedades apresentem maior rusticidade e esta característica está inversamente relacionada às qualidades agronômicas desejáveis. Considerando que na região Sudeste, onde predomina o cultivo da cana-de-açúcar e, principalmente, na região Centro-Oeste, em que está havendo expansão da cultura no Brasil, as temperaturas médias de dezembro a maio se elevarão para próximas a 27 °C e 28 °C, respectivamente, a importância da doença estará ligada à ocorrência de chuvas constantes nesse período. Embora as previsões sejam de redução na precipitação total dessas regiões, também são esperadas maiores irregularidades com relação à distribuição das chuvas, com tempestades mais frequentes, que poderão acarretar grandes prejuízos para a cultura da cana-de-açúcar nessas regiões, mesmo que tais condições prevaleçam por períodos curtos de tempo.

Além dessas duas doenças, as manchas ocasionadas por bactérias do gênero *Acidovorax*, tanto para a cultura do antúrio, como para a de orquídeas poderão ser agravadas em consequência dos esperados aumentos na temperatura média, mesmo que ocorra redução na precipitação. Isto porque essas culturas, na grande maioria dos casos, são conduzidas sob cobertura plástica ou em casa-de-vegetação, condições em que o controle da temperatura é dificultado.

Dickeya

O gênero *Dickeya* engloba os antigos patovares de *Erwinia chrysanthemi* e está dividido em seis espécies: *Dickeya dadantii*, *Dickeya zaeae*, *Dickeya chrysanthemi*, *Dickeya dieffenbachiae*, *Dickeya dianthicola* e *Dickeya paradisiaca*. No Brasil, esse gênero foi relacionado a mais de 30 plantas hospedeiras, sendo sério problema no cultivo de plantas ornamentais, entre elas amarílis, comigo-ninguém-pode, cordilíne, crisântemo, kalanchoe, pata-de-elefante, vários gêneros de orquídeas e violeta (MALAVOLTA JR et al., 2008; TAKATSU, 2007).

Nas plantas ornamentais, os sintomas observados são de podridão mole, podridão das hastes e pecíolos, infecção vascular, retardo de crescimento e crestamento, podendo, em alguns casos, levar à morte da planta. Em plantas

multiplicadas por bulbos, como em amarílis, os sintomas de podridão mole podem causar falhas na emergência em campo e morte das plantas durante o seu desenvolvimento. Nos anos com temperaturas médias mais elevadas, os danos causados por esse gênero bacteriano são exacerbados. Boa parte dos biovares de *Dickeya* cresce em temperaturas ao redor de 37 °C e ainda algumas linhagens do Brasil podem crescer até a 40 °C. Com o crescimento do cultivo protegido de plantas ornamentais, houve também uma maior incidência de doenças ocasionadas por bactérias desse gênero. Nas condições de cultivo protegido, via-de-regra, a temperatura e a umidade são elevadas, favorecendo a disseminação do patógeno e o desenvolvimento da doença. Um fator limitante previsto, a redução na precipitação pluviométrica, não afetaria esse tipo de cultivo, portanto, estima-se que as previstas elevações na temperatura média de todas as regiões brasileiras poderão agravar essas bacterioses.

Leifsonia

Leifsonia xyli subsp. *xyli* (sin.: *Clavibacter xyli* subsp. *xyli*), agente causal do raquitismo das soqueiras, é uma bactéria fastidiosa, que necessita de um meio especialmente desenvolvido para seu isolamento e manutenção. Embora tenha sido descrita em 1944/45 e o seu caráter infeccioso comprovado em 1949, por muito tempo, a doença foi associada a um vírus. Somente em 1980 a bactéria foi isolada em meio de cultura e comprovada a sua patogenicidade em cana-de-açúcar. A doença não tem um sintoma característico, mas normalmente se observa um desenvolvimento irregular das plantas em determinado talhão, com produção de poucos perfilhos, colmos finos e sub-desenvolvidos, especialmente em anos de seca, quando o desenvolvimento da planta fica prejudicado. Esses sintomas se tornam mais evidentes quando se comparam plantas da mesma variedade, de talhões adjacentes e sabidamente livres da doença. Entretanto, todos esses sintomas podem desaparecer quando não há déficit hídrico, como em anos chuvosos ou em canaviais irrigados.

Segundo Lima et al. (2008), a variedade RB 86-7515 vem sendo muito utilizada para plantio nas áreas de expansão da cultura no Estado de São Paulo e, embora seja considerada suscetível, responde bem ao tratamento térmico realizado como medida de controle da doença. As mudanças climáticas relacionadas especialmente com a redução na quantidade e distribuição irregular de chuvas, previstas para as regiões Sudeste e Centro-Oeste, poderão contribuir para reduzir a resistência e/ou tolerância das variedades de cana-de-açúcar com relação ao raquitismo das soqueiras. Aumentarão também os riscos para os canaviais formados com material dessa variedade que não

foi tratado termicamente. Para as demais variedades, os previstos períodos prolongados de seca poderão agravar o quadro sintomatológico, exacerbando o desenvolvimento dos sintomas.

Pectobacterium

Esse gênero bacteriano é responsável pelos quadros de podridão mole em um grande número de hospedeiros, incluindo o tomateiro, a batata e as plantas ornamentais. Há diversas espécies e subespécies desse gênero que causam essa sintomatologia, incluindo *Pectobacterium atrosepticum*, que ocorre em batata e tomateiro, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis*, causando podridão-mole em batata e *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, que, além da batata e do tomateiro, causa problemas em uma série de plantas ornamentais, incluindo afelandra, clorofito, ciclâmen, cravo, comigo-ninguém-pode, amarílis, filodendro, prímula, espada-de-são-jorge, espatifilo, copo-de-leite e várias espécies de orquídeas e cattleyas (MALAVOLTA JR et al., 2008).

As bactérias do gênero *Pectobacterium* têm como principal fator de virulência a produção de exoenzimas (pectatoliasas, pectinaliasas, poligalacturonases, celulares e proteases), que lesam as paredes das células hospedeiras, causando os sintomas de anasarca e de apodrecimento dos tecidos (DUARTE; EL-TASSA, 2003).

As espécies *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* e *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* apresentam as maiores taxas de crescimento a 37 °C, à semelhança do que ocorre com representantes do gênero *Dickeya*. De forma genérica, como são previstos aumentos na temperatura média que predominará em todas as regiões brasileiras (Capítulo 2), as epidemias de doenças acarretadas por bactérias desse gênero estarão sujeitas ao regime de chuvas, que, prevê-se, deverá se tornar mais irregular, em todas as regiões brasileiras. Os riscos de epidemias serão ainda maiores em condições protegidas, em que a água não é fator limitante, e desde que não haja controle da temperatura interna das casas-de-vegetação.

Com o incremento da utilização de estufas e condução de culturas sob cobertura plástica, doenças bacterianas vêm sendo observadas em maior intensidade, devido às condições de umidade e temperatura elevadas que, aliadas à alta densidade de plantio e manejo de culturas, favorecem a ocorrência e disseminação das fitobacterioses (ALMEIDA et al., 1996). Apesar das vantagens na utilização do cultivo protegido (telado e casa-de-vegetação, por exemplo), é sabido que os problemas fitossanitários também

são preocupantes. As temperaturas nas condições de cultivo protegido, via-de-regra, são superiores às aquelas observadas em campo aberto. Além disso, nessas condições sempre há grande disponibilidade de água, com umidade relativa ao redor de 100 %, condições essas ideais para o desenvolvimento de doenças de etiologia bacteriana.

Pseudomonas

O gênero *Pseudomonas* está dividido em dois grupos – as *Pseudomonas* fluorescentes, que englobam as espécies *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas cichorii*, *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas marginalis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas savastanoi* e *Pseudomonas syringae* e as não fluorescentes, que incluem *Pseudomonas caricapapayae* e *Pseudomonas corrugata*, todas relatadas no Brasil. Dentro do grupamento das *Pseudomonas syringae*, 16 patovares que causam prejuízos em plantas de interesse econômico foram relacionados no Brasil. Entre as doenças importantes causadas por esse gênero destaca-se a pinta bacteriana do tomateiro, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, cujos impactos das mudanças climáticas foram discutidos por Gioria et al. (2008).

Outra espécie de *Pseudomonas* fluorescente, *Pseudomonas cichorii*, recebe importância especial pela ampla gama de hospedeiros e distribuição em quase todas as regiões do globo terrestre, podendo causar sérios prejuízos quando ocorrem condições climáticas favoráveis para a sua manifestação. No Brasil, essa espécie bacteriana foi relacionada em mais de 40 espécies botânicas, muitas delas de ciclo curto (alface e chicória, por exemplo) e nas mais variadas condições de umidade e de temperatura. Esse fato dificulta previsões de prejuízos que potencialmente possam vir a ser ocasionados pelas mudanças climáticas às doenças causadas por essa espécie.

Ao contrário dos gêneros descritos anteriormente, algumas espécies de *Pseudomonas* não são especialmente favorecidas por temperaturas elevadas. Por exemplo, as epidemias da mancha-aureolada, importante doença do cafeeiro, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*, só ocorrem quando as temperaturas caem ou em regiões de maior altitude, em que predominam temperaturas amenas.

Ralstonia

A murcha bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum*, pode ser considerada uma das mais importantes doenças de um grande número de culturas em regiões tropicais, subtropicais e temperadas quentes de todo o

mundo. Essa bactéria tem ampla gama de hospedeiros, incluindo centenas de espécies em cinquenta famílias (JI et al., 2007). Na medida em que avançam os estudos filogenéticos, *Ralstonia solanacearum* tem sido considerada como um complexo de espécies, um grupo heterogêneo de estirpes relacionadas. Há centenas de isolados de *Ralstonia solanacearum* geneticamente distintos. Historicamente, o complexo de espécies foi subdividido em três raças, baseadas na gama de hospedeiros, e em cinco biovares, baseados na habilidade de produção de ácidos a partir de diferentes carboidratos. Posteriormente, as raças 4 da amoreira e 5 do gengibre foram propostas (JI et al., 2007; FEGAN; PRIOR, 2006).

Atualmente, o complexo de espécies pode ser dividido em quatro grupos monofiléticos de isolados, ou filotipos, que concentram isolados com a mesma origem (JI et al., 2007; FEGAN; PRIOR, 2006). Os isolados originados da Ásia classificados como filotipo I, incluem todos os biovares 3, 4 e 5. Ao filotipo II pertencem isolados dos biovares 1, 2 e 2T, originários das Américas. *Ralstonia solanacearum* raça 3, patógeno da batata e raça 2, da banana, pertencem a esse filotipo. O filotipo III contém isolados vindos primariamente da África e ilhas vizinhas. Isolados que pertencem aos biovares 1 e 2T estão incluídos neste filotipo. Isolados originários da Indonésia, que parece ser o centro de origem do patógeno, estão no filotipo IV, que contém os biovares 1, 2 e 2T (FEGAN; PRIOR, 2006). Os filotipos podem ser sub-agrupados em sequevares, ou seja, grupos de isolados com sequências de DNA altamente conservadas (JI et al., 2007). Os sequevares podem ter as mesmas características de patogenicidade e/ou origem geográfica (FEGAN; PRIOR, 2006).

A raça 1 afeta um elevado número de hospedeiros, como fumo, tomate, batata, bananas diplóides e outros, sendo conhecida como a raça das solanáceas, com um ótimo de crescimento em elevadas temperaturas (35 °C a 37 °C). A raça 2 causa doença conhecida como “moko” em bananas triplóides, e também afeta espécies de helicônias, sendo considerada a raça das musáceas, tendo também um ótimo de crescimento em temperaturas elevadas (35 °C a 37 °C). A raça 3 ataca, principalmente, batata e tomate, além de outras espécies, para as quais é pouco virulenta, mas apresenta um ótimo de temperatura mais baixo (27 °C). Essa raça afeta diversas plantas daninhas, tendo sido descrita também em gerânio (JI et al., 2007). Além de temperaturas elevadas, alta umidade do solo ou períodos de clima úmido e estações chuvosas são associados à maior severidade da murcha bacteriana (FEGAN; PRIOR, 2006).

A murcha-bacteriana ocorre em todo o Brasil, inclusive em áreas recém-desmatadas, tendo sido descrita em solanáceas, especialmente batata (*Solanum tuberosum*), tomateiro (*Lycopersicon esculentum*.), pimentão

(*Capsicum annuum*), berinjela (*Solanum melongena*) e fumo (*Nicotiana tabacum*). A bactéria também foi encontrada em musáceas, como a banana (*Musa* spp.), helicônia (*Heliconia* spp.) e outras, tendo sido isolada de 82 espécies no Brasil (MALAVOLTA JR et al., 2008).

A murcha-bacteriana do tomateiro é uma das principais doenças da cultura no Brasil, sendo causada pelas raças 1 e 3 e, raramente, pela raça 2. A raça 1 é endêmica nas Américas e pode causar murcha também em berinjela, pimenta, batata e tabaco. As condições favoráveis para a doença são elevadas temperaturas do solo, de 28 °C a 32 °C, e solos úmidos, encharcados e com pH abaixo de 7,0. Abaixo de 21 °C, as plantas, mesmo infectadas, não exibem sintomas (KUROZAWA; PAVAN, 2005). Considerando o País como um todo, provavelmente, a importância da murcha-bacteriana em tomate e outras solanáceas pode vir a aumentar especialmente nas regiões Norte e Nordeste (GIORIA et al., 2008) no período de dezembro a junho, em que a temperatura média, considerando o cenário A2, será próxima de 30 °C (Capítulo 2), mais favorável para a doença que a temperatura média que predomina nessas regiões atualmente. Prevê-se redução na intensidade das chuvas ao longo do ano nas regiões Norte e Nordeste, mas a precipitação de dezembro a maio ainda será elevada, portanto, os danos causados pela murcha podem ser graves nessas regiões, especialmente após elevadas precipitações. Na região Centro-Oeste, o período de agosto a novembro terá as maiores temperaturas, embora no restante do ano as temperaturas previstas ainda sejam elevadas. Considerando que precipitações pluviométricas elevadas continuarão a ocorrer de novembro a abril, estima-se que este será o período em que a doença será mais prejudicial. As regiões Sul e Sudeste continuarão a ser menos favoráveis para a murcha-bacteriana do tomateiro. Na região Sul, temperaturas médias mais favoráveis ocorrerão apenas em dezembro-janeiro e na região Sudeste, as condições mais favoráveis ocorrerão de janeiro a abril. A importância da murcha-bacteriana no Sul e Sudeste estará mais relacionada a eventos extremos, como chuvas torrenciais e ondas de calor, que, segundo as previsões, ocorrerão com maior frequência nas próximas décadas. Nessas regiões, as culturas de tomate conduzidas sob cultivos protegido, em que a temperatura do ambiente e do solo tendem a ser mais elevadas, a murcha-bacteriana poderá se tornar um problema limitante para a cultura.

A murcha-bacteriana da batata, causada por *Ralstonia solanacearum* biovar 2, raça 3, é encontrada em todo o Brasil. Esse patógeno também causa murcha em tomate, berinjela, pimenta e gerânio. Outras solanáceas e não solanáceas são hospedeiros alternativos. O biovar 2 raça 3 pertence ao filotipo II e sequevares 1 e 2, e é provavelmente originário dos Andes. O sequevar 1 foi disseminado pelo mundo provavelmente por meio de

tubérculos infectados e ocorre em regiões tropicais de elevada altitude, regiões subtropicais e de temperadas quentes, causando prejuízos consideráveis em todo o mundo (CHAMPOISEAU et al., 2009). Embora a doença seja favorecida por temperaturas elevadas, com ótimo em torno de 27 °C a 30°C, o patógeno consegue sobreviver em temperaturas mais baixas, de até 4 °C (CHAMPOISEAU et al., 2009). Considerando a elevação de temperatura esperada para todas as regiões brasileiras, a murcha-bacteriana da batata poderá se tornar ainda mais importante no País (LOPES et al., 2008). A redução nas chuvas, entretanto, poderá fazer com que nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste a doença cause os maiores prejuízos no período de verão, e na região Sul, quando houver chuvas intensas.

A murcha-bacteriana da bananeira é causada pela raça 2, biovar 1, filotipo 2, que afeta as bananeiras triplóides (*Musa paradisiaca*), especialmente as cultivares de mesa e espécies da planta ornamental helicônia. A doença ocorre endemicamente nas margens de rios sujeitas a inundações da região amazônica do Brasil, Peru, Colômbia e Venezuela (NOGUEIRA, 2005). No Brasil, está restrita às regiões Norte e Nordeste, sendo um dos principais problemas fitossanitários da bananicultura naquelas regiões (NOGUEIRA, 2005). Além de endêmico nos solos, o agente causal do moko-da-bananeira pode ser transmitido por tratos culturais e insetos. Segundo Gasparotto e Pereira (2008), por causa da redução no período de chuvas na região Norte do País, a doença, provavelmente, causará menos danos e o período necessário de pousio, antes do novo plantio, poderá ser reduzido. Caso a doença seja disseminada para as regiões Centro-Oeste e Sudeste, poderão ocorrer epidemias nos meses de verão, favorecidas pelo esperado aumento de temperatura, quando houver episódios de chuvas torrenciais, que resultem em solos encharcados.

A murcha bacteriana do fumo, causada pela raça 1, biovar 3, é uma das mais importantes doenças da cultura. No Brasil, a doença tem grande importância nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo considerada endêmica em Santa Catarina. A doença é favorecida por temperaturas de 30 °C a 35 °C e elevada umidade do solo (MASSOLA et al., 2005; AKIEW; TREVORROW, 1994). Na região Sul do Brasil, em que ocorre a maior parte da produção do fumo no País, está previsto aumento nas temperaturas durante todo o ano, especialmente no cenário A2. No período em que ocorre o plantio do fumo, setembro a novembro, a temperatura será ainda mais favorável para a doença, porém também é prevista redução na precipitação nos meses de março a novembro (Capítulo 2). A murcha-bacteriana do fumo, portanto, deverá causar mais prejuízos apenas nos anos em que ocorrerem chuvas torrenciais e constantes.

Streptomyces

As bactérias pertencentes a esse gênero são filamentosas e têm como característica peculiar dentro das bactérias fitopatogênicas a capacidade da formação de endósporos, estruturas de resistência que permitem a sobrevivência dos isolados em condições adversas. Os esporos são produzidos em cadeias e formados a partir da fragmentação da hifa. As diferentes disposições dos esporos na cadeia são importantes características utilizadas na taxonomia dessa espécie bacteriana. Esse gênero bacteriano é habitante natural do solo e existem mais de 400 espécies de *Streptomyces* descritas. Alguns representantes desse gênero são produtores de antibióticos e outros responsáveis por doenças em plantas, sendo considerada a mais importante a sarna-comum da batatinha. Essa doença está presente em todas as áreas produtoras do mundo. No Brasil, a incidência da sarna-comum aumentou significativamente nos últimos anos, tornando-se fator limitante à produção de algumas regiões bataticultoras. Há, aproximadamente, dez espécies associadas à sarna da batata, sendo *Streptomyces scabiei* a espécie de maior ocorrência (RODRIGUES NETO et al., 2008). Condições de baixa umidade do solo favorecem a doença no campo, assim como solos porosos e aerados. Por outro lado, essas bactérias suportam temperaturas elevadas (50 °C) e, pelo fato de formarem endósporos, mesmo que as condições do solo se tornem adversas, têm a sua sobrevivência em campo garantida. Quando ocorrem temperaturas próximas a 50 °C nos solos, pode haver a eliminação de organismos que potencialmente poderiam funcionar como antagonistas de *Streptomyces* spp., e há o aumento das epidemias. Dessa forma, como a batata é cultivada praticamente em todo o País, epidemias da sarna poderão se agravar quando houver aumentos significativos da temperatura e períodos de estiagem. Esses fenômenos poderão aumentar nos próximos anos, pois para a maior parte do País está prevista a redução na precipitação e maiores eventos de distribuição irregular de chuvas (Capítulo 2).

É ainda importante se considerar que, além da batata, a beterraba também foi relacionada como hospedeira de *Streptomyces scabiei*, de sorte que esse patógeno pode, com a elevação da temperatura e a diminuição das precipitações pluviométricas, passar a ser problema limitante também para essa cultura.

Xanthomonas

Há um número extremamente grande de fitomoléstias ocasionadas por bactérias do gênero *Xanthomonas*. No Brasil, foram descritas 17 espécies,

englobando 40 patovares, causando problemas nas culturas de citros, algodoeiro, feijoeiro, cana-de-açúcar, maracujazeiro, videira, diversas brassicáceas, solanáceas, cucurbitáceas, ornamentais e cereais de inverno. Na maioria dos casos, a bactéria é veiculada por sementes ou por material de propagação vegetativa. Os principais prejuízos ocorrem quando as temperaturas são elevadas (25 °C a 30 °C) e há disponibilidade de água livre na superfície foliar.

Para a mancha-oleosa do maracujazeiro, causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*, essas condições ambientais são fundamentais para o desenvolvimento da doença. Nesse caso em particular, altas temperaturas e disponibilidade de um filme de água na superfície das folhas provocam sérias epifitias, inviabilizando comercialmente a cultura, já no primeiro ano de produção. O problema dessa bacteriose é tão sério que a cultura do maracujazeiro passou a ser itinerante, pois na medida em que a bacteriose surge, a área é abandonada e a cultura muda de lugar.

A bacteriose da videira, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *viticola*, foi descrita no Brasil em 1998, em videiras da variedade Red Globe, na região de Petrolina, PE, onde encontrou condições ideais de temperatura e umidade para o seu desenvolvimento, constituindo-se em sério problema para os produtores de uva de mesa. A bactéria ocasiona sintomas de lesões escuras no limbo foliar, com escurecimento e necrose de nervuras, ramos e ráquis, com a formação de cancrios em alguns casos. Nas bagas, nota-se a presença de lesões arredondadas, semelhantes a cancrios (MALAVOLTA JR et al., 1999; NASCIMENTO; MARIANO, 2004). Essa doença é considerada praga quarentenária A2 no Brasil, estando restrita aos estados da Bahia, Ceará, Pernambuco, Piauí e Roraima, sendo especialmente veiculada por mudas ou bacelos contaminados. A disseminação pode também se dar por restos de cultura ou práticas culturais, ocorrendo preferencialmente durante o período chuvoso, sendo sempre necessária a presença de água livre, com temperaturas ao redor de 25 °C a 30 °C. Até o momento, essa bactéria está restrita às regiões Norte e Nordeste do Brasil, mas há grandes riscos de que essa bacteriose se torne um problema limitante para os cultivos das regiões Sudeste e Sul, esta última importante pólo da viticultura nacional, considerando as previsões de aumento nas temperaturas médias para os próximos anos nessas regiões. Os riscos podem ser grandes, devido ao trânsito de material de propagação vegetativa de forma irregular e inescrupulosa.

As previsões de anomalias de temperaturas médias para a Região Sul nos anos de 2020, 2050 e 2080, tanto para o cenário A2 como para o B2, são as que mostram as maiores amplitudes o que, seguramente, é fator extremamente favorável para o cancro da videira. Segundo White et al. (2006),

a produção de vinhedos de alta qualidade pode diminuir em até 50 %, em função das mudanças climáticas previstas. Isso é altamente significativo, visto que as áreas agrícolas para o cultivo da videira são limitadas.

Xanthomonas albilineans é o agente causal da escaldadura das folhas da cana-de-açúcar, que, juntamente com o raquitismo das soqueiras, estão relacionadas entre as quatro doenças de maior importância para a cultura no mundo. Dois tipos de sintomas podem ser observados visualmente: sintomas crônicos e agudos. Nos sintomas crônicos são observadas estrias estreitas e brancas no limbo foliar, que podem atingir o comprimento total da folha e se prolongar pela bainha. As estrias podem coalescer e o tecido foliar exibir diversos graus de clorose. Devido a essa clorose foliar, o processo fotossintético fica comprometido e a planta reage, emitindo brotações laterais, normalmente das gemas da parte basal do colmo. Os sintomas agudos são caracterizados por murcha e morte das plantas, como se estivessem sob condições de estresse hídrico. Entretanto, outras plantas do mesmo talhão se apresentam com aparência sadia. O patógeno pode infectar uma planta, sem causar sintomas: é a chamada fase latente. Em condições ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura, principalmente durante períodos de seca prolongada, as plantas com infecção latente podem manifestar os outros tipos de sintomas da doença.

Por se tratar de patógeno sistêmico, a bactéria é transmitida principalmente por mudas contaminadas, mas trabalhos realizados recentemente mostraram que *Xanthomonas albilineans* também pode ser disseminada por correntes aéreas (AUTREY et al., 1992; DAUGROIS et al., 2003).

Entre as mudanças climáticas previstas, as alterações nos regimes pluviométricos, os aumentos nas tempestades severas e ciclones podem auxiliar na disseminação do inóculo da bactéria. A redução na precipitação pluviométrica, também prevista para as regiões Centro-Oeste e Sudeste poderão agravar os prejuízos causados por essa bacteriose. Além disso, alterações fisiológicas nas plantas hospedeiras, modificando o seu nível de resistência e/ou tolerância ao patógeno poderão contribuir para a manifestação de sintomas em plantas com infecção latente, aumentando as perdas nas lavouras infectadas.

Xanthomonas axonopodis pv. *vasculorum* (sin: *Xanthomonas campestris* pv. *vasculorum*) causa a gomose da cana-de-açúcar. O principal sintoma da doença é a produção de uma substância amarelada que exsuda do colmo das plantas doentes, substância essa que causa sérios problemas durante o processamento dos colmos para a obtenção do açúcar. Entretanto, existem também os

sintomas de estrias avermelhadas que acompanham longitudinalmente o comprimento das folhas, podendo atingir a bainha. Clorose foliar, lembrando sintomas da fase aguda de escaldadura das folhas, também pode ocorrer e, em alguns casos, provocar a morte do broto terminal (ROTT, 1993).

O patógeno pode ser disseminado pelos toletes contaminados, por meio de implementos agrícolas, veículos de transporte, trabalhadores e animais. Entretanto, o fator mais importante de disseminação no campo é a ação do vento em combinação com a chuva. As partículas sólidas carregadas pelo vento vão funcionar como um agente abrasivo, promovendo ferimentos nas folhas, além do vento espalhar as placas de exsudato bacteriano da superfície das folhas para outros locais, onde a presença da água da chuva proporciona condições ideais para a colonização do hospedeiro nesses novos sítios de infecção (HUGHES, 1961). Assim como para o patógeno anterior, nos próximos anos, os aumentos nas epidemias dessa doença estarão relacionados às alterações nos regimes pluviométricos, com os aumentos nas tempestades severas e ciclones, que poderão auxiliar na disseminação da bactéria.

A infecção por *Xanthomonas axonopodis* pv. *dieffenbachiae* e seus prejuízos causados em antúrio estão diretamente relacionados com condições ambientais de altas temperatura e umidade. Tais condições são prevalentes em cultivos protegidos, onde esta cultura é explorada. Portanto, a quantidade de doença estará mais relacionada às elevações de temperatura, uma vez que o regime hídrico é praticamente constante nessas condições.

Jesus Junior et al. (2008) discutiram os efeitos das mudanças climáticas nas doenças dos citros, entre elas as causadas por bactérias. Nessa cultura, o Huanglongbing (greening), causado por *Candidatus Liberibacter* spp., o cancro cítrico, ocasionado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* e a clorose variegada dos citros (CVC), que tem como agente causal a bactéria *Xylella fastidiosa*, são de extrema importância e as mudanças climáticas, segundo esses autores, aumentarão tal importância.

Referências

- AKIEW, E.; TREVORROW, P. R. Management of bacterial wilt of tobacco. In: HAYWARD, A. C.; HARTMAN, G. L. (Ed.). **Bacterial wilt: the disease and its causative agent**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 179-198.
- ALMEIDA, I. M. G.; MALAVOLTA JR., V. A.; RODRIGUES NETO, J. Caracterização de bactérias do gênero *Erwinia* causando podridões em plantas ornamentais no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 2, n. 1, p. 52-60, 1996.
- AUTREY, L. J. C.; SAUMTALLY, S.; DOUKUN, A.; SULLIVAN, S.; DHAYAN, S. Aerial transmission of the leaf scald pathogen, *Xanthomonas albilineans*. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 21., 1992, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: Funny

Publishing, 1992. v. 2, p. 509-525.

BERIAM, L. O. S.; ALMEIDA, I. M. G.; DESTÉFANO, S. A. L.; GRABERT, E.; GONELA, L.G.; RODRIGUES NETO, J. Mancha corticosa em raiz de cenoura (*Daucus carota*) causada por *Acidovorax* sp. **Fitopatologia brasileira**, v. 28 (supl.), p. S236-S237, 2003.

BRUNELLI, K. R.; KOBORI, R. F.; GIORIA, R. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do melão no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.129-139.

CHAMPOISEAU, P.; JONES, J. B.; ALLEN, C. *Ralstonia solanacearum* race 3 biovar 2 causes tropical losses and temperate anxieties. **Plant Health Progress**, Online, doi:10.1094/PHP-2009-0313-01-RV. 2009.

DAUGROIS, J. H.; DUMONT, V.; CHAMPOISEAU, P.; COSTET, L.; BOISNE-NOC, R.; ROTT, P. Aerial contamination of sugarcane in Guadeloupe by two strains of *Xanthomonas albilineans*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, n. 5, p. 445-458, 2003.

DUARTE, V.; EL TASSA, S. O. M. Taxonomia do gênero *Pectobacterium*. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 11, p. 1-41, 2003.

FEGAN, M.; PRIOR, P. Diverse members of the *Ralstonia solanacearum* species complex cause bacterial wilts of banana. **Australasian Plant Pathology**, v. 35, p. 93-101, 2006.

GARDAN, L.; DAUGA, C.; PRIOR, P.; GILLIS, M.; SADDLER, G. S. *Acidovorax anthurii* sp. nov., a new phytopathogenic bacterium which causes bacterial leaf-spot of anthurium. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 50, p. 235-246, 2000.

GARDAN, L.; STEAD, D. E.; DAUGA, C.; GILLIS, M. *Acidovorax valerianellae* sp. nov., a novel pathogen of lamb's lettuce [*Valerianella locusta* (L.) Laterr.]. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 53, p. 795-800, 2003.

GASPAROTO, L.; PEREIRA, J. C. R. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da bananeira no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 203-206.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Climate changes and plant diseases. **Scientia Agricola**, v. 65, special issue, p. 98-107, 2008.

GIORIA, R.; BRUNELLI, K. R.; KOBORI, R. F. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do tomate no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 95-128.

HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R. V.; ORSINI, J. A. M.; GHINI, R. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 27-73.

HUGHES, C. G. Gumming disease. In: MARTIN, J. P.; ABBOTT, E. V.; HUGHES, C. G. (Ed.). **Sugarcane diseases of the world**. Amsterdam: Elsevier, 1961. p. 54-76.

Jl, P.; ALLEN, C.; SANCHEZ-PEREZ, A.; YAO, J.; ELPHINSTONE, J. G.; JONES, J. B.; MOMOL, M. T. New diversity of *Ralstonia solanacearum* strains associated with vegetable and ornamental crops in Florida. **Plant Disease**, v. 91, p. 195-203, 2007.

JESUS JR., W. C.; MORANDI, M. A. B.; CHRISTIANO, R. S. C.; YAMAMOTO, P. T. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as principais doenças de citros no Estado de São Paulo In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 237-256.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças do tomateiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 607-626.

LIMA, R. P. M.; CARNEIRO, J. B.; SILVEIRA, S. F.; GAMA, M. C.; PEREIRA, M. G. Caracterização

de variedades de cana-de-açúcar quanto à resistência e tolerância ao raquitismo-da-soqueira.

Tropical Plant Pathology, v. 33 (supl.), p. 210, 2008.

LOPES, C. A.; REIS, A.; SHIMOYAMA, N. Y. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da batata no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 77-92.

MALAVOLTA JR., V. A.; ALMEIDA, I. M. G.; SUGIMORI, M. H.; RIBEIRO, I. J. A.; RODRIGUES NETO, J.; PIRES, E. J. P.; NOGUEIRA, E. M. C. Ocorrência de *Xanthomonas campestris* pv. *viticola* em videiras no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 25, n. 3, p. 262-264, 1999.

MALAVOLTA, V. M. A.; ALMEIDA, I. M. G.; MALAVOLTA JR., V. A.; DESTÉFANO, S. A. L. Podridão do rabanete, nova doença causada por bactéria do gênero *Acidovorax*. **Summa Phytopathologica**, v. 29, n. 1, p. 75, 2003.

MALAVOLTA JR., V. A.; BERIAM, L. O. S.; ALMEIDA, I. M. G.; RODRIGUES NETO, J.; ROBBS, C. F. Bactérias fitopatogênicas assinaladas no Brasil: uma atualização. **Summa Phytopathologica**, v. 34 (supl. especial), p. 1-88, 2008.

MASSOLA, N. S.; PULCINELLI, C. E.; JESUS JR., W. C.; GODOY, C. V. Doenças do fumo. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 361-371.

MINA, U.; SINHA, P. Effects of climatic change on plant pathogens. **Environews**, v. 14, n. 4, 2008. Disponível em: http://isebindia.com/05_08/08-10-1.html. Acesso em: 27 jul. 2009.

NASCIMENTO, A. R. P.; MARIANO, R. L. R. Cancro bacteriano da videira: etiologia, epidemiologia e medidas de controle. **Ciência Rural**, v. 34, n.1, p. 301-307, 2004.

NOGUEIRA, E. M. C. Moko ou murcha bacteriana da bananeira. **Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico**, v. 13, p. 23-27, 2005.

RODRIGUES NETO, J.; DESTÉFANO, S. A. L.; SHIMOYAMA, N. **A sarna da batata causada por *Streptomyces* spp.** Publicação Técnica ABBA. 2008. 31 p.

ROTT, P. *Xanthomonas albilineans*: cause of leaf scald of sugarcane. In: SWINGS, J.G.; CIVEROLO, E.L. (Ed.). **Xanthomonas**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 70-76.

SCHAAD, N. W. Emerging plant pathogenic bacteria and global warming. In: FATMI, M.; COLLMER, A.; IACOBELLIS, N. S.; MANSFIELD, J. W.; MURILLO, J.; SCHAAD, N. W.; ULLRICH, M. (Eds.). ***Pseudomonas syringae* pathovars and related pathogens: identification, epidemiology and genomics**. Dordrecht: Springer Science/Businesses Media, 2008. p. 369-376.

SCHAAD, N. W.; SUMNER, D. R. Influence of temperature and light on severity of bacterial blight of corn, oats and wheat. **Plant Disease**, v. 64, p. 481-483, 1980.

TAKATSU, A. Taxonomia de *Dickeya* – um novo gênero de bactéria fitopatogênica. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 15, p. 1-44, 2007.

WHITE, M. A.; DIFFENBAUGH, N. S.; JONES, G. V.; PAL, J. S.; GIORGI, F. Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, p. 11217-11212, 2006.

WILLEMS, A.; FALSÉN, E.; POT, B.; JANTZEN, E.; HOSTE, B.; VANDAMME, P.; GILLIS, M.; KERSTERS, K.; DE LEY, J. *Acidovorax*, a new genus for *Pseudomonas facilis*, *Pseudomonas delafieldii*, E. Falsen (EF) group 13, EF group 16, and several clinical isolates, with the species *Acidovorax facilis* com. nov., *Acidovorax delafieldii* comb. nov., and *Acidovorax temperans* sp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 40, n. 4, p. 384-398, 1990.

WILLEMS, A.; GOOR, M.; THIELEMANS, S.; GILLIS, M.; KERSTERS, K.; DE LEY, J. Transfer of several phytopathogenic *Pseudomonas* species to *Acidovorax* as *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* subsp. nov., comb. nov., *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Acidovorax avenae* subsp. *cattleyae*, and *Acidovorax konjaci*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 42, n. 1, p. 107-119, 1992.

Capítulo 5

**Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças do abacaxi no Brasil**

Aristoteles Pires de Matos

Davi Theodoro Junghans

Eduardo Chumbinho de Andrade

Paulo Ernesto Meissner Filho

O abacaxizeiro e o clima

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) é a terceira fruteira tropical mais produzida no mundo, depois da banana e dos citros. O Brasil está entre os três maiores produtores dessa fruteira, apesar de produzir basicamente para consumo interno.

Estudos de distribuição do gênero *Ananas* indicam que o centro de origem do abacaxizeiro é a região Amazônica, entre 10°N e 10°S de latitude e 55°L e 75°W de longitude, pelo fato de ser encontrado nessa região o maior número de espécies válidas, isto é, maior diversidade de espécies afins de *Ananas comosus*.

Apesar da grande diversidade de variedades locais, sobretudo na região Amazônica, nos plantios comerciais de abacaxizeiro no Brasil, há predomínio de poucas cultivares, como a Pérola, em aproximadamente 80 % da área, a Smooth Cayenne e a Jupi. Recentemente, novas cultivares foram lançadas, como a BRS-Imperial (CABRAL; MATOS, 2005), a BRS-Vitória (VENTURA et al., 2009) e a BRS-Ajubá (CABRAL; MATOS, 2008). A 'Gold' ou MD-2, desenvolvida no Havaí, foi introduzida no Brasil e é encontrada em alguns estados, como Ceará e Espírito Santo. À exceção da cultivar Gold, cuja produção é voltada para o mercado de exportação, o incremento de áreas plantadas com as novas cultivares é lento, principalmente pelo alto custo de implantação de novos materiais, geralmente obtidos por micropropagação em biofábricas.

O abacaxizeiro é originário de regiões com clima tropical, de temperatura elevada e distribuição irregular de chuvas, por isso, é considerada uma planta rústica e resistente às condições adversas. Todavia, os plantios comerciais de abacaxi são geralmente encontrados em áreas costeiras ou próximas à costa, e em ilhas onde os extremos de temperatura e umidade são menos severos do que em regiões de clima continental na mesma latitude (BARTHOLOMEW; KADZIMIN, 1977).

As regiões situadas entre os paralelos 25°N e 25°S são consideradas as mais favoráveis ao cultivo econômico do abacaxizeiro (GREEN, 1963). Estes limites podem ser estendidos (Tabela 1), pois se conhecem plantios situados a 30°45'N, em Assam, na Índia, onde se encontram os plantios de abacaxi mais setentrionais do mundo e de 35°58'S, em Port Elizabeth, África do Sul, com os mais meridionais, o que demonstra a capacidade de adaptação dessa planta.

A faixa de temperatura para o melhor desenvolvimento das raízes e folhas do abacaxizeiro situa-se entre 22 °C e 32 °C, com variação diária (entre dia e noite) de 8 °C a 14 °C. Entretanto, por ser uma cultura tropical,

o abacaxizeiro suporta temperaturas mais elevadas, pouco acima de 40 °C, como se observa em algumas das principais regiões produtoras do Brasil. Por outro lado, períodos relativamente longos de ocorrência de temperaturas muito superiores a 40 °C, associadas com alta insolação, podem causar queima das folhas e dos frutos, resultando em perdas na produção. O inverso também é verdadeiro, ou seja, temperaturas muito baixas, inferiores a 5 °C, apresentam efeitos negativos ao desenvolvimento e produção do abacaxizeiro (CUNHA, 1999).

Com referência à pluviosidade, embora o abacaxizeiro seja considerado uma planta relativamente pouco exigente em água, considera-se que regiões com um total de precipitação pluviométrica entre 1.000 e 1.500 mm por ano são favoráveis ao seu cultivo comercial, desde que bem distribuídos. Curiosamente, o abacaxizeiro é cultivado em regiões da África do Sul e do nordeste brasileiro, entre outras, onde a precipitação varia de 500 a 600 mm anuais, assim como em regiões da Costa Rica cuja pluviosidade é superior a 3.000 mm (CUNHA, 1999).

Tabela 1. Características climáticas de algumas regiões produtores de abacaxi do mundo.

Localidade	Latitude	Altitude (m)	Temperatura (°C)			Média de chuva (mm)
			máx.	mín.	média	
Johore (Malásia)	1°22'N	5	35,0	18,9	26,9	2.880
Nyombe (Camarões)	4,5°N	70	-	-	-	3.000
Buenos Aires (Costa Rica)	9°10'N	383	32,0	19,0	23,0	3.078
Arecibo (Porto Rico)	18°23'N	15	-	-	25,3	2.190
Wahiawa (Havaí)	21°20'N	200	20,0	14,3	22,6	1.062
Assam (Índia)	30°45'N	-	34	7	-	2.300 a 3.800
Thika (Quênia)	1°3'S	1.463	35,0	5,5	20,5	803
Coração de Maria (Bahia)	12°14'S	267	30,0	17,3	23,6	1.150
Itapemirim (Espírito Santo)	21°01'S	16	36,0	16,0	26,0	1.162
Rock Hampton (Austrália)	23°26'S	11	27,2	16,7	22,7	1.002
Port Elizabeth (África do Sul)	33°58'S	55	21,2	13,3	17,2	577
Itaberaba (Bahia)	12°33'S	250	30,8	19,3	24,6	762,6

Fontes: Bartholomew e Kadzimin (1977), INMET (2011) e Malézieux et al. (2003)

Além da temperatura e da pluviosidade, o fotoperíodo, a luminosidade, o vento e a umidade relativa também desempenham papel de importância sobre o desenvolvimento do abacaxizeiro. O fotoperíodo tem influência direta sobre a floração, haja vista que, em períodos de dias mais curtos, há uma maior ocorrência de floração natural precoce. No tocante à luminosidade, cujo ótimo para o abacaxizeiro situa-se entre 2.500 e 3.000 h / ano, sabe-se que a mesma influencia o desenvolvimento da planta, a produção e a qualidade do fruto de tal maneira que 20 % de redução na luminosidade resulta em 10

% de redução no rendimento. Com referência ao vento, mais especificamente os ventos fortes e secos, além de seu efeito direto sobre a parte aérea, o que pode resultar até em tombamento da planta, pode provocar também efeitos negativos, especialmente nos frutos, como a ocorrência de rachaduras decorrentes da baixa umidade relativa do ar (CUNHA, 1999).

O abacaxizeiro foi a primeira planta a ter o florescimento provocado artificialmente em escala comercial. Tal fato permitiu que essa cultura fosse explorada economicamente. A indução artificial da floração na cultura do abacaxi permite que as plantas floresçam ao mesmo tempo, com concentração da colheita num período curto e de melhor perspectiva econômica, além de escalonar a colheita por talhões e facilitar os tratamentos culturais e fitossanitários (CUNHA, 1983).

Com referência aos aspectos fitossanitários, o abacaxizeiro é afetado por diversas pragas e doenças, responsáveis por perdas significativas na produção. Dentre essas, no Brasil, destacam-se doenças de etiologia fúngica e viral, assim como anomalias de causa abiótica, que apresentam importância econômica significativa, incitando perdas na produção que variam de região para região, e dentro de uma mesma região a depender da época de produção. Em decorrência da importância que representam para a abacaxicultura brasileira, a fusariose, a podridão-do-olho, a murcha associada à cochonilha e a queima solar serão abordadas neste capítulo, no qual são apresentadas projeções quanto às possíveis alterações na incidência das mesmas face aos cenários das mudanças climáticas.

Doenças causadas por fungos e oomicetos

Fusariose

Fusarium subglutinans f. sp. *ananas*

A fusariose é o principal fator limitante à exploração comercial do abacaxi no Brasil. Capaz de atacar todas as partes da planta, causa podridões que se caracterizam pela exsudação de uma substância gomosa. O patógeno é responsável por perdas na produção de frutos superiores a 80 %, a depender do potencial de inóculo, da região e da época de produção. Esta variação dentro de determinada região está relacionada às condições ambientais durante o período compreendido entre o tratamento de indução floral e a colheita dos frutos (MATOS, 1999).

Estudos realizados na região produtora de abacaxi de Coração de Maria, Bahia, mostraram que quanto mais elevada a precipitação pluviométrica no

período compreendido entre a indução floral e a colheita dos frutos, maior será a incidência da fusariose. Os mesmos estudos mostraram também que quanto maior for o número de horas por semana, na faixa de temperatura compreendida entre 15 °C e 22 °C, depois do tratamento de indução floral, mais elevada será a incidência da fusariose nos frutos. Por outro lado, a predominância de períodos de ocorrência de temperaturas acima de 28 °C após a indução floral resultou em diminuição gradativa na incidência da doença, atingindo níveis insignificantes a temperaturas superiores a 35 °C. Esses resultados mostram, claramente, a influência da temperatura e da precipitação pluviométrica, durante o desenvolvimento da inflorescência, sobre a incidência da fusariose nos frutos do abacaxizeiro. Indicam também que a associação de temperaturas baixas com precipitações elevadas potencializa a incidência da doença (MATOS et al., 2000).

Partindo-se desses conhecimentos espera-se que a incidência da fusariose nos frutos deverá decrescer à medida em que a temperatura se situar acima de 35 °C e a pluviosidade diminuir em decorrência do aquecimento global, desde que essas condições ambientais predominem durante o desenvolvimento da inflorescência, tanto dentro das regiões produtoras tradicionais, quanto nas novas fronteiras agrícolas que venham a ser abertas para o cultivo do abacaxizeiro decorrentes do referido efeito climático.

Existem indicações de que a fusariose do abacaxizeiro teria surgido na Argentina ou Uruguai (LAVILLE, 1980), portanto em ambiente com temperaturas subtropicais. O histórico desta doença do abacaxi no Brasil mostra que a sua primeira constatação no País ocorreu em São Paulo, no início da década de 1960 (KIMATI; TOKESHI, 1964). Poucos anos depois, sua presença já era confirmada no Rio de Janeiro e em Minas Gerais. Na década de setenta, a fusariose foi gradativamente constatada em estados do Nordeste, e no início do século XXI, sua presença foi detectada em alguns estados produtores de abacaxi da região Norte. Em princípio, a dispersão da fusariose no Brasil é atribuída à movimentação de mudas doentes provenientes de regiões afetadas, o que resulta na introdução acidental da doença em regiões livres da mesma.

A dispersão de *Fusarium subglutinans* f. sp. *ananas* do Sudeste para o Nordeste e Norte do Brasil e seu consequente estabelecimento nessas regiões sugere ampla capacidade adaptativa do patógeno a novos ambientes, haja vista a diversidade de características climáticas das regiões produtoras afetadas, especialmente na região Norte, onde a maioria dos plantios comerciais de abacaxi localizam-se em regiões de temperaturas bastante elevadas, em comparação com o Sul e Sudeste do País. Tal situação, se confirmada, projetaria uma redução pouco significativa na incidência da

fusariose do abacaxizeiro, pelas mudanças climáticas, considerando-se que a cultura migraria para regiões que apresentam condições ambientais mais favoráveis ao seu desenvolvimento, e para as quais o patógeno já apresentaria alguma adaptação.

Podridão-do-olho

Phytophthora nicotianae var. *parasitica*

Phytophthora cinnamomi

Conhecida desde o final da década de 1920, a podridão-do-olho do abacaxizeiro está presente nas principais regiões produtoras de abacaxi do mundo, podendo causar perdas significativas a depender das condições edafoclimáticas. Embora *Phytophthora cinnamomi* seja eventualmente isolada de plantas sintomáticas, o principal agente causal da podridão-do-olho é o fungo *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*. A doença pode ocorrer nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura e/ou após o tratamento de indução floral. Solo contaminado, depositado nas folhas por salpicos de chuva ou da água de irrigação ou durante práticas culturais como a capina manual, escorre para a roseta foliar onde o patógeno incita a infecção na base das folhas mais novas que a folha “D”, provocando podridão e morte do olho do abacaxizeiro.

Os estudos realizados na Austrália (GOLDENCIRCLE, 2005) mostram que *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* tem sua incidência favorecida em solos sujeitos a encharcamento ou de drenagem deficiente e com pH acima de 5,5, pois ocorre de maneira altamente significativa em solo com pH 7,0 ou mais elevado. Com referência à temperatura, esse patógeno tem seu desenvolvimento ótimo entre 25 °C e 36 °C, razão pela qual a incidência de *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* em abacaxizais é bastante reduzida em condições de temperaturas inferiores a 25 °C. Por outro lado, plantios instalados em regiões onde ocorrem altas temperaturas e precipitações pluviais elevadas, como as verificadas no Norte do Brasil, apresentam geralmente as maiores incidências da podridão-do-olho. Plantios conduzidos sob irrigação também podem ser mais afetados pela doença, especialmente naqueles em que a irrigação é realizada sem critérios técnicos, com suprimento de água superior às exigências da cultura.

Por outro lado, a podridão-do-olho, causada por *Phytophthora cinnamomi*, tem ocorrência predominante em plantios instalados em regiões onde as temperaturas variam de 19 °C a 25 °C, não sendo capaz de causar danos a abacaxizeiros que se desenvolvem sob temperaturas inferiores a 15 °C

e apresenta desenvolvimento lento acima de 30 °C. O desenvolvimento de *Phytophthora cinnamomi* é nulo em temperaturas iguais ou superiores a 33 °C.

Com base nas características do patossistema abacaxi - *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*, é possível projetar uma elevação na incidência da podridão-do-olho em regiões produtoras onde atualmente essa doença não apresenta importância econômica, em função do aumento da temperatura situando-se na faixa entre 25 °C e 36 °C, decorrente do aquecimento global. Com referência à podridão do olho, causada por *Phytophthora cinnamomi*, patógeno de maior ocorrência em ambientes mais frios, pode-se projetar uma tendência de redução em sua incidência em função do aumento da temperatura para 30 °C ou acima, a menos que este patógeno detenha capacidade de adaptação a temperaturas mais elevadas.

Doença causada por vírus

Vírus da murcha

Pineapple mealybug wilt-associated virus

A doença conhecida como murcha-do-abacaxi é causada por um complexo viral denominado de *Pineapple mealybug wilt-associated virus*, PMWaV-1, PMWaV-2 e PMWaV-3 (SETHER et al., 2001, 2005). A principal forma de introdução dos vírus no campo é pelo plantio de mudas infectadas. No campo, estes vírus são transmitidos e disseminados pelas cochonilhas *Dysmicoccus brevipes* e *Dysmicoccus neobrevipes*, que ocorrem associadas a formigas. Estas desempenham um importante papel na disseminação de cochonilhas dentro e entre plantios, pois as protegem e carregam suas ninfas de uma planta à outra (SETHER et al., 1998; SANCHES et al., 2000). As plantas infectadas apresentam sintomas de avermelhamento foliar, as bordas das folhas ficam voltadas para baixo e ocorre seca de suas pontas. O PMWaV está disseminado por todas as áreas produtoras de abacaxi (SANCHES et al., 2000), fato que demonstra a capacidade de todos os agentes envolvidos com a doença em se adaptar a diferentes condições ambientais.

Ao projetar cenários para fitoviroses em decorrência das mudanças climáticas, é importante lembrar que as doenças poderão ser afetadas de diferentes maneiras, em função das alterações que ocorrerão na planta, no vírus e no vetor. No caso das viroses que possuem vetores, como o PMWaV, alterações de temperatura também irão influenciar o ciclo de vida e o comportamento do vetor e, dessa forma, permitir maior ou menor dispersão

das mesmas, que poderão até deixar de existir em uma região caso seu vetor não se adapte às novas condições. No caso específico do vírus da murcha, deve-se considerar as formigas, principais responsáveis pela disseminação da cochonilha vetora entre plantas.

A temperatura é o principal parâmetro climático que influencia a interação planta-vírus. A temperatura influencia o crescimento de uma planta e a maneira como esta responde à infecção, podendo ocasionar inclusive a quebra da resistência a determinadas viroses. Ela é o principal fator que determina a severidade dos sintomas e os danos econômicos provocados por uma virose, uma vez que afeta a taxa de replicação e o movimento do vírus na planta. Estudos com viroses de diferentes espécies arbóreas mostraram que geralmente os sintomas são mais severos em temperaturas entre 18 °C e 22 °C, embora algumas induzam sintomas mais intensos a 26 °C, enquanto que em temperaturas elevadas os sintomas desaparecem (BOS, 1978). A maioria das viroses apresenta menor taxa de replicação em temperaturas próximas a 30 °C e param de replicar em temperaturas próximas a 36 °C (KASSANIS, 1957).

Da mesma forma, a temperatura é o parâmetro climático chave na ocorrência e densidade de insetos vetores (BALE et al., 2002). Em regiões temperadas, estima-se que um aumento de 2 °C na temperatura possibilite que o inseto tenha até cinco ciclos de vida adicionais no mesmo período (YAMAMURA; KIRITANI, 1998). Os efeitos da temperatura sobre as cochonilhas vetoras da murcha-do-abacaxi são incertos, embora estudos conduzidos com outras espécies de cochonilhas vetoras de viroses em videira demonstraram que o aumento de temperatura ocasionou um incremento considerável no número de plantas infectadas em virtude do aumento da população de cochonilhas no campo (BOUDON-PADIEU; MAIXNER, 2007).

Diante do cenário de mudanças nos parâmetros climáticos, principalmente o aumento de temperatura e a redução da precipitação em todas as regiões produtoras brasileiras, é esperado que estas alterações favoreçam as populações de insetos (cochonilha e a formiga a ela associada), assim como o vírus. Este efeito deverá ocorrer principalmente nas regiões Sul e Sudeste, pois as temperaturas mais elevadas no inverno em torno de 2 °C a 3 °C em 2050 (IPCC, 2007; MARENGO, 2007) possibilitarão condições mais favoráveis à reprodução dos insetos, assim como uma maior taxa de replicação e acúmulo viral na planta. Nestas condições, haverá um maior potencial de inóculo, que favorecerá uma disseminação mais rápida do vírus nas estações quentes do ano.

Por outro lado, é possível que os efeitos climáticos tragam impactos menores às regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde as temperaturas

médias atuais ao longo do ano já são favoráveis ao desenvolvimento dos agentes desta virose. O incremento esperado de até 4 °C na temperatura da região Norte, por exemplo, não será favorável, podendo até causar um impacto negativo, principalmente para o vírus que em temperaturas mais elevadas terá sua replicação e o conseqüente acúmulo na planta reduzidos. Entretanto, os menores índices pluviométricos previstos para estas regiões favorecem o aumento da população e da atividade vetora da cochonilha.

Entre as mudanças climáticas previstas, a alteração nos níveis de CO₂ no mundo tende a favorecer as plantas. Diversos estudos têm demonstrado que a elevação em duas vezes nos níveis atuais de CO₂ incrementa em até 33 % a produção das plantas com metabolismo C3 e em até 10 % as C4 (KIMBALL, 1985; CURE; ACOCK, 1986). Entretanto, como o abacaxizeiro é uma planta com metabolismo do tipo CAM, não se sabe se este incremento na produção de biomassa também ocorrerá, e se irá compensar as perdas devidas às viroses e à elevação da temperatura e da redução da precipitação.

Doença abiótica

Queima solar

Também chamada de escaldadura, a queima solar do fruto é um problema de origem abiótica, decorrente da exposição excessiva de um dos lados do fruto aos raios de sol, principalmente nas últimas semanas antes da colheita quando coincide com a época mais quente do ano com temperaturas do ar ³ 32 °C (BELL et al., 2006), que ocorre em todas as regiões produtoras de abacaxi principalmente quando a colheita é realizada em épocas quentes. A queima solar é mais intensa quando há tombamento do fruto decorrente da falta de sustentação do pedúnculo, seja pela deficiência na adubação potássica ou pela deficiência hídrica. A exposição ao sol leva ao aquecimento exagerado na casca e na região da polpa logo abaixo desta. A queima solar se caracteriza pela descoloração na casca e translucidez antecipada na polpa. Em estágio avançado, a casca pode assumir uma coloração marrom e a polpa adquire uma consistência esponjosa (MATOS, 2000). A queima solar deprecia a qualidade do fruto, pode causar grandes perdas de produção e até inviabilizar o cultivo do abacaxizeiro.

Para controle da queima solar são indicadas algumas medidas culturais, como o deslocamento da colheita para períodos menos favoráveis, ou seja, com temperaturas amenas e menor radiação solar, por meio da mudança da data de plantio e do tratamento de indução floral (TIF). Essa alternativa é mais indicada na cultura do abacaxi irrigado ou em áreas onde a precipitação ao

longo do ano possibilite plantios em qualquer época, mas deve considerar os riscos da indução floral natural, que ocorre em dias curtos e de menor temperatura. Atualmente a maioria dos plantios de abacaxi é feita em regime de sequeiro, quando o plantio ocorre no final da estação seca e início da estação chuvosa, pois a maior disponibilidade de umidade no solo favorece o estabelecimento do sistema radicular e o crescimento inicial mais rápido das plantas (REINHARDT et al., 2000).

Uma alternativa de controle de maior aplicabilidade é o direcionamento das linhas de plantio no sentido leste-oeste, acompanhando a trajetória do sol, de forma que a sombra de uma planta proteja a planta vizinha na mesma linha de plantio. Outras alternativas incluem a proteção da infrutescência, principalmente do lado do sol poente. Esta pode ser feita com capim resultante de capina, com papel jornal ou com as folhas da própria planta. Neste caso, três métodos podem ser usados: a) levantar as folhas mais compridas em volta do fruto e amarrá-las acima do mesmo com um cordão; b) fincar piquetes ao longo das linhas de plantio, distantes 2,5 a 3,0 m uns dos outros, por onde são passados e atados cordões paralelos que servem para suspender e sustentar as folhas na posição vertical, em volta dos frutos; c) sem destacar da planta, rasgar a maior folha ao meio, até a metade de seu comprimento, e com suas duas partes envolver as demais folhas, que são levantadas em volta do fruto e amarradas acima da coroa. Sob condições climáticas favoráveis à ocorrência da queima-solar, a proteção deve ser realizada logo que o fruto estiver formado.

Apesar de ainda não ser utilizado no Brasil, a proteção do fruto pode ser obtida com suspensões de argila (talco, bentonita ou caulim), que têm sido utilizadas em outros países, como Austrália, África do Sul e Costa Rica, para controle da queima solar do fruto do abacaxizeiro (ROHRBACH; JONHSON, 2003; BELL et al., 2006).

Entre os fatores climáticos que vêm sendo alterados pela atividade antrópica, é de se esperar que o aumento da concentração de CO₂ atmosférico e o aumento ou a redução na precipitação (exceção quando a redução nas chuvas ocorrer na fase pré-colheita) terão pouca influência na queima solar, por esta ser de origem abiótica. Por outro lado, a elevação na temperatura acima de 32 °C poderá elevar a incidência da queima solar nas regiões tradicionais de cultivo do abacaxizeiro, sobretudo nos períodos de verão.

Referências

BALE, J. S.; MASTERS, G. J.; HODKINSON, I. D.; AWMACK, C.; BEZEMER, T. M.; BROWN, V. K.; BUTTERFIELD, J.; BUSE, A.; COULSON, J. C.; FARRAR, J.; GOOD, J. E. G.; HARRINGTON,

- R.; HARTLEY, S.; JONES, T. H.; LINDROTH, R. L.; PRESS, M. C.; SYMRNIOUDIS, I.; WATT, A. D.; WHITTAKER, J. B. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperatures on insect herbivores. **Global Change Biology**, v. 8, p. 1-16, 2002.
- BARTHOLOMEW, D. P.; KADZIMIN, S. B. Pineapple. In: ALVIM, P. de T.; KOSLOWSKI, T. T. **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. p. 113-156.
- BELL, D.; ORTIZ, V. R.; SCOTT, C.; PHILLIPS, N. Surround® crop protectant – for the reduction of sunburn damage and heat stress in pineapple. **Acta Horticulturae**, v. 702, p.179-184, 2006.
- BOS, L. **Symptoms of virus diseases in plants**. 3. ed. rev. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1978. 225 p.
- BOUDON-PADIEU, E.; MAIXNER, M. Potential effects of climate change on distribution and activity of insect vectors of grapevine pathogens. In: COLLOQUE INTERNATIONAL ET PLURIDISCIPLINAIRE SOUS L'ÉGIDE DE LA CHAIRE UNESCO VIN ET CULTURE, 2007, Dijon. **Actes...** Paris: Unesco, 2007. p. 23.
- CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P. de. **Imperial, nova cultivar de abacaxi**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado Técnico, 114).
- CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P. de. **BRS Ajubá, nova cultivar de abacaxi**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2008. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado Técnico, 126).
- CUNHA, G. A. P. da. Controle da época de produção do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, v. 19, n. 195, p. 29-32. 1983.
- CUNHA, G. A. P. da. Aspectos agroclimáticos. In: CUNHA, G.A.P. da; CABRAL, J.R.S., SOUZA, L.F. da S. (Org.). **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 53-66.
- CURE, J. D.; ACOCK, B. Crops response to carbon dioxide doubling: a literature survey. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 38, p.127-145, 1986.
- GOLDENCIRCLE. Phytophthora root rot and heart rot. In: **Pineapple best practices manual**. 2005. Disponível em: <<http://www.goldencircle.com.au/corporate/documents/15PhytophthoraRootRotandHeartRot000.doc#Toc125448955>>. Acesso em: 07 out. 2009.
- GREEN, G. C. The pineapple plant. In: WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **The effect of weather and climate upon the keeping quality of fruit**. Geneva: WMO, 1963. p. 136-180. (Technical Note, 53).
- INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>
- IPCC. **Climate change: the physical science basis: summary to policymakers**, Genebra, 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2fen07.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2007.
- KASSANIS, B. Effects of changing temperature on plant virus disease. **Advances in Virus Research**, v. 4, p. 221-241, 1957.
- KIMATI, H.; TOKESHI, H. Nota sobre a ocorrência de *Fusarium* sp. causando resinose fúngica em abacaxi. **Revista de Agricultura**, v. 39, n. 3, p. 131-133, 1964.
- KIMBALL, B. A. Adaptation of vegetation and management practices to a higher carbon dioxide world. In: STRAIN, B. R.; CURE, J. D. (Ed.). **Direct effects of increasing carbon dioxide on vegetation**. Washington: US Department of Energy, 1985. p. 185-204.
- LAVILLE, E. La fusariose de l'ananas au Brésil. I – synthèse des connaissances actuelles. **Fruits**, v. 35, n. 2, p. 101-113, 1980.
- MALÉZIEUX, E. CÔTE, F.; BARTHOLOMEW, D. P. Crop environment, plant growth and physiology. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAUL, R. E.; RÖHRBACH, K. G. (Ed.). **The pineapple: botany, production and uses**. Oxon: CAB International, 2003. p. 69-107.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. **Caracterização de clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro para o século XXI**: sumário técnico. Brasília, DF: SBF: DCBio, 2007. 50 p.

MATOS, A. P. de. Doenças e seu controle. In: CUNHA, G. A. P. da; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. da S. (Org.). **O abacaxizeiro**: cultivo, agroindústria e economia. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 269-305.

MATOS, A. P. (Org.). **Abacaxi**: fitossanidade. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 77 p. (Frutas do Brasil, 9).

MATOS, A. P. de; CABRAL, J. R. S.; SANCHES N. F.; CALDAS, R. C. Effect of temperature and rainfall on the incidence of *Fusarium subglutinans* on pineapple fruits. **Acta Horticulturae**, n. 529, p. 265-272. 2000.

REINHARDT, D. M.; SOUZA, F. L. DA S.; CABRAL, J. R. S. **Abacaxi - Produção**: aspectos técnicos. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 77 p. (Frutas do Brasil, 7).

ROHRBACH, K. G.; JONHSON, M. W. Pests, diseases and weeds. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAUL, R. E.; ROHRBACH, K. G. (Ed.). **The pineapple**: botany, production and uses. Oxon: CAB International, 2003. p. 203-251.

SANCHES, N. F.; MATOS, A. P. de; MEISSNER FILHO, P. E. Murcha associada à cochonilha. In: REINHARDT, D. H., SOUZA, L. F. DA S., CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi - Produção**: aspectos técnicos. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 62-65.

SETHER, D. M.; ULLMAN, D. E.; HU, J. S. Transmission of pineapple mealybug wilt-associated virus by two species of mealybug (*Dysmicoccus* spp.). **Phytopathology**, v. 88, p.1224-1230, 1998.

SETHER, D. M.; KARASEV, A. V.; OKUMURA, C.; ARAKAWA, C.; ZEE, F.; KISLAN, M. M.; BUSTO, J. L.; HU, J. S. Differentiation, distribution and elimination of two different Pineapple mealybug wilt-associated viruses found in pineapple. **Plant Disease**, v. 85, p. 856-864. 2001.

SETHER, D. M.; MELZER, M. J.; HU, J. S. Diversity and mealybug transmissibility of Pineapple mealybug wilt associated viruses found in pineapple. **Plant Disease**, v. 89, p. 450-456. 2005.

VENTURA, J. A.; CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P. de; Costa, H. 'Vitória': new pineapple cultivar resistant to fusariosis. **Acta Horticulturae**, n. 822, 51-56, 2009.

YAMAMURA, K.; KIRITANI, K. A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. **Applied Entomology and Zoology**, v. 33, p. 289-298, 1998.

Capítulo 6

**Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre a gomose da acácia-negra no Brasil**

Álvaro Figueredo dos Santos

Celso Garcia Auer

Marcos Silveira Wrege

Edna Dora Martins Newman Luz

Introdução

A acácia-negra ou mimosa (*Acacia mearnsii*), pertence à família Mimosaceae, é nativa da Austrália, onde ocorre entre as latitudes 34° a 43° Sul, desde o nível do mar até aproximadamente 850 m de altitude. Essa espécie florestal é considerada a principal fonte de casca para a indústria de taninos vegetais no mundo. Estima-se que existam mais de 500 mil ha de área plantada com a espécie no mundo, estando os maiores plantios localizados na África do Sul e no Brasil (MORA, 2002).

No Brasil, a acácia-negra é a terceira espécie florestal mais plantada, sendo superada por eucalipto e pínus. Os plantios estão localizados no Estado do Rio Grande do Sul, em uma área superior a 150.000 ha, visando à produção de tanino, a partir da casca, ao uso da madeira para diversos fins, tais como a fabricação de papel e celulose, e à produção de chapas de aglomerados, de carvão e de lenha (FLEIG, 1993).

Apesar da importância da cultura da acácia-negra para o Estado do Rio Grande do Sul, somente a partir da década de 1990 é que as principais doenças foram estudadas mais detalhadamente. Como o melhoramento genético dessa espécie ainda não atingiu o nível de aprofundamento que vem sendo realizado para o eucalipto, é esperado que não ocorram modificações em relação às doenças que se manifestaram desde o início do cultivo até o momento. Acredita-se que nessas duas décadas já tiveram tempo de manifestar-se, tanto os patógenos que foram introduzidos com a cultura quanto aqueles que na co-existência no novo ambiente assim se tornaram.

As discussões principais sobre os efeitos do ambiente na expressão de doenças em plantas prendem-se, principalmente, às alterações que estão ocorrendo nos padrões climáticos mundiais (AYRES; LOMBARDEO, 2000). Segundo esses autores, tais alterações afetariam a incidência, a distribuição e a severidade das pragas florestais.

Principais doenças em acácia-negra

Gomose-de-Phytophthora
Phytophthora nicotianae (*Phytophthora parasitica*) e
Phytophthora boehmeriae

O principal problema fitossanitário da acácia-negra é a gomose-de-*Phytophthora*, que tem como agentes causais *Phytophthora nicotianae* (= *Phytophthora parasitica*) (SANTOS et al., 2005) e *Phytophthora boehmeriae*

(SANTOS et al., 2004). Essa doença, que havia sido assinalada como importante problema nas regiões produtoras da África do Sul (ROUX; WINGFIELD, 1997), acarreta prejuízos econômicos relevantes à cultura, por danificar a casca do tronco e, em casos mais extremos, causar a morte das árvores.

No Estado do Rio Grande do Sul, a gomose encontra-se disseminada nas áreas produtoras e em plantios comerciais em idade de corte (sete anos). Avaliações realizadas demonstraram que até 48 % dos indivíduos apresentavam sintomas da doença (SANTOS, dados não publicados). Santos e Luz (2007) constataram a predominância de *Phytophthora nicotianae*, que foi isolada de 100 % das amostras coletadas, enquanto que *Phytophthora boehmeriae* ocorreu em apenas 10 % das amostras.

Pode-se afirmar a existência de dois padrões de manifestação da doença nas plantações brasileiras de acácia-negra (SANTOS et al., 2007): 1) gomose basal, associada à *Phytophthora nicotianae*; e 2) gomose generalizada, associada à *Phytophthora boehmeriae* (Fig. 1).

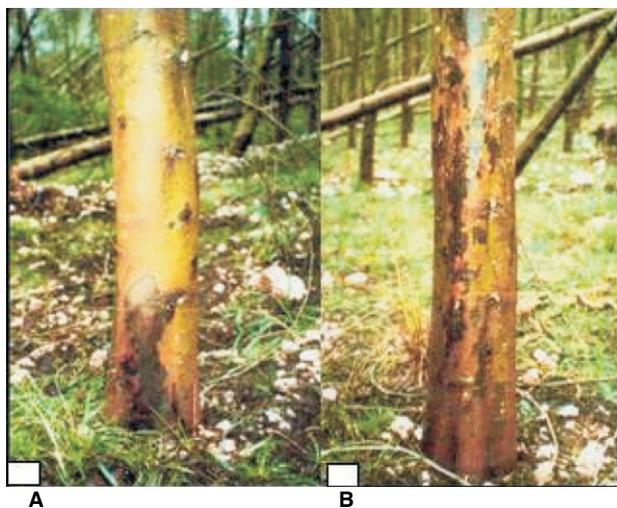


Fig. 1. Sintomas da gomose da acácia-negra: a) basal associada à *Phytophthora nicotianae* e b) generalizada característica de infecções de *Phytophthora boehmeriae*. Fonte: Santos e Luz (2007)

Gomose basal. A gomose basal ocorre na maioria das plantações brasileiras (Fig. 2) (SANTOS et al., 1998) e sul-africanas (ROUX; WINGFIELD, 1997), atingindo a porção do tronco que vai do colo até 0,5 m de altura e, à medida que se distancia do solo, há uma redução significativa na sua severidade.

O padrão de distribuição das lesões em troncos da gomose basal é típico de doenças causadas por espécies de *Phytophthora* que, primariamente, atacam a porção inferior do tronco bem próximo ao solo, como a região do colo e áreas adjacentes (AGRIOS, 1988). Algumas condições, como ferimentos

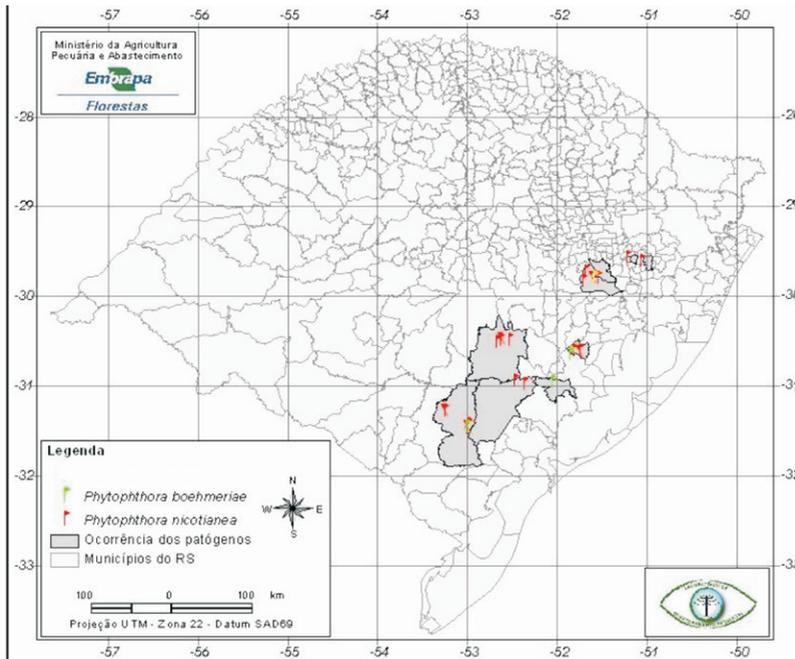


Fig. 2. Distribuição de *Phytophthora nicotianae* e *Phytophthora boehmeriae* nas plantações de acácia-negra no Estado do Rio Grande do Sul.

ocasionados por ferramentas agrícolas, acúmulo de matéria orgânica no solo e a presença de plantas daninhas promovem o aumento da umidade na periferia do tronco, favorecendo o desenvolvimento da doença na região do colo e nas suas proximidades (SANTOS, 2006). Algumas vezes, todavia, propágulos podem ser deslocados para porções superiores do tronco, por meio de respingos de chuva, e causar infecções nesses pontos.

Os isolados de *Phytophthora nicotianae* oriundos da acácia-negra apresentam crescimento micelial até 36 °C, com o maior diâmetro das colônias sendo observado entre 24 °C e 28 °C. Fisher et al. (2004) estudando isolados de *Phytophthora nicotianae* patogênicos ao lírio da paz (*Spathiphyllum wallisi*), constataram o crescimento micelial de isolados em até 37 °C.

Gomose generalizada. A gomose generalizada encontra-se em uma área limitada (Fig. 2). Essa doença ocorre em surtos, em anos chuvosos, associados aos ventos fortes. Conforme descrito por Santos et al. (1998), tem abrangência menor do que a gomose basal e as lesões distribuem-se generalizadamente ao longo do tronco até a altura de 10 m ou mais.

O padrão da gomose generalizada assemelha-se ao de outras doenças de tronco causadas por *Phytophthora* em outros patossistemas, tais como o cancro-do-tronco em seringueira (SANTOS, 2001). Tem sido observado que o aparecimento de lesões causadas por *Phytophthora boehmeriae* ocorre com maior frequência após chuvas durante vários dias consecutivos (SANTOS, 2001). Os longos períodos de molhamento no tronco favorecem a infecção

por essa espécie (SANTOS, 2001). A gomose de *Phytophthora* pode ter um comportamento diferenciado, ocorrendo nas porções mais elevadas do tronco se períodos chuvosos coincidirem com ventos frequentes e intensos. Nessas condições, os ventos podem provocar trincamentos na casca do tronco, que funcionam como portas de entrada ao patógeno. Essa situação, aliada às chuvas prolongadas que garantem a formação de filmes de água sobre a casca do tronco por longo tempo, possibilita que os zoósporos e os esporângios de *Phytophthora*, deslocados para alturas superiores do tronco pelos respingos de chuvas e ventos, germinem e causem infecções (SANTOS, 2001). Se as cascas permanecerem úmidas por longo período de tempo, as reinfecções por zoósporos e esporângios produzidos em outras lesões que escorrem pelo tronco são favorecidas. Normalmente se localizam em pontos com ranhuras e fendas e, dessa forma, em áreas maiores do tronco (Fig. 1B).

Os isolados de *Phytophthora boehmeriae* de acácia-negra apresentam crescimento micelial até 32 °C (SANTOS et al., 2007), portanto, temperaturas mais baixas tendem a favorecer o crescimento dessa espécie.

Impacto dos cenários climáticos futuros sobre a gomose da acácia-negra

Poucas são as doenças florestais no Brasil com informações epidemiológicas acerca dos efeitos da temperatura e umidade relativa sobre o desenvolvimento da relação patógeno-hospedeiro, de modo a possibilitarem a criação de modelos climáticos tanto para o momento quanto para cenários futuros. Frequentemente, os dados existentes reportam-se somente às curvas de crescimento do patógeno em condições *in vitro* ou em estufas de incubação. Assim, embora se possa traçar algumas previsões sobre o efeito das mudanças climáticas na gomose da acácia-negra, estas serão baseadas apenas na experiência prática com esse e outros patossistemas. No entanto, estudos mais aprofundados deverão ser realizados para confirmar ou não as hipóteses aqui levantadas.

A formação e a germinação dos esporângios e zoósporos, bem como o processo de infecção são regulados por diversos fatores ambientais, entre os quais a disponibilidade de água livre e de temperaturas adequadas. Tais fatores juntamente com os níveis de CO₂ na atmosfera são os principais envolvidos com as mudanças climáticas (BOLAND et al., 2004; GHINI; HAMADA, 2008).

É interessante ressaltar que as duas espécies identificadas como patógenos da acácia-negra, *Phytophthora nicotianae* e *Phytophthora boehmeriae*,

estão localizadas no grupo II das chaves taxonômicas de Waterhouse (1963/1970) e de Newhook et al. (1978), diferenciando-se uma da outra pelas seguintes características morfo-fisiológicas: caducidade (os esporângios de *Phytophthora nicotianae* são persistentes, enquanto os de *Phytophthora boehmeriae* são caducos); e temperatura limite de crescimento (os isolados de *Phytophthora boehmeriae* não apresentam crescimento a 32 °C, enquanto os de *Phytophthora nicotianae* crescem até 37 °C). Esses aspectos são altamente relevantes na epidemiologia das gomoses da acácia-negra. Assim, qualquer alteração significativa nas temperaturas e no regime de chuvas implicarão em mudanças na incidência e severidade do ataque de *Phytophthora* em acácia-negra.

Sobre as alterações do clima, as principais variáveis climáticas agrônômicas com previsão de mudanças são a temperatura do ar e o regime de chuvas. Na região Sul do Brasil, conforme registros históricos observados nos últimos 30 anos, houve um ligeiro aumento do volume de precipitações. A maior alteração, contudo, tem ocorrido na distribuição das chuvas ao longo do ano, resultando em alguns períodos com excesso de chuvas e outros com estiagens. Com relação à temperatura do ar, nos últimos anos, tem-se observado maior aumento das temperaturas mínimas (normalmente ocorrem à noite, durante a madrugada) em relação aos pequenos aumentos das temperaturas máximas (que normalmente ocorrem no decorrer do dia) (STEINMETZ et al., 2007). As geadas têm sido cada vez menos frequentes durante o inverno, mas ocorrem e com grande severidade. As mudanças têm sido mais perceptíveis nas estações intermediárias (primavera e outono), em virtude das alterações nas datas de chegada da primavera e de ocorrência das últimas geadas em cada ano. A cada ano as baixas temperaturas estão ocorrendo mais tarde, ampliando o outono, enquanto as últimas geadas, mais cedo, encurtando o período de maior frio que caracteriza o inverno na região Sul. Essas mudanças, se mantidas no futuro, tenderão a impactar os patógenos, os hospedeiros e a incidência e severidade das gomoses.

Para a gomose basal, que não está associada a surtos, ocorrendo regularmente durante todo o ano, considerando a faixa de temperatura entre 24 °C e 28 °C como ótima para o desenvolvimento do patógeno, principalmente em períodos de elevada precipitação, imagina-se que com a permanência das alterações climáticas que estão ocorrendo e que se desenham para o futuro, essa doença seria favorecida. O patógeno encontraria condições propícias ao seu desenvolvimento e tenderia a aumentar os danos à *Acacia mearnsii*, por conta do aumento da temperatura na região Sul. Porém, em algumas das regiões nas quais a espécie florestal é cultivada no Rio Grande do Sul (Fig. 3), poderão ocorrer estiagens relacionadas ao padrão de chuvas,

principalmente no verão. Por outro lado, existem regiões com microclimas que são favoráveis à disseminação de doenças. Assim, localidades dentro da região Sul que apresentam temperaturas na faixa que favoreça ao patógeno e sob regime mais intenso de precipitação pluviométrica, que possam condicionar temperaturas e umidade do solo adequadas, poderão ter ataques mais intensos da gomose basal.

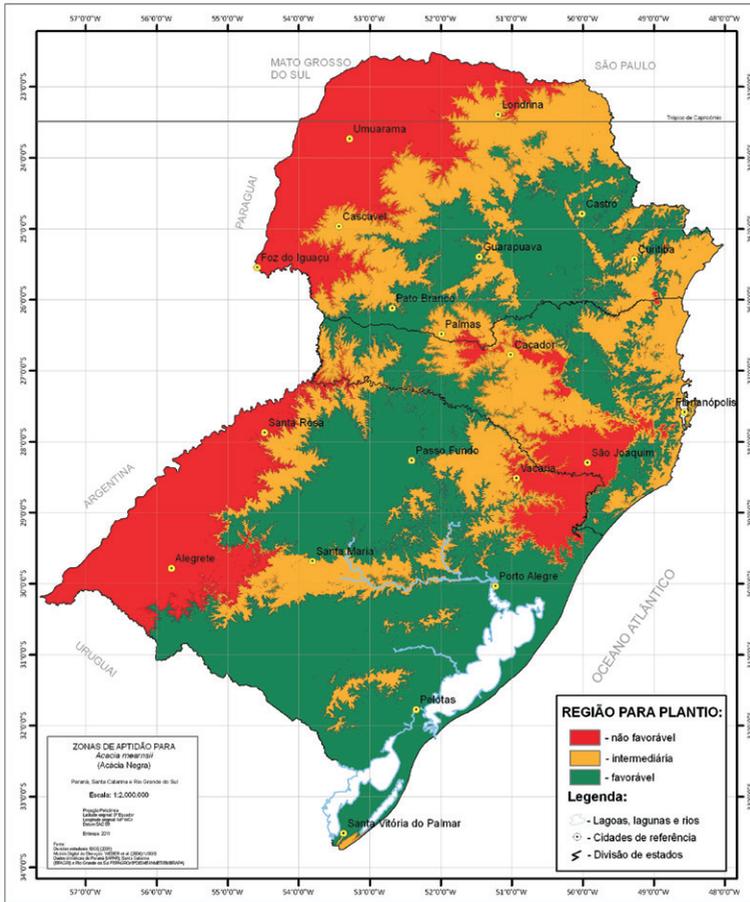


Fig. 3. Regiões com clima favorável à produção de acácia-negra na região Sul do Brasil. Fonte: Higa et al. (2009).

A gomose generalizada ocorre em surtos, predominantemente em anos chuvosos, associados a ventos fortes, que provocam trincamentos na casca do tronco, favorecendo a entrada do patógeno. Consequentemente, a doença é altamente dependente da chuva, que não só favorece a infecção e as re-infecções como contribuem na dispersão do inóculo dentro da plantação. Considerando a faixa de temperatura entre 20 °C e 28 °C como ótima e 32 °C como letal ao desenvolvimento de *Phytophthora boehmeriae*, é possível constatar que essa espécie é favorecida por uma faixa de temperaturas mais baixas do que *Phytophthora nicotianae*, o que, pelo que se desenha no cenário climático será cada vez mais rara e por períodos bem mais curtos para a região Sul do

Brasil. Imagina-se que, se as temperaturas durante o verão forem cada vez mais elevadas, existirá a tendência desse patógeno ser prejudicado, ficando com a sua ocorrência limitada a anos com maior precipitação pluviométrica, durante períodos prolongados (vários dias) para manutenção da casca das árvores saturadas de umidade. Como o vento tem se mostrado também essencial à disseminação do patógeno e ao favorecimento da infecção, os surtos de gomose generalizada tenderiam a ser cada vez mais raros.

A diferença entre os dois padrões de gomose parece estar ligada ao sítio de infecção da planta: solo-base da planta ou tronco. De acordo com o efeito dos fatores temperatura e umidade nesses sítios, as condições serão adequadas a um ou ao outro patógeno. Pode-se levantar a hipótese de que temperaturas elevadas favorecerão *Phytophthora nicotianae* em detrimento a *Phytophthora boehmeriae*, enquanto que chuvas com ventos fortes favorecerão a dispersão do último pela caducidade dos esporângios. Os ventos fortes são muito comuns nas regiões produtoras de acácia-negra no Rio Grande do Sul.

Considerações finais

No caso das gomoses em acácia-negra, as alterações no clima poderão favorecer a incidência e a severidade da doença que atualmente ocorre em baixa incidência e de forma localizada em plantios comerciais no Brasil. Altas temperaturas, padrões de chuva e excesso de precipitação poderão favorecer o aumento na distribuição espacial principalmente da gomose basal no Estado do Rio Grande do Sul.

Entre os dois patógenos, *Phytophthora nicotianae* e *Phytophthora boehmeriae*, que apresentam padrões sintomatológicos distintos, espera-se aumento na distribuição de *Phytophthora nicotianae*, tanto em função do aumento das temperaturas médias durante todo o ano, como pela sua localização, próximo ao solo, onde ocorrem condições favoráveis de temperatura e umidade. Quanto a *Phytophthora boehmeriae*, que atualmente apresenta menor distribuição que *Phytophthora nicotianae*, a tendência será de ter a sua ocorrência localizada apenas em regiões de microclimas com alta umidade relativa do ar e a presença de chuvas com fortes rajadas de vento e, onde, as temperaturas no verão não ultrapassam 32 °C.

Referências

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Academic Press, 1988. 803 p.

AYRES, M. P.; LOMBARDERO, M. J. Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 262, n. 3, p. 263-286, 2000.

BOLAND, G. J.; MELZER, M. S.; HOPKIN, H.; HIGGINS, V.; NASSUTH, A. Climate change and plant diseases in Ontario. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v. 26, n. 3, p. 335-350, 2004.

FISHER, I. H.; MARTINS, M. C.; LOURENÇO, L. A.; ABREU, F. M. Ocorrência de *Phytophthora parasitica* em lírio da paz no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 690, 2004.

FLEIG, F. D. **Análise econômica de sistema de produção com acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul**. 1993. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 330 p.

HIGA, R. C. V.; WREGGE, M. S.; MOCHIUTTI, S.; MORA, A. L.; HIGA, A. R.; SIMON, A. A. Acácia-negra. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. p. 313-319.

MORA, A. L. **Aumento da produção de sementes geneticamente melhoradas de *Acacia mearnsii* De Wild. (acácia-negra) no Rio Grande do Sul**. 2002 140f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NEWHOOK, F. J.; WATERHOUSE, G. M.; STAMPS, D. J. **Tabular key to the species of *Phytophthora* de Bary**. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1978. 20 p. (Mycological Papers, n. 143).

ROUX, J.; WINGFIELD, M. J. Survey and virulence of fungi occurring on diseased *Acacia mearnsii* in South-Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 327-336, 1997.

SANTOS, A. F. dos. O impacto das doenças em plantações florestais da região sul do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, v. 31, suplemento, p. 46-48, 2006.

SANTOS, A. F. dos. Gomose de *Phytophthora* da acácia-negra. In: LUZ, E. D. M. N.; SANTOS, A. F. dos; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J. L. **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Campinas: Livraria Rural, 2001. p. 67-90.

SANTOS, A. F. dos; LUZ, E. D. M. N. A gomose da acácia-negra no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p. 113-118, 2007.

SANTOS, A. F. dos; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. **Caracterização de tipos de gomose da acácia-negra (*Acacia mearnsii*) no sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. p. 31-40. (Boletim de Pesquisa Florestal, 37).

SANTOS, A. F. dos; LUZ, E. D. M. N.; BEZERRA, J. L. Etiologia e manejo das principais doenças da acácia-negra que ocorrem no Brasil. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 15, p. 335-359, 2007.

SANTOS, A. F. dos; LUZ, E. D. M. N.; SOUZA, J. T. *Phytophthora boehmeriae* causando a gomose da acácia-negra no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29 (Supl.), p.144, 2004.

SANTOS, A. F. dos; LUZ, E. D. M. N.; SOUZA, J. T. *Phytophthora nicotianae*: agente etiológico da gomose da acácia-negra no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 81-84, 2005.

STEINMETZ, S.; WREGGE, M. S.; HERTER, F. G.; REISSER JÚNIOR, C. Influência do aquecimento global sobre as temperaturas máximas, mínimas e médias anuais na Região de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

WATERHOUSE, G. M. **Key to the species of *Phytophthora* de Bary**. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1963. 22 p. (Mycological Papers, 92).

WATERHOUSE, G. M. **The genus *Phytophthora* de Bary: diagnoses (or descriptions) and figures from the original papers**. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1970. 59 p. (Mycological Papers, 122).

Capítulo 7

**Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças da alface no Brasil**

Romulo F. Kobori

Kátia R. Brunelli

Ricardo Gioria

Introdução

A alface (*Lactuca sativa*) é uma das hortaliças folhosas mais comercializadas e consumidas no Brasil e no mundo. Por ser fonte de vitaminas, principalmente a do tipo A, e sais minerais, ter boa digestibilidade e baixo teor calórico é uma espécie presente na maioria das dietas. As cultivares de alface são divididas em vários grupos ou tipos, de acordo com suas características morfológicas. No Brasil, os grupos mais comuns são os de folhas tipo lisa com formação ou não de cabeça, crespa, americana e mimosa. Além disso, possuem coloração que varia do verde claro ao escuro, além das arroxeadas e vermelhas. Possuem também brilho nas folhas variando de intensidade dentro de cada tipo. Estima-se que existem hoje no País mais de 35 mil ha ocupados com esta hortaliça com uma produção anual em torno de 290.000 t.

A alface originou-se de espécies silvestres de clima temperado, principalmente na região sul da Europa e Ásia Ocidental, sendo, portanto, uma planta típica de clima ameno. A temperatura ótima para a germinação das sementes ocorre ao redor de 20 °C. Acima de 30 °C há a formação de plântulas anormais, morte da semente e desuniformidade de estande. Os dias longos associados a temperaturas superiores a 22 °C aceleram o desenvolvimento vegetativo antecipando a fase reprodutiva nas cultivares selecionadas sob clima ameno. A indução de florescimento acarreta na redução do tamanho das plantas e no acúmulo de látex, o que torna as folhas amargas, rígidas e de tamanho reduzido, depreciando sua comercialização. Temperaturas elevadas, acima daquelas indicadas para a cultivar, favorecem a queima de bordo, perda de meristema apical e fissuras nas hastes decorrentes da lenta translocação de cálcio e micronutrientes, especialmente o boro (FILGUEIRA, 2000).

O melhoramento genético realizado nos trópicos, principalmente por pesquisadores brasileiros, tem produzido variedades cada vez mais adaptadas ao ambiente tropical com ganhos consideráveis relacionados à tolerância ao calor. Algumas cultivares do grupo das lisas suportam temperaturas ao redor de 28 °C sem que ocorra o florescimento prematuro. O mesmo ocorre para algumas do tipo crespa e americana sob temperatura ao redor de 26 °C. Aliada a esta tolerância ao florescimento, hoje existem muitas cultivares com adequada resistência aos sintomas de deficiência de cálcio e boro. Os trabalhos de seleção têm permitido a produção de plantas com boa qualidade em épocas ou regiões mais quentes com elevada tolerância ao florescimento prematuro.

Esta adaptabilidade ou rusticidade, associada à possibilidade de cultivos sucessivos, ciclo da planta mais reduzido e baixo custo de produção, faz com que a alface seja facilmente cultivada por pequenos produtores em diferentes

regiões do País, enfatizando sua importância econômica e social. Outro aspecto importante desta folhosa é que sua produção, além de regionalizada, concentra-se em regiões próximas a grandes cidades ou capitais, constituindo pólos de cinturões verdes, isso devido à demanda por produtos frescos e pelo fato do produto ser perecível.

Mudanças climáticas

As cartas climáticas produzidas pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG) e baseadas em dados observados de temperatura e precipitação (médias de 1961 a 1990) e projeções futuras realizadas pelo IPCC (2007) evidenciam um provável aquecimento global e mudanças no comportamento pluviométrico no País.

As mudanças relacionadas à temperatura e umidade, se confirmadas, poderão prejudicar fisiologicamente a cultura, comprometendo o cultivo em áreas hoje consideradas importantes. Estas terão influência também sobre os patógenos que ocorrem na cultura, favorecendo ou desfavorecendo etapas de seu ciclo vital, como as taxas de reprodução e de infecção e a colonização.

Para facilitar as análises e discussões, as principais áreas de plantio desta folhosa foram agrupadas em nove regiões (Figura 1), de acordo com suas similaridades climáticas no cenário atual e no previsto para o período de 2071-2100 (Tabelas 1 e 2). Ressalta-se que para as análises são considerados o atual quadro fitopatológico e de manejo da cultura.

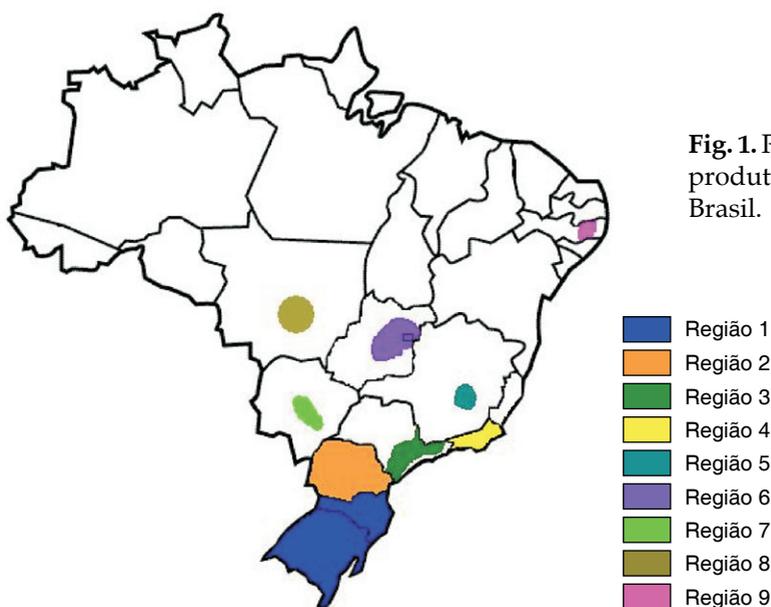


Tabela 1. Evolução da temperatura média mensal (°C) ocorrida no período referência (1961 a 1990) e as projetadas para 2071-2100 em nove importantes regiões produtoras de alface.

Meses	Região 1 RS e SC		Região 2 PR		Região 3 Sul e Sudoeste de SP		Região 4 Região serrana do Rio de Janeiro (RJ)		Região 5 Cinturão verde de Belo Horizonte (MG)		Região 6 GO e DF		Região 7 Região de Campo Grande (MS)		Região 8 Chapada dos Guimaráes (MT)		Região 9 Zona da Mata de Pernambuco (PE)	
	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100
Janeiro	18-28	22-28	20-26	22-28	22-26	24-28	22-28	24-30	22-24	26-28	22-24	26-28	24-28	28-30	24-28	28-30	24-26	26-30
Fevereiro	20-26	22-30	20-26	24-30	22-26	24-28	22-28	24-30	22-24	26-28	22-24	26-28	24-28	28-30	24-26	28-30	24-26	26-28
Março	18-26	20-28	20-26	22-28	20-26	24-28	20-28	26-30	22-24	26-28	22-24	26-28	24-26	28-30	24-28	28-30	24-26	26-28
Abril	16-22	18-26	16-24	20-26	18-22	22-26	18-26	24-28	20-22	24-28	22-24	26-28	22-26	26-30	26-30	28-32	22-24	24-28
Maiο	12-20	16-22	14-20	18-24	16-20	20-24	18-24	20-28	18-22	22-24	20-22	24-26	20-24	24-28	24-26	28-30	22-24	24-28
Junho	10-16	14-20	10-18	16-22	16-20	18-22	18-22	20-26	18-20	20-24	18-22	22-26	20-22	24-26	22-24	26-28	20-22	24-26
Julho	10-16	14-20	12-18	16-22	14-18	18-22	18-22	18-26	16-18	22-24	18-22	22-26	20-22	24-26	22-26	28-32	20-22	24-26
Agosto	10-18	14-22	14-20	18-24	16-20	20-24	18-22	20-26	18-20	22-24	20-24	24-28	20-24	26-28	24-26	28-32	20-22	24-26
Setembro	12-18	16-22	14-22	18-26	16-20	20-24	18-24	20-26	18-22	24-26	22-24	26-30	22-24	26-28	24-28	30-32	20-22	24-26
Outubro	14-22	16-26	16-24	20-26	18-22	22-24	18-24	24-28	20-24	24-28	22-26	28-30	24-26	28-30	24-28	30-32	22-24	28-30
Novembro	16-24	18-28	18-24	20-28	20-22	22-26	20-26	24-28	22-24	26-28	22-24	26-28	24-26	28-30	26-28	30-32	24-26	26-30
Dezembro	16-26	20-28	18-26	22-28	20-24	22-26	20-26	24-30	20-24	26-28	22-24	26-28	24-26	28-30	24-26	28-30	24-26	26-30

Tabela 2. Evolução da precipitação pluviométrica média mensal (mm/mês) ocorrida no período referência (1961 a 1990) e as projetadas para 2071-2100 em nove importantes regiões produtoras de alface.

Meses	Região 1 RS e SC		Região 2 PR		Região 3 Sul e Sudoeste de SP		Região 4 Região serrana do Rio de Janeiro (RJ)		Região 5 Cinturão verde de Belo Horizonte (MG)		Região 6 GO e DF		Região 7 Região de Campo Grande (MS)		Região 8 Região da Chapada dos Guimaraes (MT)		Região 9 Zona da Mata de Pernambuco (PE)	
	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100
Janeiro	90-180	90-180	150-210	150-210	180-300	180-300	120-240	120-240	210-270	210-270	240-330	270-330	180-270	180-270	240-300	270-330	30-60	30-60
Fevereiro	90-210	120-210	150-180	150-180	150-240	150-240	90-180	90-180	120-180	120-180	180-270	210-270	150-210	150-210	240-300	240-330	60-90	30-60
Março	90-180	90-180	120-150	120-150	120-180	120-180	90-180	90-180	120-180	120-180	150-240	150-240	120-150	120-180	210-300	210-300	120-150	90-120
Abril	60-180	90-180	90-150	90-150	60-120	60-120	60-90	60-90	60-90	30-90	90-150	90-120	90-120	90-120	120-150	120-150	120-150	120-180
Maio	90-180	90-180	90-180	90-180	60-120	60-120	30-90	30-60	0-60	0-30	0-60	0-60	90-120	90-120	30-60	30-60	120-150	90-120
Junho	90-180	90-180	60-150	60-150	30-90	30-90	0-60	0-60	0-30	0-30	0-30	0-30	30-60	30-60	0-30	0-30	120-150	60-90
Julho	90-180	90-180	30-120	30-120	30-90	30-90	0-60	0-60	0-30	0-30	0-30	0-30	30-60	0-60	0-30	0-30	90-150	90-150
Agosto	90-180	90-180	30-150	30-150	30-90	30-90	0-60	0-60	0-30	0-30	0-30	0-30	30-60	30-60	0-60	0-60	30-90	30-90
Setembro	120-210	120-210	90-180	60-180	60-120	60-120	30-90	30-60	30-60	30-60	30-60	30-60	60-120	60-120	60-90	30-60	30-60	30-60
Outubro	90-210	90-210	120-210	120-210	120-150	120-150	60-120	60-120	90-120	90-120	120-180	120-180	120-210	120-210	120-180	120-180	30-60	30-60
Novembro	90-180	90-210	120-180	120-210	120-180	120-180	90-180	90-180	210-240	180-240	180-270	180-270	120-180	120-180	180-240	180-240	0-30	0-30
Dezembro	60-180	60-180	150-210	150-240	150-270	150-270	120-270	120-270	240-300	210-300	270-330	270-330	180-240	180-240	240-330	240-330	0-30	0-30

Região 1 - Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A temperatura mensal aumentará em média 4 °C durante o ano. A temperatura média nos meses de janeiro, março, novembro e dezembro chegará a 28 °C em relação à temperatura de referência (1961-1990). Não haverá alterações significativas no volume de precipitações ao longo do ano. Nesta região, o cultivo da alface poderá ocorrer durante o ano todo, mas atenção especial deverá ser dada aos meses de dezembro a março, onde as temperaturas estarão no limiar das atualmente toleradas para a cultura.

Região 2 - Estado do Paraná. Situação similar ao que ocorrerá na região 1, com aumento médio de 4 °C ao longo do ano. Com relação à precipitação pluviométrica, haverá acréscimo ao redor de 30 mm nos meses de novembro e dezembro. Nos demais, a precipitação média continuará como a atual. Irrigação suplementar deverá ser adotada como atualmente.

Região 3 - Regiões sul e sudeste do Estado de São Paulo. É uma das mais importantes regiões de cultivo da alface no Brasil, tanto em plantios de campo como em hidroponia. Assim, como detalhado nas regiões 1 e 2, as temperaturas médias mensais aumentarão em média 4 °C ao longo de todo o ano. Estas chegarão a 26 °C e extrapolarão os 28 °C de janeiro a março. Nestes meses, o cultivo de alface só será possível com genótipos portadores de resistência a altas temperaturas. Problemas como perda de meristema associado à deficiência de cálcio e micronutrientes, em especial boro, e acúmulo de látex nas folhas serão limitantes. Assim como o ocorrido nas regiões 1 e 2, haverá manutenção do atual volume de chuva, sendo necessária suplementação de água.

Região 4 - Região serrana do Estado Rio de Janeiro. Responsável pelo fornecimento de folhosas para a capital fluminense e algumas cidades de Minas Gerais. Nos meses de dezembro a março, a temperatura excederá aquela hoje tolerada pela cultura. Haverá problemas de indução precoce de florescimento e sintomas drásticos de deficiência de cálcio e micronutrientes. Mesmo as alfaces do tipo lisa (um dos tipos mais consumidos na região) apresentarão sintomas decorrentes da elevação térmica. Nos meses de maio a setembro ainda será possível a produção da alface. Há uma clara tendência de manutenção do atual regime pluviométrico.

Região 5 - Região do Cinturão verde da cidade de Belo Horizonte. Localidade onde se concentra a maior produção de folhosas de Minas Gerais. É responsável pelo abastecimento da capital e de toda a região metropolitana de Belo Horizonte. As maiores elevações térmicas ocorrerão nos meses de julho a setembro, com aumento de até 6 °C. Mesmo com o acentuado aumento de temperatura, os meses de maio a setembro serão favoráveis à produção da alface. Para os demais meses do ano, a temperatura média excederá os

26 °C e o cultivo somente será possível com cultivares adaptadas ao calor. Sintomas de deficiências nutricionais serão frequentes uma vez que as médias mensais estarão no limiar de tolerância para as atuais cultivares. Não ocorrerão alterações significativas no regime pluviométrico para esta região.

Região 6 - Estado de Goiás e Distrito Federal. Esta região estará comprometida para o plantio de alface em 2071-2100. O cultivo das atuais cultivares só será possível entre maio a julho e com risco de perdas. Em todos os demais meses do ano a temperatura irá superar muito as atualmente recomendadas para a cultura. Não ocorrerão grandes alterações no regime pluviométrico. Nestas regiões haverá necessidade de importação de alface.

Região 7 - Região da cidade de Campo Grande (MS). Assim como na região 6, a cultura será afetada pelas altas temperaturas. Somente será possível o plantio no inverno, entre os meses de junho e julho. Há o risco de aparecimento de problemas ocasionados por excesso de calor. Nos demais meses do ano as temperaturas acima de 30 °C inviabilizarão o cultivo da alface. É esperada manutenção do volume chuvoso ao longo do ano. Assim como na atualidade, mesmo nas épocas com possibilidade de cultivo a suplementação da água por irrigação será essencial.

Região 8 - Região da Chapada dos Guimarães (MT). Nesta região o plantio da alface é atualmente favorecido nos meses de maio a setembro, sendo os demais, marginais para a cultura. Nesses, as temperaturas já alcançam os limites tolerados para a cultura. As previsões feitas para 2071-2100 indicam manutenção no volume de chuva e aumento de até 4 °C nas médias mensais, o que tornará o cultivo de alface praticamente inviável nesta região ao longo de todo o ano, já que as médias excederão os 28°C.

Região 9 - Região da Zona da Mata de Pernambuco. Região responsável pelo abastecimento da capital do Estado, da região metropolitana, de parte do interior e de outros estados como Alagoas e Paraíba. Atualmente a época mais adequada para o cultivo desta folhosa ocorre entre os meses de maio a setembro. No restante do ano, ocorrem sintomas em virtude do excesso de calor, como pendoamento precoce e perda de meristema apical causado por deficiências de cálcio e boro. O nordestino que vive nesta região tem preferência por cultivares do tipo lisa, uma vez que esta não apresenta o paladar desagradável dado pelo acúmulo de látex que ocorre em cultivares menos adaptadas. As previsões de 2071-2100 indicam elevação térmica de cerca de 3 °C ao longo do ano e redução média de 30 mm no volume de chuva nos meses de fevereiro a junho. O cultivo será possível apenas nos meses de junho a setembro apesar das médias de temperatura de 26 °C estarem no limiar de tolerância para alface.

Além de influenciar negativamente a fisiologia da planta, as mudanças climáticas previstas para 2071-2100 poderão alterar a epidemiologia das doenças. A seguir serão discutidos os impactos das previsões feitas para o período de 2071-2100 nas principais doenças da cultura da alface.

Doenças causadas por fungos e oomicetos

Tombamento de plantas *Pythium* spp.

Ocorre desde a fase de germinação das sementes até a fase de plantas adultas. Doença comum em cultivos de campo e responsável por danos consideráveis em sistema de hidroponia, principalmente no verão. Ataques mais severos do patógeno são comuns em temperaturas de 20 °C a 30 °C, sob alta umidade relativa (DAVIS et al., 1997; PAVAN et al., 2005).

Em cultivos hidropônicos observa-se, durante todo o ano e para todas as regiões produtoras, uma clara tendência de aumento na importância desta doença para 2071-2100 em função da elevação da temperatura. Para este sistema de cultivo, esta doença passará a ter uma atenção especial para os próximos anos. Já para cultivos em solo, o acréscimo na importância ficará restrito aos meses onde a umidade relativa não se torne limitante.

Podridão-de-esclerotinia ou mofo-branco *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotinia minor*

Ocorre em alface em qualquer estágio de desenvolvimento, sendo mais frequente próximo da colheita. O patógeno tem seu desenvolvimento favorecido por alta umidade e temperaturas amenas e, sob condições adversas, o mesmo permanece em restos de cultura e solo por cerca de oito anos na forma de escleródios (estrutura de resistência). Temperaturas entre 15 °C e 21 °C são favoráveis à doença, principalmente se as mesmas ocorrerem em épocas chuvosas ou em cultivos sob intensa irrigação. Em geral, temperaturas ao redor de 14 °C são favoráveis para o início de infecção, sendo imprescindível um longo período de molhamento, de 16 a 72 h (PAVAN et al., 2005).

Diante do novo cenário climático, a doença terá sua importância reduzida na maioria das regiões analisadas uma vez que a temperatura média nessas áreas ultrapassará o ótimo para a ocorrência da doença.

Podridão ou murcha-de-esclerócio *Sclerotium rolfsii*

Os sintomas ocorrem em alface em qualquer estágio de desenvolvimento sendo mais frequente próximo à colheita. Semelhante a *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii* também possui a capacidade de sobrevivência no solo e em restos de cultura sob a forma de escleródios, com longevidade próxima a cinco anos. O patógeno é favorecido por alta umidade relativa e temperaturas consideravelmente altas, na faixa de 25 °C a 35 °C (ZAMBOLIM et al., 2000; PAVAN et al., 2005).

Em todas as regiões, a doença aumentará de importância principalmente nos meses de dezembro a abril/maio. No restante do ano, sua incidência dependerá da presença de irrigação nas lavouras.

Queima-da-saia *Rhizoctonia solani*

Este patógeno é comum em cultivos em solo e hidropônicos. É um fungo com ampla gama de hospedeiro e é favorecido por temperaturas entre 25 °C a 30 °C e umidade relativa alta do solo (PAVAN et al., 2005).

No cenário de 2071-2100, haverá acréscimo na importância desta doença, seguindo a mesma tendência apresentada para tombamento de plantas.

Fusariose ou murcha-de-fusário da alface *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*

Patógeno associado a solo e recentemente relatado no País. A doença pode ocorrer em viveiros de muda e no campo, sendo caracterizada pelo sintoma típico de amarelecimento das folhas basais, redução no desenvolvimento, murcha e morte da planta. Plantas cultivadas em solos ácidos com baixos teores de nutrientes são geralmente mais afetadas pelo fungo. Temperaturas superiores a 27 °C são favoráveis para o desenvolvimento do patógeno. A umidade do solo necessária para o desenvolvimento do fungo é semelhante à ideal para o crescimento do hospedeiro (DAVIS et al., 1997; PAVAN et al., 2005).

Em todas as regiões analisadas, a doença aumentará de importância principalmente nos meses de outubro a maio. No restante do ano, em função do volume de chuvas, sua incidência será dependente da presença de irrigação artificial nas lavouras.

Murchadeira ou podridão-negra-das-raízes *Thielaviopsis basicola*

Doença relatada no final da década de 1990 no Rio de Janeiro, está expandindo para as principais regiões produtoras do Estado de São Paulo. O fungo é altamente dependente de condições de alta umidade do solo e temperaturas entre 23 °C e 30 °C para ocasionar sintomas de murchadeira ou podridão de raízes em alface (PAVAN et al., 2005).

Havendo a disseminação do fungo por todas as regiões produtoras de alface no País, o mesmo encontrará condições extremamente favoráveis para seu desenvolvimento, caso não ocorram limitações hídricas para a cultura. Exceção deve ser feita para os meses de maio a setembro para a região 1 e junho e julho para as regiões 2, 3 e 4. Nestes casos, a temperatura será o principal fator que poderá limitar a severidade da doença, caso seja adotada irrigação suplementar.

Míldio *Bremia lactucae*

Nas regiões Sudeste e Sul do Brasil esta doença é um sério problema para produção de alface em condições de campo, estufa e hidroponia, nos meses mais frescos do ano e sob condições de alta umidade relativa. É um patógeno que apresenta diferentes raças de especialização. A doença normalmente é favorecida por temperaturas ao redor de 18 °C a 20 °C e alta umidade relativa, com presença de água livre nas folhas (orvalho ou irrigação por aspersão). Este patógeno é altamente sensível a condições de alta temperatura e baixa umidade uma vez que tem comprometida sua esporulação, germinação de esporos e penetração/colonização no hospedeiro. Amplitude térmica entre o dia e a noite favorece a ocorrência e a esporulação do patógeno (DAVIS et al., 1997; PAVAN et al., 2005).

Em todas as regiões avaliadas, a importância do míldio em alface sofrerá um considerável decréscimo em 2071-2100. O oomiceto não encontrará condições favoráveis para seu desenvolvimento por limitações principalmente relacionadas ao acréscimo acentuado da temperatura. Caso ocorra suplementação da água pela irrigação, a doença ainda terá alguma importância no inverno na região 1.

Mancha-de-cercóspora *Cercospora longissima*

É uma doença de ocorrência generalizada nas regiões de cultivo de alface do Brasil, tanto em campo aberto, quanto em cultivo protegido e

hidroponia. Porém, não é relatada causando danos consideráveis em alface sendo mais comum em cultivares de folha lisa. Temperaturas na faixa entre 20 °C e 30 °C e alta umidade relativa, principalmente em períodos do ano onde ocorre formação de orvalho, são as condições ideais para a doença (DAVIS et al., 1997; PAVAN et al., 2005).

Caso ocorra a suplementação de água via irrigação nos meses de déficit hídrico, esta é uma doença que encontrará condições mais propícias para seu desenvolvimento em 2071-2100. Todas as regiões avaliadas terão um acréscimo na importância deste patógeno na maior parte do ano.

Septoriose

Septoria lactucae

A septoriose é uma doença comum em regiões com temperaturas relativamente amenas e tem seu problema agravado quando se observa longos períodos de chuvas. A temperatura ideal para crescimento vegetativo, produção de corpos de frutificação (picnídios), infecção e manifestação de sintomas da doença encontra-se na faixa de 10 °C a 25 °C. Porém, a partir dos 5 °C se observa crescimento micelial do fungo (DAVIS et al., 1997; PAVAN et al., 2005).

A importância desta doença em áreas sob irrigação suplementar só será semelhante à atualmente vigente no inverno das regiões 1, 2, 3, 4 e 5. Para os demais períodos e regiões haverá um decréscimo na importância da septoriose em função da elevação da temperatura.

Oídio

Erysiphe cichoracearum

É considerada uma doença de incidência comum em cultivos protegidos e hidropônicos. Temperaturas amenas a altas (22 °C a 30 °C), associadas à umidade relativa abaixo de 90 %, são ideais para o aparecimento da doença (DAVIS et al., 1997).

Como o aumento da temperatura favorece de maneira significativa este patógeno, espera-se que em 2071-2100 o oídio encontre condições mais propícias para seu desenvolvimento. Em todas as regiões, em pelo menos cinco a seis meses do ano, a doença terá maior incidência/severidade do que a atualmente observada.

Doenças causadas por bactérias

Mancha-bacteriana

Pseudomonas cichorii

Xanthomonas axonopodis pv. *vitians* [sinonímia

Xanthomonas campestris pv. *vitians*]

Doença de ocorrência restrita, sendo raros os relatos de danos severos na cultura da alface. Quando ocorrem, as epidemias estão associadas a temperaturas amenas (na faixa entre 18 °C e 25 °C) e alta umidade relativa. Como é comum às várias doenças de etiologia bacteriana, áreas com formação de orvalho, ventos frequentes e/ou com irrigação por aspersão são mais propensas às perdas associadas a essas bacterioses. A ênfase para ocorrência de doenças desta etiologia está associada às regiões onde o excesso de umidade e temperaturas amenas prevalecem (DAVIS et al., 1997; PAVAN et al., 2005).

As alterações climáticas projetadas para 2071-2100 desfavorecerão grandes epidemias de mancha-bacteriana. Na maior parte das regiões observa-se queda na importância desta doença em virtude, principalmente, do aumento da temperatura nos períodos de novembro a março.

Podridão-mole

Pectobacterium carotovorum [sinonímia *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*]

Doença comum em plantios efetuados em épocas quentes sob alta umidade relativa. A bactéria é nativa no País e de ocorrência frequente nos solos brasileiros. Sintomas são mais evidentes em plantas adultas. Em geral, os problemas com essa doença são maiores em temperaturas entre 25 °C e 30 °C, sob umidade relativa próxima a 100 % (DAVIS et al., 1997; ZAMBOLIM et al., 2000).

O aumento nas temperaturas médias associado a consideráveis níveis pluviométricos, principalmente nos meses de outubro a março nas regiões 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 acarretarão aumento da importância da doença no período. Nos demais meses do ano, a doença continuará com o mesmo grau de importância da atualidade.

Doenças causadas por vírus

Atualmente, três grupos diferentes de vetores são responsáveis pela disseminação de viroses na cultura da alface. São eles: afídeos, tripses e fungo

de solo. As alterações climáticas previstas para 2071-2100 terão impacto direto sobre a reprodução e crescimento destes vetores. Assim, as doenças de etiologia viral serão tratadas de maneira agrupada em função de possuírem vetores em comum, independentemente de serem causadas por espécies distintas de vírus.

Vira-cabeça

Tomato spotted wilt virus (TSWV)

Tomato chlorotic spot virus (TCSV)

Groundnut ring spot virus (GRSV)

Três espécies do gênero *tospovirus* são responsáveis pelo vira-cabeça em alface: o *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), o *Tomato chlorotic spot virus* (TCSV) e o *Groundnut ring spot virus* (GRSV). Por serem transmitidas por tripes, essas espécies de vírus assumem importância em períodos quentes e secos que são propícios para a proliferação e conseqüente aumento na densidade populacional do inseto vetor. Nestas épocas não é raro o vira-cabeça limitar a produção de alface, apresentando incidência superior a 60 % (DAVIS et al., 1997; PAVAN et al., 2005).

A relação vírus-vetor é do tipo circulativa-propagativa e diferentes espécies de tripes são responsáveis pela transmissão, como, por exemplo, *Frankliniella fusca*, *Frankliniella occidentalis* e *Thrips tabaci*.

Com as alterações climáticas previstas, essas viroses aumentarão de importância, principalmente, entre os meses de maio a outubro em todas as regiões avaliadas.

Mosaico da alface

Lettuce mosaic virus (LMV)

Lettuce mottle virus (LeMoV)

Ambas transmitidas por pulgões, porém, representando gêneros distintos. O *Lettuce mosaic virus* (LMV) pertence ao gênero *Potyvirus*, enquanto o *Lettuce mottle virus* (LeMoV) ao gênero *Sequivirus*. Em geral, essas viroses tendem a ocorrer com maior frequência durante períodos com temperaturas amenas e secos, condição climática favorável à reprodução e à migração da maior parte dos afídeos vetores (DAVIS et al., 1997; PAVAN et al., 2005).

Possivelmente, estas viroses não terão decréscimo em sua importância nas nove regiões avaliadas, apesar da ligeira elevação da temperatura no período referente à saída de inverno.

Espessamento clorótico das nervuras ou “Big Vein” Complexo viral formado pelos vírus *Mirafiori lettuce virus* (MiLV) e *Lettuce big vein virus* (LBVV)

A doença inicialmente foi atribuída ao *Lettuce big vein virus* (LBVV). Entretanto, hoje, tem sido reconhecidos como agentes etiológicos o *Varicosavirus* e o *Mirafiori lettuce virus* (MiLV), do gênero *Ophiovirus*. Os sintomas podem ser mais severos quando ambas ocorrem simultaneamente. Ocorre principalmente em regiões subtropicais do Brasil, sendo reconhecidamente uma doença típica de inverno. É favorecida por temperaturas diárias entre 18 °C e 22 °C e noturnas entre 10 °C e 16 °C. Sob temperaturas maiores que 22 °C pode haver remissão dos sintomas. Áreas com histórico de incidência desta virose no inverno são praticamente assintomáticas no verão. Ambos os vírus são transmitidos por um fungo de solo chamado *Olpidium brassicae*. Este também é favorecido por temperaturas amenas além de necessitar de água livre no solo (PAVAN et al., 2005).

Em 2071-2100, nas regiões 1 e 2 haverá queda na importância desta doença no inverno, caso não haja irrigação suplementar. Nas regiões 3, 4 e 5, o decréscimo neste período estará associado à elevação de temperatura. Para as demais regiões a importância permanecerá a atualmente vigente, visto que hoje a observação de sintomas nestas regiões está limitada pela condição climática reinante.

Considerações finais

Diante das previsões climáticas para 2071-2100, projeta-se um futuro obscuro para a cultura da alface no Brasil. Como a espécie é oriunda de ambientes temperados, sofrerá consideravelmente com o aumento da temperatura. As regiões Sul e Sudeste ainda encontrarão condições de cultivo, mas os danos fisiológicos previstos elevarão seu custo de produção.

As mudanças ambientais também alterarão as relações patógeno-hospedeiro. Doenças hoje de limitada importância como aurchadeira e o oídio causarão danos consideráveis, enquanto outras que atualmente são epidêmicas, como o míldio e a podridão-de-esclerotínia, tornar-se-ão secundárias. A adaptação do patógeno sob alta pressão de seleção não foi considerada nessa abordagem. Novas raças e biótipos mais adaptados ao novo cenário poderão surgir ou ocorrer, alterando as previsões efetuadas.

Existe um grande esforço por parte dos fitomelhoristas para adaptar cultivares às condições tropicais. Espera-se que os ganhos sejam suficientes

para transpor as barreiras ambientais. Paralelamente, novas tecnologias, como o cultivo em hidroponia e suplementação com irrigações, poderão tornar o cultivo desta folhosa novamente viável no território brasileiro.

Referências

DAVIS, R. M.; SUBBARAO, K. V.; RAID, R. N.; KURTZ, E. A. **Compendium of lettuce diseases**. St. Paul: APS Press, 1997. 79 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATA, R.; KUROZAWA, C. Doenças da alface. In: KIMATI H.; AMORIN, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. 4. ed. Campinas: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 27-33.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; LOPES, C. A.; VALE, F. X. R. Doenças de hortaliças em cultivo protegido. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H. **Controle de doenças de plantas**: hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. v. 1, p. 373-408.

Capítulo 8

Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças das brássicas no Brasil

Kátia R. Brunelli

Ricardo Gioria

Romulo F. Kobori

Introdução

As brassicaceae (ex Cruciferae) constituem uma numerosa família de plantas olearáceas e oleaginosas com grande importância na alimentação humana. No Brasil, destacam-se para consumo e produção o repolho (*Brassica oleraceae* var. *capitata*), a couve-flor (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*), a couve manteiga (*Brassica oleraceae* var. *acephala*), o brócolis (*Brassica oleraceae* var. *italica*), a couve chinesa popularmente denominada acelga (*Brassica rappa*), a rúcula (*Eruca sativa*), o rabanete (*Raphanus sativus*) e a canola ou couza (*Brassica napus* var. *oleifera*). O consumo dessas espécies tem aumentado significativamente nos últimos anos impulsionado pelo apelo saudável das mesmas e pela crescente oferta de híbridos e variedades adaptadas ao ambiente tropical. Estas plantas possuem teores elevados de nutrientes considerados importantes para a dieta humana como potássio, cálcio, ferro e vitaminas A, C e do complexo B (USDA, 2009). Possuem também compostos fenólicos, cientificamente comprovados como capazes de prevenir certos tipos de cânceres. Além disso, são culturas que possuem um importante aspecto social, pois utilizam grande quantidade de mão-de-obra e são geralmente cultivadas por pequenos produtores (FILGUEIRA, 2008).

Essas espécies são reconhecidamente oriundas de regiões temperadas e, portanto, sensíveis às elevadas temperaturas. No território brasileiro, a produção de brássicas concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, responsáveis pelo abastecimento do mercado local e dos estados do Norte e Nordeste. Porém, têm aumentado consideravelmente as áreas plantadas nos últimos anos nos estados da Bahia, Ceará e Pernambuco. Nesses locais de baixas latitudes (abaixo de 15°S), com clima tipicamente tropical e temperaturas elevadas durante o ano todo, o plantio concentra-se em locais de altitudes acima de 800 m ou em épocas chuvosas onde há um decréscimo na temperatura média.

O repolho, a couve-flor e o brócolis, em função da área cultivada, empregos gerados e volume de produção, são os representantes de maior importância econômica no Brasil. Sendo assim, o enfoque será dado a eles no decorrer do Capítulo.

Repolho

Estimativas da Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM) indicam que a área plantada com repolho no Brasil passa de 34.500 ha. Os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo,

Minas Gerais e Rio Grande do Sul detêm mais de 70 % da produção nacional. Entretanto, nota-se um aumento significativo de áreas destinadas a esta cultura no Nordeste brasileiro. Dados extra-oficiais estimaram que em 2007 a área cultivada com repolho chegou a 1.000 ha na Serra de Ibiapaba (Ceará) (ARAGÃO et al., 2007) e perto dos 800 ha nos municípios circunvizinhos à Chapada Diamantina (Bahia).

Estão disponíveis no mercado brasileiro híbridos indicados para regiões e períodos do ano onde as temperaturas são mais elevadas. Entretanto, mesmo nos genótipos mais adaptados, temperaturas acima de 35 °C, durante a germinação das sementes, produzem plântulas anormais e acarretam a morte das mesmas. Temperaturas elevadas durante o desenvolvimento vegetativo da planta ocasionam a formação de cabeças pouco compactas ou a acefalia em algumas variedades (FILGUEIRA, 2008). Em geral, as cultivares de repolho possuem melhor desenvolvimento vegetativo sob temperaturas entre 15 °C e 20 °C (FILGUEIRA, 1982). Aquelas adaptadas a climas tropicais se desenvolvem adequadamente sob temperaturas próximas a 26 °C e 28 °C.

Couve-flor

A área com plantios de couve-flor no Brasil em 2009 foi estimada em aproximadamente 12.000 ha. Assim como acontece na cultura do repolho, os plantios mais significativos estão concentrados em latitudes superiores a 15°S. Mais de 80 % da produção nacional concentra-se nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro. Existem áreas consideráveis de plantio nos estados de Goiás, Bahia e Pernambuco, mas nestas regiões o cultivo só ocorre sob altitudes superiores a 800 m ou em épocas chuvosas onde há decréscimo nas temperaturas médias.

As cultivares de couve-flor possuem exigências termoclimáticas muito específicas, sendo didaticamente divididas em três grupos: precoce ou de verão, de meia estação e de inverno. As cultivares descritas como de verão são indicadas para regiões e/ou períodos do ano com temperaturas médias em torno de 23 °C a 28 °C, podendo suportar sem apresentar distúrbios fisiológicos picos de temperaturas de até 30 °C. As cultivares de meia estação são aquelas que suportam melhor as oscilações de frio e calor decorrentes da primavera e outono (saídas de verão e de inverno). Temperaturas entre 20 °C e 25 °C são adequadas para uma boa produção. Já aquelas acima de 28 °C promovem excesso de crescimento vegetativo, redução no tamanho e peso de cabeça, além de distúrbios fisiológicos como arroxamento, pilosidade na inflorescência e formação de folhas ou brácteas no pedúnculo

floral. As cultivares tipicamente de inverno são, em geral, mais tardias e exigem temperaturas baixas, entre 5 °C e 12 °C para uma adequada formação de cabeça. Sob temperaturas acima de 18 °C tornam-se improdutivas ou produzem cabeças pequenas, arroxeadas e com pelos (FILGUEIRA, 2008). Sempre que a cultura da couve-flor é submetida a temperaturas superiores às toleradas, ocorrem, além dos distúrbios citados acima, severos sintomas de necrose nas inflorescências e rachaduras na base da planta, indícios claros de deficiência de cálcio e boro.

Brócolis

Os dados oficiais projetaram, para 2009, uma área de 12.200 ha cultivada com brócolis no Brasil, sendo 4.900 ha destinados ao brócolis do tipo ramoso e o restante ao tipo cabeça única. Vale ressaltar, no entanto, que a área cultivada com brócolis ramoso pode ter ultrapassado 9.000 ha, uma vez que muitos produtores cultivam variedades locais que não são computadas aos dados oficiais. Dessa forma, é plausível supor que a área com a cultura tenha passado dos 15.000 ha. Como acontece com a couve-flor, o brócolis do tipo cabeça única tem exigências térmicas específicas. As áreas de plantio concentram-se nos estados do Sul e Sudeste e em épocas do ano onde as temperaturas médias não passam de 18 °C. A produção fora desse período só é possível em áreas de latitude acima de 24°S e altitudes superiores a 1.100 m. Já o tipo ramoso suporta temperaturas mais altas, ao redor de 28 °C, sem apresentar distúrbios significativos. Cultivares desse grupo, compostos por germoplasma derivado do 'Ramoso Piracicaba de Verão', possuem maior adaptabilidade a ambientes tropicais e são cultivadas em muitos estados brasileiros, principalmente, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais.

Mudanças climáticas

Cartas preditivas produzidas utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e baseadas em dados observados de temperatura e precipitação pluviométrica (1961-1990) e projeções futuras realizadas pelo IPCC (2007) indicam efeito acentuado do aquecimento global, com elevação térmica significativa e mudanças no comportamento pluviométrico no País.

Mudanças ambientais, principalmente relacionadas à temperatura e umidade, podem alterar significativamente a fisiologia da planta, comprometendo estádios iniciais de seu desenvolvimento, como a germinação das sementes e alterar sobremaneira as fases vegetativas e reprodutivas,

inviabilizando muitas vezes a produção da cultura em certas áreas. Podem também silenciar ou ativar genes, modificando os padrões de resistência a agentes bióticos e abióticos esperados para os genótipos. Além de influenciar a fisiologia da planta, as alterações climáticas podem atuar também nos patógenos que acometem a cultura, favorecendo ou desfavorecendo etapas de seu ciclo vital (reprodução, infecção e colonização). Podem também agir na interação entre esses microrganismos e seu hospedeiro, mudando o comportamento da doença (GHINI, 2005).

Este capítulo discutirá os impactos das mudanças climáticas sobre as doenças do repolho, couve-flor e brócolis. Abrangerá também aspectos relacionados à viabilidade das culturas diante das previsões futuras. Para facilitar as análises e discussões, as principais áreas de plantio de brássicas foram agrupadas em sete regiões (Fig. 1), de acordo com suas similaridades climáticas atuais e com as alterações previstas para 2071-2100. As áreas são: região 1: nordeste do Rio Grande do Sul (incluindo as Serras Gerais) e Santa Catarina; região 2: Paraná; região 3: sul e leste de São Paulo (incluindo o cinturão verde de São Paulo) e sudeste de Minas Gerais; região 4: Rio de Janeiro e Espírito Santo; região 5: Goiás e Distrito Federal; região 6: microclima serrano da Chapada Diamantina (Bahia); região 7: microclima serrano da serra de Ibiapaba (Ceará).

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentadas as temperaturas e precipitações pluviométricas do período referência (1961-1990) e as projetadas para 2071-2100 em todas as sete regiões atualmente importantes para a produção de brássicas no país. Não são previstas alterações significativas no volume de

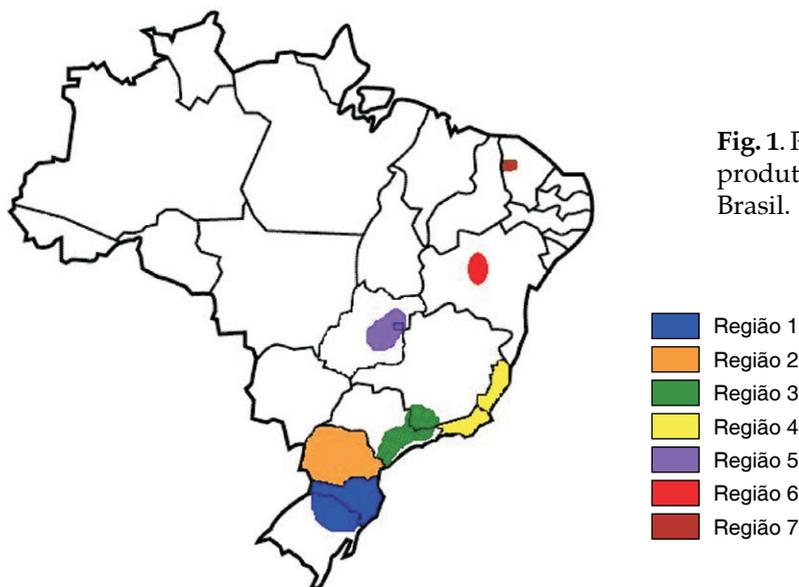


Fig. 1. Principais regiões produtoras de alface no Brasil.

Tabela 1. Evolução da temperatura média mensal (°C) ocorrida no período referência (1961 a 1990) e as projetadas para 2071-2100 em sete importantes regiões produtoras de brássicas.

Meses	Região 1 Nordeste do RS e SC		Região 2 PR		Região 3 Sul e Leste de SP e Sudeste de MG		Região 4 RJ/ES		Região 5 GO e DF		Região 6 Microrregião - Chapada Diamantina (BA)		Região 7 Microrregião - Serra de Ibiapaba (CE)	
	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100
Janeiro	18-26	22-30	20-26	22-28	20-24	22-28	24-28	24-30	22-24	26-28	22-26	28-30	22-24	24-30
Fevereiro	18-26	22-30	20-26	24-30	20-24	22-28	24-28	24-32	22-24	26-28	22-26	28-30	22-24	24-30
Março	18-24	20-28	20-26	22-28	18-24	22-28	22-28	24-30	22-24	26-28	22-26	28-30	22-24	26-28
Abril	16-22	18-24	16-24	20-26	16-22	20-26	20-26	22-30	22-24	26-28	22-26	28-30	22-24	26-28
Maiο	12-20	16-22	14-20	18-24	14-20	18-24	20-26	22-28	20-22	24-26	22-26	28-30	22-24	26-28
Junho	10-18	14-20	10-18	16-22	12-20	18-22	16-24	18-26	18-22	22-26	20-24	26-28	20-22	24-26
Julho	10-18	14-20	12-18	16-22	12-18	16-22	18-22	18-26	18-22	22-26	20-24	24-28	20-22	24-26
Agosto	10-18	14-22	14-20	18-24	14-20	18-24	18-24	18-26	20-24	24-28	22-26	26-28	22-24	26-28
Setembro	12-18	16-22	14-22	18-26	16-20	18-24	18-24	22-26	22-24	26-30	24-26	26-30	24-26	28-30
Outubro	14-22	18-26	16-24	20-26	18-22	20-26	18-24	22-28	22-26	28-30	24-26	26-30	24-26	28-30
Novembro	16-24	18-26	18-24	20-28	18-22	22-26	20-26	24-28	22-24	26-28	24-26	28-30	24-26	28-30
Dezembro	16-26	20-28	18-26	22-28	18-24	22-26	20-26	24-30	22-24	26-28	22-26	28-30	24-26	28-30

Tabela 2. Evolução da precipitação pluviométrica média mensal (mm/mês) ocorrida no período referência (1961 a 1990) e as projetadas para 2071-2100 em sete importantes regiões produtoras de brássicas.

Meses	Região 1 Nordeste do RS e SC		Região 2 PR		Região 3 Sul e Leste de SP e Sudeste de MG		Região 4 RJ/ES		Região 5 GO e DF		Região 6 Microrregião - Chapada Diamantina (BA)		Região 7 Microrregião - Serra de Ibiapaba (CE)	
	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100
Janeiro	120-180	120-180	150-210	150-210	180-300	180-300	120-240	120-240	240-330	240-330	60-120	60-120	60-90	60-90
Fevereiro	120-210	120-210	150-180	150-180	150-240	150-240	60-180	60-180	180-270	180-270	60-120	60-120	120-150	120-150
Março	120-180	120-180	120-150	120-150	120-180	120-180	60-180	60-180	150-240	150-240	60-120	60-120	150-210	180-210
Abril	90-180	90-180	90-150	90-150	60-90	60-90	60-120	60-120	90-150	90-120	60-120	60-120	150-210	180-240
Mai	90-180	90-180	90-180	90-180	60-120	60-120	30-90	30-60	0-60	0-60	0-60	0-30	120-180	120-180
Junho	90-180	90-180	60-150	60-150	30-90	30-90	0-60	0-60	0-30	0-30	0-60	0-30	0-60	0-60
Julho	90-180	90-180	30-120	30-120	30-60	30-60	0-60	0-90	0-30	0-30	0-60	0-30	0-30	0-30
Agosto	90-180	90-180	30-150	30-150	30-60	30-60	0-60	0-60	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Setembro	120-210	120-210	90-180	60-180	60-120	60-120	30-90	30-90	30-60	30-60	0-30	0-30	0-30	0-30
Outubro	120-180	120-180	120-210	120-210	120-150	90-120	60-120	60-120	120-180	120-180	30-90	30-90	0-30	0-30
Novembro	120-180	120-180	120-180	120-180	120-210	120-210	120-210	120-210	180-270	180-270	120-180	120-180	0-30	0-30
Dezembro	120-180	120-180	150-210	150-210	150-300	150-300	150-240	150-270	270-330	270-330	120-210	150-210	0-60	30-60

chuvas. Entretanto, os dados indicam severa elevação da temperatura em todas as áreas analisadas. Isso acarretará sérios prejuízos à fisiologia da planta, levando à inviabilização dos cultivos. Abaixo, segue uma síntese dos impactos relacionados à fisiologia da planta, por região de plantio.

Região 1 - A temperatura mensal aumentará em média 4 °C durante o ano. Nos meses de janeiro e fevereiro, as temperaturas médias chegarão a 30 °C. Não há previsão de alteração significativa na precipitação média. Nos meses de outubro e novembro é previsto aumento de 30 mm no volume de chuva. Por conta do aumento acentuado da temperatura, o cultivo de brócolis cabeça única e de couve-flor de inverno, que possuem exigências térmicas muito específicas, somente será possível nos meses de junho a agosto, desde que suplementados com água por meio de irrigação. Em todos os outros meses só será possível o cultivo de genótipos adaptados à temperatura média superior a 20 °C, como repolho, brócolis do tipo ramoso e couve-flor de verão e meia estação.

Região 2 - Aumento médio de 4 °C ao longo do ano. Com isso, o cultivo de brócolis cabeça única e de couve-flor de inverno serão drasticamente prejudicados. As cultivares serão substituídas por genótipos que tolerem temperatura acima de 20 °C, como repolho, brócolis ramoso e couve-flor de verão e meia estação. Com relação à precipitação, não há previsão de alteração significativa no volume de chuva.

Região 3 - Assim como na região 2, as temperaturas médias mensais aumentarão em torno de 4 °C ao longo do ano. Em nenhum período do ano, o cultivo de híbridos típicos de inverno, como brócolis cabeça única ou couve-flor de inverno, será possível. Vale ressaltar que mais da metade dos cultivos brasileiros de brócolis cabeça única encontra-se nessa região. Assim sendo, se a previsão se confirmar, o suprimento desse produto no mercado brasileiro será altamente afetado. Para o produtor, a alternativa é a substituição por genótipos adaptados a temperaturas superiores a 22 °C. Não há previsão de alterações significativas nos volumes de chuvas. Nessa região já é realizado manejo de água via irrigação, nos meses de maior concentração de cultivos (maio a setembro). Assim, essa prática deverá ser mantida.

Regiões 4 - É previsto aumento de 2 °C na temperatura média mensal e manutenção no volume de chuva ao longo do ano. As melhores condições de cultivo serão encontradas nos meses de julho a agosto, porém, somente cultivares de verão serão indicadas, pois as temperaturas médias passarão dos 24 °C. Nos demais meses, a temperatura média ficará ao redor de 28 °C, limiar para genótipos de brássicas adaptados a altas temperaturas. Assim, problemas como fissura em haste ocasionada pela lenta translocação de boro e cálcio,

formação de brácteas no pedúnculo floral, pilosidade e avermelhamento nas inflorescências de couve-flor e má compactação nas cabeças de repolho, surgirão com frequência mesmo nas cultivares adaptadas. Suplementação de água continuará sendo necessária, como ocorre atualmente.

Região 5 – É previsto aumento de 4 °C na temperatura média ao longo do ano. Os meses de setembro e outubro serão inviáveis para qualquer cultivo de brássicas em detrimento das temperaturas superarem os 30 °C. O regime pluviométrico pouco se alterará. Na média, o volume de chuvas continuará como atualmente. Assim como na região 4, somente cultivares adaptadas a altas temperaturas serão passíveis de cultivo.

Regiões 6 e 7 – Essas são microrregiões serranas dos estados da Bahia e do Ceará, com uma importância crescente no plantio de brássicas. Essas áreas, por estarem sob altitudes superiores a 800 m, possuem clima mais ameno que o restante da macrorregião. Para as previsões de alterações climáticas, considerou-se que as mesmas obedecerão à tendência prevista para a macrorregião. Na região 6, há previsão de aumento de 4 °C na temperatura média. Os cultivos de brássicas serão drasticamente afetados. Genótipos adaptados a elevadas temperaturas poderão ser cultivados nos meses de julho a agosto, porém sob elevado risco de perdas, uma vez que as temperaturas médias ficarão ao redor de 28 °C. Nos demais meses, temperaturas médias ao redor de 30 °C praticamente inviabilizarão o cultivo de brássicas. A região 7 também experimentará aumento de temperatura média ao redor de 4 °C, chegando aos 30 °C nos meses de janeiro e fevereiro e setembro a dezembro. Essa condição climática inviabilizará o cultivo de brássicas. Nos demais meses, a temperatura média ficará entre 24 °C e 28 °C, sendo possíveis cultivos com variedades adaptadas ao verão. Para ambas as regiões, não estão previstas alterações significativas no volume de precipitações. Assim como já ocorre, o suprimento de água por meio de irrigação será necessário.

As afirmações feitas acima estão baseadas nos genótipos de brássicas disponíveis e nas condições de cultivos existentes atualmente. Vale ressaltar que os programas de melhoramento genético têm incorporado genes de resistência a elevadas temperaturas nos híbridos comerciais. Sendo assim, o desenvolvimento de variedades e híbridos que suportem as condições projetadas para 2071-2100 poderão diminuir os impactos.

Além de afetar diretamente a fisiologia da planta, as alterações climáticas terão influência sobre os patógenos que interagem com essas culturas. Dessa forma, as condições climáticas em 2071-2100 poderão alterar o quadro epidemiológico atual. A seguir, são discutidos aspectos relacionados às principais doenças da cultura das brássicas com base nas previsões feitas para 2071-2100.

Doenças causadas por fungos e oomicetos

Mancha-de-alternaria

Alternaria brassicae e *Alternaria brassicicola*

Essas espécies fúngicas infectam e colonizam as brássicas durante todo o estágio fenológico da cultura. Tanto *Alternaria brassicae* quanto *Alternaria brassicicola* são favorecidas por temperaturas entre 20 °C e 28 °C e alta umidade relativa. É necessário que haja água livre na superfície da folha para a infecção do fungo e o estabelecimento da doença (MARINGONI, 2005). Para todas as regiões analisadas há uma clara tendência de que a doença tenha a mesma importância da atualidade.

Míldio

Peronospora parasitica

Doença relativamente importante na fase de sementeira. Em planta adulta, pode causar colonização das folhas quando a umidade relativa é alta. A infecção desse fungo somente ocorre em condições de alta umidade relativa, associadas a temperaturas baixas (14 °C a 18 °C) (MARINGONI, 2005). É de se supor que a importância do patógeno, hoje já restrita, venha a diminuir.

Hérnia

Plasmodiophora brassicae

Doença muito importante para todas as brássicas cultivadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. O patógeno coloniza as raízes das plântulas ainda na sementeira ou logo após o transplante, sem, contudo mostrar sintomas. Com o desenvolvimento da planta e a colonização do patógeno, as células das raízes sofrem hiperplasia e hipertrofia formando grandes galhas que prejudicam a translocação de água e nutrientes para a parte aérea, causando sintomas de subdesenvolvimento e murcha. O patógeno produz esporos de resistência, podendo sobreviver no solo por mais de 15 anos. Dados de literatura indicam que a doença é favorecida por solos ácidos e úmidos e temperatura entre 20 °C e 25 °C (CARRIJO; RÊGO, 2000; MARINGONI, 2005). Entretanto, relatos recentes de produtores indicam que a doença tem permanecido importante mesmo durante o verão, demonstrando claramente a adaptação deste fungo às condições tropicais.

Desse modo, mesmo com as condições climáticas para 2071-2100 serem marginais ao desenvolvimento desse patógeno, prevê-se que, em se

mantendo a atual adaptabilidade patogênica, ocorra manutenção ou até mesmo incremento de sua importância na maioria das áreas de plantio de brássicas.

Podridão-de-esclerotínia *Sclerotinia sclerotiorum*

Trata-se de um fungo com ampla gama de hospedeiro que causa sintomas de podridão em seu hospedeiro. Em geral, no local da colonização, é produzido um micélio cotonoso com presença de escleródios, que são as estruturas de resistência do fungo. Esse patógeno tem importância apenas em épocas do ano onde a temperatura é amena (15 °C a 20 °C) e sob umidade relativa alta (CARRIJO; RÊGO, 2000; MARINGONI, 2005).

Sendo assim, a doença será drasticamente afetada no cenário de 2071-2100. Na região 1, somente haverá condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento da doença nos meses de maio a setembro. Nas regiões 2 e 3, a doença só acontecerá nos meses de junho e julho. Nos demais períodos do ano e regiões geográficas, a doença não encontrará condições ambientais ideais para seu desenvolvimento.

Podridão-de-escleródio *Sclerotium rolfsii*

O patógeno é capaz de colonizar muitas espécies botânicas. Os sintomas são similares aos causados por *Sclerotinia sclerotiorum*, porém esse fungo é favorecido por temperaturas elevadas (22 °C a 30 °C) e alta umidade relativa. Na atualidade, a doença tem pouca importância uma vez que as brássicas são geralmente cultivadas em localidades e períodos do ano onde o clima é mais ameno (MARINGONI, 2005).

No cenário previsto para 2071-2100, a doença aumentará de importância em função da elevação térmica. Na região 1, somente nos meses de maio a setembro a doença encontrará condições ambientais menos favoráveis para ocorrência. Nas regiões 2 e 3, o período crítico para o patógeno será somente nos meses de junho e julho. Nos demais períodos do ano e regiões geográficas, a doença será muito favorecida.

Rhizoctoniose *Rhizoctonia solani*

É um fungo polífago favorecido por temperaturas entre 25 °C e 30 °C e umidade relativa alta do solo. Tem importância principalmente na fase de

plântula e está relacionado a sintomas de tombamento. Quando ocorre em planta adulta, os sintomas são de apodrecimento radicular, das folhas basais, dos floretes e da cabeça (MARINGONI, 2005).

No cenário de 2071-2100, a doença tenderá a aumentar sua importância em todas as regiões analisadas.

Doenças causadas por bactérias

Podridão-negra

Xanthomonas campestris pv. *campestris*

É uma das principais doenças das brássicas, causando prejuízos principalmente aos cultivos de couve-flor. Temperaturas altas, entre 28 °C e 30 °C, e alta umidade relativa são condições extremamente favoráveis à penetração da bactéria pelos hidatódios e estômatos e, conseqüentemente, para o surgimento da doença (MARINGONI, 2005).

As temperaturas médias previstas para 2071-2100 continuarão favoráveis à doença em todas as regiões analisadas. Na região 1, há uma tendência de aumento de importância dessa bacteriose nos meses de dezembro a maio em detrimento do aumento de temperatura e manutenção da umidade relativa.

Podridão-mole

Pectobacterium carotovorum subsp. *carotovorum* [sinonímia *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*]

Doença favorecida por elevada umidade relativa do solo e alta temperatura. Ferimentos provocados durante os tratamentos culturais e as fissuras ocasionadas por excesso de adubação nitrogenada e por deficiência de boro e cálcio favorecem o agravamento da doença. A bactéria vive saprofiticamente no solo associada aos restos de matéria orgânica em decomposição e é capaz de infectar uma enorme gama de plantas causando podridão mole (MARINGONI, 2005).

A elevação da temperatura média aumentará a importância da doença em todas as regiões de cultivo de brássicas, tanto por beneficiar o patógeno, quanto por desfavorecer o hospedeiro. Altas temperaturas estão associadas à diminuição na eficiência de absorção e translocação de cálcio e boro, favorecendo o surgimento de fendas na haste das plantas, aumentando a incidência e a severidade da doença no campo.

Mancha-foliar-bacteriana *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola*

A doença é favorecida por temperaturas entre 22 °C e 25 °C e alta umidade relativa do ar, sendo que chuvas e irrigação por aspersão disseminam a bactéria favorecendo novas infecções (MARINGONI, 2005).

Nas regiões 1, 2, 3 e 4, a doença manterá a importância que tem na atualidade, uma vez que as temperaturas permanecerão na faixa ideal para a infecção da bactéria durante grande parte do ano. Para as demais regiões, a temperatura ficará acima do ideal para o desenvolvimento da doença, havendo uma clara tendência de diminuição de importância.

Pratinho, doença-do-anel-azul ou acefalia Fitoplasma

A doença foi relatada recentemente nos estados das regiões Sul e Sudeste causando danos às culturas do repolho, couve-flor e brócolis. Os sintomas típicos são avermelhamento foliar e distúrbios hormonais que provocam deformação das inflorescências, surgimento de brácteas junto ao pedúnculo floral na couve-flor e brócolis e má formação da cabeça ou total acefalia no repolho. O produtor associa esse sintoma a uma planta em forma de prato, que dá à doença o seu nome popular. Outro sintoma característico é o escurecimento vascular. Ao se cortar a base da planta, no sentido transversal, visualiza-se um anel enegrecido. Estudos recentes associam essa doença a um fitoplasma. Não há ainda certeza sobre os vetores, mas sugere-se que várias espécies de cigarrinhas estejam envolvidas na sua transmissão (MELLO, 2007).

Maior incidência da doença é observada no inverno que coincide nas regiões Sul e Sudeste, ao período do ano onde ocorre o menor volume de chuvas. As cigarrinhas são favorecidas por temperaturas amenas a altas e baixa umidade relativa. Desse modo, se for realmente confirmada a transmissão por espécies desse inseto, a doença tenderá a manter ou aumentar seu nível de importância em todas as regiões de plantio de brássicas.

Considerações finais

As *brassicaceas* constituem uma família de plantas consideradas pouco plásticas com relação à exigência ambiental. Grande parte das cultivares de brócolis, couve-flor e repolho exige temperaturas amenas para um adequado

desenvolvimento. Com isso, se o cenário previsto para 2071-2100 se confirmar, essas culturas deverão sofrer sérios prejuízos fisiológicos.

Como grande parte do Brasil encontra-se na zona tropical, os programas de melhoramento genético das culturas buscam inserir genes de adaptação a altas temperaturas. De fato, muitas cultivares comercializadas hoje no Brasil possuem boa adaptabilidade às condições reinantes nas principais áreas de cultivo. Mesmo assim, considerando a composição genética utilizada pelos programas de melhoramento, as condições ambientais previstas para 2071-2100 suplantarão, em determinados períodos do ano e para algumas regiões, as temperaturas máximas suportadas atualmente por esses germoplasmas. Desse modo, os cultivos, em muitos casos, só serão viáveis economicamente se novas fontes de resistência a elevadas temperaturas forem utilizadas nas novas cultivares.

As condições ambientais também influenciarão as relações patógeno-hospedeiro. Doenças hoje secundárias se tornarão importantes e outras, hoje limitantes, tenderão a não causar mais danos. Nessa afirmação não se leva em conta a possível adaptação desses patógenos. Novas raças e biótipos mais adaptados ao novo cenário poderão surgir, tornando ainda mais sérias as doenças. Essas afirmações não pretendem desenhar um futuro catastrófico para as culturas aqui analisadas, mas têm o intuito de alertar técnicos, produtores e pessoas ligadas ao campo sobre possíveis efeitos de um novo cenário ambiental. Em se sabendo dessas possibilidades, espera-se que novas tecnologias sejam geradas para manter o cultivo de brássicas viável no território brasileiro.

Referências

ARAGÃO, F. A. S.; FEITOSA, F. A. A.; MORAES, C. A. P.; CORREA, M. C. M. **Sistema de produção de repolho utilizando TNT como mulching e manta**, 2007. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/sbsp/anais/Trab_Format_PDF/237.pdf>. Acesso em: 20 maio 2010.

CARRIJO, I. V.; RÊGO, A. M. Doenças das brássicas. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H. **Controle de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 2000. v. 1, p. 335-372.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. v. 2, 357 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

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

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

MARINGONI, A. C. Doenças das crucíferas (brócolis, couve, couve-chinesa, couve-flor, rabanete, repolho e rúcula). In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. Campinas: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 315-324.

USDA - U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2009. **USDA**. Disponível em <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>> Acesso em: 31 ago. 2009.

Capítulo 9

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do cajueiro no Brasil

José Emilson Cardoso

Francisco Marto Pinto Viana

Introdução

O cajueiro (*Anacardium occidentale*) é uma espécie nativa do Brasil, originária, provavelmente, da mata atlântica ou do litoral nordestino. Relatos inéditos dos primeiros colonizadores, atestando a disseminação e o uso da amêndoa do caju como alimento pelos nativos, das folhas e cascas como elemento tintorial e medicinal e do óleo da casca da castanha como agente abrasivo, além da ocorrência de todas as espécies de *Anacardium* no continente americano, exprimem, inquestionavelmente, a origem brasileira dessa fruta.

O cajueiro medra, espontaneamente ou sob cultivo, em largas faixas tropicais do mundo, entre os paralelos de 27°N, no sul da Flórida, e 28°S, na África do Sul (AGNOLONI; GIULLIANI, 1977). Entretanto, esta ocorrência não representa explorações comerciais, pois mesmo sendo encontrado em regiões de clima subtropical, a planta tem o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo muito comprometido, sendo, sob condições de clima frio, inviável economicamente. Uma estação seca bem definida se constitui na condição básica para floração, polinização e formação de frutos do cajueiro (FROTA, 1988). Em regiões com elevadas precipitações pluviométricas, como na região Amazônica, a frutificação é muito comprometida, não só pela baixa emissão floral e polinização, como pela severidade das doenças. Por outro lado, a deficiência hídrica não chega a comprometer seriamente a produção, em face da resistência da espécie à seca. O cajueiro é exigente por temperaturas elevadas (>27 °C) e sensível ao frio (<22 °C) e às geadas.

O cajueiro é uma planta muito rústica e adaptada ao clima seco e quente, característico do litoral e do semiárido nordestino, onde ocorre espontaneamente ou sob cultivo em pomares consorciados ou associados às culturas anuais e pequenos animais, respectivamente.

O cajueiro, como exploração frutícola no Brasil, apresenta duas fases distintas: a fase semi-extrativa ou florestal, caracterizada pelos extensos plantios de cajueiro comum, implantados por mudas originárias de sementes de polinização aberta, sem nenhuma seleção aparente das matrizes e, conseqüentemente, de baixa produção; e a fase de fruticultura propriamente dita, cuja característica é a ênfase ao cajueiro cultivado por meio de mudas enxertadas provenientes de clones melhorados de cajueiro-anão-precoce de alta produção.

A modernização da cultura do cajueiro trouxe uma maior competitividade ao agronegócio, uma vez que promoveu atividades indiretas como a produção de mudas em viveiros, a manutenção de jardins clonais, o maior aproveitamento do pedúnculo ou pseudofruto e uma maior inserção de

pequenos produtores ao sistema produtivo. A expansão do cultivo do cajueiro-anão-precoce representa, sem dúvida, um avanço na modernização desta cultura, podendo propiciar um incremento na produtividade dos pomares e na uniformidade do produto, fatores que favorecem a todos os segmentos do agronegócio. Entretanto, esta expansão trouxe, também, como consequência, a quebra do equilíbrio biológico, com a tendência para o surgimento de novas doenças e pragas e o incremento das já existentes, que vêm se multiplicando devido à prevalência de genótipos susceptíveis na população. Soma-se a este fato a existência de poucas opções de manejo presentemente disponíveis sob as óticas da experimentação e do registro oficial de produtos químicos para a cultura. A elevada diversificação genética de outrora foi substituída pela maior homogeneidade e vulnerabilidade dos clones selecionados com vistas, principalmente, às características de produção comercial, surgindo sucessivas epidemias de doenças antes consideradas endêmicas (TEIXEIRA, 1988; CARDOSO; FREIRE, 1998; FREIRE; CARDOSO, 2002). Os primeiros relatos de ocorrência de doenças do cajueiro no Brasil foram feitos em 1898 e 1948 (NOACK, 1898; ROSSETTI, 1948), descrevendo o oídio (*Oidium anacardii*) e a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), respectivamente.

Ponte (1984) apresenta a descrição de onze doenças de origem fúngica no cajueiro no Nordeste do Brasil. Neste relato foram abordados os aspectos etiológicos, distribuição geográfica e importância econômica das doenças. Outras revisões foram feitas no final do milênio passado e início do atual, descrevendo com maior ênfase os aspectos de maior relevância técnico-científica e econômica (TEIXEIRA, 1988; FREIRE; CARDOSO, 1995; CARDOSO; FREIRE, 2002; FREIRE et al., 2002).

O cajueiro, apesar de ser uma espécie eminentemente brasileira, ainda é uma cultura relativamente nova no cenário da fruticultura nacional. Consequentemente, as mudanças climáticas poderão ser aqui enfocadas como um fator muito associado à co-evolução entre os componentes de ambiente que compõem os patossistemas mais comuns desta espécie. Exceções feitas à antracnose e ao oídio, as demais doenças podem ser consideradas muito recentes, sob a ótica da importância econômica, uma vez que pouco ou nenhum relato foi feito nesse sentido até recentemente. Portanto, as transformações experimentadas pelo sistema de exploração, passando do regime extensivo ao intensivo, certamente produzirão tão grande impacto que mascararão qualquer efeito decorrente de mudanças climáticas continentais ou globais a curto e médio prazo, impossibilitando a identificação de qual desses dois aspectos influenciou na mudança observada. Neste caso, se novas doenças surgirem, e outras já existentes se tornarem epidêmicas, será difícil o discernimento da verdadeira causa.

A produção de caju tem, anualmente, grandes expectativas em função das vicissitudes climáticas típicas da região. Em anos de chuvas normais no Nordeste (> 1.200 mm), invariavelmente, ocorrem epidemias de antracnose, mofo-preto e mancha-angular e, em consequência, sérios prejuízos são registrados, tanto no volume como na qualidade da produção (amêndoa e pedúnculo). O segmento mais prejudicado é aquele que se encontra na ponta inicial da cadeia produtiva, ou seja, os produtores, embora a indústria de processamento experimente também reduções na produtividade e, invariavelmente, seja obrigada a importar castanhas para poder honrar compromissos internacionais de mercado.

As doenças mais importantes do cajueiro são a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), o mofo-preto (*Pilgeriella anacardii*), a resinose (*Lasiodiplodia theobromae*), o oídio (*Oidium anacardii*) e a mancha-angular (*Septoria anacardii*). Conjuntamente, não se tem relatos de perdas de produção e qualidade do produto em razão destas doenças, embora, individualmente, tem-se observado perdas em torno de 40 % devido à antracnose e de até 90 % decorrentes direta e indiretamente de epidemias de mofo preto (PONTE, 1984; CARDOSO et al., 2005). Uma incidência de resinose em lavouras no Estado do Piauí registrou mais de 90 % de árvores enfermas. A ocorrência do mofo-preto vem crescendo nos últimos anos, face ao incremento do cultivo do cajueiro anão (i.e. estima-se em 10 mil ha de cajueiro anão), enquanto que, este tipo apresenta uma maior tolerância à antracnose.

Recentemente, uma bactéria, *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*, foi detectada no Nordeste, causando podridão do fruto e mancha foliar nas nervuras (VIANA et al., 2006, 2007).

A influência das condições do ambiente é extremamente importante na ocorrência e na severidade de todas as doenças do cajueiro, sendo mais importante na antracnose, mofo-preto, oídio, mancha-angular e na mancha-de-xanthomonas. Todos os eventos dos ciclos dessas doenças são críticos quanto à dependência das condições, sendo a dispersão, a germinação dos esporos e a penetração nos tecidos sequencialmente dependentes do clima. Consequentemente, as mudanças climáticas tendem a provocar rápidas mudanças nos patossistemas que envolvem o cajueiro.

O efeito de cada fator climático no progresso das doenças do cajueiro, infelizmente, tem sido muito pouco estudado, fato que limita qualquer prognóstico frente aos cenários projetados (Capítulo 2) pela ausência de modelos específicos. Rápidas mudanças na ampliação da área contínua cultivada, nos cultivos monoclonais, na ocorrência de novas doenças e na ocorrência de epidemias mais frequentes de doenças antes endêmicas estão sendo observadas nos últimos anos.

O cajueiro apresenta uma relativa plasticidade em relação às vicissitudes climáticas, mercê de sua estrutura anatômica e fisiológica semelhante às plantas xerófitas que possibilitam a tolerância às flutuações extremas de temperatura e umidade.

A descrição das principais doenças do cajueiro sob a ótica de perspectivas de mudanças climáticas é apresentada a seguir em caráter mais especulativo pelas razões expostas.

Doenças causadas por fungos

Antracnose

Colletotrichum gloeosporioides (forma teleomórfica: *Glomerella cingulata*)

A antracnose é, presentemente, a mais importante doença do cajueiro no Brasil, seja pela sua ocorrência epifitótica em todas as regiões produtoras, como pelo volume de danos econômicos que provoca. Perdas de 40 % do volume total da produção já foram registradas (PONTE, 1984). Até recentemente, essa doença era tida como causada somente pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (forma teleomórfica: *Glomerella cingulata*). Entretanto, foi confirmada a ação de *Colletotrichum acutatum*, muito comum nas regiões tropicais, a qual provoca os mesmos sintomas da antracnose (PITEIRA, 2009). Esses patógenos, apesar de ocorrerem em várias espécies de plantas cultivadas, causando antracnose, são dotados de especificidade patogênica. Isolados de *Colletotrichum gloeosporioides* e *Colletotrichum acutatum* provenientes do cajueiro revelaram-se incapazes de infectar a mangueira e a oliveira, respectivamente (ALBUQUERQUE; MENDES, 1975; PITEIRA, 2009).

Colletotrichum gloeosporioides sobrevive em tecidos infectados em restos de cultura no solo ou na própria planta. Não se tem registro de hospedeiros alternativos da espécie-tipo patogênica do cajueiro. Os conídios são produzidos em uma substância gelatinosa que serve para mantê-los unidos e protegidos, além de conferir uma auto-inibição da germinação, estratégia de grande importância ecológica (LOUIS et al., 1988). A disseminação dentro do pomar se processa pela água da chuva (autoinfecção) e pelo vento (aloinfecção), sendo que a primeira responde pela maior participação no processo. A presença de água livre é importante na diluição da substância gelatinosa protetora, possibilitando a dissociação dos conídios, como também a eliminação do efeito auto-inibitório. A partir de então, a umidade relativa do

ar e o orvalho tornam-se os fatores climáticos de maior importância (DODD et al., 1991). Uma vez depositados nas brotações e inflorescências novas, os conídios germinam produzindo um pequeno promicélio em cuja extremidade é formado um apressório em resposta a estímulos físico-químicos fornecidos pelo hospedeiro (HARPER; SWINBURNE, 1979). O apressório é formado sobre apenas um tubo germinativo primário por célula e, frequentemente, por conídio. A sua função é a penetração direta, rompendo a cutícula e a parede celular da epiderme. A penetração se dá mecanicamente com a ajuda de enzimas maceradoras de componentes da parede celular (CHAU; ALVAREZ, 1983; PONTE, 1984), sendo, portanto, independente da presença de ferimentos na cutícula, abertura de estômatos ou outras aberturas naturais. A formação de apressório inicia-se entre 6 a 12 h na maioria das espécies hospedeiras (EMMETT; PARBERY, 1975), embora existam variações morfológicas nos isolados de diferentes hospedeiros (CARVAJAL, 1987).

A antracnose é mais severa em tecidos jovens resultantes do fluxo que ocorre durante ou imediatamente após o período chuvoso (CARDOSO et al., 1999 e 2000). Quando o período de elevada umidade prolonga-se até o início da frutificação, as perdas na produção são mais acentuadas, podendo inclusive ser totais em algumas plantas. Estudos publicados sobre aspectos epidemiológicos como período de latência, progressão da doença no tempo e no espaço e quantificação de perdas causadas pela antracnose do cajueiro no Nordeste brasileiro são raros ou inexistentes.

O cajueiro apresenta um mecanismo fisiológico natural de defesa do agente causal da antracnose, manifestado pelo retardamento da emissão foliar enquanto persiste o período chuvoso. O déficit hídrico no solo é uma condição de estresse necessária à quebra da dormência foliar. Este fenômeno tem sido observado nos últimos anos, provocando um atraso de até dois meses no início da colheita em algumas regiões produtoras.

As mudanças climáticas previstas nos dois cenários (Capítulo 2) deverão concorrer para o incremento de epidemias de antracnose, seja pelo efeito direto na sobrevivência e disseminação do patógeno, como pela alteração fisiológica do cajueiro em resposta aos estímulos climáticos de aumento do dióxido de carbono, da temperatura e das alterações do regime pluvial. A redução da diversidade genética do cajueiro decorrente da propagação massiva de clones melhorados certamente concorrerá ainda mais para frequentes epidemias de antracnose. Estudos de genética populacional das espécies de *Colletotrichum*, causadoras da antracnose do cajueiro, deverão contribuir fortemente na elaboração de modelos de progresso no tempo, uma vez que a taxa de adaptação às mudanças depende da variabilidade genética da população.

Mofopreto *Pilgeriella anacardii*

O mofopreto é uma doença de importância crescente no litoral nordestino, principalmente com a expansão da área cultivada com o cajueiro-anão-precoce, notadamente mais susceptível que o cajueiro comum (CARDOSO et al., 1994). Os sintomas da doença são caracterizados pelo crescimento de estruturas do fungo (micélio e conídios) na face inferior das folhas, na forma de colônias radiais, as quais, após coalescerem, assumem uma forma feltrosa, de coloração marrom-escura. A doença ocorre a partir do início do período chuvoso e atinge o ponto mais elevado exatamente ao término do mesmo, período este que coincide com o início do lançamento foliar do cajueiro (CARDOSO et al., 2000). No início da epidemia, sob condições de elevada umidade, a fase assexual predomina, enquanto que, ao final do ciclo, numerosos peritécios são produzidos sobre a superfície das lesões.

Pilgeriella anacardii é um fungo ectoparasita obrigatório que exerce o seu parasitismo através de haustórios que penetram nas folhas do hospedeiro pelos estômatos, daí sua localização restrita à face inferior da folha. Os primeiros estudos epidemiológicos com o mofopreto revelaram uma dependência do índice de precipitação pluvial para o seu progresso. Entretanto, investigações subsequentes são necessárias para a caracterização das epidemias (CARDOSO et al., 2000).

O mofopreto representa um exemplo típico de uma doença que se expande rapidamente no tempo e no espaço. O caráter endêmico foi inicialmente descrito (AQUINO; MELO, 1974); posteriormente, observou que a doença ficou restrita às áreas do litoral oeste do Ceará (CARDOSO et al., 2005). Presentemente, vem sendo observada em alta incidência ao longo de todo o litoral do Nordeste e na região central do Brasil (Barreiras, BA e Palmas, TO). Contudo, no semiárido essa doença é raramente encontrada, provavelmente em razão da baixa umidade do ar.

O mofopreto é altamente sensível às condições climáticas, conseqüentemente, sua progressão obedece ao mesmo raciocínio do progresso da antracnose, com um agravante ainda maior em relação ao aumento da vulnerabilidade genética, pois o cajueiro-anão-precoce é comprovadamente mais susceptível.

Resinose *Lasiodiplodia theobromae* (sin. *Botryodiplodia theobromae*) [forma teleomórfica: *Botryosphaeria rhodina*]

A resinose do cajueiro é a doença mais importante do cajueiro no semiárido nordestino. Ela foi descrita pela primeira vez no Brasil no Nordeste,

precisamente em Alto Santo, CE (FREIRE, 1991).

Lasiodiplodia theobromae é capaz de infectar, isoladamente ou em associação com outros patógenos, aproximadamente 500 espécies de plantas. As fruteiras tropicais mais comumente afetadas por este patógeno são: a mangueira (TAVARES, 1994), as anonáceas (PONTE, 1985), o coqueiro (SOUZA FILHO et al., 1979), as *Spondias* (PONTE et al., 1988), a bananeira (GOOS et al., 1961), a aceroleira e o saptizeiro (FREIRE et al., 2004). Estudos genéticos e de inoculações cruzadas entre isolados desse fungo provenientes de diversos hospedeiros revelam uma grande especificidade patogênica (CARDOSO; WILKINSON, 2008; BURGESS et al., 2003). Provavelmente, nenhum outro microrganismo representa maior ameaça à fruticultura no Nordeste do que o fungo *Lasiodiplodia theobromae*, pelo caráter destrutivo dos sintomas por ele provocados, além da disseminação assintomática pelas sementes, propágulos vegetativos e porta-enxertos (CARDOSO et al., 1998).

Os primeiros sintomas da resinose se caracterizam pelo escurecimento, intumescimento e rachadura da casca, formando cancrios pronunciados no tronco e ramos lenhosos, seguido de intensa exsudação de goma. Sob a casca, observa-se um escurecimento dos tecidos, o qual se estende, até atingir a região cortical e o câmbio vascular. Com o progresso da doença, sintomas de deficiências nutricionais, murcha, queda de folhas e morte descendente dos ramos são observados, até o colapso total da planta.

Plantas acometidas pela resinose têm a transpiração alterada decorrente da redução da condutância estomática e da fotossíntese líquida (BEZERRA et al., 2003). Genótipos de cajueiro apresentam diferenças na reação à resinose, ensejando a seleção de clones resistentes (PAIVA et al., 2002; CARDOSO et al., 2006 e 2007). Entretanto, entre os aspectos que contribuem para a ocorrência de severas epidemias da resinose no semiárido nordestino, destacam-se expansão do cultivo do clone susceptível CCP-76, a falta de estudos epidemiológicos relacionados ao manejo integrado, incluindo-se estudos de interações entre o patógeno, o hospedeiro e o ambiente e a ausência de um método de detecção precoce da presença do fungo nos propágulos usados para produção da muda.

As condições de ambiente prevaletentes no Nordeste como o déficit hídrico e a baixa disponibilidade de cálcio, contribuem para aumentar a vulnerabilidade da planta ao ataque do fungo.

Nos cenários climáticos futuros, provavelmente, o aumento da incidência de eventos climáticos extremos, que proporcionarem maiores estresses à planta hospedeira, deverão contribuir para o aumento da ocorrência e severidade da resinose.

Podridão-preta-da-haste *Lasiodiplodia theobromae*

A morte descendente das inflorescências do cajueiro fora descrita originalmente na Índia como sendo causada por *Lasiodiplodia theobromae* (OLUNLOYO; ESUROSIO, 1975). Em 1999, doença semelhante, também causada por *Lasiodiplodia theobromae*, foi observada em pomares irrigados de cajueiro no Estado do Ceará. A doença foi denominada podridão-preta-da-haste em alusão ao quadro sintomatológico (CARDOSO et al., 2000 e 2002). A distribuição espacial da doença sugeria uma disseminação do tipo contagiosa (CARDOSO et al., 2000). O mesmo quadro sintomatológico foi em seguida observado em Pio IX, PI, em pomares comerciais de sequeiro, porém em menor severidade.

A disseminação deste patógeno ainda não foi totalmente elucidada. Entretanto, evidências da disseminação via sementes e propágulos foram obtidas (CARDOSO et al., 1998, 2004; FREIRE et al., 1999).

Estudos usando técnicas de biologia molecular com *Lasiodiplodia theobromae* permitiram a caracterização de uma população originária de fruteiras tropicais incluindo o cajueiro, revelando a grande variabilidade genética de uma população originária do Nordeste brasileiro (CARDOSO; WILKINSON, 2008). Nestes estudos foram identificados 28 microsátélites de *Lasiodiplodia theobromae*, que possibilitaram o desenho de iniciadores específicos para ampliação de fragmentos contendo essas sequências de bases. Usando-se estes marcadores foi possível diferenciar os isolados causadores da resinose e da podridão-preta-da-haste com menos de 30 % de homologia entre esses isolados.

Esses resultados revelam a grande variabilidade genética de *Lasiodiplodia theobromae*, pois as condições de elevada umidade relativa e intensa emissão foliar, predisponentes da podridão-preta-da-haste são diferentes da resinose, conforme descrição anterior.

O surgimento nos últimos anos, em caráter epidêmico, da podridão-preta-da-haste (CARDOSO et al., 2000 e 2002) na microrregião de Barreiras, BA e Palmas, TO vem provocando significativas perdas na produção e, por consequência, o endividamento dos produtores junto às instituições financiadoras de projetos. Tais epidemias vêm sendo atribuídas à expansão da cultura em regiões sujeitas às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno.

Oídio

Oidium anacardii

O oídio é a doença do cajueiro cujo relato é o mais antigo (NOACK, 1898). Apesar de sua grande importância no continente africano, onde é considerada a principal doença do cajueiro em países como a Tanzânia (MARTIN et al., 1997), o oídio é considerada uma doença secundária no Brasil. Tem-se constatado uma maior incidência do oídio nos últimos anos, sobretudo nos anos de boas precipitações pluviais e plantas suscetíveis.

A doença é causada por *Oidium anacardii*, um fungo ectoparasita obrigatório, cuja fase sexual ascógena ainda não foi detectada. Em razão dos poucos estudos com este fungo no Brasil, suspeita-se que existe uma forma variante na África, pois a morfologia dos conídios e conidióforos e o estágio fenológico dos tecidos infectados são diferentes nos dois continentes. No Brasil, os sintomas ocorrem em folhas maduras onde as estruturas vegetativas e reprodutivas do patógeno formam um revestimento ralo, branco-acinzentado e pulverulento, recobrando as nervuras em ambas as faces da folha. Eventualmente, o patógeno pode infectar a inflorescência, provocando a queima de muitas flores. Este sintoma pode ser o responsável pela deformação do pedúnculo e do fruto na fase de maturação.

Na África, os sintomas ocorrem primordialmente nas folhas e inflorescências jovens e maduras tornando essa a mais importante doença do cajueiro neste continente.

Oidium anacardii é um fungo que co-evoluiu com o cajueiro. Consequentemente, sua estrutura populacional deve ser bastante diversificada, contendo formas variantes das mais diversas, incluindo até formas epifíticas em botões florais e ramos jovens. Os esporos de *Oidium anacardii* são dispersados pelo vento e germinam profusamente quando a umidade relativa do ar situa-se na faixa de 90 a 100 %, sob temperaturas de 26 °C a 28 °C (CASTELLANI; CASULI, 1981). Inflorescências infectadas geralmente necrosam e falham em produzir frutos, resultando em danos significativos à produção.

Mudanças climáticas que resultem em aumento da precipitação nas regiões semiáridas do Nordeste, aliadas à elevada variabilidade genética da população do patógeno devem concorrer para uma maior incidência de epidemias dessa doença no Brasil. Com relação ao patossistema e à morfologia do fungo, um fato inusitado vem ocorrendo, tendo sido observado pela primeira vez em uma fazenda, grande produtora de castanhas, situada na fronteira do Estado do Ceará com o Piauí. Sabe-se que, no Brasil, contrariamente ao

que ocorre na África, o oídio do cajueiro sempre foi encontrado em folhas já maduras. Contudo, no município de Pio IX, PI, a doença vem sendo detectada em lançamentos novos, imaturos, inclusive ainda ricos em antocianina desde o ano de 2006. Ademais, a morfologia do fungo isolado dessas folhas é nitidamente diferente daquela comumente relatada no País até o momento, e semelhante àquela do *Oidium* observado em cajueiros no continente africano. Caso não se trate de um novo fungo, possibilidade que está sendo estudada, é possível que, além de uma alteração no patossistema oídio-cajueiro, esteja ocorrendo alteração morfológica adaptativa do fungo, em função de alterações climáticas naquela microrregião, cuja temperatura média vem crescendo desde o último decênio.

Outras doenças

Outras doenças de ocorrência endêmica podem se tornar problemas relevantes no futuro em face de mudanças climáticas, principalmente pela co-evolução com o cajueiro nas regiões produtoras.

A mancha-angular, anteriormente conhecida como “cercosporiose”, em função do suposto agente etiológico ser *Cercospora anacardii*, é hoje tida como causada por *Septoria anacardii* (FREIRE, 1994). Essa doença vem crescendo em importância, em razão de sucessivas epifitias observadas em viveiros e em alguns pomares no Ceará e Piauí nos últimos anos. Até meados da década de 80 tratava-se de uma doença de importância secundária, restrita a ocorrências endêmicas no Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco (PONTE, 1984).

Outra doença do cajueiro que pode tornar-se importante em função das alterações climáticas e de conhecimento mais recente, é causada pela bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*. Essa doença teve sua detecção, anotação e confirmação realizada pela primeira vez em relação à ocorrência no município de Pio IX, PI, mesma região de ocorrência do oídio (VIANA et al., 2007). A mancha-de-xanthomonas se caracteriza por causar manchas aquosas, verdadeiras anasarcas, nas castanhas ainda verdes, manchas essas que podem coalescer, e que escurecem depois, podendo tornar-se deprimidas após a maturação da castanha. As castanhas desenvolvidas quando atacadas, mostram uma lesão úmida e de coloração cinza-clara. Nas folhas, as manchas são marrons-escuras e, quando a bactéria penetra os vasos, pode-se verificar o desenho escuro desses destacando-se no verde do limbo foliar (VIANA et al., 2006). A mancha-de-xanthomonas, como toda doença bacteriana, exige água livre em níveis mais elevados que o

comumente encontrado em regiões áridas. Contudo, na região de ocorrência dessa doença, principalmente nos meses mais secos, ocorre o orvalho noturno, que propicia condições adequadas para o microrganismo. Além disso, as chuvas da época das chuvas, em geral, são intensas e logo após as mesmas a temperatura volta a subir. Por isso, acredita-se que alterações climáticas, no sentido de elevação de temperaturas e escassez de chuvas não afetarão negativamente essa doença, pelo contrário, poderão até beneficiar o patógeno, porque podem criar condições estressantes ao hospedeiro tornando-o mais suscetível ao ataque de microrganismos associados ao filoplano, como é o caso da *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*.

Considerações finais

As mudanças climáticas previstas nos dois cenários (A2 e B2) conforme descritas no Capítulo 2, nos três períodos examinados, indicam que os impactos sobre o cultivo do cajueiro nas condições do Nordeste brasileiro serão de pequena monta, sobretudo se programas de melhoramento genético mantiverem o atual ritmo de desenvolvimento de novas alternativas, ou até aumentarem, uma vez que a diversidade da espécie é muito grande. Incrementos de temperatura e redução da precipitação, contudo, podem ter efeitos adversos no que se refere às doenças, principalmente as de origem fúngica. Prognóstico nada alvissareiro poderá ser traçado, visto que nas poucas vicissitudes climáticas observadas nos últimos anos, quando ocorreram secas nos anos 2005 e 2006 e excesso de chuvas em 2008 e 2009, observaram-se mudanças relativamente acentuadas na incidência de doenças como a antracnose, o mofo-preto e o oídio. O aumento do déficit hídrico e a redução da umidade relativa do ar deverão ter um efeito muito menor na ocorrência da antracnose e do oídio do que sobre a resinose, doença tipicamente de plantas sob estresse, e do que sobre a mancha-de-xanthomonas, estreitamente dependente de água disponível.

Esses prognósticos tenderão a ser cada vez mais precisos à medida em que os efeitos específicos do clima sobre as doenças do cajueiro e a diversidade genética dos patógenos forem conhecidos por meio dos estudos epidemiológicos.

A variabilidade do cajueiro no Brasil é, certamente, uma grande vantagem para os trabalhos de melhoramento genético visando atenuar os efeitos das mudanças climáticas. É tema inclusive que deve ser tratado como altamente estratégico para o País.

Referências

- AGNOLONI, M.; GIULIANI, F. **Cashew cultivation**. New Delhi: Instituto Agronomico per L'Oltremare, 1977. 168 p.
- ALBUQUERQUE, F. C.; MENDES, B. V. Características morfológicas e fisiológicas de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., agente etiológico da antracnose do cajueiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 8., 1975, Mossoró, RN. **Anais...** Mossoró: SBF, 1975. p. 13.
- AQUINO, M. L. N.; MELO, G. S. **Uma nova enfermidade do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)**. Recife: IPA, 1974. 16 p. (IPA. Boletim Técnico, 71).
- BEZERRA, M. A.; CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; VIDAL, J. C.; ALENCAR, E. S. **Efeito da resinose na fotossíntese do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 12 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).
- BURGESS, T.; WINGFIELD, M. J.; WINGFIELD, B. D. Development and characterization of microsatellite loci for the tropical tree pathogen *Botryosphaeria rhodina*. **Molecular Ecology Notes**, v. 3, n. 1, p. 91-94, 2003.
- CARDOSO, J. E.; FREIRE, F.C.O. Doenças do cajueiro. In: SILVA, V. V. da (Org.). **Caju: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1998. p. 123-134.
- CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O. Identificação e manejo das principais doenças. In: MELO, Q. M. S. (Ed.). **Caju: fitossanidade**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 41-51. (Frutas do Brasil, 1).
- CARDOSO, J. E.; WILKINSON, M. J. Development and characterisation of microsatellite markers for the fungus *Lasiodiplodia theobromae*. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 1, p. 55-57, 2008.
- CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O.; SÁ, F. T. Disseminação e controle da resinose em troncos de cajueiro decepados para substituição de copa. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 48-50, 1998.
- CARDOSO, J. E.; ARAGÃO, M. L.; BLEICHER, E.; CAVALCANTE, M. J. B. Efeito de práticas agrônomicas na ocorrência da resinose do cajueiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20 (suplemento), p. 242, 1995.
- CARDOSO, J. E.; CAVALCANTI, J. J. V.; CAVALCANTE, M. J. B.; ARAGÃO, M. L.; FELIPE, E. M. Genetic resistance of dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) to anthracnose, black mold, and angular leaf spot. **Crop Protection**, v. 18, n. 1, p. 23-27, 1999.
- CARDOSO, J. E.; FELIPE, E. M.; CAVALCANTE, M. J. B.; FREIRE, F. C. O.; CAVALCANTI, J. J. V. Precipitação pluvial e progresso da antracnose e do mofo preto do cajueiro (*Anacardium occidentale*). **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 26, n. 4, p. 413-416, 2000.
- CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; SANTOS, A. A.; FREIRE, F. C. O.; VIANA, F. M. P.; VIDAL, J. C.; OLIVEIRA, J. N.; UCHOA, C. N. **Monitoramento de doenças na cultura do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2002. 22 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 47).
- CARDOSO, J. E.; VIDAL, J. C.; SANTOS, A. A.; FREIRE, F. C. O.; VIANA, F. M. P. First report of black branch dieback of cashew caused by *Lasiodiplodia theobromae* in Brasil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 5, p. 558, 2002.
- CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; ROSSETTI, A. G.; VIDAL, J. C. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. **Plant Pathology**, v. 53, p. 363-367, 2004.
- CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; BEZERRA, M. A.; SOUSA NETO, J.; SOUSA, R. N. M. **Epidemiologia do mofo-preto e danos à produção de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 16 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23).
- CARDOSO, J. E.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, A. A.; VIDAL, J. C. Evaluation of resistance in dwarf cashew to gummosis in north-eastern Brasil. **Crop Protection**, v. 25, p. 855-859, 2006.

- CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; CYSNE, A. Q.; FARIAS, F. C.; SOUZA, R. N. M. **Clone Embrapa 51: uma alternativa à resinose do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 3 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 130).
- CARVAJAL, B. P. **Caracterização morfológica, fisiológica e patogênica de isolados de *Colletotrichum gloeosporioides sensu Arx. (1957)*, causadores de podridões de frutos**. 1987. 108p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- CASTELLANI, E.; CASULLI, F. Osservazioni preliminari su *Oidium anacardii* Noack agente del mal bianco dell'anacardio. **Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, v. 75, n. 2/3, p. 211-222, 1981.
- CHAU, K. F.; ALVAREZ, A. M. A histological study of anthracnose on *Carica papaya*. **Phytopathology**, v. 73, p. 1113-1116, 1983.
- DODD, J. C.; ESTRADA, A.; MATCHAM, J.; JEFFRIES, P.; JEGER, M. J. The effect of climatic factors on *Colletotrichum gloeosporioides*, causal agent of mango anthracnose in the Phillipines. **Plant Pathology**, v. 40, p. 1-8, 1991.
- EMMETT, R. W.; PARBERY, D. G. Appressori. **Annual Review of Phytopathology**, v. 13, p. 147-167, 1975.
- FREIRE, F. C. O. A resinose do cajueiro. **Caju Informativo**, Fortaleza, v. 4, n.1-2, 1991.
- FREIRE, F. C. O. **Angular leaf spot of cashew (*Anacardium occidentale L.*) caused by *Septoria anacardii* sp. nov.** Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1994.
- FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E. Doenças do Cajueiro. In: ARAUJO, J.P.P.; SILVA, V. V. (Org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p. 249-267.
- FREIRE, F. C. O.; KOZAKIEWICZ, Z.; PATERSON, R. R. M. Mycoflora and mycotoxins of Brazilian cashew kernels. **Mycopathologia**, v. 145, p. 95-103, 1999.
- FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; VIANA, F. M. P. Diseases of cashew (*Anacardium occidentale L.*) in Brazil. **Crop Protection**, v. 21, p. 489-494, 2002.
- FREIRE, F.C.O.; VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E. **Novos hospedeiros do fungo *Lasiodiplodia theobromae* no Estado do Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 6 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 91).
- FROTA, P. C. E. Clima e fenologia. In: LIMA, V. P. M. S. (Ed.). **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1988. p. 65-80. (BNB/ETENE. Estudos Socioeconômicos, 35).
- GOOS, R. D.; COX, E. A.; STOTZKY, G. *Botryodiplodia theobromae* and its association with *Musa* species. **Mycologia**, v. 53, p. 262-277, 1961.
- HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R. V.; ORSINI, J. A. M.; GHINI, R. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 25-73.
- HARPER, D. B.; SWINBURNE, T. R. 2,3 - dihydroxy benzoic acid and related compounds as stimulants of germination of conidia of *Colletotrichum musae* (Berj. & Curt.) Arx. **Physiological Plant Pathology**, v. 14, p. 363-370, 1979.
- LOUIS, I.; CHEW, A.; LIM, G. Influence of spore density and extracellular conidial matrix on spore germination in *Colletotrichum capsici*. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 91, p. 694-697, 1988.
- MARTIN, P. J.; TOPPER, C. P.; BASHIRU, R. A.; BOMA, F.; De WAAL, D.; HARRIES, H. C.; KASUGA, L. J.; KATANILA, N.; KIKOKA, L. P.; LAMBOLL, R.; MADDISON, A. C.; MAJULE, A. E.; MASAWA, P. A.; MMILLANZI, K. J.; NATHANIELS, N. Q.; SHOMARI, S. H.; SIJAONA, M. E.; STATHERS, T. Cashew nut production in Tanzania: constraints and progress through integrated crop management. **Crop Protection**, v. 15, n. 1, p. 5-14, 1997.
- NOACK, F. Cogumelos parasitos das plantas de pomar, horta e jardim. **Boletim do Instituto**

Agrônomo do Estado de São Paulo, v. 9, p. 75-88, 1898.

OLUNLOYO, O. A.; ESUROSO, O. F. Lasiodiplodia floral shoot dieback disease of cashew in Nigeria. **Plant Disease Reporter**, v. 59, n. 2, p. 176-179, 1975.

PAIVA, J. R.; CARDOSO, J. E.; CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; ALENCAR, E. S. **Clone de cajueiro-anão precoce BRS 226 ou Planalto**: nova alternativa para o plantio na região semi-árida do Nordeste. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 78).

PITEIRA, M. C. C. **Estudos da biodiversidade de isolados de *Colletotrichum* spp. que afectam a cultura do cajueiro por técnicas biomoleculares**. 2009 136 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Évora, Évora, Portugal.

PONTE, J. J. da.; ATHAYDE, C.; SENA, C. B. de.; VALE, C. C. do; BEZERRA, J. L. Etiologia da resinose de frutíferas do gênero *Spondias*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 13, n. 3, p. 280-281, 1988.

PONTE, J. J. **Doenças do cajueiro no Nordeste brasileiro**. Brasília, DF: EMBRAPA/DDT, 1984. 51 p. (EMBRAPA/DDT. Documentos, 10).

PONTE, J. J. Uma nova doença da ateira (*Annona squamosa*) e da gravioleira (*A. muricata*) causada por *Botryodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 10, n. 3, p. 689-691, 1985.

ROSSETTI, V. Antracnose dos cajueiros. **O Biológico**, São Paulo, v. 14, p. 269, 1948.

SOUZA FILHO, B. F.; SANTOS FILHO, H. P.; ROBBS, C. F. Etiologia da queima das folhas do coqueiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 4, p. 5-10, 1979.

TAVARES, S. C. C.; BARRETO, D. S. B.; AMORIM, L. R. Levantamento do comportamento de *Botryodiplodia theobromae* em videira na região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 12., 1994, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: SBF, 1994. p. 933-934.

TEIXEIRA, L. M. S. Doenças. In: LIMA, V. P. M. S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1988. p. 231-266. (BNB/ETENE. Estudos Socioeconômicos, 35).

VIANA, F. M. P.; FERREIRA, M. A. S. V.; MARIANO, R. L. R.; SARAIVA, H. A. O.; CARDOSO, J. E.; TRINDADE, L. C. **Mancha-de-xanthomonas**: nova doença do cajueiro. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 20 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento, 24).

VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E.; SARAIVA, H. A. O.; FERREIRA, M. A. S. V.; MARIANO, R. L. R.; TRINDADE, L. C. First report of a bacterial leaf and fruit spot of cashew nut (*Anacardium occidentale*) caused by *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae* in Brazil. **Plant Disease**, v. 91, p. 1361, 2007.

Capítulo 10

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da cebola no Brasil

Ricardo Gioria

Paulo T. Della Vecchia

Kátia R. Brunelli

Romulo F. Kobori

Introdução

O Brasil está entre os 10 maiores países produtores de bulbos de cebola (*Allium cepa*). É o segundo maior produtor das Américas, ficando atrás dos Estados Unidos. Cerca de 60.000 ha foram plantados com a cultura no País, em 2008, com uma produção de bulbos estimada em 1.060.000 t. Esta produção foi alcançada pela contribuição de safras solidárias conduzidas nas regiões Sul (43,0 %), Sudeste (25,3 %), Nordeste (25,7 %) e Centro-Oeste (6,0 %) do País (Tabela 1) (VILELA et al., 2005). As regiões Sul, Sudeste e Nordeste são tradicionais produtoras de cebola, enquanto que a região Centro-Oeste vem despontando, nos últimos anos, como a nova área de expansão da cultura. A Tabela 2 apresenta o calendário de semeadura, colheita e comercialização da cebola para as diferentes regiões produtoras do Brasil.

A produção de bulbos de cebola no Brasil apresenta elevada importância socioeconômica. Estimam-se em 250 mil os empregos diretos utilizados em sua produção. Mais de 102 mil produtores, espalhados por cerca de 850 municípios brasileiros, estão envolvidos em sua produção. Caracteriza-se como uma cultura tipicamente familiar e a maior parte dos produtores está concentrada nos extratos de propriedades menores do que 20 ha.

Tabela 1. Área plantada, número de municípios produtores, produção e produtividade de bulbos de cebola para os principais estados produtores do Brasil em 2008.

Região/ Estado	Nº municípios produtores	Área plantada (ha)	Área plantada (%)	Produção (t)	Produção (%)	Produtividade (t/ha)
Sul						
RS	430	7.854	13,1	111.877	10,5	14,24
SC	146	21.500	35,9	243.500	22,9	11,33
PR	139	7.287	12,2	100.500	9,5	13,79
Total	715	36.641	61,2	455.877	43,0	12,44
Sudeste						
SP	31	5.912	9,8	194.913	18,4	32,97
MG	44	1.710	2,9	74.094	7,0	43,33
Total	75	7.622	12,7	269.007	25,3	35,29
Nordeste						
BA + PE	66	14.791	24,7	272.400	25,7	18,42
Total	66	14.791	24,7	272.400	25,7	18,42
Centro-Oeste						
GO + DF	6	857	1,4	64.025	6,0	74,71
Total	6	857	1,4	64.025	6,0	74,71
Total geral	862	59.911	100,0	1.061.309	100,0	17,71

Tabela 2. Calendário de semeadura, colheita e comercialização de cebola no Brasil em 2008.

		Meses											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Região Sul RS	Semeadura												
	Colheita												
	Comercialização												
SC	Semeadura												
	Colheita												
	Comercialização												
PR	Semeadura												
	Colheita												
	Comercialização												
Região Sudeste SP	Semeadura												
	Colheita												
	Comercialização												
MG	Semeadura												
	Colheita												
	Comercialização												
Região Centro-Oeste GO e DF	Semeadura												
	Colheita												
	Comercialização												
Região Nordeste PE e BA	Semeadura												
	Colheita												
	Comercialização												

Além da produção de bulbos, no Brasil, produz-se também entre 100 e 110 t/ano de sementes de cebola para o seu mercado interno. Esta produção está concentrada principalmente na região Sul. Pequena quantidade é produzida na região Nordeste para uso regional.

O ciclo vital da cebola é bienal. No primeiro ano produz o bulbo e no segundo, as sementes. A produção de bulbos e sementes em cebola é condicionada por alguns fatores determinantes e outros coadjuvantes (Tabela 3). Dentre os fatores determinantes, a disponibilidade de água e a temperatura são os mais importantes para o foco deste trabalho. A cebola é uma planta de dias longos para a formação do bulbo. Sob condições de dias mais curtos do que o específico exigido para uma determinada cultivar não

Tabela 3. Fatores determinantes e coadjuvantes na produção da cebola.

	Fase de desenvolvimento			
	Germinação e emergência	Desenvolvimento da planta	Bulbificação	Florescimento e produção de semente
Fatores determinantes	Temperatura Água	Temperatura Água	Fotoperíodo Temperatura Água	Temperatura Água
Fatores coadjuvantes		Nutrientes Pragas/ Doenças Plantas daninhas	Índice de Área Foliar Nutrientes Doenças/ Pragas Plantas daninhas	Nutrientes Doenças/ Pragas Plantas daninhas

ocorre a formação do bulbo. Uma vez satisfeita a exigência do fotoperíodo, temperaturas mais altas do que a ideal para a espécie tendem a acelerar a formação, crescimento e maturação do bulbo. A indução ao florescimento ocorre sob condições de baixas temperaturas (LANCASTER et al., 1996; STRECK, 2003). A Tabela 4 resume as principais informações sobre os efeitos da temperatura e do fotoperíodo nas diferentes fases do desenvolvimento da cebola (LANCASTER et al. 1996).

Considerando as semelhanças climáticas e as alterações ambientais projetadas pelo IPCC (2007) para o período de 2071-2100, é possível agrupar em quatro grandes regiões produtoras de bulbos de cebola no Brasil (Figura 1): região Sul, que inclui as áreas de produção dos estados do RS, SC e PR; região Sudeste, que inclui as áreas de produção dos estados de SP e MG; região Nordeste, que inclui as áreas de produção dos estados da BA e PE; e região Centro-Oeste, que inclui as áreas de produção do estado de GO e do DF (Tabelas 5 e 6). Além de produtoras de bulbos, as regiões Sul e Nordeste são também produtoras de sementes de cebola.

Mudanças ambientais, além de influenciarem diretamente o desenvolvimento de um patógeno, podem comprometer a fisiologia do hospedeiro (CHAKRABORTY et al., 1998). As consequências poderão ir desde a inviabilização da produção por não permitir, por exemplo, o desenvolvimento ideal das plantas, a formação, o crescimento e a maturação ideais dos bulbos, a indução ao florescimento, até o aumento da incidência de doenças pelo fato do hospedeiro encontrar-se debilitado e com maior predisposição às mesmas.

Ao se avaliarem as alterações ambientais projetadas para o período de 2071-2100, duas variáveis, a temperatura e a precipitação pluviométrica, apresentam mudanças consideráveis. A interação de ambas será, provavelmente, a maior responsável pelas mudanças nas áreas de produção,

Tabela 4. Efeitos da temperatura e do fotoperíodo nas diferentes fases de desenvolvimento da cebola.

Fase de desenvolvimento	Condições ideais	Condições limitantes e consequências
Germinação e emergência	20 °C a 25 °C	Temperatura < 5 °C ou > 35 °C impedem ou retardam a germinação e a emergência de plântulas.
Desenvolvimento da planta: Fase juvenil	20 °C a 25 °C	Temperatura < 5 °C cessam o desenvolvimento da planta. Entre 5 °C e 15 °C retardam o desenvolvimento da planta. Acima de 35 °C promovem bulbificação prematura.
Desenvolvimento da planta: Fase pós- juvenil	Fotoperíodo < que o mínimo para bulbificação da cultivar 20 °C a 25 °C	Fotoperíodo > que o mínimo requerido para bulbificação promove bulbificação prematura. Temperatura < 5 °C cessa o desenvolvimento da planta. Entre 5 °C e 15 °C retardam o desenvolvimento da planta e podem promover florescimento prematuro.
Bulbificação	Fotoperíodo < que o mínimo para bulbificação da cultivar 20 °C a 30 °C	Fotoperíodo > que o mínimo requerido para bulbificação promove bulbificação prematura. Temperatura < 15 °C retardam o desenvolvimento e maturação de bulbos. Podem ocasionar formação de bulbos “charutos”. Acima de 35 °C aceleram desenvolvimento e maturação de frutos. Podem ocasionar a produção de bulbos pequenos.
Conservação pós-colheita	Fotoperíodo > que o mínimo para bulbificação da cultivar 0 °C a 2 °C ou > 35 °C	Fotoperíodo < que o mínimo requerido para bulbificação não ocorre a bulbificação. Temperatura entre 6 °C e 15 °C: desenvolvimento de primórdios florais e diminuição no período de conservação pós-colheita. Entre 15 °C e 35 °C queda no período de pós-colheita.

...continua

Tabela 4. Continuação

Fase de desenvolvimento	Condições ideais	Condições limitantes e consequências
Vernalização	8 °C a 12 °C	Temperatura < 8 °C ou entre 12 °C e 20 °C: retardam o desenvolvimento de primórdios florais. Acima de 30 °C impedem o desenvolvimento de primórdios florais.
Pré-florescimento	15 °C a 30 °C	Temperatura < 10 °C retardam desenvolvimento da haste floral. Acima de 35 °C pode ocorrer desvernalização de bulbos
Florescimento	Fotoperíodo dias longos e crescentes 25 °C a 30 °C	Fotoperíodo dias curtos e decrescentes retardam ou impedem o desenvolvimento das hastes florais
Desenvolvimento e maturação da semente	25 °C a 30 °C	Temperatura < 10 °C e > 35 °C podem impedir a fecundação e o desenvolvimento das sementes e a polinização por abelhas. Temperatura < 10 °C retardam o desenvolvimento e maturação das sementes. Acima de 40 °C podem impedir o desenvolvimento e maturação das sementes

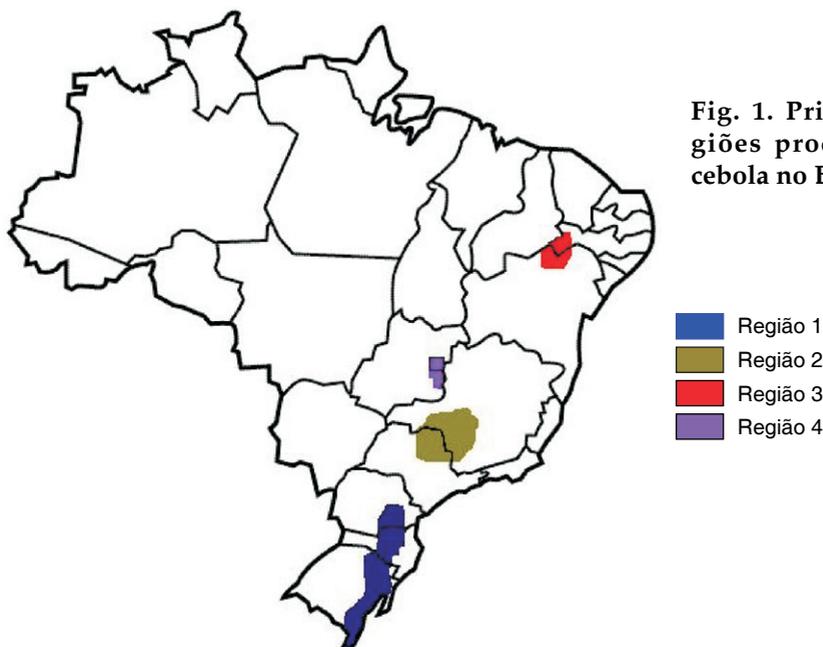


Fig. 1. Principais regiões produtoras de cebola no Brasil.

Tabela 5. Evolução da temperatura média mensal (°C) ocorrida no período referência (1961 a 1990) e as projetadas para 2071-2100 em quatro regiões importantes regiões produtoras de cebola.

	Região 1 Sul (RS, SC e PR)		Região 2 Sudeste (SP, MG)		Região 3 Nordeste (PE e BA)		Região 4 Centro-Oeste (GO)	
	1961-1990	2071-2100	1961-1990	2071-2100	1961-1990	2071-2100	1961-1990	2071-2100
Janeiro	20-26	24-28	22-26	24-28	24-28	28-32	22-24	26-28
Fevereiro	20-26	24-28	22-26	24-28	24-28	28-32	22-24	26-28
Março	18-24	22-28	20-26	24-28	24-28	28-32	22-24	26-28
Abril	16-22	18-24	20-24	24-28	24-26	28-30	22-24	26-28
Maio	16-20	16-22	18-22	22-26	24-26	28-30	20-22	24-26
Junho	12-16	14-18	16-20	20-24	22-26	26-30	18-20	22-26
Julho	12-16	14-18	16-20	20-24	22-26	26-30	18-20	22-26
Agosto	12-16	16-20	18-22	22-26	22-26	26-30	20-22	24-28
Setembro	14-18	16-20	20-24	24-28	24-28	28-32	22-24	26-30
Outubro	16-20	18-24	20-24	26-28	26-30	30-34	22-26	28-30
Novembro	18-22	20-26	20-24	24-28	26-30	30-34	22-24	28-30
Dezembro	18-24	22-28	20-24	24-28	26-28	30-32	22-24	26-28

épocas de plantio, tecnologia de produção e na escolha de cultivares melhor adaptadas àquelas condições de cultivo.

Considerando as alterações climáticas projetadas pelo IPCC (2007) (Tabelas 5 e 6), as temperaturas ideais atualmente propostas para as diferentes fases de desenvolvimento da cebola (Tabela 4), as atuais cultivares utilizadas para o plantio (Tabela 7), o atual calendário de produção (Tabela 2) e as tecnologias de produção atualmente utilizadas para a condução da cultura

Tabela 6. Evolução da precipitação média mensal (mm/mês) ocorrida no período referência (1961 a 1990) e as projetadas para 2071-2100 em quatro importantes regiões produtoras de cebola.

	Região 1 Sul (RS, SC e PR)		Região 2 Sudeste (SP, MG)		Região 3 Nordeste (PE e BA)		Região 4 Centro-Oeste (GO)	
	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100	1961- 1990	2071- 2100
Janeiro	90-180	90-180	240-300	240-300	60-90	60-90	240-270	270-300
Fevereiro	90-180	120-180	150-240	180-240	60-120	60-120	180-240	210-240
Março	90-180	90-180	150-210	150-180	60-150	90-150	150-210	150-210
Abril	60-150	60-150	60-120	60-90	60-90	60-90	90-120	90-120
Maio	90-150	90-150	30-90	30-90	0-30	0-30	30-60	30-60
Junho	90-150	90-180	0-60	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Julho	90-180	120-180	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Agosto	90-180	90-180	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Setembro	90-210	60-210	30-90	30-90	0-30	0-30	30-60	30-60
Outubro	90-180	90-210	120-180	120-180	0-30	0-30	120-180	120-150
Novembro	90-150	90-180	150-210	180-240	0-60	30-60	210-240	210-240
Dezembro	60-180	90-180	240-300	270-300	30-90	30-90	270-300	270-330

Tabela 7. Principais cultivares de cebola utilizadas na produção de bulbos nas regiões produtoras do Brasil em 2008.

Região	Principais cultivares utilizadas
Sul	Aurora; Bella Catarina (F1); Bella Dura (F1); Bella Vista (F1); Bola Precoce; Boreal; Crioula; Crioula Alto Vale; Super Precoce
Sudeste	Akamaru (F1); Alfa Tropical; Andrômeda (F1); Aquarius (F1); Bella Catarina (F1); Bella Dura (F1); Bella Vista (F1); Bola Precoce; Colina (F1); Gobi (F1); Luana (F1); Mercedes (F1); Optima (F1); Perfecta (F1); Princesa (F1); Rodeo (F1); Roxa do Barreiro; Serrana; Shinju (F1); Sírius (F1); Super Precoce; Superex (F1); Superex Express (F1); Taikô (F1)
Nordeste	Alfa Tropical; Alfa São Francisco; Franciscana IPA-10; Granex 428 (F1); Pêra IPA-4; Serena (F1); Texas Grano 502 PRR; Valeouro IPA-11
Centro-Oeste	Akamaru (F1); Alfa Tropical; Andromeda (F1); Aquarius (F1); Bella Catarina (F1); Bella Dura (F1); Bella Vista (F1); Mercedes (F1); Optima (F1); Perfecta (F1); Princesa (F1); Shinju (F1); Sírius (F1)

nas diferentes regiões de produção do Brasil, as situações projetadas para o período de 2071-2100 seriam as abaixo descritas:

Região Sul - Prevê-se para a região um aumento na temperatura média de 3 °C a 5 °C e uma queda na precipitação média, variando de 0 mm a 105 mm mensais ao longo do ano (Tabelas 5 e 6). As temperaturas mais altas de agosto a novembro deverão favorecer o desenvolvimento das plantas,

reduzir o ciclo da cultura para a produção de bulbos, aumentar o tamanho médio dos bulbos e diminuir a porcentagem de plantas com florescimento prematuro, para as cultivares sensíveis a este fenômeno. Estes fatos sugerem a possibilidade de um aumento na produtividade da cebola para a região. Entretanto, a elevada queda na precipitação pluviométrica prevista para a região, particularmente para os meses de junho a outubro, poderá contrapor o efeito das temperaturas mais favoráveis e reduzir o potencial produtivo da cultura na região, a não ser que seja possível amenizar esta situação via utilização de irrigações suplementares. É importante salientar que, no presente, são poucos os produtores da região que utilizam irrigações suplementares para o cultivo da cebola. As temperaturas mais altas de novembro a março deverão afetar a conservação pós-colheita dos bulbos, aumentando as perdas e diminuindo o seu período de armazenamento. Em relação à produção de sementes, as temperaturas mais altas de junho a setembro poderão afetar a indução ao florescimento dos bulbos/plantas destinadas à produção de sementes, diminuindo a produtividade da cultura e promovendo uma mudança no perfil genético das cultivares, aumentando-lhes a frequência de genes favoráveis ao florescimento prematuro. É importante salientar que, no presente, a indução dos bulbos/plantas ao florescimento na região é feita sob condições ambientais de armazenamento e campo.

Região Sudeste - Prevê-se para a região um aumento na temperatura média de 2 °C a 4 °C e uma queda na precipitação média de 0 mm a 30 mm mensais ao longo do ano (Tabelas 5 e 6). As temperaturas mais altas de dezembro a fevereiro deverão intensificar a bulbificação prematura nas cultivares mais sensíveis a este fenômeno, inviabilizando a utilização das mesmas para a semeadura/plantio neste período. As temperaturas mais altas de maio a agosto deverão favorecer o desenvolvimento das plantas, reduzir o ciclo da cultura para a produção de bulbos, aumentar o tamanho médio dos bulbos e diminuir a porcentagem de plantas com florescimento prematuro, para as cultivares sensíveis a este fenômeno. Estes fatos sugerem a possibilidade de um aumento na produtividade da cebola para a região, para as lavouras conduzidas a partir de semeaduras feitas no período de dezembro a fevereiro. Entretanto, as temperaturas mais altas de setembro a novembro deverão afetar negativamente o desenvolvimento das plantas, acelerar a maturação e diminuir o tamanho médio dos bulbos e reduzir o ciclo de produção. Estes fatos sugerem a possibilidade de uma redução na produtividade da cebola para a região, para as lavouras conduzidas a partir de semeaduras feitas no período de abril a julho. As temperaturas mais altas de maio a novembro deverão afetar a conservação pós-colheita dos bulbos aumentando as perdas e diminuindo o seu período de armazenamento. A queda na precipitação pluviométrica prevista para a região deverá

aumentar a necessidade de água com irrigações suplementares. Desde que haja disponibilidade de água suficiente para esta finalidade, esta queda não deverá afetar a produção e a produtividade da cebola na região. É importante salientar que, no presente, a maioria dos produtores da região utiliza irrigações suplementares no cultivo da cebola.

Região Nordeste - Prevê-se para a região um aumento na temperatura média de 2 °C a 4 °C ao longo do ano, e a manutenção na precipitação média mensal (Tabelas 5 e 6). As temperaturas mais altas, particularmente no período de novembro a março, deverão intensificar a bulbificação prematura nas cultivares mais sensíveis a este fenômeno, inviabilizando a utilização das mesmas para a semeadura/plantio neste período. As temperaturas mais altas ao longo de todo o ano deverão afetar o desenvolvimento e a maturação dos bulbos reduzindo o ciclo de produção, diminuindo o tamanho médio dos bulbos e conseqüentemente reduzindo a produtividade. Deverão afetar também a conservação pós-colheita dos bulbos aumentando as perdas e diminuindo o seu período de armazenamento. A elevação das temperaturas médias de abril a outubro não deverá afetar a produção de sementes conduzidas na região, uma vez que a indução dos bulbos/plantas ao florescimento é feita em condições de ambiente controlado (câmaras frias) e que a condução dos bulbos/plantas pós-tratamento de indução é feita em microclimas de altitude mais favoráveis a esta fase da cultura.

Região Centro-Oeste - Prevê-se para a região um aumento na temperatura média de 1 °C a 4 °C e uma queda na precipitação média de 0 mm a 80 mm mensais ao longo do ano (Tabelas 5 e 6). As temperaturas mais altas de dezembro a fevereiro deverão intensificar a bulbificação prematura nas cultivares mais sensíveis a este fenômeno, inviabilizando a utilização das mesmas para a semeadura/plantio neste período. As temperaturas mais altas de abril a junho deverão favorecer o atual desenvolvimento das plantas, reduzir o ciclo da cultura para a produção de bulbos, aumentar o tamanho médio dos bulbos e diminuir a porcentagem de plantas com florescimento prematuro, para as cultivares sensíveis a este fenômeno. Estes fatos sugerem a possibilidade de um aumento na produtividade da cebola para a região, para as lavouras conduzidas a partir de semeaduras feitas no período de dezembro a fevereiro. É importante ressaltar que, no presente, a produção de cebola da região é conduzida em microclimas com altitude acima de 900 m do nível do mar. A queda na precipitação pluviométrica prevista para a região Centro-Oeste deverá aumentar a necessidade de água para irrigações suplementares. Desde que haja disponibilidade de água suficiente para esta finalidade, esta queda não deverá afetar a produção e a produtividade da cebola na região. É importante salientar que, no presente, praticamente todos os produtores da região utilizam irrigações suplementares no cultivo da cebola.

Além dos fatores intrínsecos à fisiologia da produção da cebola, as alterações nas condições ambientais poderão aumentar, diminuir ou não ter efeito sobre os problemas fitossanitários da cultura. Abaixo seguem algumas considerações sobre o impacto das mudanças climáticas projetadas para o período de 2071-2100 sobre as doenças hoje mais frequentes e/ou com potencial de crescimento na cultura da cebola.

As Tabelas de 8 a 11 apresentam para 2071-2100 as expectativas de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade das doenças no decorrer da condução da cultura. O período de condução das culturas nas regiões, previamente agrupadas em função das condições climáticas semelhantes, é a atualmente vigente.

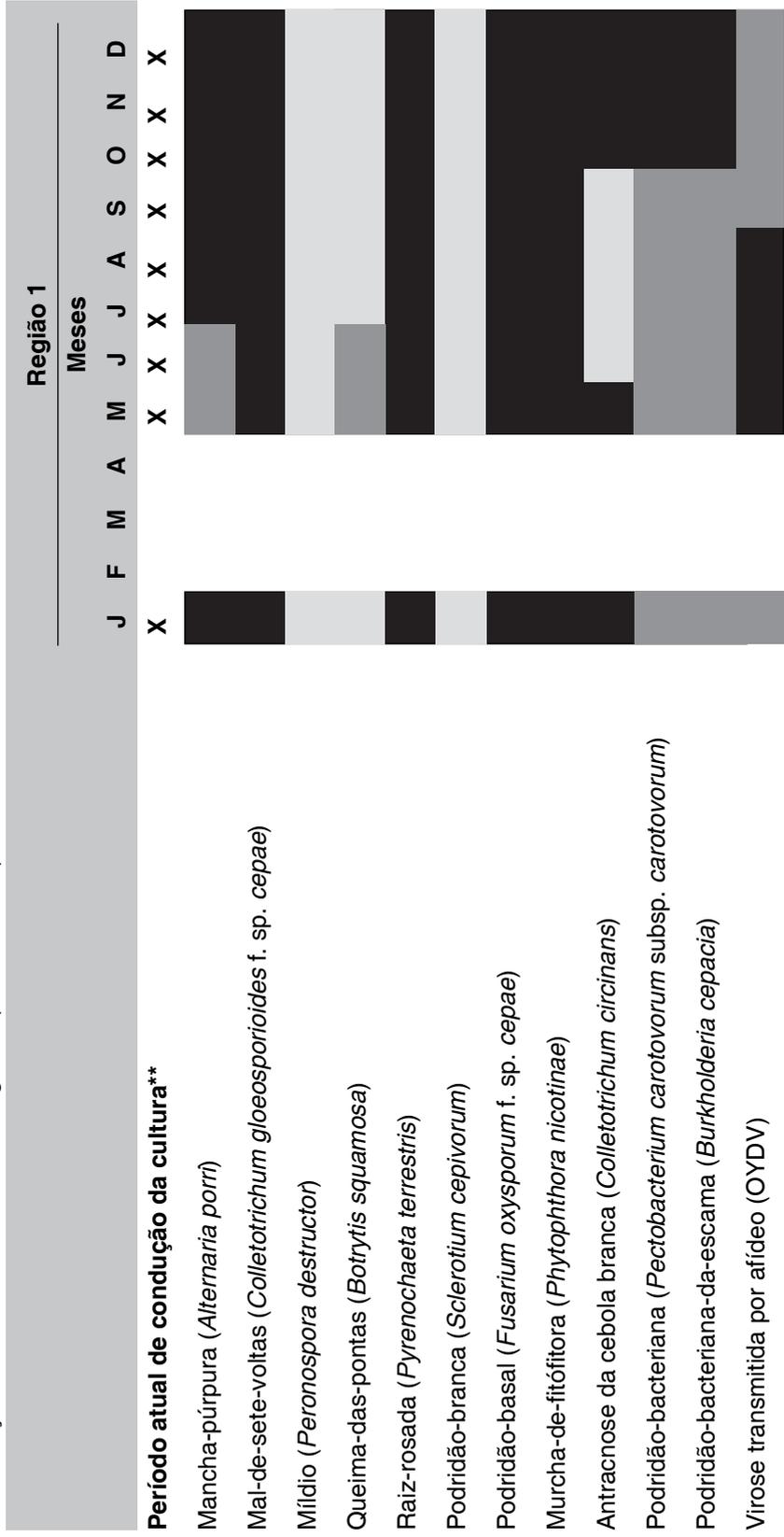
Doenças causadas por fungos e oomicetos

Mancha-púrpura *Alternaria porri*

Amplamente disseminada no País, esta doença se torna altamente destrutiva em áreas com clima úmido e quente. Normalmente seus danos estão mais frequentemente associados a folhas e hastes florais. Entretanto, a sua ocorrência na pós-colheita causa queda na conservação e a inviabilização comercial dos bulbos. Normalmente folhas mais velhas ou aquelas com injúrias causadas por insetos como tripses (*Thrips tabaci*) são mais susceptíveis ao ataque do patógeno. Em geral, a mancha-púrpura assume maior importância a partir dos 40 a 45 dias após o transplante, em função do maior volume de folhas com avançada maturidade fisiológica e da formação de microclimas com maior acúmulo de umidade. Temperaturas diárias mais elevadas, entre 21 °C e 30 °C, podem ser responsáveis por epidemias muito severas, sendo fundamental a presença de água livre sobre a planta. Em condições de baixa umidade relativa, ocorrendo a infecção, há o surgimento de manchas esbranquiçadas sem a formação de esporos (MASSOLA et al., 2005; SCHWARTZ; MOHAN, 1995).

Nas quatro regiões produtoras avaliadas, observa-se para 2071-2100 a tendência de acréscimo na incidência/severidade de mancha-púrpura, principalmente do terceiro ao quinto mês a partir do plantio, em função da presença de folhas maduras, da elevação de temperatura e da manutenção/acréscimo de umidade. Nas regiões 1 e 2, a importância desta doença se estende até a colheita, enquanto para as regiões 2 e 3 esta importância estará

Tabela 8. Expectativas para 2071-2100 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade* de doenças durante o período de condução da cultura da cebola na região 1 (RS, SC e PR).



* Três classificações foram empregadas: ■ - incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas; ■ - incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão; □ - incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

** (X): período hoje utilizado para plantio, condução e colheita de cebola na região.

Tabela 9. Expectativas para 2071-2100 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade* de doenças durante o período de condução da cultura da cebola na região 2 (SP e MG).

	Região 2											
	Meses											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Período atual de condução da cultura**	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mancha-púrpura (<i>Alternaria porri</i>)												
Mal-de-sete-voltas (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f. sp. <i>cepae</i>)												
Míldio (<i>Peronospora destructor</i>)												
Queima-das-pontas (<i>Botrytis squamosa</i>)												
Raiz-rosada (<i>Pyrenochaeta terrestris</i>)												
Podridão-branca (<i>Sclerotium cepivorum</i>)												
Podridão-basal (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>)												
Murcha-de-fitófitora (<i>Phytophthora nicotinae</i>)												
Antracnose da cebola branca (<i>Colletotrichum circinans</i>)												
Podridão-bacteriana (<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>)												
Podridão-bacteriana-da-escama (<i>Burkholderia cepacia</i>)												
Vírose transmitida por afídeo (OYDV)												

* Três classificações foram empregadas: ■ - incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas; ■ - incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão; □ - incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

** (X): período hoje utilizado para plantio, condução e colheita de cebola na região.

Tabela 10. Expectativas para 2071-2100 de acréscimo, decréscimo e manutenção e manutenção da incidência/severidade* de doenças durante o período de condução da cultura da cebola na região 3 (PE e BA).

	Região 3											
	Meses											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Período atual de condução da cultura**	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mancha-púrpura (<i>Alternaria porri</i>)												
Mal-de-sete-voltas (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f. sp. <i>cepae</i>)												
Míldio (<i>Peronospora destructor</i>)												
Queima-das-pontas (<i>Botrytis squamosa</i>)												
Raiz-rosada (<i>Pyrenochaeta terrestris</i>)												
Podridão-branca (<i>Sclerotium cepivorum</i>)												
Podridão-basal (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>)												
Murcha-de-fitófita (<i>Phytophthora nicotinae</i>)												
Antracnose da cebola branca (<i>Colletotrichum circinans</i>)												
Podridão-bacteriana (<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>)												
Podridão-bacteriana-da-escama (<i>Burkholderia cepacia</i>)												
Virose transmitida por afídeo (OYDV)												

* Três classificações foram empregadas: ■ - incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas; ■ - incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão; □ - incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

** (x): período hoje utilizado para plantio, condução e colheita de cebola na região.

Tabela 11. Expectativas para 2071-2100 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade* de doenças durante o período de condução da cultura da cebola na região 4 (GO).

	Região 3											
	Meses											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Período atual de condução da cultura**	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mancha-púrpura (<i>Alternaria porri</i>)												
Mal-de-sete-voltas (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f. sp. <i>cepae</i>)												
Míldio (<i>Peronospora destructor</i>)												
Queima-das-pontas (<i>Botrytis squamosa</i>)												
Raiz-rosada (<i>Pyrenochaeta terrestris</i>)												
Podridão-branca (<i>Sclerotium cepivorum</i>)												
Podridão-basal (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>)												
Murcha-de-fitófita (<i>Phytophthora nicotinae</i>)												
Antracnose da cebola branca (<i>Colletotrichum circinans</i>)												
Podridão-bacteriana (<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>)												
Podridão-bacteriana-da-escama (<i>Burkholderia cepacia</i>)												
Virose transmitida por afídeo (OYDV)												

* Três classificações foram empregadas: ■ - incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas; ■ - incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão; □ - incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

** (X): período hoje utilizado para plantio, condução e colheita de cebola na região.

intimamente ligada à presença de irrigação suplementar. Vale ressaltar que as condições climáticas projetadas para 2071-2100 serão, em alguns meses, mais favoráveis ao incremento na população de insetos como o tripses, o que acarretará maiores danos foliares e, possivelmente, favorecerá a infecção por *Alternaria porri*.

Mal-de-sete-voltas

Colletotrichum gloeosporioides f. sp. cepae

Doença que pode ocorrer durante todo o ciclo da cultura desde a fase de canteiro até a pós-colheita. É de grande importância para algumas áreas produtoras no Brasil, sendo frequentes danos de até 100 %. A disseminação do fungo em áreas de plantio se dá, principalmente, pelos respingos de água de chuva ou de irrigação, que dissolvem a massa mucilaginosa que recobre os conídios, liberando-os. Temperaturas na faixa de 23 °C a 30 °C associadas à alta umidade relativa são ideais para o desenvolvimento do patógeno (MASSOLA et al., 2005; SCHWARTZ; MOHAN, 1995).

Nas quatro regiões produtoras avaliadas, observa-se para 2071-2100 a mesma tendência com as devidas ressalvas mencionadas para mancha-púrpura. Porém, ressalta-se que o acréscimo na incidência/severidade da doença já é observado desde o início do plantio em virtude de possibilidade de infecção das plântulas ainda com tecidos jovens.

Míldio

Peronospora destructor

Doença de ocorrência generalizada principalmente sob condições de frio e de alta umidade. Temperaturas ao redor de 12 °C associada à umidade relativa superior a 80 % favorecem o desenvolvimento e a reprodução do patógeno. Poucas horas com tempo ensolarado e seco são suficientes para impedir o progresso da doença (FAJARDO et al., 2000; MASSOLA et al., 2005).

Nas regiões produtoras 1 e 2 observa-se, em 2071-2100, clara tendência de decréscimo na importância em função do acréscimo de 2 °C a 5 °C na temperatura média mensal e a diminuição de até 105 mm nas precipitações mensais. Para as regiões 3 e 4, o míldio atualmente não assume grande importância e este quadro não deverá ser alterado em 2071-2100.

Queima-das-pontas *Botrytis squamosa*

Atualmente é uma das doenças mais comuns em plantios de cebola no Brasil. De difícil diagnóstico, tem sua importância subestimada em função da semelhança com alguns problemas abióticos como seca ou excessiva umidade do solo. A infecção é favorecida por temperatura amena (12 °C a 16 °C) e alta umidade relativa. Normalmente, dias nublados seguidos de sol forte intensificam os sintomas. A ocorrência dos sintomas de queima das pontas depende diretamente do número de horas de água livre sobre as folhas. Semelhantemente à mancha-púrpura, as folhas mais velhas são mais susceptíveis destacando-se que a presença de ferimentos, como os causados por tripes, queimadura de sol e outras doenças também favorecem a infecção (MASSOLA et al., 2005).

Para o período de 2071-2100, observa-se para as quatro regiões produtoras um decréscimo na incidência/severidade da queima das pontas, principalmente do terceiro ao quinto mês a partir do plantio em função da elevação de temperatura.

Raiz-rosada *Pyrenochaeta terrestris*

Doença praticamente disseminada por todas as regiões onde se cultiva cebola. A severidade está relacionada diretamente aos solos nutricionalmente mais pobres e sem rotação de cultura. O ótimo para o desenvolvimento da doença ocorre com temperatura entre 24 °C e 28 °C. A presença de alta umidade no solo por longos períodos predispõe a planta ao ataque do patógeno (FAJARDO et al., 2000; MASSOLA et al., 2005).

Para todas as regiões avaliadas, a importância da raiz rosada deve aumentar principalmente em épocas com altos índices pluviométricos. Para todas as regiões haverá acréscimo na temperatura média mensal, permanecendo a mesma em muitos casos próxima à faixa ideal para o patógeno.

Podridão-branca *Sclerotium cepivorum*

Doença severa em épocas frias do ano, estando amplamente distribuída em regiões serranas de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Ocorre em plantas em qualquer estágio de desenvolvimento e a temperatura do

solo na faixa de 10 °C a 20 °C favorecem rápida infecção e desenvolvimento da doença, principalmente em áreas úmidas. Por outro lado, de 20 °C a 34 °C, há decréscimo no desenvolvimento do fungo (FAJARDO et al., 2000; MASSOLA et al., 2005).

Com ocorrência principalmente nas regiões 1 e 2, esta doença deverá decrescer em importância em 2071-2100, em função do acréscimo de 2 °C a 5 °C na temperatura média mensal. Nas demais regiões, a importância continuará baixa, semelhante ao que ocorre atualmente.

Podridão-basal

Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae

Mundialmente distribuído, o patógeno é favorecido por ferimentos causados por outros fungos como *Pyrenochaeta terrestris*. O agente causal é mais ativo entre temperaturas de 15 °C a 30 °C, com ótimo em 27 °C. A alta umidade do solo, semelhante ao que ocorre para raiz rosada, predispõe a planta ao ataque pelo fungo (FAJARDO et al., 2000; MASSOLA et al., 2005).

Para todas as regiões avaliadas, a importância da podridão-basal deverá aumentar em 2071-2100 e, semelhante à raiz rosada, em épocas com altos índices pluviométricos, a doença será crítica.

Murcha-de-fitófitora

Phytophthora nicotinae

Doença detectada no ano de 2003 no Brasil, acarretando danos superiores a 70 %. É favorecida por ambientes encharcados e temperaturas superiores a 25 °C. Sob 35 °C o patógeno produz grande quantidade de clamidósporo que são fontes primárias de inóculo e podem sobreviver no solo ou restos de cultura (FAJARDO et al., 2000; MASSOLA et al., 2005).

Para todas as regiões avaliadas há uma tendência de acréscimo na importância da murcha-de-fitófitora. A umidade será o fator limitante. Áreas com adoção de sistemas de irrigação deverão ser constantemente monitoradas.

Antracnose da cebola branca

Colletotrichum circinans

No Brasil, devido à predominância de bulbos coloridos, a importância deste patógeno é restrita, embora possa ser encontrado ocasionando danos

consideráveis em canteiros de mudas. A faixa de temperatura favorável é ampla, de 10 °C a 30 °C, com ótimo em 26 °C. A alta umidade é essencial para a formação e disseminação de conídios (FAJARDO et al., 2000; MASSOLA et al., 2005).

Para todas as regiões produtoras, observa-se para 2071-2100 uma tendência de acréscimo na importância da antracnose da cebola branca nos períodos onde houver aumento da temperatura associado à manutenção ou ligeiro decréscimo nas precipitações mensais. Para as demais épocas a importância deverá ser semelhante ou menor à atualmente vigente devido, principalmente, às limitações pluviométricas.

Doenças causadas por bactérias

Podridão-bacteriana

Pectobacterium carotovorum subsp. *carotovorum* [Sin. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*]

Doença relatada há mais de quatro décadas, é comum em plantios efetuados em épocas quentes sob alta umidade relativa. É de ocorrência frequente nos solos brasileiros e trata-se de uma bactéria nativa no País. Os problemas com essa doença são maiores em temperaturas de 20 °C a 30 °C, sob umidade relativa próxima a 100 % (ROMEIRO, 2000).

O aumento nas temperaturas médias dos meses de outubro a abril nas quatro regiões, associada à manutenção/aumento dos índices pluviométricos, acarretarão aumento da importância da doença no período. Nos demais meses do ano, a doença continuará com o mesmo grau de importância da atualidade.

Podridão-bacteriana-da-escama

Burkholderia cepacia

Encontra-se normalmente associada a sintomas nas folhas e nos bulbos. Em geral, epidemias ocorrem em temperaturas elevadas (na faixa de 30 °C a 35 °C) sob alta umidade relativa. Como é comum às várias doenças de etiologia bacteriana, áreas com formação de orvalho, ventos frequentes e/ou com irrigação por aspersão são mais propensas a perdas associadas ao ataque dessa bactéria (FAJARDO et al., 2000; MASSOLA et al., 2005).

Semelhante ao que ocorrerá para *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, as alterações climáticas projetadas para 2071-2100 favorecerão

grandes epidemias de podridão bacteriana nas épocas onde são observados incrementos de temperatura associados à manutenção/aumento dos índices pluviométricos.

Doenças causadas por vírus

Mosaico-em-faixas, nanismo-amarelo ou crespeira *Onion yellow dwarf virus* (OYDV)

As alterações climáticas projetadas para 2071-2100 terão impacto direto sobre a reprodução e crescimento do inseto vetor. O OYDV pertence ao gênero *Potyvirus* família *Potyviridae*, sendo transmitido por diversas espécies de pulgões, dentre elas *Aphys gossypii*, *Macrosiphum ambrosiae* e *Myzus persicae*. A relação vírus-vetor é do tipo não-persistente, ocorrendo a transmissão no ato da picada de prova. Em geral, a virose mencionada tende a ocorrer com maior frequência durante períodos frescos e secos, condição climática favorável à reprodução e à migração da maior parte dos afídeos vetores (FAJARDO et al., 2000).

A queda nas precipitações nos períodos de maio a agosto nas regiões 1 e 2 associada às temperaturas amenas favorecerão o aumento das populações de vetores e, desse modo, o aumento da doença. Nas demais épocas do ano e regiões produtoras, a doença se comportará como na atualidade.

Considerações finais

O fator genético tem grande influência nas afirmações efetuadas, pois o surgimento de híbridos ou variedades com maior tolerância aos fatores determinantes e coadjuvantes mencionados (Tabela 3) poderão afetar diretamente esse quadro previsto, permitindo ou mesmo viabilizando o plantio em regiões antes inóspitas à cultura da cebola.

Ressalvas devem ser feitas sobre a pressão de seleção a que os patógenos estão submetidos com conseqüente e constante seleção de novas raças, estirpes e biótipos mais adaptados às condições reinantes na cultura, suplantando resistências genéticas, controles químicos e mesmo características ambientais. As sugestões e previsões apresentadas neste capítulo foram baseadas nas mudanças ambientais, considerando que os patógenos mantenham semelhantes características como: temperatura ótima de esporulação, crescimento e período necessário de molhamento, por exemplo, hoje descritas para os mesmos.

Referências

- CHAKRABORTY, S.; MURRAY, G. M.; MAGAREY, P. A.; YONOW, T.; BRIEN, R. G. O.; 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 changes on plant disease of economic significance to Australia. **Australian Plant Pathology**, v. 28, p. 13-35, 1998.
- FAJARDO, T. V. M.; RESENDE, R. O.; MACIEL-ZAMBOLIM, E. Doenças causadas por vírus em alho e cebola. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H. **Controle de doenças de plantas: hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. v. 1, p.103-129.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.
- LANCASTER, J. E.; TRIGGS, C. M.; DE RUITER, J. M.; GANDAR, P. W. Bulbing in onions: photoperiod and temperature requirements and prediction of bulb size and maturity. **Annals of Botany**, v. 78, p. 423-430, 1996.
- MASSOLA JR., N. S.; JESUS, C. W.; KIMATI, H. Doenças do alho e da cebola. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 53-63.
- ROMEIRO, R. S. Doenças causadas por bactérias em alho e cebola. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H. **Controle de doenças de plantas: hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. v. 1, p. 43-81.
- SCHWARTZ, H. F.; MOHAN, S. K. **Compendium of onion and garlic diseases**. St. Paul: APS Press, 1995. 54 p.
- STRECK, N. A. A vernalization model in onions (*Allium cepa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, p. 99-106, 2003.
- VILELA, N. J.; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, V. R.; COSTA, N. D.; MADAIL, J. C. M.; CAMARGO FILHO, W.; BOEING, G.; MELO, P. C. T. Desafios e oportunidades para o agronegócio da cebola no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 1029-1033, 2005.

Capítulo 11

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do coqueiro no Brasil

Dulce Regina Nunes Warwick

Viviane Talamini

Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho

Adriano Marcio Freire Silva

Introdução

O coqueiro (*Cocos nucifera*) é cultivado em mais de 86 países, com uma produção total de 54 bilhões de frutos/ano. O Brasil ocupa a quinta posição mundial e a primeira na América com uma produção média anual de 1,8 milhões de frutos. Nenhuma outra planta iguala-se ao coqueiro em sua versatilidade, pois fornece alimentos nutritivos, seus frutos imaturos são uma bebida refrescante e saudável, produz óleo comestível, rico em ácidos lauricos, fibras de valor comercial e, ainda, madeira para construção. Essa planta exerce uma influência profunda sobre a economia rural dos estados nordestinos, principalmente na região litorânea, sustentando mais de 500 mil famílias, envolvidas diretamente no processo de cultivo, além dos inúmeros empregos indiretos gerados ao longo de sua cadeia produtiva (IBGE, 2009).

Em 1985, a área colhida com coqueiro no Brasil situava-se em torno de 166.000 ha. Entre 1985 e 2007, houve um incremento na área colhida em mais de 100.000 ha (AGRIANUAL, 2009). Estima-se que 70 % desse aumento foi com a variedade de coqueiro-anão, 15 % com híbrido e 15 % com coqueiro-gigante. Por ser uma planta essencialmente tropical, as áreas produtoras concentram-se principalmente na região Nordeste, com 229.000 ha, 26 % na região Norte e 20 % na Sudeste. No Sul e Centro-Oeste, a área de produção é inexpressiva (AGRIANUAL, 2009).

Dentre os fatores ambientais, a precipitação pluviométrica e a temperatura são extremamente importantes para o estabelecimento e produção ideal da cultura. Relativo à precipitação, o coqueiro exige entre 1.500 e 2.000 mm bem distribuídos ao longo do ano. Um período de três meses com menos de 50 mm de precipitação mensal é prejudicial à produção. Por outro lado, uma excessiva quantidade de chuva reduz a aeração do solo, aumenta a lixiviação dos elementos minerais e prejudica a polinização das flores. Entretanto, verifica-se que nem sempre as condições adequadas de pluviosidade são atendidas. Dessa forma, a suplementação de água por irrigação ou o plantio em locais com lençol freático pouco profundo são medidas recomendáveis. A palmeira requer temperatura média anual em torno de 27 °C e oscilações diárias entre 5 °C a 7 °C. Mínimas diárias inferiores a 15 °C modificam a morfologia, provocando desordens fisiológicas, tais como a parada do crescimento e o abortamento de flores. Além das condições citadas, necessita de insolação de 2.000 h anuais com, no mínimo, 120 h por mês e umidade relativa do ar superior a 60 % (PASSOS, 2007). Deve-se considerar também que, para expressar o seu potencial produtivo, o coqueiro deverá estar livre, ou o mais próximo disto, de pragas e doenças. São reconhecidas no mundo várias doenças que incidem sobre o coqueiro.

Algumas ocorrem nas condições brasileiras e variam de importância de uma região para outra em função das condições ambientais. Entre essas, as mais importantes são: queima-das-folhas, lixas, anel-vermelho, murcha-de-Phytomonas, podridão-seca e, mais recentemente, a resinose. Estudos em relação à influência das mudanças climáticas na epidemiologia dessas doenças são escassos.

Efeito das mudanças climáticas sobre a cultura do coqueiro

Existe amplo consenso de que as mudanças climáticas estão ligadas ao acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera, sendo o dióxido de carbono (CO_2), indiscutivelmente, o maior contribuinte para esse efeito. Além do aumento de CO_2 , as plantas terão que se adaptar a um novo ambiente, na maioria dos casos, mais quente e, possivelmente, com períodos extremos de chuva e seca. Existe a preocupação com as mudanças climáticas na produção de coco com temperaturas mais elevadas, maiores precipitações e também as diferenças de carbono em relação à fertilização das plantas. Embora longos períodos secos afetem negativamente a produção de coco, um elevado teor de CO_2 afeta positivamente a produtividade, como um elemento essencial para a fotossíntese.

No século XX, houve um aumento de $0,65\text{ }^\circ\text{C}$ na média da temperatura global. Quanto à precipitação, o aumento variou de $0,2\%$ a $0,3\%$ na região tropical, compreendida entre 10° de latitude Norte e 10° de latitude Sul (IPCC, 2003). De fato existe a previsão de aumento entre $1,4\text{ }^\circ\text{C}$ e $5,8\text{ }^\circ\text{C}$ na temperatura média global até o final do século XXI, a depender dos processos de trocas de calor, de carbono e de radiação entre os diversos sistemas da Terra. Com o aquecimento global, aumenta a probabilidade de ocorrência de climas extremos com secas, inundações e ondas de calor frequentes (SALATI et al., 2002). A elevação na temperatura aumenta a capacidade do ar em reter vapor d'água e, conseqüentemente, ocorrerá maior demanda hídrica. Em resposta a essas alterações, os ecossistemas de plantas poderão aumentar sua biodiversidade ou sofrer influências negativas (ASSAD et al., 2004).

Visualiza-se, portanto, diferentes cenários para o clima no futuro. O exercício de projetar impactos climáticos em cultivos anuais é mais simples do que projetar esses impactos nos cultivos perenes, pois os últimos apresentam uma maior complexidade. Por exemplo, a fase reprodutiva é mais sensível às altas temperaturas e ao estresse hídrico do que a fase de desenvolvimento vegetativo. A produção dos frutos pode ser afetada negativamente, principalmente devido a uma redução na qualidade do pólen,

com o possível abortamento de frutos. Deve-se ainda considerar que em zonas marginais, onde os coqueiros são frequentemente expostos a breves ou médios períodos de estresse térmico, com temperaturas diurnas mais quentes do que 30-32 °C e longos períodos secos (mais de dois meses com chuvas insuficientes), a tendência é que estes períodos fiquem mais intensos (COOMANS, 1975).

Deve-se considerar que as variedades de coqueiros cultivadas em diferentes zonas agroclimáticas e de solo irão responder de forma diversa às alterações climáticas. Em algumas áreas os coqueiros podem ser mais vulneráveis do que em outras. Portanto, deve-se compreender que o impacto nas alterações climáticas sobre a cocoicultura não será um fenômeno controlado por um único fator. No Sri Lanka, alguns experimentos foram conduzidos com mudas de coco e sua relação com o CO₂. A elevação da concentração atmosférica de CO₂ aumentou a taxa fotossintética das mudas em cerca de 25 %. No entanto, o efeito sobre o rendimento não pode ser estimado nesses estudos (RANASINGHE, 2009).

Coakley et al. (1999) consideram que elevados níveis de CO₂ tendem a resultar em mudanças na estrutura da planta, em diferentes escalas. Órgãos vegetais podem aumentar de tamanho, por exemplo, aumento da área foliar, aumento da espessura foliar, maior número de folhas, maior área foliar total por planta, caules e ramos com maior diâmetro. O aumento da fotossíntese, o aumento na eficiência do uso da água e a redução dos danos decorrentes da ação do ozônio são igualmente consequências de quantidades elevadas de CO₂.

Mudanças climáticas e sua relação com as doenças do coqueiro

Em relação aos aspectos de fitossanidade, as alterações climáticas poderão provocar o aparecimento e o agravamento ou não de problemas fitossanitários no coqueiro. As alterações poderão aumentar a suscetibilidade das plantas ou influenciar os índices de multiplicação dos patógenos. Os efeitos diretos das mudanças climáticas poderão afetar a arquitetura das plantas e dessa forma afetar o microclima da cultura, sendo que copas mais densas tendem a reter mais umidade e com maiores temperaturas o risco de infecção também será maior, favorecendo principalmente os patógenos foliares (CHAKRABORTY; DATTA, 2003).

Mudanças no clima também poderão causar o surgimento de novas doenças ou mesmo doenças endêmicas poderão tornar-se epidêmicas. Isso poderá ocorrer devido à sequência de fatores ambientais atípicos em uma

população de plantas. Por exemplo, longos períodos de seca geralmente favorecem doenças viróticas e, ao contrário, longos períodos úmidos favorecem as doenças fúngicas e bacterianas. Deve-se considerar também o efeito das mudanças climáticas na ação dos insetos vetores em uma população de plantas. Portanto, as mudanças climáticas poderão levar à ocorrência de patógenos pré-existentes ou poderão permitir e/ou favorecer a introdução de novos patógenos nas lavouras (ANDERSON et al., 2004). A resinose do coqueiro pode ser um exemplo nesse sentido. Esta doença foi descrita pela primeira vez no Brasil em 2004, nos coqueirais irrigados do Platô de Neópolis, SE e rapidamente disseminou-se para outras regiões (WARWICK; PASSOS, 2009). Hoje há relatos da ocorrência da resinose no Rio Grande do Norte, Pará e Ceará. Essa doença tem por agente etiológico o fungo *Thielaviopsis paradoxa*, importante também na cana-de-açúcar, abacaxizeiro e outras palmeiras. Esse patógeno provavelmente existia nos coqueirais e algum fator, ambiental ou antrópico, favoreceu a sua ação.

A seguir, serão discutidas algumas doenças do coqueiro e realizadas considerações de suas relações com as mudanças climáticas.

Doenças causadas por fungos e oomicetos

Queima-das-folhas

Botryosphaeria cocogena [Anamorfo: *Lasiodiplodia* (*Botryodiplodia*) *theobromae*]

A queima-das-folhas provoca o ressecamento precoce das folhas basais. Com a morte prematura das folhas basais, os cachos ficam pendurados sem apoio. Consequentemente, ocorre a queda de frutos antes de completarem a maturação. A produtividade de plantas atacadas sofre um prejuízo direto com a diminuição da produção de frutos e indireto, com redução da área foliar.

Trabalho realizado com conídios capturados e relacionados com dados pluviométricos obtidos em coqueiral safreiro demonstrou que o número de esporos capturados relacionou-se com a precipitação pluviométrica de forma positiva entre 25 e 80 mm e, após 80 mm negativamente. Sendo que a liberação dos conídios foi estimulada sempre que a pluviosidade mensal atingiu o mínimo de 25 mm. O ponto de máximo da curva, correspondente a 80 mm de chuva, indica que acima desse volume os conídios são precipitados do ar (CORREIA; COSTA, 2005). A influência do estresse hídrico no desenvolvimento da lesão da queima-das-folhas foi estudada em campo e sob condições de estufa. Na época da seca, o tamanho da lesão aumentou em média 57,86 cm em 30 dias, enquanto que na estação chuvosa, o aumento foi

de 7,87 cm (WARWICK et al., 1993). Diante disso, reduções na pluviosidade certamente desfavoreceram a produção e a liberação de conídios de *Botryosphaeria cocogena*. Por outro lado, tal condição levará o coqueiro a um estresse de natureza hídrica, a qual favorecerá um aumento considerável no tamanho das lesões e, por conseguinte, maior perda de área foliar e produção.

Lixa-pequena e lixa-grande do coqueiro

Camarotella torrendiella

Camarotella acrocomiae

A lixa-pequena é uma doença típica do Brasil, provocada pelo ascomiceto *Camarotella torrendiella*, encontrada em quase todas as regiões onde se cultiva o coqueiro. Quando o ataque é severo, os cachos ficam totalmente sem suporte, pendem e os frutos caem, o que prejudica a produção. A importância econômica da lixa-pequena é estimada tendo em vista a ocorrência de outros patógenos que ocorrem concomitantemente em um coqueiral safreiro. A lixa-grande foi descrita originalmente na macaúba (*Acrocomia aculeata*) e no buri-de-praia (*Allagoptera arenaria*). O fungo causador dessa lixa é o *Camarotella acrocomiae*, ascomiceto da ordem Sphaeriales.

As lixas do coqueiro necessitam de alta precipitação e umidade relativa para a liberação de seus ascósporos (estruturas infectivas). Estudos realizados por Warwick e Leal (1999), em Neópolis, SE, demonstraram que em junho, mês de alta precipitação pluviométrica, *Camarotella acrocomiae* apresentou uma expressiva produção de ascósporos viáveis, com 19,3 % a 61,7 % de estromas/folíolo apresentando esporos. Enquanto que, em dezembro (precipitação quase nula) a quantidade de esporos viáveis foi de 0 % a 6,2 %.

Essas doenças provavelmente deixarão de causar grandes prejuízos nas áreas de cultivo à medida que baixas precipitações e altas temperaturas forem ocorrendo.

Resinose

Thielaviopsis paradoxa (forma teliomófica: *Ceratocystis paradoxa*)

A resinose é uma doença letal ao coqueiro, ocorrendo principalmente em locais úmidos. O primeiro relato da doença foi em 1906 no Sri Lanka. As plantas doentes apresentam encurtamento das folhas novas e presença de resina no estipe. Verifica-se a presença de extensas manchas amarronzadas na região interna do caule. A doença é raramente encontrada em palmeiras. Por

ser uma doença recente no Brasil, ainda não existem estudos epidemiológicos para que se determinem quais os fatores ambientais que podem favorecer o seu progresso no País. A ação de vetores (coleópteros), excesso de fertilizantes, bem como irrigação ou chuva excessiva seguidos por períodos secos e solos mal drenados podem ser determinantes para a ocorrência da doença (ALFIERI, 1967).

Tratando-se de uma epidemia tão recente, poucos estudos foram realizados com o fungo. Outro fator importante a ser considerado é que plantas sob estresse tendem a ser mais suscetíveis à doença.

Podridão-do-olho *Phytophthora* spp.

As doenças causadas por espécies de *Phytophthora* podem provocar “damping-off”, podridão de raízes e folhagem, murcha, manchas foliares, queda de frutos e podridão do meristema em diferentes membros da família Palmae. Em coqueiro, ocorrem duas doenças bastante destrutivas: uma que causa a queda de frutos e a outra, morte do meristema apical. Várias espécies de *Phytophthora* causam podridão do meristema apical e queda de frutos. *Phytophthora palmivora* (sinônimo = *Phytophthora faberi* e *Phytophthora theobromae*) é a mais comum e a mais importante. *Phytophthora hevea* causa podridão-do-olho e queda de frutos na Costa do Marfim, enquanto que *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora katsurae* ocorrem na Jamaica. Nas Filipinas, a espécie encontrada foi identificada como *Phytophthora arecae*.

A queda e podridão de frutos imaturos também são atribuídas ao ataque de *Phytophthora*. Os frutos infectados apresentam lesões marrons e irregulares que podem ser angulares e alongadas ou ainda formarem áreas pontilhadas circulares ao redor de áreas de tecidos verdes. As margens das lesões são frequentemente irregulares e encharcadas. Internamente, o endosperma de frutos jovens fica escurecido e irregularmente necrótico. Os frutos mais velhos apresentam lesões marrons nos tecidos do mesocarpo, enquanto que o endosperma fica ligeiramente descolorido tendendo a um marrom claro. As condições favoráveis para a ocorrência da podridão-do-olho são alta umidade relativa do ar, solos mal drenados e temperaturas entre 25 e 28 °C. Em um cenário futuro, com diminuição de pluviosidade, redução da umidade relativa do ar e aumento na temperatura, essa doença será influenciada negativamente e dessa forma a probabilidade de ocorrência de epidemias da podridão-do-olho será remota.

Mancha-foliar ou hemintosporiose *Bipolaris incurvata*

A doença ocorre principalmente em viveiros, nas condições de alta umidade, pouco arejamento e temperaturas entre 18 °C a 27 °C. Fungo cosmopolita é comum em vários outros hospedeiros. Em casos mais severos, esse patógeno pode provocar a morte das plantas, principalmente tratando-se de germoplasma mais suscetível, como é o caso das variedades de origem polinésica. Diante do quadro projetado para as mudanças climáticas globais para os próximos 80 anos, a mancha foliar do coqueiro possivelmente deixará de ser problema em condições de viveiros e nem se tornará doença capaz de causar perdas relevantes sob condições de campo.

Doença causada por nematóide

Anel-vermelho *Bursaphelenchus cocophilus*

O anel-vermelho causa sérios danos à produção de coqueiro em todo o País, atacando várias outras palmeiras de importância econômica, entre elas o dendê. O principal agente de transmissão da doença é a broca-do-olho-do-coqueiro (*Rhynchophorus palmarum*, Coleoptera; Curculionidae). As plantas sadias são contaminadas principalmente no ato da oviposição das fêmeas ou ainda pelas fezes que são depositadas nas axilas foliares. Os nematóides contaminam os tecidos da planta por meio de feridas provocadas pelo homem ou pelo próprio inseto, recomeçando o ciclo da doença e dos vetores.

A transmissão do anel-vermelho pode ocorrer ainda via contato direto entre a raiz de uma planta contaminada e a de uma planta sadia; ou ainda por meio das ferramentas de corte, como o facão, no ato da colheita; ou pelo corte involuntário de raízes na operação de gradagem, levando o nematóide de uma planta doente para outra sadia.

A broca-do-olho-do-coqueiro é um inseto de expressiva mobilidade e naturalmente ocorre nas matas. Prever como esse inseto irá se comportar no futuro ainda é uma incógnita, portanto.

Doença causada por protozoário

Murcha-de-Phytomonas *Phytomonas* sp.

A murcha-de-Phytomonas provocada por um protozoário flagelado do floema pode provocar a morte de palmeiras. Na Região Amazônica é a

principal causa da morte de coqueiros em plantios industriais. No ano de 1987 foram registradas perdas de 26,5 % a 34 % em coqueirais pernambucanos.

A doença é causada pelo protozoário *Phytomonas* sp., da família Trypanosomatidae. Percevejos do gênero *Lincus* da família Pentatomidae são vetores do protozoário, porém muitas vezes é difícil encontrá-los em plantas atacadas. No Nordeste do Brasil ocorre a espécie *Lincus lobulliger*, enquanto que na Região Amazônica acredita-se que o vetor seja do gênero *Ochlerus*.

É importante também salientar que em geral os ataques da doença ocorrem em plantas em produção. O período infeccioso é de 4 a 8 meses e de uma maneira geral, a murcha aparece em árvores de 4 a 5 anos, em casos isolados. Após algum tempo, dependendo da variedade, a disseminação é rápida levando à eliminação quase total do plantio. Em geral, os primeiros casos são detectados na bordadura do plantio, disseminando-se rapidamente e ocasionando a morte de muitas plantas. Devido ao fato dos insetos vetores de *Phytomonas* sp. terem preferência em habitar as axilas foliares e a base da copa do coqueiro, que se caracterizam por apresentar umidade e temperaturas elevadas, estes são os principais pontos de entrada do patógeno.

Pode-se afirmar que a murcha-de-*Phytomonas* tenderá a ser reduzida à medida que os eventos pluviométricos se tornarem cada vez mais escassos.

Doença de etiologia não definida

Podridão-seca

Essa doença é letal ao coqueiro, ocorrendo principalmente em viveiro ou até o segundo ano após o transplante para o campo. Porém, mais recentemente tem-se registrado a incidência em plantas safreiras. A doença foi registrada na Costa do Marfim, Filipinas, Indonésia, Malásia e Brasil.

A podridão-seca é de etiologia ainda indefinida, contudo resultados de pesquisa preliminares têm associado aos sintomas a presença de fragmentos de DNA de 1,2 Kb similar a um grupo de fitoplasmas.

O sintoma da podridão-seca é o ressecamento da flecha (folha central) ou ainda das folhas mais jovens. Os primeiros sintomas começam com a formação de pequenas manchas brancas, isoladas ou contíguas que formam estrias na superfície da folha. Desde o aparecimento dos primeiros sintomas o crescimento da flecha fica paralisado, servindo como um alerta para o produtor. Posteriormente, essas manchas tornam-se marrons e a folha fica com o aspecto ressecado. Com o avanço da doença, outras folhas ficam

ressecadas. Porém, as raízes permanecem saudáveis. O diagnóstico mais preciso é realizado por meio de um corte longitudinal no coleto da planta, onde são observadas lesões internas, marrons, com aparência de cortiça, sendo este um sintoma peculiar da doença

Na Costa do Marfim ocorreram até 50 % de perdas em coqueiro híbrido e 30 % em coqueiro-anão quando medidas de controle não foram efetivamente executadas. No entanto, não há relatos em relação ao coqueiro-gigante. Após o aparecimento do primeiro sintoma externo, é impossível que a planta seja recuperada, uma vez que no coqueiro existe somente um ponto de crescimento, sendo justamente a região mais afetada pelo ataque do patógeno.

A ocorrência da doença é um problema limitante para o cultivo do coqueiro-anão irrigado nas regiões semiáridas do Nordeste e do Brasil Central (WARWICK, 1998). A enfermidade é transmitida por homópteros da família Delphacidae: *Sogatella cubana* e *Sogatella kolophon*, que vivem sobre diversas espécies de gramíneas.

No futuro, quando é esperado um aumento de áreas irrigadas para a produção de alimentos a tendência é a de que a ação desse patógeno seja mais significativa, causando danos ainda mais expressivos.

Considerações finais

As plantas perenes são particularmente importantes na redução da concentração de CO₂ na atmosfera. Elas atuam como reservatórios de carbono porque as árvores absorvem mais carbono por unidade de área do que outros tipos de vegetação. No futuro, os plantios de coqueiro poderão ser utilizados tanto para reduzir as emissões de CO₂ e sequestrar carbono, como também na substituição de combustíveis fósseis usando biodiesel ou biomassa a partir de óleo de coco. Portanto, os coqueirais poderão mitigar o efeito estufa, tendo em vista que as doenças que atualmente limitam o seu cultivo deverão ter sua incidência reduzida.

Referências

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria, 2009.

ALFIERI JR., S. A. **Stem bleeding disease of coconut palm**, *Cocos nucifera* L. Gainesville: Florida Department of Agriculture, Division of Plant Industry, 1967. (Plant Pathology Circular, 53).

ANDERSON, P. K.; CUNNINGHAM, A. A.; PATEL, N. G.; MORALES, F. J.; EPSTEIN, P. R.; DASZAK, P. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agro technology drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19, n. 10, p. 535-544, 2004.

- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; AVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.
- CHAKABORTY, S.; DATTA S. How will planta pathogens adapt to host plant resistance at elevated CO₂ under a changing climate? **New Phytologist**, v. 159, p. 733-742, 2003.
- COAKLEY, S. M.; SCHERM, H.; CHAKRAVORTY, S. Climate change and plant disease management. **Annual Review of Phytopathology**, v. 37, p. 399-426, 1999.
- COOMANS, P. Influence des facteurs climatiques sur les fluctuations saisonnières et annuelles de la productions du cocotier. **Oléagineux**, Paris, v. 30, n. 4, p. 153-159, 1975.
- CORREIA, M. S.; COSTA, J. L. da S. Dispersão anemófila do fungo *Botryodiplodia theobromae* em plantações de coqueiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 150-154, 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, 2009.
- IPCC. **Climate change 2001**: working group II: Impacts, adaptations and vulnerability. 2003. Disponível em: <http://www.grida.no/publications/other/ipcc%5Ftar/?src=/climate/ipcc_tar/wg2/005.htm> Acesso em: out. 2009.
- PASSOS, E. E. M. Exigências climáticas do coqueiro In: PASSOS, E. E. M. **A cultura do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. (Sistemas de Produção, 1).
- SALATI, E.; SANTOS, A. A. dos; NOBRE, C. **As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros**. 2002. Disponível em: <www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm>. Acesso em: out. 2009.
- WARWICK, D. R. N. Ocorrência e medidas de combate da doença podridão-seca do coqueiro no Platô de Neópolis, Sergipe. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 10, n. 1, p. 43-46, 1998.
- WARWICK, D. R. N.; LEAL, E. C. Ciclo evolutivo da lixa-grande do coqueiro. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 11, n. 1, p. 41-44, 1999.
- WARWICK, D. R. N.; PASSOS, E. E. M. Outbreak of stem bleeding in coconuts caused by *Thielaviopsis paradoxa* in Sergipe, Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. 175-177, 2009.
- WARWICK, D. R. N.; PASSOS, E. E. M.; LEAL, M. L. S.; BEZERRA, A. P. T. Influence of water stress on the severity of coconut leaf blight caused by *Lasiodiplodia theobromae*. **Oléagineux**, v. 48, n. 6, p. 279-282, 1993.

Capítulo 12

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre doenças na eucaliptocultura no Brasil

Reginaldo Gonçalves Mafia

Acelino Couto Alfenas

Rodolfo Araújo Loos

Introdução

No mundo, os plantios de eucalipto ocupam aproximadamente 20 milhões de ha, concentrados principalmente na Ásia e América, com 8,4 e 7,5 milhões de ha, respectivamente. Atualmente, o Brasil possui a maior área plantada, com cerca de 21 % do total mundial, seguido da Índia (19 %) e China (13 %) (IGLESIAS-TRABADO et al., 2009).

O setor florestal brasileiro encontra-se em franco crescimento, com a ampliação e instalação de novas unidades produtivas em diferentes regiões do País. Os plantios de eucalipto ocupam aproximadamente 4.258.704 ha (ABRAF, 2009) e estão mais concentrados no eixo sul-sudeste do País. No entanto, novos plantios têm sido estabelecidos nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do País (Fig. 1).

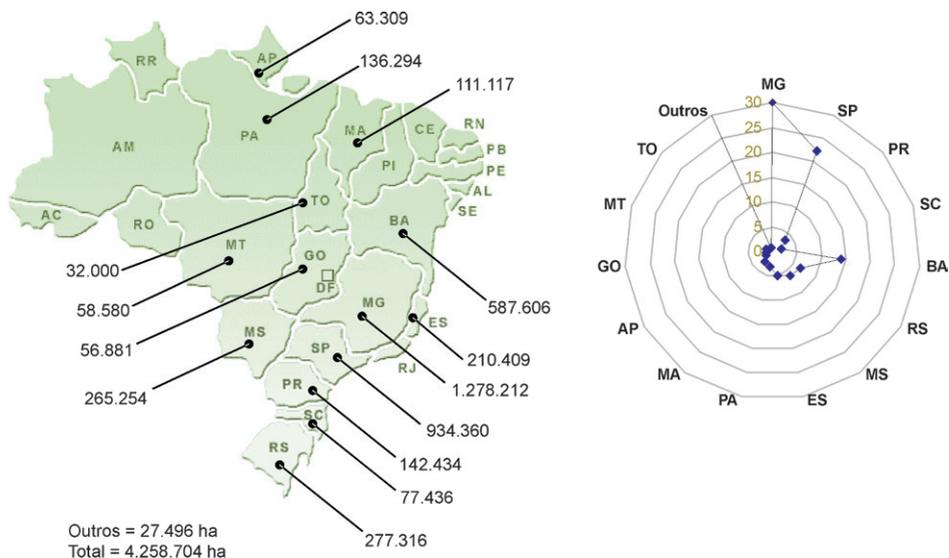


Fig. 1. Distribuição das áreas de plantio com eucalipto no Brasil. Fonte: ABRAF (2009).

As previsões sobre as mudanças climáticas têm despertado inúmeras discussões em diferentes segmentos da sociedade, especialmente quanto às suas causas e consequências (GHINI; HAMADA, 2008). Os impactos dessas mudanças variam dependendo do nível de vulnerabilidade do sistema. O Brasil, assim como outros países em desenvolvimento, possui uma economia fortemente dependente de recursos naturais, seja na atividade agrícola ou florestal, o que torna o assunto ainda mais relevante (NAE, 2005). Além de afetar potencialmente a produtividade, as mudanças climáticas poderão promover alterações significativas na ocorrência e na severidade de doenças que afetam as culturas, o que torna fundamental analisar seus efeitos

negativos potenciais, a fim de se adotar medidas de adaptação para evitar prejuízos futuros. Acredita-se que a integração entre o melhoramento genético e o manejo florestal é a melhor alternativa para minimizar os riscos de perdas por doenças em função das mudanças climáticas.

Influência das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas

As complexas inter-relações patógeno-hospedeiro e as incertezas quanto à ocorrência e precisão dos prognósticos das mudanças climáticas dificultam a previsão do comportamento futuro das doenças. Além disso, os métodos de análise consideram apenas as tecnologias atualmente adotadas, sem medidas corretivas para contrapor. Ademais, a mutabilidade das populações de plantas e de patógenos poderá atenuar ou até mesmo anular os efeitos negativos das mudanças climáticas. Mesmo com essas dificuldades metodológicas, é fundamental realizar essas análises, ainda que seja necessário redimensionar as perdas e as estratégias no futuro.

À luz dos conhecimentos atuais, é pouco preciso definir o comportamento das doenças em relação ao futuro clima previsto, pois além das incertezas quanto às alterações climáticas, a ocorrência e a intensidade das doenças dependem da interação patógeno-hospedeiro-ambiente. O ambiente influencia todos os estádios de desenvolvimento do patógeno e da planta hospedeira, nas diversas fases do ciclo das relações patógeno-hospedeiro. Cada patossistema tem sua temperatura mínima, ótima e máxima de desenvolvimento. Assim, mudanças na temperatura ambiente podem afetar a incidência e a severidade da doença pela ação direta sobre o metabolismo do patógeno ou pela debilitação fisiológica da planta, predispondo-a à infecção. Por exemplo, o aumento da radiação solar, da temperatura média e da velocidade do vento, bem como a diminuição da umidade relativa do ar e da precipitação pluviométrica, aumentam a evapotranspiração, o que altera a atividade estomática da planta, podendo afetar seu crescimento, especialmente em áreas com menor capacidade de armazenamento de água no solo. Além dos fatores do ambiente, outros organismos como endófitas, saprófitas, antagonistas e vetores também podem afetar as relações patógeno-hospedeiro. Doenças disseminadas por insetos vetores podem apresentar uma nova distribuição geográfica ou temporal, que será resultante da interação ambiente, planta, patógeno e vetor (SUTHERST et al., 1998).

Estudos têm demonstrado que as mudanças climáticas podem reduzir a produtividade, diminuir a eficácia das estratégias de manejo e alterar a

distribuição geográfica das doenças. Todavia, sabe-se que a alteração de um determinado fator climático pode apresentar efeitos positivos ou negativos, dependendo do vértice do triângulo da doença e da fase do ciclo de vida do patógeno e da planta hospedeira, resultando em efeitos de compensação. Assim, somente a análise completa do sistema poderá definir se a intensidade de doença será aumentada ou reduzida (COAKLEY, 1995).

O desenvolvimento de uma planta é resultado da interação de seu genótipo, do manejo cultural e do ambiente. As mudanças climáticas podem interferir na morfologia, na fisiologia e no metabolismo das plantas, predispondo-as à infecção. Modificações fisiológicas podem alterar os mecanismos de resistência, incluindo aumento da taxa fotossintética, produção de papilas, acúmulo de silício em locais de penetração de apressório, acúmulo de carboidratos nas folhas, produção de cera, camadas adicionais de células epidérmicas, aumento da quantidade de fibras e alteração da concentração de nutrientes (HIBBERD et al., 1996; CHAKRABORTY, 2005).

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do eucalipto

Presentemente há poucos estudos que avaliaram os efeitos potenciais das mudanças climáticas sobre a incidência de doenças na cultura do eucalipto. De qualquer forma, acredita-se que as investigações podem ser focadas, pelo menos em um primeiro momento, nos efeitos diretos das mudanças climáticas sobre o patógeno, incluindo sua distribuição geográfica, reprodução, dispersão e sobrevivência; efeitos diretos sobre a planta hospedeira, principalmente quanto à fisiologia do estresse; e os efeitos sobre a interação das plantas, patógenos e outros organismos (LONSDALE; GIBBS, 2002). O desenvolvimento desses estudos, mesmo com as limitações metodológicas atuais, permite mapear áreas com maior risco de perdas, pela interpolação dos mapas de áreas favoráveis para as diferentes doenças do eucalipto.

Booth et al. (2000), ao avaliarem a distribuição geográfica de *Cylindrocladium quinqueseptatum*, especialmente na África, Austrália, América Latina e Ásia, indicaram áreas que potencialmente se tornarão aptas para ocorrência desse patógeno em várias regiões do mundo, considerando a predição do clima para os próximos 50 anos.

No Brasil, Moraes et al. (2008) avaliaram o efeito potencial das mudanças climáticas sobre a distribuição espacial de áreas de risco para ocorrência da ferrugem do eucalipto, causada pelo fungo *Puccinia psidii*. Nesse trabalho

foram elaborados mapas mensais das áreas de risco para a ocorrência da doença, considerando as condições climáticas atuais, com base em uma série histórica de 1961 a 1990 e, os cenários futuros A2 e B2, previstos no Terceiro Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2000). As condições climáticas foram classificadas em categorias, de acordo com o risco potencial de ocorrência da doença, considerando a temperatura e a umidade relativa do ar. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que haverá redução da área favorável ao desenvolvimento da ferrugem, sendo que essa redução será gradativa para as décadas de 2020, 2050 e 2080, principalmente em regiões mais quentes (Fig. 2 e 3), em virtude das condições ambientes exigidas pelo patógeno.

Efeito potencial das mudanças climáticas sobre a eucaliptocultura

Avaliar o efeito das mudanças climáticas sobre a planta hospedeira é um dos importantes passos para o melhor entendimento do que poderá ocorrer quanto às doenças. Independentemente disso, é importante salientar que, nas últimas décadas, a taxa de crescimento dos plantios de eucalipto tem aumentado, em função da seleção de clones mais produtivos e resistentes às doenças, além da implementação de práticas adequadas no manejo silvicultural (ALFENAS et al., 2009).

Para o eucalipto, os estudos têm sido desenvolvidos, em um primeiro momento, com o objetivo de determinar o impacto potencial das mudanças climáticas sobre o crescimento e a produtividade dos plantios. Como se sabe, as previsões de alterações quanto à temperatura média, intensidade de precipitação pluviométrica e a concentração de CO₂ atmosférico podem afetar a produtividade. De acordo com vários estudos, incrementos na concentração de CO₂, independentemente de modificações de outras variáveis, podem aumentar a produtividade, por meio do chamado efeito de “fertilização de carbono”. Experimentos em condições controladas evidenciaram aumento de produção, porém ainda com grandes variações e incertezas, o que dificulta qualquer tipo de interpretação e previsão (KIRILENKO; SEDJO, 2007). Logicamente, se as mudanças climáticas aumentarem o potencial produtivo, desde que os recursos do ambiente não sejam limitantes, acredita-se que as condições fisiológicas das plantas de eucalipto serão mais favoráveis na interação com os diferentes patógenos, independentemente dos efeitos potenciais e diretos das mudanças climáticas sobre os microrganismos.

Com o objetivo de avaliar os possíveis impactos na produtividade

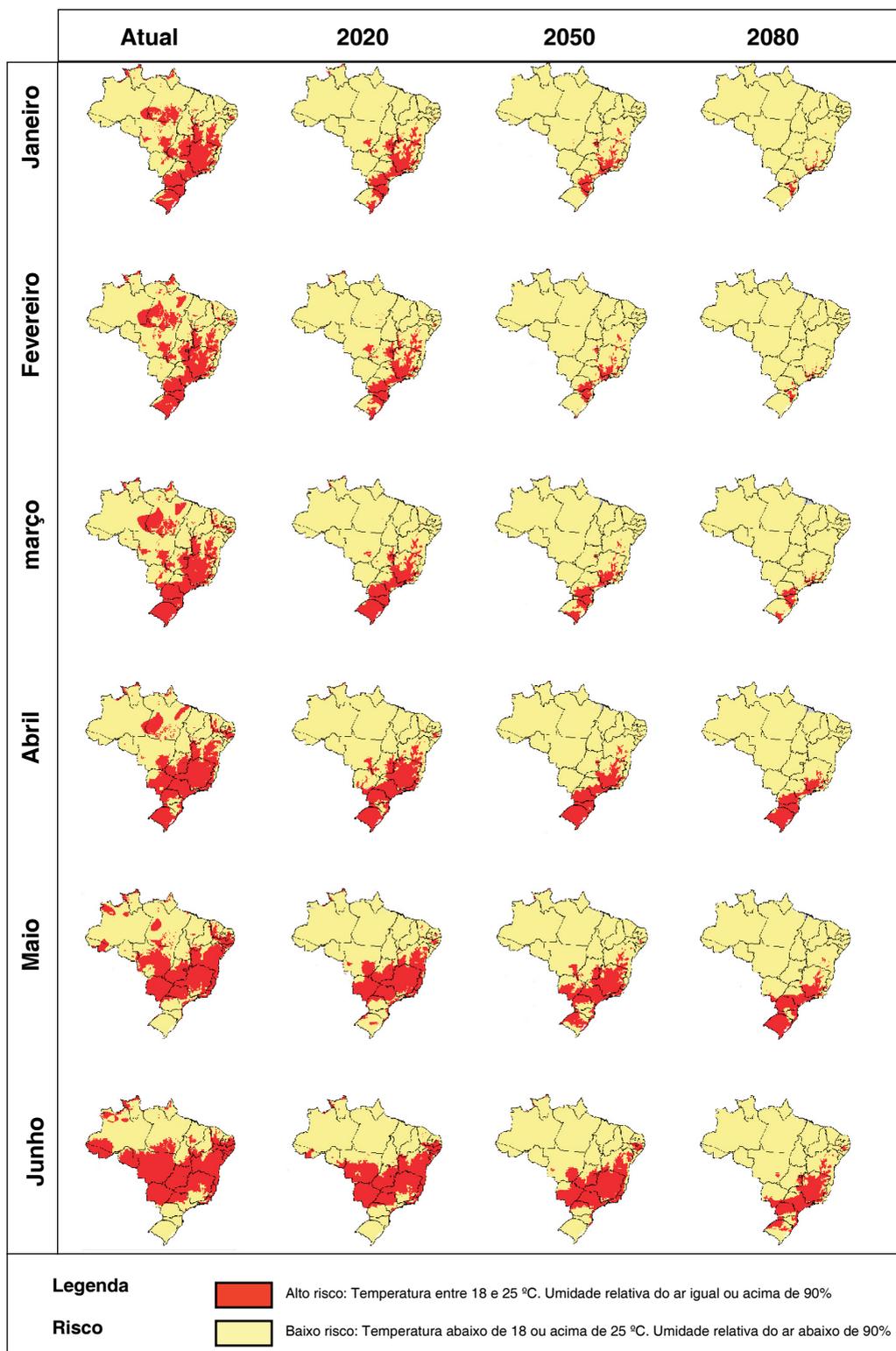


Fig. 2. Distribuição das áreas de risco de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para os meses de janeiro a junho, no período atual (média de 1961 a 1990) e futuro (2020, 2050 e 2080) para o cenário A2. Fonte: Moraes et al. (2008).

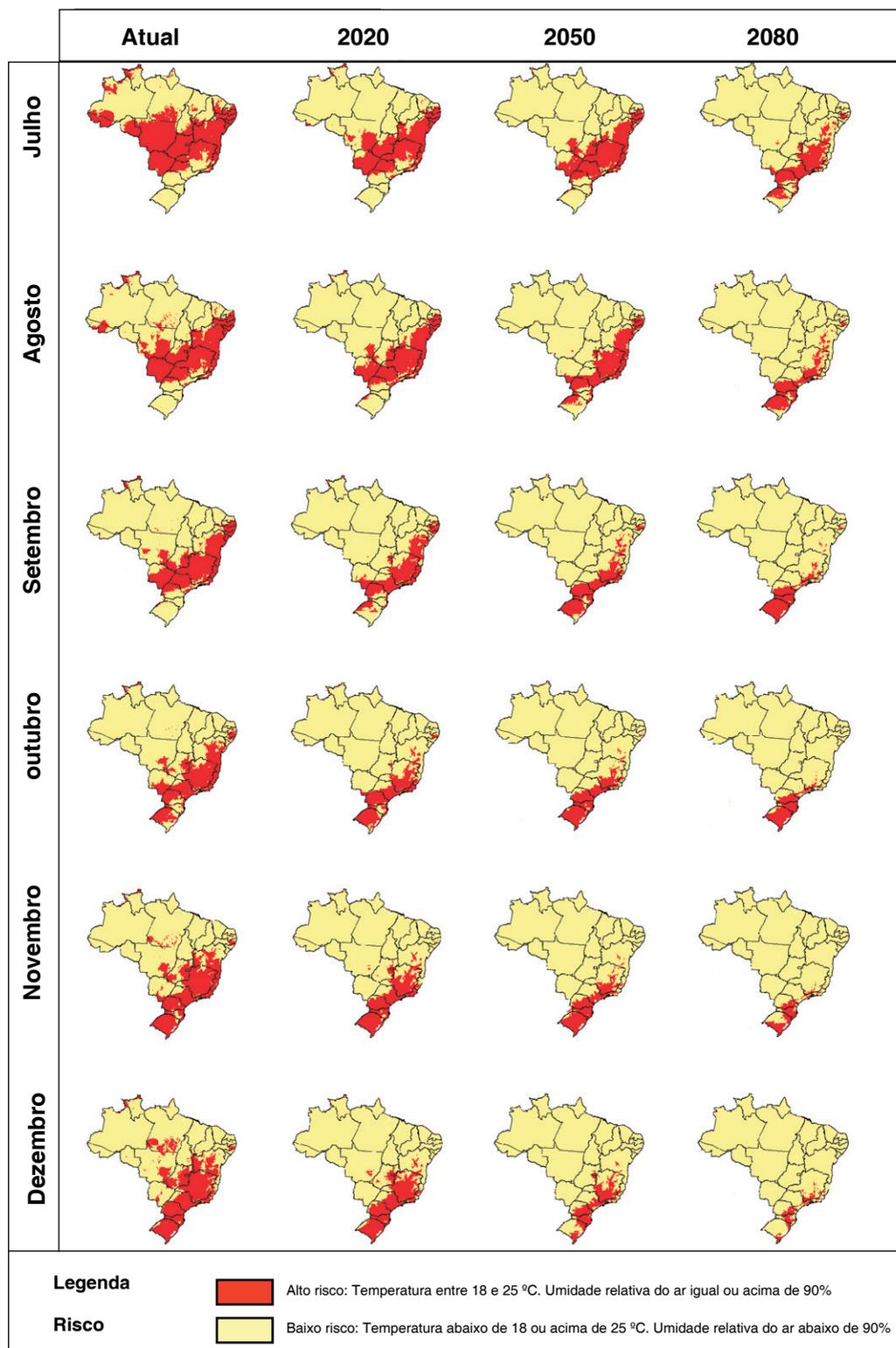


Fig. 3. Distribuição das áreas de risco de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para os meses de julho a dezembro, no período atual (média de 1961 a 1990) e futuro (2020, 2050 e 2080) para o cenário A2. Fonte: Moraes et al. (2008).

futura dos plantios florestais, têm sido empregados modelos de predição de crescimento baseados em processos, associados com os cenários previstos de mudanças climáticas. Os principais cenários são os desenvolvidos pelo IPCC (A1, A2, B1 e B2) para caracterizar o desenvolvimento futuro no ambiente global, especialmente no que diz respeito à produção de gases de efeito estufa e aerossóis (IPCC, 2000). O modelo 3-PG (LANDSBERG; WARING, 1997), que emprega princípios e parâmetros de processos fisiológicos, tem sido amplamente utilizado para predição de crescimento.

Em um estudo empregando o modelo de crescimento 3-PG, verificou-se que as variações futuras da temperatura e precipitação poderão provocar redução da produtividade (EVANGELISTA, 2006). Todavia, em outro estudo conduzido mais tarde (dados não publicados), no qual se considerou também o efeito do aumento da concentração de CO₂, as previsões obtidas foram de aumento da produtividade, desconsiderando as incertezas quanto aos efeitos positivos do aumento da concentração de CO₂. É evidente que, conforme os dados e os modelos se tornarem mais refinados, esse exercício deverá ser repetido. Para isso, é necessário que os modelos fisiológicos sejam capazes de estimar, com precisão, as possíveis mudanças de eficiência das árvores em ambientes com CO₂ elevado (NORBY et al., 1999; POORTER; NAGEL, 2000; MEDLYN, 2001; NORBY et al., 2002; AINSWORTH; ROGERS, 2007).

As mudanças climáticas poderão induzir modificações na frequência e intensidade de doenças, pragas e plantas invasoras na cultura do eucalipto, além de outros problemas, como incêndios, secas, ventos, geadas e chuvas extremas, entre outros. Esses eventos poderão ser mais importantes que os efeitos diretos das mudanças de temperatura e do aumento de CO₂ atmosférico (KIRILENKO; SEDJO, 2007). Sendo assim, é importante elaborar e adotar estratégias para reduzir os riscos de perdas de produtividade causada por esses fatores.

Avaliação dos possíveis impactos das mudanças climáticas

As doenças na eucaliptocultura podem ser agrupadas de acordo com as condições favoráveis à infecção. Por exemplo, enquanto a ferrugem e o mofo-cinza, causados respectivamente por *Puccinia psidii* e *Botrytis cinerea*, são mais severas em períodos de temperaturas amenas, as manchas foliares, causadas por *Quambalaria eucalypti* e *Cylindrocladium* spp., bem como a murcha-bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum*, são mais frequentes em regiões e épocas de maior temperatura e precipitação pluviométrica. Adicionalmente, patógenos que penetram por ferimentos,

como *Cryptosporiopsis eucalypti* e *Pilidiella eucalyptorum* podem ser favorecidos pela debilitação da planta, principalmente em períodos frequentes de déficit hídrico (Tabela 1).

Algumas doenças de viveiro como o tombamento de mudas e as queimas foliares incitadas por *Rhizoctonia* spp. e *Cylindrocladium* spp., a murcha (*Ralstonia solanacearum*) e as manchas foliares de origem bacteriana (*Xanthomonas axonopodis*), que requerem temperaturas elevadas para seu desenvolvimento (Tabela 1), deverão ser favorecidas pelo aumento da temperatura média. O aumento da temperatura proporciona maior evapotranspiração, o que demanda maior frequência e intensidade de irrigações, o que favorece a ocorrência de doenças. Patógenos que são favorecidos por temperaturas amenas, como *Botrytis cinerea* e *Puccinia psidii*, poderão se tornar menos frequentes, exceto se houver variabilidade genética em suas populações, tornando-os tolerantes às temperaturas mais elevadas.

As doenças que ocorrem no campo, de modo geral, estão fortemente relacionadas à umidade do ar e à intensidade de chuvas, sendo que a temperatura não tem sido fator limitante, à exceção da ferrugem, causada por *Puccinia* e da mancha foliar, causada por *Teratosphaeria nubilosa* em *Eucalyptus globulus* e espécies afins.

De modo geral, espera-se aumento da temperatura média e redução da precipitação pluviométrica, o que de certa forma, poderá aumentar o estresse abiótico das plantas, o que poderá favorecer a ocorrência de doenças incitadas por patógenos cuja infecção depende da debilitação fisiológica do hospedeiro.

Importância atual e potencial futura das doenças em função das mudanças climáticas

Atualmente, é possível realizar uma análise sobre a importância das doenças do eucalipto. Todavia, é pouco preciso realizar um prognóstico da importância futura dessas doenças, pois é necessário conhecer os efeitos das mudanças climáticas sobre cada patossistema. Sendo assim, de acordo com os critérios de frequência e intensidade, bem como pelo tipo de dano provocado, as doenças que ocorrem em viveiro e campo foram classificadas considerando sua importância atual. Além disso, realizou-se um prognóstico futuro considerando os efeitos potenciais das mudanças climáticas sobre os patógenos, de acordo com suas exigências climáticas atuais (Fig. 4), desconsiderando-se os efeitos amortecedores da variabilidade genética da população desses patógenos, entre outros fatores.

Em viveiro, acredita-se que as doenças causadas por *Ralstonia*

Tabela 1. Condições climáticas favoráveis para doenças do eucalipto em viveiro e campo.

Ambiente	Patógeno	Doença	Condição favorável	Referência
Viveiro	<i>Botrytis cinerea</i>	Mofa cinzento	Umidade elevada, temperatura entre 20 - 24 °C e baixa luminosidade	Mafia et al., 2006
	<i>Cylindrocladium</i> spp.	Podridão e mancha foliar	Temperatura e umidade elevadas, com molhamento do filoplano	Alfenas et al., 2009
	<i>Oidium eucalypti</i>	Mancha foliar	Umidade alta, sem molhamento foliar e temperatura entre 20 - 25 °C	Silva et al., 2003
	<i>Puccinia psidii</i>	Ferrugem	Temperatura entre 18 - 25 °C, molhamento foliar e tecido juvenil	Ruiz et al., 1989
	<i>Quambalaria eucalypti</i>	Mancha foliar e anelamento	Temperatura alta (27 °C), com elevada umidade do ar	Andrade et al., 2007
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Podridão de miniestacas	Temperatura ótima 25 °C e em períodos de chuva intensa	Sanfuentes et al., 2007
	<i>Xanthomonas axonopodis</i>	Bacteriose foliar	Temperatura elevada (26 - 30 °C) e presença de água livre sobre as folhas	Neves, 2007
	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Murcha bacteriana	Temperatura entre 28 - 30 °C com umidade elevada	Alfenas et al., 2006
	Oportunistas #1	Mancha foliar e podridão	Temperatura e umidade elevada com debilitação do hospedeiro	Alfenas et al., 2009
	Campo	<i>Ceratocystis fimbriata</i>	Murcha vascular	Umidade elevada e temperatura entre 18 - 28 °C
<i>Chrysosporthe cubensis</i>		Cancro do eucalipto	Temperatura igual ou acima de 23 °C com pluviosidade igual ou superior a 1200 mm/ano	Hodges et al., 1976
<i>Coniothyrium eucalypti</i>		Cancro de Coniothyrium	Favorecido pela debilitação do hospedeiro em locais e épocas de déficit hídrico	Alfenas et al., 2009
<i>Cylindrocladium</i> spp.		Mancha foliar e desfolha	Temperatura e umidade elevadas, com molhamento do filoplano	Alfenas et al., 2009
<i>Erythricium salmonicolor</i>		Rubelose do eucalipto	Locais e épocas com precipitação pluviométrica superior ou igual a 1200 mm/ano	Alfenas et al., 2009
<i>Hypoxyton</i> spp.		Estroma negro em madeira	Temperatura ideal em torno de 30 °C em períodos de alta umidade e precipitação pluviométrica	Mafia et al., 2003
<i>Puccinia psidii</i>		Ferrugem	Temperatura entre 18 - 25 °C, molhamento foliar e tecido juvenil	Ruiz et al., 1989
<i>Ralstonia solanacearum</i>		Murcha bacteriana	Temperatura entre 28 - 30 °C com umidade elevada	Alfenas et al., 2006
<i>Rhizoctonia solani</i>		Mancha e queima foliar	Temperatura ótima de 25 °C em períodos de chuva intensa	Sanfuentes et al., 2007
<i>Teratosphaeria nubilosa</i>		Mancha foliar	Temperatura moderada, com molhamento foliar	Alfenas et al., 2009
<i>Xanthomonas axonopodis</i>		Bacteriose foliar	Temperatura elevada (26 - 30°) e presença de água livre sobre as folhas	Neves, 2007
Oportunistas #2		Mancha foliar	Temperatura e umidade elevadas, déficit hídrico e debilitação do hospedeiro	Alfenas et al., 2009

#1 Patógenos favorecidos pela debilitação e ferimentos do hospedeiro no viveiro (*Haimesia lythri*, *Pestalotiopsis* spp. e *Colletotrichum gloeosporioides*)#2 Patógenos favorecidos pela debilitação e ferimentos do hospedeiro no campo (*Cryptosporiopsis eucalypti*, *Phyllosticta eucalyptorum*, *Harknessia* spp.)

solanacearum, *Xanthomonas* sp. e *Quambalaria eucalypti* deverão permanecer como as mais preocupantes no futuro. No campo, as doenças causadas por *Ceratocystis fimbriata*, *Cylindrocladium* sp., *Ralstonia solanacearum* e *Xanthomonas* sp. merecerão maior atenção (Fig. 4). Acredita-se que patógenos oportunistas terão maiores chances de causar perdas, em função principalmente do estresse da planta, desde que materiais genéticos não estejam sendo selecionados com essa preocupação.

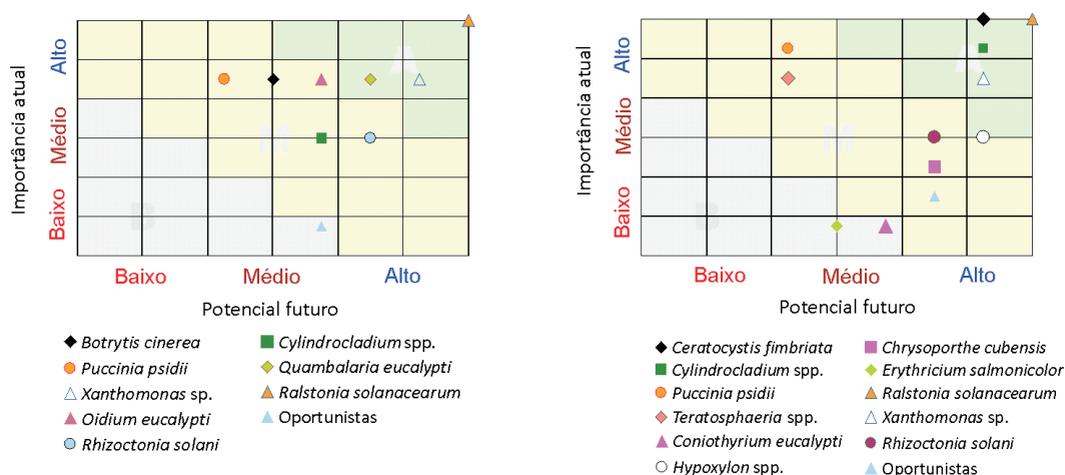


Fig. 4. Importância atual e do potencial futuro das doenças do eucalipto em função das mudanças climáticas, em viveiro (esquerda) e campo (direita).

Redução do risco de doenças na eucaliptocultura

O manejo das doenças na eucaliptocultura tem sido realizado de forma eficiente, pela adoção de medidas integradas em viveiro e pelo uso da resistência genética em campo (MAFIA, 2008, ALFENAS et al., 2009).

Atualmente, a produção de mudas clonais desde a obtenção de propágulos vegetativos em minijardins até a expedição das mudas é realizado preferencialmente em ambiente protegido, utilizando-se recipientes desinfestados e substratos isentos de inóculo fitopatogênico. Evoluções das estruturas de viveiro, como o uso de tetos translúcidos retráteis e canteiros suspensos modulados, garantem a adoção de estratégias de manejo integrado de doenças, incluindo regulação do ambiente, que visam erradicar as fontes de inóculo e reduzir as condições favoráveis à infecção (ALFENAS et al., 2009). A fertirrigação por imersão temporária ou sub irrigação é fundamental para o controle de várias doenças foliares em viveiros, sobretudo frente à previsão de aquecimento global, que demandará maior fornecimento de nutrientes e água.

O cancro do eucalipto, causado pelo fungo *Chrysosporthe cubensis*, é uma das principais enfermidades da cultura em áreas tropicais. A ocorrência dessa doença, sobretudo na década de 1970, foi o grande propulsor do avanço das técnicas de clonagem, o que permitiu solucionar esse e outros problemas fitossanitários, com ganhos significativos de produtividade e de qualidade das plantações de eucalipto (ALFENAS et al., 2009). A partir do desenvolvimento da clonagem foi possível multiplicar clones, em escala comercial, após confirmação do fenótipo de resistência. De forma geral, o eucalipto apresenta grande variabilidade dentro e entre espécies. Todavia, o grande desafio no uso da resistência genética consiste na dificuldade de selecionar indivíduos que sejam resistentes, simultaneamente, à uma ampla gama de patógenos e, que ao mesmo tempo, tenha características tecnológicas e industriais desejáveis (ASSIS; MAFIA, 2007). Sendo assim, é importante estabelecer estudos de herança da resistência, visando orientar os cruzamentos para manter uma frequência alélica de resistência mínima necessária, considerando também possíveis alterações na importância relativa das doenças em função das mudanças climáticas.

Considerações finais

Os estudos sobre potenciais impactos das mudanças climáticas podem ser realizados de forma específica para os diferentes patossistemas, mas para melhor compreender o risco epidemiológico global para a cultura do eucalipto é importante integrar todos estes conhecimentos. Além disso, é fundamental alertar para o risco de introdução de novas doenças, em função da redistribuição espaço-temporal das condições favoráveis para patógenos exóticos. As extensas áreas de plantios contínuos de eucalipto, aliado ao intenso trânsito de seus produtos, a reduzida relação de patógenos sob regulamentação e a falta de um sistema de gestão de risco com integração de empresas do setor contribuem para aumentar o risco de introdução e disseminação de doenças florestais no País. Ainda não existe um estudo criterioso para avaliar o risco de introdução e disseminação de doenças na cultura do eucalipto no Brasil. É importante considerar o impacto das mudanças climáticas sobre as doenças existentes no País, bem como o aumento do risco de introdução de novos agentes etiológicos.

Referências

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2008. Brasília, 2009. 129 p.

- AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO₂]: mechanisms and environmental interactions. **Plant, Cell and Environment**, v. 30, p. 258-270, 2007.
- ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; SARTÓRIO, R. C.; BINOTI, D. H. B.; SILVA, R. R.; LAU, D.; VANETTI, C. A. *Ralstonia solanacearum* em viveiros clonais de eucalipto no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 357-366, 2006.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2009. 500 p.
- ANDRADE, G. C. G.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; ZAUZA, E. Â. V.; COUTO, M. M. F.; MAFFIA, L. A. Características culturais e severidade da mancha foliar de *Quambalaria eucalypti* sob diferentes regimes de temperatura, luz e período de molhamento foliar. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 329-334, 2007.
- ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. **Biotecnologia florestal**. Viçosa: UFV, 2007. 387p.
- BOOTH, T. H.; JOVANOVIĆ, T.; OLD, K. M.; DUDZINSKI, M. J. Climatic mapping to identify high-risk areas for *Cylindrocladium quinqueseptatum* leaf blight on eucalypts in mainland South East Asia and around the world. **Environmental Pollution**, v. 108, p. 365-372, 2000.
- CHAKRABORTY, S. Potential impact of climate change on plant-pathogen interactions. **Australasian Plant Pathology**, v. 34, p. 443-448, 2005.
- COAKLEY, S. M. Biospheric change: will it matter in plant pathology? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 17, p. 147-153, 1995.
- EVANGELISTA, R. C. **Impacto das mudanças climáticas na produtividade de eucalipto em duas regiões do Brasil**. 2006. 48 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa.
- GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 331 p.
- HIBBERD, J. M.; WHITBREAD, R.; FARRAR, J. F. Effect of elevated concentrations of CO₂ on the infection of barley by *Erysiphe graminis*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 48, p. 37-53, 1996.
- HODGES, C. S.; REIS, M. S.; FERREIRA, F. A.; HENFLING, J. D. M. O cancro do eucalipto causado por *Diaporthe cubensis*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 1, p. 129-170, 1976.
- IGLESIAS-TRABADO, G.; CARBALLEIRA-TENREIRO, R.; FOLGUEIRA-LOZANO, J. *Eucalyptus universalis*: Global cultivated *Eucalyptus* forests Map Version 1.2. In: **GIT Forestry Consulting's Eucalyptologics: Information resources on Eucalyptus cultivation worldwide**. Disponível em: <www.git-forestry.com>. Acesso em: out. 2009.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Emissions scenarios: Summary for policymakers**. Special Report. Geneva, 2000. 20p.
- KIRILENKO, A. P.; SEDJO, R. A. Climate change impacts on forestry. **PNAS**, v. 104, p. 19697-19702, 2007.
- LANDSBERG, J. J.; WARING, R. H. A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. **Forest Ecology and Management**, v. 95, p. 209-228, 1997.
- LONSDALE, D.; GIBBS, J. N. Effects of climate change on fungal diseases of trees. In: BROADMEADOW, M. (Ed.). **Climate change: impacts on UK forests**. Edinburgh: Forestry Commission, 2002. p. 83-97. (Bulletin, 125).
- MAFIA, R. G. Manejo integrado de doenças: um bom exemplo florestal. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 1., 2008, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba, 2008. p.163-182.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; ZARPELON, T. G.; NASCIMENTO, E. M. Estromas negros de *Hypoxyylon* spp. em toras de eucalipto como fator negativo da qualidade da madeira para celulose. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 689-689, 2003.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; SOUZA, F. L. Variáveis climáticas associadas à incidência de mofo-cinzento em eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 152-157, 2006.

MEDLYN, B. E.; BARTON, C. V. M.; BROADMEADOW, M. S. J.; CEULEMANS, R.; De ANGELIS, P.; FORSTREUTER, M.; FREEMAN, M.; JACKSON, S. B.; KELLOMÄKI, S.; LAITAT, E.; REY, A.; SIGURDSSON, B. D.; STRASSEMAYER, J.; WANG, K.; CURTIS, P. S.; JARVIS, P. G. Stomatal conductance of forest species after long-term exposure to elevated CO₂ concentration: a synthesis. **New Phytologist**, v. 149, p. 247-264, 2001.

MORAES, W. B.; JESUS JUNIOR, W. C.; COSMI, F. C.; MORAES, W. B.; MAFIA, R. G. The potential effect of climatic changes on the geographical distribution of eucalyptus rust disease in Brazil. In: WORLD CONGRESS OF AGRONOMISTS AND PROFESSIONALS IN AGRONOMY, 4., 2008, Madrid. **Proceedings...** Madrid, 2008. v. 1, p. 5-8.

NAE - Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Mudança do clima**: volume I: Negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. Brasília, 2005. Caderno 3. 250 p.

NEVES, D. A. **Condições favoráveis à infecção de *Xanthomonas axonopodis* em eucalipto**. 2007. 22 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa.

NORBY, R. J.; WULLSCHLEGER, S. D.; GUNDERSON, C. A.; JOHNSON, D. W.; CEULEMANS, R. Tree responses to rising CO₂ in field experiments: implications for the future forest. **Plant Cell and Environment**, v. 22, p. 683-714, 1999.

NORBY, R. J.; HANSON, P. J.; O'NEILL, E. G.; TSCHAPLINSKI, T. J.; WELTZIN, J. F.; HANSEN, R. A.; CHENG, W.; WULLSCHLEGER, S. D.; GUNDERSON, C. A.; EDWARDS, N. T.; JOHNSON, D. W. Net primary productivity of a CO₂-enriched deciduous forest and the implications for carbon storage. **Ecological Applications**, v. 12, p. 1261-1266, 2002.

POORTER, H.; NAGEL, O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 27, p. 595-607, 2000.

RUIZ, R. A. R.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, F. A.; VALLE, F. X. R. Influência de temperatura, do tempo de molhamento foliar, fotoperíodo e da intensidade de luz sobre a infecção de *Puccinia psidii* em eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 55-61, 1989.

SANFUENTES, E. A.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A.; MAFIA, R. G. Caracterização de isolados de *Rhizoctonia* spp. e identificação de novos grupos de anastomose em jardim clonal de eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 229-236, 2007.

SILVA, M. D. D.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A.; ZAUZA, E. Â. V. Germinação de conídios de *Sphaerotheca pannosa* obtidos de eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 674-681, 2003.

SUTHERST, R. W.; INGRAM, J. S. I.; SCHERM, H. Global change and vector-borne diseases. **Parasitology Today**, v. 14, p. 297-299, 1998.

Capítulo 13

Impacto das mudanças climáticas sobre as doenças de fruteiras de caroço no Brasil

Lucas da R. Garrido

Louise Larissa May De Mio

Bernardo Ueno

Ângela Diniz Campos

Introdução

As frutas-de-caroço, como o pêsego, a nectarina e a ameixa, vêm se expandindo lentamente tanto na produção quanto no consumo interno. O Brasil apresenta uma área aproximada de 26.453 ha e uma produção de 236 mil toneladas (AGRIANUAL, 2008). Apesar da produção, o País importa essas frutas do Chile e Argentina para atender a demanda interna.

A produção de frutas-de-caroço é de alta rentabilidade, sendo uma boa opção para aqueles produtores que buscam alternativas para suas propriedades, não só para agricultores de base familiar, como também para produtores empresariais comprometidos com a qualidade e a sustentabilidade. A adoção de programas como o de Produção Integrada, o qual, no que diz respeito ao manejo de doenças, busca minimizar o uso de agrotóxicos, fertilizantes e incentivar o uso de técnicas culturais, monitoramento e controle biológico, vem atingir estes objetivos, garantindo a produção de frutas diferenciadas em relação à produção convencional.

Algumas regiões dos estados do Sul e do Sudeste apresentam condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo dessas espécies. Entretanto, ainda assim, é fundamental a escolha de cultivares com adaptação aos diferentes locais ou regiões (Fig. 1).

Dentre as rosáceas de caroço, a ameixeira, por exemplo, é uma das plantas frutíferas que mais se difundiu pelo mundo, sendo cultivada em várias condições climáticas, em virtude das muitas espécies existentes e do resultado de hibridizações ocorridas ao longo do desenvolvimento da cultura. No Brasil, a ameixeira é uma das fruteiras de cultivo mais antigo. Já, o pessegueiro é uma das espécies frutíferas de clima temperado pesquisada e adaptada às condições de clima temperado e subtropical, atendendo demandas de produção. Os principais estados produtores de pêsego, nectarina e ameixa são: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Existem também alguns pomares nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e na região Centro-Oeste (ZANETTE; BIASI, 2004).

Estas plantas necessitam de temperaturas adequadas para cada um de seus períodos fenológicos, tais como dormência ($< 7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), brotação, floração, frutificação ($> 15\text{ }^{\circ}\text{C}$) e maturação dos frutos ($> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$).

No inverno, para que haja uma superação efetiva da dormência, é necessário que as plantas fiquem submetidas a temperaturas d' $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante um período de frio cuja soma varia de 100 a 1.250 h, dependendo da cultivar. No Sul do Brasil, a quantidade de frio acumulada, no inverno, não ultrapassa 700 h. Portanto, antes da escolha da cultivar a ser

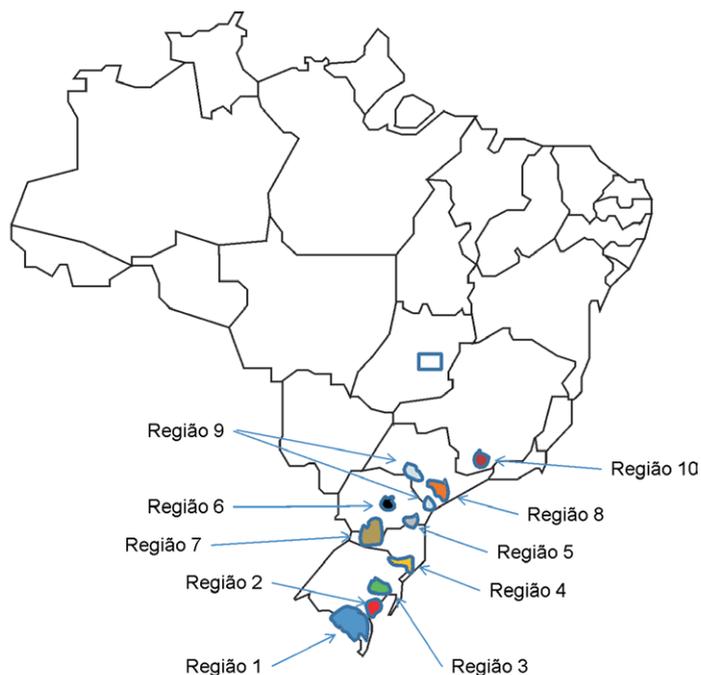


Fig. 1. Principais regiões produtoras de frutas-de-caroco no Brasil (Região 1= Pelotas-Bagé, RS; Região 2= Porto Alegre, RS; Região 3= Serra Gaúcha, RS; Região 4= Vale do Peixe e Sudeste, SC; Região 5= Região Metropolitana de Curitiba, PR; Região 6= Ibaiti, PR; Região 7= Pato Branco / Guarapuava, PR / Oeste de SC; Região 8= Atibaia / Jundiá, SP; Região 9= Botucatu / Registro, SP; Região 10= Barbacena, MG).

plantada, é fundamental o conhecimento da soma de horas de frio do local (FACHINELLO; MARODIN, 2004). Plantas não supridas de frio suficiente, durante a dormência, apresentam problemas de brotação, especialmente em gemas vegetativas, floração desuniforme, baixo enfolhamento e má qualidade dos frutos. Já, durante a fase de floração e desenvolvimento dos frutos, as temperaturas em torno de 2 °C são suficientes para causar danos. As condições ambientais que antecedem a dormência podem afetar o requerimento em frio da gema. Altas temperaturas (30 °C), durante a fase vegetativa, podem levar a um aumento da necessidade de frio (PETRI; HERTER, 2004).

A precipitação pluviométrica média no Sul do Brasil supera 1.500 mm anuais que, combinada com ventos na primavera e início do verão, causa danos às plantas e aos frutos, principalmente no aumento das doenças, tais como: podridão-parda, crespadeira, bacteriose e antracnose (FACHINELLO; MARODIN, 2004).

As condições climáticas da região Sul são extremamente favoráveis para a ocorrência de doenças fúngicas nessas plantas, devido à alta umidade relativa e precipitações pluviométricas frequentes, resultando em perdas econômicas (MAY DE MIO et al., 2004). Em anos que predominam condições mais secas, a pressão da doença é menor e, conseqüentemente, o controle é mais eficiente. Nas Tabelas de 1 a 4 é apresentada a evolução da temperatura média mensal e da precipitação pluvial média diária para o período de referência (1961-1990) e para o cenário futuro A2 para a década de 2080 para

Tabela 1. Evolução da temperatura média mensal (°C) do período referência (1961-1990) e para o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 1, 2, 3, 4 e 5 de produção comercial de frutas-de-caroço.

	Região 1 Pelotas / Bagé, RS		Região 2 Porto Alegre, RS		Região 3 Serra Gaúcha, RS		Região 4 Vale do Peixe e Sudeste de SC		Região 5 Metropolitana de Curitiba, PR	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 - 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 - 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 - 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 - 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 - 2100)
Janeiro	22-26	26-28	24-26	26-28	24-26	26-28	18-24	20-24	20-22	22-26
Fevereiro	22-24	26-28	24-26	26-28	24-26	26-28	18-24	20-24	20-22	24-26
Março	20-24	22-26	22-24	24-26	22-24	24-28	18-22	20-24	20-22	22-24
Abril	18-20	20-22	18-20	22-24	18-22	22-24	16-20	16-22	16-20	20-22
Maiο	14-18	18-20	18-20	18-20	18-20	18-22	12-18	14-20	14-16	18-22
Junho	12-14	14-16	12-14	16-18	14-16	16-18	10-16	12-18	12-14	16-18
Julho	12-14	14-18	12-16	16-18	14-16	16-18	10-16	12-18	12-16	16-18
Agosto	12-16	14-18	14-16	16-18	14-18	18-20	10-16	14-18	14-16	16-20
Setembro	14-16	16-20	14-18	18-20	16-18	18-20	12-16	14-18	14-18	18-20
Outubro	16-20	18-22	18-20	20-22	18-20	20-22	14-18	16-20	16-18	18-22
Novembro	18-22	22-24	20-22	22-24	20-22	22-26	16-20	18-22	18-20	20-24
Dezembro	20-24	24-26	22-24	24-26	22-24	24-28	16-22	20-24	18-22	22-24

Tabela 2. Evolução da temperatura média mensal (°C) do período referência (1961-1990) e para o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 6, 7, 8, 9 e 10 de produção comercial de frutas-de-carvalho.

	Região 6 Ibaiti, PR		Região 7 Pato Branco / Guarapuava, PR / Oeste de SC		Região 8 Atibaia / Jundiá, SP		Região 9 Botucatu / Registro, SP		Região 10 Barbacena, MG	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 -2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 -2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 - 2100)
Janeiro	22-24	24-28	22-26	26-28	22-24	24-28	22-26	24-28	20-24	22-24
Fevereiro	22-24	24-28	22-26	26-28	22-24	24-28	22-26	26-28	20-24	22-26
Março	20-24	24-26	20-24	24-28	22-24	24-28	22-24	26-28	20-24	22-26
Abril	18-20	22-24	16-22	20-24	20-22	22-26	20-22	22-26	18-20	20-24
Maiο	16-18	20-22	14-18	18-20	16-20	20-24	18-20	20-24	16-18	18-22
Junho	14-16	18-20	12-16	16-20	16-18	18-22	14-18	18-22	12-16	16-20
Julho	14-16	18-20	12-16	16-20	14-18	18-22	14-18	18-22	12-16	16-20
Agosto	16-18	18-20	14-18	18-20	16-20	20-24	16-20	20-24	14-18	18-22
Setembro	16-18	20-24	16-18	18-22	16-20	20-24	18-22	22-26	16-20	18-24
Outubro	18-20	22-24	18-22	22-26	18-22	22-26	18-22	22-26	16-22	20-24
Novembro	18-22	22-26	20-22	24-26	20-22	22-26	20-24	24-28	18-22	20-26
Dezembro	20-24	24-26	22-24	24-28	20-22	22-26	20-24	24-28	18-22	24-28

Tabela 3. Evolução da precipitação pluviométrica média diária (mm/dia) do período referência (1961-1990) e para o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 1, 2, 3, 4 e 5 de produção comercial de frutas-de-caroço.

	Região 1 Pelotas / Bagé, RS		Região 2 Porto Alegre, RS		Região 3 Serra Gaúcha, RS		Região 4 Vale do Peixe e Sudeste de SC		Região 5 Metropolitana de Curitiba, PR	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 -2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 -2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 - 2100)
Janeiro	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	5-6	5-6	7-8	5-6
Fevereiro	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5-7	5-7	5-8	5-7
Março	3-5	3-5	3-4	3-4	3-5	3-5	4-6	4-6	4-6	4-5
Abril	2-4	2-4	2-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
Maiο	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
Junho	3-5	4-5	3-4	4-5	3-4	4-5	2-3	3-5	3-4	3-4
Julho	4-5	4-5	4-5	3-5	4-5	3-5	3-5	3-5	3-4	2-3
Agosto	3-5	3-5	3-4	4-5	3-4	4-5	4-6	3-5	2-3	2-3
Setembro	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-6	4-6	3-4	3-4
Outubro	3-4	3-5	3-4	3-4	3-5	3-5	3-4	4-6	3-4	4-5
Novembro	3-4	3-5	3-4	3-5	3-4	3-5	3-5	4-5	4-5	4-5
Dezembro	2-4	3-4	2-3	3-4	2-4	3-4	3-5	4-5	4-6	5-6

Tabela 4. Evolução da precipitação pluviométrica média diária (mm/dia) do período referência (1961-1990) e para o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 6, 7, 8, 9 e 10 de produção comercial de frutas-de-carçoço.

	Região 6 Ibaiti, PR		Região 7 Pato Branco / Guarapuava, PR / Oeste de SC		Região 8 Atibaia / Jundiá, SP		Região 9 Botucatu / Registro, SP		Região 10 Barbacena, MG	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)
Janeiro	5-6	5-7	5-6	5-6	6-8	6-8	6-8	6-7	9-10	9-10
Fevereiro	5-6	5-7	5-6	6-7	6-8	6-8	6-8	5-7	7-8	7-9
Março	4-5	4-5	3-5	4-5	5-6	4-6	4-6	3-5	5-6	5-6
Abril	3-4	3-4	4-5	4-6	2-3	2-3	2-4	2-4	2-3	3-4
Maió	3-5	3-5	5-6	5-6	2-4	2-4	2-5	2-5	1-2	1-2
Junho	3-5	3-5	3-4	4-5	2-3	1-3	2-5	1-4	1-2	0-2
Julho	3-5	2-4	3-5	3-5	1-3	1-2	1-3	1-3	0-2	0-1
Agosto	2-4	2-3	3-5	3-5	1-2	1-2	1-3	1-3	0-2	0-2
Setembro	4-5	3-5	4-6	4-6	2-4	2-3	2-4	2-4	2-3	1-3
Outubro	4-6	5-6	5-6	6-7	4-5	4-5	4-5	4-5	3-5	3-5
Novembro	4-5	4-6	5-6	5-7	4-5	5-7	4-5	5-6	6-7	6-7
Dezembro	5-7	6-7	4-6	5-6	6-8	6-8	5-7	5-8	8-10	8-10

Tabela 5. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das frutas-de-carço na região 1 (Pelotas / Bagé, RS).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda	■							■	■	■	■	■
Crespeira								■			■	■
Antracnose									■	■	■	■
Sarna								■	■	■	■	■
Chumbinho								■	■	■	■	■
Queima-dos-ramos	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Ferrugem	■	■	■	■								■
Gomose								■	■	■	■	■
Podridão-mole											■	■
Podridão-de-raiz-e-colo	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Bacteriose	■							■	■	■	■	■
Escaldadura	■	■	■	■								■

1 – análise da incidência/severidade:
 ■ Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
 ■ Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
 ■ Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
 □ Ausência da doença

Tabela 6. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das frutas-de-carço na região 2 (Porto Alegre, RS).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda	■							■	■	■	■	■
Crespeira								■	■	■	■	■
Antracnose									■	■	■	■
Sarna								■	■	■	■	■
Chumbinho											■	■
Queima-dos-ramos	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Ferrugem	■	■	■	■								■
Gomose								■	■	■	■	■
Podridão-mole											■	■
Podridão-de-raiz-e-colo	■	■	■	■				■			■	■
Bacteriose	■							■			■	■
Escaldadura	■	■	■	■								■

1 – análise da incidência/severidade:
 ■ Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
 ■ Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
 ■ Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
 □ Ausência da doença

Tabela 7. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das fruteiras de caroço na região 3 (Serra Gaúcha, RS).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda	■							■	■	■	■	■
Crespeira								■	■	■	■	■
Antracnose									■	■	■	■
Sarna								■	■	■	■	■
Chumbinho								■	■	■	■	■
Queima-dos-ramos	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Ferrugem	■	■	■	■								■
Gomose								■	■	■	■	■
Podridão-mole											■	■
Podridão-de-raiz-e-colo	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Bacteriose								■	■	■	■	■
Escaldadura	■	■	■	■								■

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Tabela 8. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das fruteiras de caroço na região 4 (Vale do Peixe e Sudeste de SC).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda	■							■	■	■	■	■
Crespeira								■	■	■	■	■
Antracnose	■							■	■	■	■	■
Sarna	■							■	■	■	■	■
Chumbinho	■							■	■	■	■	■
Queima-dos-ramos	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■
Ferrugem	■	■	■	■	■							■
Gomose								■	■	■	■	■
Podridão-mole											■	■
Podridão-de-raiz-e-colo	■	■	■	■	■					■	■	■
Bacteriose	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■
Escaldadura	■	■	■	■	■							■

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Tabela 9. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das fruteiras de caroço na região 5 (Metropolitana de Curitiba, PR).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda	■							■	■	■	■	■
Crespeira								■	■	■	■	■
Antracnose								■	■	■	■	■
Sarna								■	■	■	■	■
Chumbinho								■	■	■	■	■
Queima-dos-ramos	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Ferrugem	■	■	■	■							■	■
Gomose								■	■	■	■	■
Podridão-mole											■	■
Podridão-de-raiz-e-colo	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Bacteriose								■	■	■	■	■
Escaldadura	■	■	■	■								■

1 – análise da incidência/severidade:

■ Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;

■ Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;

■ Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

□ Ausência da doença

Tabela 10. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das fruteiras de caroço na região 6 (Ibaiti, PR).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda								■	■	■	■	■
Crespeira								■	■	■	■	■
Antracnose								■	■	■	■	■
Sarna								■	■	■	■	■
Chumbinho								■	■	■	■	■
Queima-dos-ramos	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Ferrugem	■	■	■	■							■	■
Gomose								■	■	■	■	■
Podridão-mole											■	■
Podridão-de-raiz-e-colo	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Bacteriose								■	■	■	■	■
Escaldadura	■	■	■	■								■

1 – análise da incidência/severidade:

■ Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;

■ Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;

■ Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

□ Ausência da doença

Tabela 11. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das fruteiras de caroço na região 7 (Pato Branco / Guarapuava, PR e Oeste de SC).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda								1	2	2	2	2
Crespeira								1	1	3	3	3
Antracnose								1	2	2	2	2
Sarna								1	2	2	2	2
Chumbinho								1	1	3	3	3
Queima-dos-ramos	2	2	2	2				1	2	2	2	2
Ferrugem	2	2	2	2							2	2
Gomose								2	2	2	2	2
Podridão-mole											2	2
Podridão-de-raiz-e-colo	2	2	2	2				1	2	2	2	2
Bacteriose	2	2	2	2				1	2	2	2	2
Escaldadura	2	2	2	2								2

1 – análise da incidência/severidade:

Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;

Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;

Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

Ausência da doença

Tabela 12. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das fruteiras de caroço na região 8 (Atibaia / Jundiá, SP).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda							2	2	2	2	2	
Crespeira							1	1	1	3	3	
Antracnose							1	1	2	2	2	
Sarna							2	2	2	2	2	
Chumbinho							1	1	1	3	3	
Queima-dos-ramos	2	2	2	2			2	2	2	2	2	
Ferrugem	2	2	2	2						2	2	2
Gomose							2	2	2	2	2	
Podridão-mole											2	2
Podridão-de-raiz-e-colo	2	2	2	2			1	1	2	2	2	2
Bacteriose	2	2	2	2						2	2	2
Escaldadura	2	2	2	2						2	2	2

1 – análise da incidência/severidade:

Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;

Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;

Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

Ausência da doença

Tabela 13. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das fruteiras de caroço na região 9 (Botucatu / Registro, SP).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda					1	1	1	1	1	1	1	1
Crespeira					1	1	1	1	2	2	2	2
Antracnose					1	1	1	1				
Sarna					1	1	1	1				
Chumbinho					1	1	1	1	2	2	2	2
Queima-dos-ramos	3	3							3	3	3	3
Ferrugem	3	3							3	3	3	3
Gomose								3	3	3	3	3
Podridão-mole							1	1				
Podridão-de-raiz-e-colo	3	3						3	3	3	3	3
Bacteriose	3	3						3	3	3	3	3
Escaldadura	3	3						3	3	3	3	3

1 – análise da incidência/severidade:

Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;

Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;

Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

Ausência da doença

Tabela 14. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 12 doenças durante o período vegetativo/reprodutivo das fruteiras de caroço na região 10 (Barbacena, MG).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Podridão-parda					1	1	1	1	1	2	2	
Crespeira					1	1	1	1	2	2		
Antracnose					1	1	1	1				
Sarna					1	1	1	1				
Chumbinho					1	1	1	1	2	2		
Queima-dos-ramos	3	3			1	1	1	1	3	3	3	3
Ferrugem	3	3							3	3	3	3
Gomose					1	1	1	1	1	1		
Podridão-mole								1	1	1		
Podridão-de-raiz-e-colo	3	3							3	3	3	3
Bacteriose	3	3							3	3	3	3
Escaldadura	3	3							3	3	3	3

1 – análise da incidência/severidade:

Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;

Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;

Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.

Ausência da doença

as principais regiões produtoras de frutas-de-carço (Fig. 1). Nas Tabelas de 5 a 14 estão apresentadas as expectativas para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade das principais doenças das frutas-de-carço para cada região produtora.

A seguir, estão representadas as principais regiões produtoras de frutas-de-carço no Brasil (Fig. 1) e uma simulação e comparação dos cenários (Tabelas 1 a 4) para as regiões e, por fim, um prognóstico do que pode acontecer com as doenças neste cenário futuro (Tabelas 5 a 14).

Doenças causadas por fungos e oomicetos

Podridão-parda *Monilinia fructicola*

A podridão-parda é a principal doença das frutas-de-carço, ocorrendo em praticamente todos os pomares, causando perdas severas, principalmente em anos com alta precipitação pluviométrica. Duas fases de maior suscetibilidade do pessegueiro à podridão-parda são bem conhecidas: floração e pré-colheita. A sobrevivência do fungo, de uma safra para outra, ocorre nos tecidos mumificados, pedúnculos, flores murchas e cancos. Os conídios são disseminados pelo vento e pela chuva e germinam rapidamente sob condições favoráveis. Epidemias de podridão-parda são favorecidas pelo tempo chuvoso. A temperatura ótima é de 25 °C e o período de infecção exige um mínimo de 18 h a 10 °C e de 5 h a 25 °C. Aliada à temperatura, é necessária a ocorrência simultânea de alta umidade relativa (FORTES; MARTINS, 1998).

Na região 1, espera-se encontrar a mesma intensidade de podridão-parda do que na atualidade com aumento da sua importância nos meses de novembro e dezembro, devido ao aumento da temperatura na época próxima à fase de colheita. Nas regiões 2, 3, 4, 5, 6 e 7, estima-se encontrar maior incidência da doença a partir dos meses de setembro ou outubro, estendendo-se até a colheita das frutas, ou de julho a outubro na região 8. Por outro lado, nas regiões 9 e 10 existe uma tendência de redução ou mesma intensidade desta doença como encontrada atualmente.

Crespeira *Taphrina deformans*

A crespeira ataca principalmente as folhas, embora outros órgãos da planta também possam ser infectados. A utilização do controle químico tem sido eficiente em outros países, tornando esta doença de importância

secundária. A doença ocorre nas folhas de ramos do ano e raramente nos frutos. Durante o final do inverno e início da primavera, folhas jovens apresentam engrossamento e hipertrofia que conduz à deformação do limbo foliar. A fase de maior suscetibilidade é no início do desenvolvimento do botão floral, associado a períodos de frio e tempo úmido. A temperatura ótima para o desenvolvimento do fungo é de 18 °C a 20 °C e a máxima entre 26 °C e 30 °C (JEAY, 1986; GAUTIER, 1986). Prolongados períodos de chuva tendem a favorecer as infecções, bem como períodos com umidade relativa de 95 % (LORENZ, 1976). O fungo sobrevive por meio de micélio, nos ramos e brotos, ou esporos que permanecem sobre a planta. O patógeno penetra diretamente pela cutícula, desde o inchamento das gemas e se estabelece no parênquima como micélio intercelular. À medida que as folhas ficam mais velhas, tornam-se mais resistentes.

A ocorrência da crespeira poderá apresentar maior intensidade nos pomares das frutas-de-caroço das regiões 2, 3 e 4, nos meses de setembro e/ou outubro, devido ao aumento da temperatura aproximando-se da faixa ótima para o desenvolvimento do patógeno, associado à presença de molhamento foliar necessário para o sucesso da infecção. Nas outras regiões, espera-se encontrar a mesma incidência como a observada atualmente ou a sua redução de importância provocada por temperaturas mais elevadas e redução do volume de chuvas.

Antracnose *Glomerella cingulata*

A antracnose causa perdas significativas em frutas-de-caroço, mas também ataca outras espécies de frutas. O fungo pode penetrar diretamente no fruto verde. A disseminação dos esporos ocorre, especialmente, por meio de gotas de chuva. O desenvolvimento da doença é favorecido por temperaturas de 25 °C a 30 °C e umidade relativa alta (AGRIOS, 1997; BLEICHER, 1997).

Em 2080, a doença apresentará uma maior importância a partir de setembro, dependendo da região analisada, estendendo-se até a fase de colheita dos frutos (regiões 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8). Nas regiões 9 e 10 espera-se encontrar intensidade de antracnose similar à observada na atualidade.

Sarna *Cladosporium carpophilum*

A sarna ocorre com frequência em regiões quentes e úmidas. Ataca os frutos formando pequenas lesões, normalmente mais frequentes na região

próxima ao pedúnculo, comprometendo a aparência do fruto. Pode ocorrer ainda fendilhamento nos tecidos lesionados, o que serve de porta de entrada para outros patógenos como, por exemplo, *Rhizopus stolonifer*, causador da podridão-mole. Tanto brotações como folhas e frutos podem ser infectados pelo patógeno; entretanto, o sintoma nos frutos causa os maiores danos. Os sintomas costumam aparecer quando os frutos estão em crescimento. Pequenas manchas circulares, verde-oliva são formadas na sua superfície. Com o desenvolvimento da lesão, a mancha torna-se preta. O fungo sobrevive durante o inverno na forma de micélio em lesões nos ramos ou como clamidósporos na superfície da casca. Os esporos são produzidos duas semanas antes da queda das sépalas, sendo favorecidos pela alta umidade relativa. A infecção dos frutos raramente ocorre após 30 dias da queda das pétalas. A temperatura para germinação dos esporos é de 15 °C a 30 °C, com ótimo de 25 °C a 30 °C. A 35 °C não ocorre crescimento micelial (OGAWA et al., 1995). A esporulação em ramos ocorre com 70 % a 100 % de umidade relativa, sendo que a 100 % se formam novos conídios em apenas três horas. A umidade relativa aumenta a possibilidade de germinação, mas diminui a disseminação. Por outro lado, a baixa umidade e maior radiação aumentam a liberação dos conídios.

A sarna apresentará uma intensidade de doença similar à observada com a antracnose. A elevação da temperatura média associada à presença de molhamento foliar possibilitará uma maior incidência a partir do mês de setembro ou outubro, nas regiões de 1 a 8, e intensidade similar à observada na atualidade, nas regiões 9 e 10.

Chumbinho

Wilsonomyces carpophylus

O fungo esporula durante o inverno em gemas ou em lesões do ramo. Os conídios produzidos em esporodóquios são liberados mais facilmente pela água do que pelo vento e estes propágulos podem permanecer viáveis por vários meses em ramos, infectando gemas, folhas e frutos, durante o crescimento vegetativo do novo ciclo da planta. As infecções dos ramos requerem pelo menos 24 h de umidade contínua. Os conídios podem germinar em uma hora e penetram diretamente com a formação de apressório coberto por uma substância gelatinosa. O período de incubação varia de 5 a 14 dias, dependendo da temperatura e tipo de tecido infectado. O micélio cresce *in vitro* entre temperaturas de 4 °C a 30 °C, com ótimo de 15 °C a 20 °C, e os esporos germinam com temperaturas a partir de 1 °C (OGAWA et al., 1995).

O chumbinho apresentará uma maior importância nos pomares,

principalmente, nos meses de setembro e/ou outubro, nas regiões 1, 2, 3 e 4, com redução da sua intensidade nos meses subsequentes devido à elevação da temperatura média. Em algumas regiões, espera-se encontrar incidências similares à observada na atualidade ou, mesmo, a redução da sua importância (regiões 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

Queima-dos-ramos *Phomopsis amygdali*

A doença é popularmente conhecida por queima dos ramos ou cancro de *Fusicoccum*. As infecções podem ocorrer no outono por meio dos ferimentos ocasionados pela queda das folhas ou no início da primavera pelas gemas, cicatrizes de gemas, espículas, frutos, flores ou, ainda, diretamente nas brotações novas. Infecções de verão podem ocorrer se injúrias mecânicas coincidirem com o tempo úmido. O desenvolvimento de lesões e a velocidade de infecção são diminuídos pelas temperaturas frias no inverno. O fungo secreta uma toxina que estimula as células guardas dos estômatos a permanecerem abertas, acelerando a seca das folhas. Um ciclo da doença por estação é típico, mas um segundo ciclo pode ocorrer se as condições favorecerem as infecções. Os esporos produzidos em picnídios são liberados pela chuva e germinam em superfícies úmidas em temperaturas de 5 °C a 36 °C, com ótimo de 27 °C a 29 °C (MAY DE MIO et. al., 2004).

No início da safra, o pessegueiro é infectado nas gemas e botões florais, compreendendo a fase do final da dormência e a queda das pétalas. Após esta fase, as infecções ocorrem nos nós ou axilas das folhas, por meio de ferimentos ou cicatrizes resultantes da queda das folhas. Os picnídios desenvolvidos no outono causam infecções na primavera seguinte com o surgimento de cancos. É nestes cancos que o patógeno sobrevive de uma safra para outra (FORTES; MARTINS, 1998).

Em todas as regiões analisadas, levando-se em consideração o aumento da temperatura média no ano de 2080 e da intensidade das chuvas, espera-se encontrar aumento da intensidade desta doença em todos os pomares, com o favorecimento das infecções ocasionadas pelo patógeno, durante boa parte do desenvolvimento vegetativo das plantas.

Ferrugem *Tranzschelia discolor*

A ferrugem do pessegueiro ocorre, principalmente, nas folhas após a colheita nos pomares da Serra Gaúcha, podendo ocasionar o desfolhamento precoce conduzindo à redução no vigor ou da produtividade na safra

seguinte. No Paraná, a ocorrência nas folhas é evidente já no início da colheita e raramente é observada em frutos; em São Paulo, aparece praticamente junto com o início do enfolhamento e, em anos de maior favorabilidade climática e/ou falha no controle químico, ataca também os frutos. O fungo sobrevive na forma de micélio em brotos, lesões em ramos ou uredósporos em folhas que permaneceram na planta. A viabilidade dos uredósporos na superfície dos tecidos da planta é fortemente reduzida durante os meses de inverno em regiões de inverno mais rigoroso. A germinação ocorre numa faixa larga de temperatura (8 °C a 38 °C), sendo que a ótima encontra-se entre 18 °C e 26 °C. A disseminação dos propágulos é pelo vento seco. Assim, a umidade e a disponibilidade de uredósporos viáveis são os fatores limitantes para infecção (MAY DE MIO et. al., 2004).

A previsão é de que a ferrugem tenha, em média, um aumento em sua importância na maior parte das regiões, em 2080. Epidemias da doença serão favorecidas pouco antes da fase de pré-colheita, estendendo-se até a queda das folhas, ou seja, no último trimestre do ano e nos primeiros meses do ano seguinte.

Gomose *Botryosphaeria dothidea*

Esta doença tem ocorrido com certa frequência nos pomares de pêssago, debilitando as plantas com o decorrer do tempo e, caso medidas de controle não sejam tomadas, pode levar a planta à morte. É caracterizada pelo sintoma de goma que escorre das lenticelas da casca. O fungo sobrevive durante o inverno na casca e em tecidos secos do tronco, onde esporulam intensamente. A forma de disseminação acontece por meio das gotas de chuva que, ao caírem sobre os esporos, espalham os mesmos para outros tecidos. As infecções ocorrem no outono e na primavera por meio de ferimentos (BLEICHER, 1997).

Nas regiões de 1 a 9, a gomose terá uma maior intensidade, comparada à observada na atualidade, sempre no segundo semestre, a partir de agosto, dependendo da região. A elevação da temperatura média associada ao estresse hídrico são fatores que contribuem para a ocorrência de epidemias desta doença nos pomares. Na região 10 não haverá alterações significativas na intensidade da doença.

Podridão-mole *Rhizopus stolonifer*

Esta doença tem grande importância na pós-colheita, com relatos de perdas na ordem de 50 % (OGAWA et al., 1995). É caracterizada pelo

aparecimento de um micélio branco com longas hifas em forma de estolões que se estendem para frutos adjacentes. Das hifas se formam os esporângios pretos que ocorrem em abundância. As infecções ocorrem na fase de pré-colheita no campo, vindo os sintomas a se manifestar durante o processamento e armazenamento. O fungo se desenvolve melhor em temperaturas elevadas, em torno de 15 °C a 23 °C (BLEICHER, 1997). Em baixa temperatura, o crescimento fúngico é inibido. Umidade elevada é indispensável para a infecção, que pode ocorrer nos frutos ainda no pomar, se as condições forem favoráveis.

Nas regiões de 1 a 7 espera-se encontrar um acréscimo da intensidade da doença nos meses de novembro e dezembro, proporcionado pelo aumento da temperatura média no ano de 2080, coincidindo com a fase de colheita dos frutos nos pomares. Na região 8, este acréscimo ocorrerá nos meses de setembro e outubro e nas demais regiões não haverá alterações significativas que favoreçam o aumento ou a redução de sua importância.

Podridão-de-raiz e podridão-de-colo *Armillaria mellea* e *Phytophthora* spp.

Para *Phytophthora* spp., agente causal da podridão-de-colo, a temperatura ótima para crescimento micelial é de 30 °C a 32 °C. A germinação dos clamidósporos é estimulada por temperaturas elevadas, de 28 °C a 32 °C, umidade alta, níveis elevados de oxigênio e por nutrientes presentes no solo ou em exsudados de raízes. É importante em ameixeira cultivada em clima muito úmido. A podridão-de-raízes, causada por *Armillaria mellea*, é importante em ameixeiras e pessegueiros, sendo os sintomas evidenciados pela morte progressiva da planta, iniciando com o amarelecimento das folhas e morte da planta (MAY DE MIO et. al., 2004).

Diante do novo cenário climático, a doença terá sua importância aumentada nas dez regiões analisadas uma vez que a elevação da temperatura média do ar influencia diretamente a temperatura do solo e, conseqüentemente, proporcionará o melhor desenvolvimento dos patógenos, principalmente nos meses mais úmidos do ano.

Doenças causadas por bactérias

Bacteriose *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*

A bacteriose do pessegueiro é considerada uma doença importante, principalmente quando as condições ambientais são favoráveis para sua

ocorrência, ou seja, temperaturas altas e precipitações pluviométricas frequentes. Os principais danos dessa doença são: cancrios em ramos, manchas em frutos e desfolha precoce, que resulta em enfraquecimento da planta e redução de produção na próxima safra, além de inviabilizar o cultivo de pessegueiro em locais muito favoráveis à sua ocorrência. As infecções primárias são favorecidas quando há ocorrência de alta umidade durante o final da floração até poucas semanas depois da queda das pétalas. A severidade da doença nas plantas é aumentada pelo vento associado à chuva. Durante o desenvolvimento vegetativo das plantas, infecções secundárias poderão ocorrer caso haja umidade relativa alta. A faixa de temperatura para a multiplicação da bactéria é de 16 °C a 33 °C e a umidade requerida deve ser suficiente para causar congestão de água no tecido da planta. As folhas com congestão de água seguida por 36 h de molhamento foliar e temperatura de 30 °C resultam em maior severidade da doença. Na temperatura de 30 °C e umidade relativa de 100 % por 36 h, os sintomas da bacteriose surgem três dias após a inoculação da bactéria, enquanto na temperatura de 24 °C e com a mesma umidade, os sintomas demoram 12 dias para aparecerem. A bactéria sobrevive nos espaços intercelulares do córtex, parênquima do floema e xilema de ramos produzidos na estação anterior e também em gemas (MAY DE MIO et al., 2004).

Com a projeção da elevação da temperatura média do ar associada às chuvas de primavera e verão, esta doença apresentará uma importância maior que a observada na atualidade, em todas as regiões, em 2080.

Escaldadura-das-folhas da ameixeira *Xyllela fastidiosa*

A escaldadura-das-folhas da ameixeira tem se alastrado muito nos últimos anos e poderá novamente inviabilizar a exploração econômica da ameixeira no Brasil. A ocorrência desta doença no País foi o principal fator de declínio da cultura nos estados da região Sul e Sudeste a partir da década de 1970 (MOHAN et al., 1980). Os sintomas mais evidentes são observados a partir de janeiro, período de pós-colheita, até a época da queda de folhas da planta. Em plantas mais atacadas, ocorre queda precoce das folhas e, conseqüentemente, queda na produção da próxima safra. Com a evolução da doença, ramos atacados secam a partir do ápice. A bactéria cresce bem na temperatura de 20 °C a 25 °C (OGAWA et al., 1980).

Em todas as regiões, espera-se encontrar um aumento significativo da intensidade desta doença, nos pomares de ameixa, em função do aumento da temperatura média do ar e a redução do índice pluviométrico, o que favorece o crescimento, desenvolvimento e multiplicação do inseto-vetor (cigarrinha).

Considerações finais

Embora exista tendência de aumento da intensidade da maioria das doenças nas fruteiras-de-caroço nas diferentes regiões de produção, baseada nos modelos do último relatório do IPPC, o manejo adequado e o plantio de cultivares resistentes poderão contribuir para minimizar os danos provocados pelos patógenos analisados.

Referências

- AGRIANUAL 2009: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2008. 497p.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 4. ed. New York: Academic Press, 1997. 635 p.
- BLEICHER, J. Doenças de rosáceas de caroço. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN, F.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. p. 621-627.
- FACHINELLO, J. C.; MARODIN, G. A. B. Implantação de pomares. In: MONTEIRO, L. B.; MAY DE MIO, L. L.; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C. V.; CUQUEL, F. L. (Ed.). **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: UFPR - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2004. p. 33-48.
- FORTES, J. F.; MARTINS, O. M. Sintomatologia e controle das principais doenças. In: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. do C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa - SPI, 1998. p. 243-264.
- GAUTIER, M. La cloche du pêcher. **P.H.M. Revue Horticole**, v. 264. p. 31-32, 1986.
- JEAY, M. La cloche du pêcher. **Phytoma**, v. 374, p. 31-32, 1986.
- LORENZ, D. H. Beitrage zur weiteren kenntnis des Lebenszyklus Von *Taphrina deformans* (Berk.) Tul. Unter besonderer Berücksichtigung der saprophase. **Phytopathologische Zeitschrift**, v. 86. p. 1-15, 1976.
- MAY DE MIO, L. L.; GARRIDO, L.; UENO, B. Doenças de fruteiras de caroço. In: MONTEIRO, L. B.; MAY DE MIO, L. L.; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C. V.; CUQUEL, F. L. (Ed.). **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: UFPR - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2004. p. 169-221.
- MOHAN, S. K.; LEITE JR., R. P.; TSUNETTA, M.; HAUAGGE, R. **Problemas de escaldadura das folhas da ameixeira no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1980. 5 p. (IAPAR. Informe de Pesquisa, 31).
- OGAWA, J. M.; ZEHR, E. I.; BIRD, G. W.; RITCHIE, D. F.; URIU, K.; UYEMOTO, J. K. **Compendium of stone fruit diseases**. St. Paul: APS Press, 1995. 98 p.
- PETRI, J. L.; HERTER, F. G. Dormência e indução à brotação. In: MONTEIRO, L. B.; MAY DE MIO, L. L.; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C. V.; CUQUEL, F. L. (Ed.). **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: UFPR - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2004. p. 119-128.
- ZANETTE, F.; BIASI, L. A. Introdução à fruteiras de caroço. In: MONTEIRO, L. B.; MAY DE MIO, L. L.; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C. V.; CUQUEL, F. L. (Ed.). **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: UFPR - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2004. p. 1-4.

Capítulo 14

**Impacto potencial das mudanças climáticas
sobre as doenças do mamoeiro no Brasil**

Antonio Alberto Rocha Oliveira

Hermes Peixoto Santos Filho

Eduardo Chumbinho de Andrade

Paulo Ernesto Meissner Filho

Introdução

Dentre as fruteiras tropicais, a importância econômica e social do mamão (*Carica papaya*) é inquestionável. A área cultivada de mais de 34 mil ha e a produção de mais de 1,8 milhão de toneladas dão respaldo a essa afirmativa. O mamoeiro é cultivado em todos os estados brasileiros, mas a produção está concentrada, principalmente, nas regiões Nordeste e Sudeste. Os estados da Bahia e Espírito Santo são os maiores produtores, em média com 48 % e 36 % da produção nacional, respectivamente. Nesses estados, as maiores áreas produtivas encontram-se no extremo sul da Bahia e norte do Espírito Santo, consideradas as principais regiões produtoras do mundo.

Por ser uma planta tropical, o mamoeiro é extremamente sensível às geadas. Segundo Nakasone e Paull (1998), a temperatura ótima para o desenvolvimento da planta está entre 21 °C a 33 °C, sendo a produção severamente afetada em temperaturas abaixo de 12-14 °C. O regime pluviométrico ideal requer chuvas entre 1.500 a 1.800 mm (1.200 a 2.000 mm) anuais, caso contrário, é necessário complementar com irrigação. A umidade relativa do ar deve situar-se entre 60 % e 80 %, com luminosidade acima de 2.000 h/luz/ano e ventos moderados ou brandos. Essas condições climáticas ideais são prevaletentes naquelas regiões de referência no cultivo do mamoeiro. Entretanto, quando o mamoeiro é cultivado nessas condições climáticas, também favoráveis ao desenvolvimento de fungos (elevada umidade e temperaturas amenas), está sujeito a uma série de doenças, as quais poderão acarretar graves prejuízos se não forem devidamente controladas. Neste capítulo, são descritas as principais doenças fúngicas e virais que podem causar prejuízos para o mamoeiro associando-se aos cenários climáticos atuais e futuros. Considera-se como cenário referência os dados de 1961-1990 (Capítulo 2).

No Brasil, a temperatura média aumentou aproximadamente 0,75 °C até o final do século XX (MARENGO et al., 2007). Hulme e Sheard (1999) observaram que esse aquecimento ocorreu em todas as estações do ano, porém, foi mais pronunciado de junho a agosto. Esse aquecimento implica em mudanças, não somente na variabilidade dos valores de temperatura, mas também no ritmo esperado de outras variáveis climáticas como precipitação pluviométricas, ventos e umidade relativa.

A estimativa dos modelos climáticos globais é que, em geral, a temperatura média do ar continuará aumentando no País. Espera-se um aumento da ordem de 2 °C a 4 °C na temperatura média brasileira até o ano de 2080 (IPCC, 2007). A principal região produtora (norte do Espírito Santo e sul da Bahia) apresenta, atualmente, média de temperatura no inverno entre

18 °C e 22 °C, enquanto que em 2080 apresentará temperaturas entre 20 °C e 26 °C e uma provável redução na precipitação pluviométrica (Capítulo 2).

Doenças causadas por fungos e oomicetos

Tombamento ou “damping-off”

Pythium, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp. e *Phytophthora* sp.

O estiolamento ou tombamento de mudas do mamoeiro é uma doença que ocorre normalmente em viveiros e é causada por diversos patógenos do solo cuja etiologia varia de região para região, porém apresentam o mesmo quadro sintomatológico. Embora a doença seja atribuída principalmente ao *Pythium*, é fato conhecido a participação de outros patógenos como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp. entre outros (PERSLEY; PLOETZ, 2003). O ataque desses microrganismos é facilitado em função das condições de umidade elevada, em face do adensamento das plantas. Em viveiros muito adensados, as plantas podem morrer em poucos dias chegando a mais de 80 % a quantidade de perdas. Essa doença também pode ocorrer na fase inicial de crescimento dos mamoeiros no local definitivo, geralmente, em terrenos encharcados ou de difícil drenagem. Nesse caso, quando os plantios são efetivados seguidamente na mesma área, o replantio torna-se fator limitante devido ao elevado potencial de inóculo dos patógenos no solo. Em áreas com terrenos muito rochosos, o problema se agrava ainda mais. As mudas, ao invés de se fixarem no solo, apresentam declínio típico como resultante do apodrecimento das raízes causado pela infecção do complexo de patógenos.

O aumento da temperatura ambiente, influenciando diretamente a temperatura do solo, e o decréscimo no índice pluviométrico poderão causar um impacto direto na diminuição da importância dessa doença. No entanto, ocorrendo condições de alta umidade no solo, a elevação na temperatura poderá contribuir para o aumento da ocorrência dessa doença, haja vista que as podridões radiculares desenvolvem-se melhor em temperaturas mais elevadas.

Podridões-de-fitofitora

Phytophthora palmivora e *Phytophthora parasitica*

Essas podridões de raízes, do caule e dos frutos ocasionam enormes perdas e ocorrem em todas as regiões cultivadas com mamoeiro. A podridão-do-pé, podridão-do-colo ou gomose do mamoeiro é muito comum em solos

argilosos e mal drenados, e desenvolve-se rapidamente em períodos de alta umidade e calor (OLIVEIRA; SANTOS FILHO, 2000). A doença aparece com maior frequência no colo das plantas, onde podem ser vistas manchas aquosas, que posteriormente coalescem, apodrecem e envolvem todo o caule. Os frutos em maturação ou completamente maduros podem apresentar manchas aquosas, que exsudam látex, seguindo-se o escurecimento dos tecidos. Com o progresso da doença, o tecido descolorado endurece e recobre-se de uma massa esbranquiçada de esporos, conferindo ao fruto um aspecto mumificado. Esses frutos caem, deixando no solo um grande número de esporos que são carregados pela água e pelo vento, contribuindo para a infecção de novas plantas sadias. O desenvolvimento da doença é mais severo quando o solo apresenta excessiva umidade e temperatura entre 20 °C e 30 °C. A maior produção de esporângios (estruturas reprodutivas do patógeno) é observada na temperatura de 25 °C.

As podridões de *Phytophthora* serão favorecidas pelos aumentos previstos na temperatura. Porém, apesar de prevalecerem temperaturas favoráveis à doença, a diminuição da umidade relativa poderá dificultar sua ocorrência, influenciando a incidência/severidade, que será dependente da presença de irrigação nas lavouras.

Varíola ou pinta-preta *Asperisporium caricae*

A varíola ou pinta-preta é a doença mais comum do mamoeiro e ocorre tanto em pomares comerciais como em pomares domésticos. O agente causal da varíola sobrevive de um período de clima favorável a outro em folhas velhas, lesões antigas, frutos e partes afetadas que permanecem no solo (OLIVEIRA; SANTOS FILHO, 2000). Sob condições de umidade, o fungo pode formar esporos e disseminar-se pela ação de respingos de orvalho ou da chuva, sendo arrastado para as partes verdes em desenvolvimento, germinando e penetrando nos pontos vulneráveis do mamoeiro. A varíola ocorre com maior intensidade em condições de temperaturas entre 23 °C e 27 °C, com ventos fortes e altas precipitações pluviométricas. Essas condições favorecem o desenvolvimento das lesões e a dispersão dos esporos das folhas mais velhas, consideradas a principal fonte de inóculo, onde a doença ocorre inicialmente, disseminando-se posteriormente para as mais novas. Em época de chuvas e alta umidade, as lesões podem aparecer nas folhas jovens e nos frutos. Quando ocorre intenso ataque da doença, os sintomas podem ser amarelecimento, queda prematura das folhas, perda de vigor, redução geral da vitalidade da planta e, conseqüentemente, produção de frutos inferiores

em qualidade. A queda de grande quantidade de folhas pode provocar queimaduras nos frutos, devido ao contato direto desses com o sol.

Jesus Júnior et al. (2007), empregando o suporte de análises epidemiológicas e técnicas de geoprocessamento, conduziram um estudo de avaliação do impacto das mudanças climáticas sobre a varíola do mamoeiro no Brasil. Com relação ao potencial efeito dessas mudanças sobre a doença, verificaram que, no futuro, haverá redução da área favorável à doença em relação ao clima, fato provavelmente relacionado à redução da umidade relativa média para níveis desfavoráveis à ocorrência da doença, ou seja, para valores abaixo de 70 % e aumento da temperatura média acima de 27 °C. Entretanto, ressaltam os autores que, apesar disso, extensas áreas ainda continuarão favoráveis à ocorrência da doença, particularmente no Estado do Espírito Santo, um dos principais produtores de mamão do Brasil.

Mancha-de-corinespora *Corynespora cassiicola*

A mancha-de-corinespora ou corinesporiose é uma doença que tem atraído maior atenção nos últimos anos devido aos surtos mais precoces e intensos, que resultam em danos à produção do mamão. A doença pode manifestar-se no caule, fruto e principalmente pecíolo e limbo foliar. Nas folhas, iniciam como manchas amareladas, que logo desenvolvem diminuta área necrótica no centro, adquirindo formato arredondado a irregular. As lesões nos frutos e no caule ocorrem com uma frequência bem menor do que nas folhas. A incidência e desenvolvimento da doença são favorecidos por elevadas temperaturas e alta umidade relativa (PETERSON et al., 1993). O fungo pode sobreviver por meses em restos culturais. Os esporos são dispersos pelo vento e não necessitam de ferimentos para infectar o mamoeiro. Frutos com ferimentos apresentam maior suscetibilidade à infecção, assim como a superfície inferior do limbo foliar é mais suscetível que a superior. O uso da irrigação por aspersão geralmente favorece a severidade da doença, pois forma um microclima altamente favorável à infecção por *Corynespora cassiicola*.

Na atualidade, essa é uma doença de relativa importância econômica para os cultivos de mamão nas principais regiões produtoras do Brasil. Porém, com o quadro climático futuro, ela poderá tornar-se mais importante, tendo em vista que as temperaturas continuarão elevadas e a umidade relativa será adequada à infecção e ao desenvolvimento doença.

Antracnose *Colletotrichum gloeosporioides*

A antracnose é considerada uma das mais importantes doenças do mamoeiro, sendo conhecida em todos os países produtores. Embora ocorra em qualquer estágio de desenvolvimento dos frutos, apresenta-se com maior frequência nos maduros. Sua importância econômica é muito grande, pois os frutos atacados tornam-se imprestáveis para a comercialização e consumo. Ainda que frutos colhidos não apresentem sintomas da doença, ela poderá se manifestar na fase de embalagem, transporte, amadurecimento e comercialização, causando perdas elevadas. Temperaturas elevadas e alta umidade relativa favorecem o desenvolvimento da doença. Os esporos requerem água livre para a germinação, que é significativamente reduzida abaixo de 97 % de umidade relativa (DICKMAN, 1994). Tanto a germinação dos esporos quanto a colonização do hospedeiro são favorecidas por temperaturas entre 21 °C e 27 °C. O fungo sobrevive de um ano para outro nas lesões velhas da cultura, principalmente nas folhas.

No cenário climático futuro para as regiões de cultivo do mamão, principalmente para o extremo sul da Bahia e norte do Espírito Santo, a doença continuará sendo importante, com provável elevação nos níveis de incidência e severidade.

Mancha-chocolate *Colletotrichum gloeosporioides*

A mancha-chocolate já foi constatada em várias regiões do Brasil, sendo responsável pelas principais perdas na qualidade comercial dos frutos do mamoeiro nos mercados interno e externo. As condições que ocorrem nas áreas produtoras de mamão são geralmente propícias ao desenvolvimento da doença, aumentando assim a atenção que deve ser dada à mesma. Os sintomas manifestam-se nos frutos quase verdes ou em estágio inicial de maturação na forma de lesões superficiais irregulares a circulares, com coloração variando de marrom claro a marrom escuro, muito semelhante à cor do “chocolate”. Com o amadurecimento dos frutos, as lesões podem permanecer superficiais ou aumentar de tamanho e ficarem levemente deprimidas, com aspecto semelhante às de antracnose.

Tendência semelhante à prevista para a antracnose será observada para a mancha-chocolate. Com a predição de aumento da temperatura média global, danos causados por essa doença deverão aumentar, inclusive nas regiões de baixa ocorrência. É importante ressaltar que essas previsões são baseadas

em tendência climática, e que estudos mais detalhados, considerando o monitoramento dos elementos climáticos e a incidência da mancha-chocolate deverão ser realizados.

Oídio

Oidium caricae

Ovulariopsis papayae

O oídio é uma doença de ocorrência generalizada que causa pequenos prejuízos, a não ser quando incide em plantas jovens, especialmente em viveiros muito sombreados e nos meses mais frios do ano. Com essa mesma denominação a doença é também atribuída ao ataque de *Ovulariopsis papayae*, embora com variação na sintomatologia. Os sintomas caracterizam-se pelo aparecimento de massas difusas de micélio branco que desenvolvem-se na face inferior das folhas, notadamente nas áreas adjacentes às nervuras e, ocasionalmente, na face superior. Inicialmente, as áreas afetadas tornam-se cloróticas e as lesões apresentam margens de uma coloração verde-escura. Em viveiros pode ocorrer uma queda total das folhas e morte das plantas, caso o ataque seja severo e as condições edafo-climáticas sejam favoráveis. Em estudo objetivando avaliar o progresso de doenças fúngicas e correlação com variáveis climáticas em mamoeiro, Suzuki et al. (2007) observaram que a faixa de temperatura com maiores correlações com a severidade da oídio esteve entre 15 °C e 20 °C, sendo a faixa de umidade relativa de 60 % a 70 % a que apresentou as maiores correlações.

Considerando-se que o oídio é favorecido por temperaturas amenas e é altamente dependente da umidade relativa do ar, e como as alterações futuras do clima tendem a períodos mais secos, possivelmente essa doença, ao contrário das outras, terá menor ocorrência e/ou importância econômica.

Podridão-preta

Phoma caricae papayae

Antigamente descrita como ascoquitose, essa é uma doença importante para o mamoeiro em regiões tropicais. No Brasil, encontra-se disseminada nas principais regiões de cultivo de mamão. A maior severidade da doença ocorre em regiões com baixa umidade relativa quando ocorrem chuvas que facilitam a penetração do fungo. O ataque intenso pode até mesmo causar a morte de plantas. A disseminação dos esporos do fungo ocorre mais rapidamente em condições de alta umidade e temperaturas amenas (NISHIJIMA, 1994). Na

fase de pós-colheita, as manchas são maiores, se aprofundam no pericarpo e mesocarpo do fruto, chegando até às sementes.

Caso concretizem-se as alterações climáticas, com uma menor frequência no número de dias chuvosos, a ocorrência dos estímulos requeridos à maturação, liberação e dispersão do inóculo poderá ser reduzida, assim como a incidência e a severidade desta doença.

Podridões pedunculares ***Lasiodiplodia theobromae***

Em geral, os agentes causadores de podridões em pós-colheita apresentam uma característica comum, que é a capacidade de se estabelecerem no fruto imaturo e permanecerem em estado latente, sem o aparecimento de sintomas, até que haja condições para que o processo de infecção tenha lugar. As podridões pedunculares também apresentam essa característica e os sintomas normalmente aparecem com o amadurecimento do fruto, fato que parece ocorrer com todos os patógenos associados a essa doença. As lesões surgem após a colheita na região de corte do pedúnculo, tomando a parte basal do fruto, geralmente no início do amadurecimento. Nos sintomas incitados por *Lasiodiplodia theobromae*, fungo mais frequentemente associado à doença, essas lesões tornam-se marrom-escuras e deprimidas, sendo circundadas por área aquosa. Esse patógeno apresenta crescimento rápido, causando muitas vezes a mumificação dos frutos (HUNTER; BUDDENHAGEN, 1972).

No quadro futuro, com o prognóstico de aumento de temperaturas mínimas e máximas, a previsão é de que as podridões pedunculares tenham a mesma importância dos dias de hoje. No entanto, é importante ressaltar que os aumentos de temperatura, se associados a condições de alta umidade, proporcionarão condições de microclima muito favoráveis à infecção dos fungos causadores dessas podridões em pós-colheita.

Doenças causadas por vírus

Quase todas as alterações que influenciam o crescimento de uma planta, também afetam sua suscetibilidade a viroses, bem como a maneira pela qual ela responde à infecção e ao acúmulo de vírus. Alterações na intensidade luminosa, no fotoperíodo, no suprimento de água e nutrientes são importantes, mas as mudanças na temperatura é que apresentam os maiores efeitos. A temperatura na qual uma planta é cultivada pode determinar se ela será ou não infectada, se o vírus irá replicar e o tipo de sintoma que será

produzido. Elevação na temperatura de cultivo de algumas plantas pode ocasionar a quebra da sua resistência a determinadas viroses. Ela influencia os mecanismos de replicação e o movimento do vírus na planta. A maioria das viroses apresenta menor replicação em temperaturas próximas a 30 °C e param de replicar em temperaturas próximas a 36 °C (KASSANIS, 1957). Geralmente os sintomas são mais severos em temperaturas entre 18 °C e 22 °C, mas, para algumas viroses, os sintomas são mais intensos a 26 °C, enquanto que em temperaturas elevadas os sintomas desapareceram (BOS, 1978).

Em se tratando de viroses deve-se sempre lembrar que algumas possuem insetos vetores. Toda alteração climática que favoreça ao aumento da população de insetos vetores em uma região propiciará uma maior chance de transmissão de viroses.

Mosaico

Papaya ringspot virus (PRSV-p)

No Brasil, o mosaico do mamoeiro é causado pelo vírus da mancha anelar do mamoeiro (*Papaya ringspot virus*, PRSV-p), que é transmitido por diferentes espécies de pulgão. Ele causa sintomas de mosaico nas folhas, estrias oleosas nos pecíolos foliares e no topo da planta; já na casca dos frutos aparecem anéis. As plantas infectadas produzem menos frutos e de menor tamanho, acarretando em perdas na produção de até 70 % (BARBOSA; PAGUIO, 1982; MEISSNER FILHO et al., 2000). Alterações climáticas que favoreçam o aumento da população de afídeos deverão implicar em aumento na incidência do PRSV-p, uma vez que Barbosa e Paguio (1982) observaram que uma alta densidade populacional de pulgões, acelera a disseminação desse vírus. A temperatura ambiente é o principal fator que afeta o ciclo de vida de afídeos, como relatado para a espécie *Aphis gossypii* em crisântemo, que teve seu período ninfal reduzido de 13,5 dias a 15 °C para 5 dias a 30 °C (SOGLIA et al., 2002). Em abobrinha (*Cucurbita pepo*), também verificou-se a tendência de redução do tempo mediano de vida dos ínstaes de *Aphis gossypii*, com a elevação da temperatura na faixa de 18 °C a 27 °C, porém, temperaturas acima de 30 °C, apresentaram efeito negativo na biologia desse inseto (Leite et al., 2008). Outro fator que causa mortalidade de pulgões é a precipitação pluviométrica (CARVALHO et al., 2002; LEITE et al., 2002).

Trabalhando com o PRSV, Mangrauthia et al. (2009) constataram que em temperaturas entre 26 °C e 31 °C os sintomas foram mais severos, e houve um maior acúmulo de vírus no mamoeiro. Dessa forma, com as mudanças climáticas esperadas de aumento de temperatura e redução no volume de chuvas, estima-se que os danos causados por essa virose aumentarão de importância, tendo maior impacto na principal região produtora.

Meleira

A meleira foi relatada na década de 80 no sul da Bahia (NAKAGAWA et al., 1987) e norte do Espírito Santo (RODRIGUES et al., 1989a). Disseminou-se rapidamente atingindo 100 % de incidência em diversos locais e já é encontrada nos estados de Pernambuco e Ceará (RODRIGUES et al., 1989b; BARBOSA et al., 1998a,b). A doença caracteriza-se pela exsudação espontânea de látex nos frutos, que se oxida resultando em um aspecto “borrado” e “melado”. A meleira é causada por um vírus que é disseminado por mosca-branca (*Bemisia tabaci*, biótipo B) (VIDAL et al., 2005), que além de vetora é uma praga que se adaptou muito bem às condições climáticas brasileiras. Períodos secos e com temperaturas elevadas são favoráveis ao desenvolvimento da mosca-branca. A taxa de desenvolvimento de *Bemisia tabaci* está correlacionada positivamente com a temperatura (BUTLER et al., 1983). Temperaturas mais altas favorecem uma maior longevidade do adulto, aumentando a taxa de reprodução (maior número de ovos com menor período de incubação) e redução no ciclo de vida. O desenvolvimento mínimo e máximo da mosca-branca se dá entre 11 °C e 33 °C, com uma taxa máxima de reprodução a 28 °C (GERLING, 1990).

Diante de um cenário que prevê um aumento na temperatura média brasileira, espera-se que o clima futuro seja mais favorável à reprodução da mosca-branca. As principais regiões produtoras (norte do Espírito Santo e sul da Bahia) apresentam, atualmente, média de temperatura no inverno entre 18 °C e 22 °C, enquanto que em 2080 apresentarão temperaturas entre 20 °C e 26 °C e uma provável redução na precipitação nessa época do ano. Esse cenário contribuirá para uma elevação na população do inseto no inverno, aumentando assim a disseminação do vírus da meleira. Nas áreas cultivadas nos estados de Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte não se espera um aumento expressivo na disseminação da meleira, mesmo porque sua incidência já é alta e as condições ambientes já são propícias para a multiplicação da mosca-branca.

Amarelo letal

Papaya lethal yellowing virus (PLYV)

O amarelo letal é causado pelo vírus do amarelo letal do mamoeiro que foi descrito no início da década de 80 no Estado de Pernambuco (LORETO et al., 1983), depois relatado no Rio Grande do Norte e Paraíba (OLIVEIRA et al., 2000, CAMARÇO et al., 1996). Os sintomas iniciam nas folhas do terço superior da copa que progressivamente amarelecem, murcham e morrem,

levando a planta à morte. Não foi identificado um vetor para o vírus, mas ele pode ser transmitido por ferramentas contaminadas, além de sobreviver infectivo em solo, água de rega e superfície de sementes (CAMARÇO, 1997; CAMARÇO et al., 1998) e ser transmitido por mãos contaminadas (SARAIVA et al., 2006).

Com essas características, espera-se que as alterações climáticas não exerçam qualquer efeito sobre o vírus e assim o cenário atual dessa virose deverá permanecer inalterado.

Considerações finais

O mamoeiro é uma planta herbácea de grande porte, possuindo considerável sensibilidade às variáveis atmosféricas como temperatura, luz e déficit hídrico, que afetam rapidamente o crescimento e produção da cultura. Além dos fatores climáticos exercerem preponderante influência sobre o desenvolvimento da planta, essas condições afetam sobremaneira a incidência e a severidade das doenças que atacam a cultura, especialmente aquelas de natureza fúngica. Assim, a obtenção de informações sobre os efeitos dos fatores climáticos sobre essas doenças é imprescindível para recomendar um manejo racional da cultura.

Com os novos cenários projetados pelos modelos climáticos, nos quais a temperatura deverá se elevar ao longo de todo o ano e com mais intensidade no inverno, e a chuva que deverá se concentrar durante os meses de verão, acentuando e prolongando o período de seca no inverno, é razoável admitir que ocorrerá aumento na incidência e severidade da maioria das doenças fúngicas e de oomiceto do mamoeiro. Embora as condições iniciais dessas simulações desconsiderem questões importantes, esses cenários já dão indicações essenciais ao planejamento das pesquisas, principalmente quanto à adaptação dos sistemas de cultivos e de novas cultivares de mamão mais tolerantes às altas temperaturas, mais resistentes à seca e, também, melhor adaptadas às alterações ocorridas nesses patossistemas.

Referências

- BARBOSA, F. R.; PAGUIO, O. R. Vírus da mancha anelar do mamoeiro: incidência e efeito na produção do mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Fitopatologia Brasileira**, v. 7, p. 363-373, 1982.
- BARBOSA, C. J.; MEISSNER FILHO, P. E.; HABIBE, T. C. A meleira do mamoeiro. **Bahia Agrícola**, v. 2, p. 57, 1998a.
- BARBOSA, C. J.; MEISSNER FILHO, P. E.; HABIBE, T. C.; PATROCÍNIO, E.; TATAGIBA, J.; NASCIMENTO, A. S.; MATRANGOLO, W. J. R. Detecção de formas replicativas de vírus em

plantas de mamoeiro inoculadas com a meleira. **Summa Phytopathologica**, v. 24, p. 60, 1998b. (Resumo).

BOS, L. **Symptoms of virus diseases in plants**. 3. ed. rev. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1978. 225 p.

BUTLER JUNIOR, G. D.; HENNEBERRY, T. J.; CLAYTON, T. E. *Bemisia tabaci* (Homoptera; Aleyrodidae): development, oviposition and longevity in relation to temperature. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 76, p. 310-313, 1983.

CAMARÇO, R. F. E. A. **Transmissão e sobrevivência do vírus do amarelo letal do mamoeiro, *Carica papaya* L.** 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CAMARÇO, R. F. E. A.; LIMA, J. A. A.; PIO-RIBEIRO, G.; ANDRADE, G. P. Ocorrência do papaya lethal yellowing virus no município de Santa Rita, Estado da Paraíba. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 423, 1996. (Resumo).

CAMARÇO, R. F. E. A.; LIMA, J. A. A.; PIO-RIBEIRO, G. Transmissão e presença em solo do "Papaya lethal yellowing virus". **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 453-458, 1998.

CARVALHO, L. M. de; BUENO, V. H. P.; MARTINEZ, R. P. Levantamento de afídeos alados em plantas hortícolas em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 3, p. 523-532, 2002.

DICKMAN, M. B. Anthracnose. In: PLOETZ, R. C.; ZENTMYER, G. A.; NISHIJIMA, W. T.; ROHRBACH, K. G.; OHR, H. D. (Ed.). **Compendium of tropical fruit diseases**. St. Paul: APS Press, 1994. p. 58.

GERLING, D. Natural enemies of whiteflies: predators and parasitoids. In: GERLING, D. (Ed.). **Whiteflies: their bionomics, pest status and management**. Hants: Intercept, 1990. p. 147-185.

HULME, M.; SHEARD, N. **Cenários de alterações climáticas para o Brasil**. Norwich: Climatic Research Unit, 1999. 6 p.

HUNTER, J. E.; BUDDENHAGEN, I. W. Incidence, epidemiology and control of fruit diseases of papaya in Hawaii. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 49, n.1, p. 61-71, 1972.

IPCC. **IPCC SRES climate scenarios: the IPCC Data Distribution Centre**. Disponível em: http://www.ipcc-data.org/sres/gcm_data.html. Acesso em: 26 abr. 2006.

JESUS JÚNIOR, W. C.; CECÍLIO, R. A.; VALADARES JÚNIOR, R.; CARRARA, F.; MORAES, W. B.; ALVES, F. R.; NEVES, C. I. Aquecimento global e potencial impacto na cultura e doenças do mamoeiro. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S. (Ed.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2007. p. 83-100.

KASSANIS, B. Effects of changing temperature on plant virus disease. **Advances in Virus Research**, v. 4, p. 221-241, 1957.

LEITE, G. L. D.; PICANÇO, M.; MOURA, M. F.; CAMPELO, I. S. G. Fatores que influenciam populações de artrópodes em abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 1-5. 2002. Suplemento 2.

LEITE, M. V.; SANTOS, T. M. dos; SOUZA, B.; CALIXTO, A. M.; CARVALHO, C. F. Biologia de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) em abobrinha cultivar caserta (*Cucurbita pepo* L.) em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1394-1401, 2008.

LORETO, T. J. G.; VITAL, A. F.; REZENDE, J. A. M. Ocorrência de um amarelo letal do mamoeiro solo no estado de Pernambuco. **O Biológico**, v. 49, p. 275-279, 1983.

MANGRAUTHIA, S. K.; SHAKYA, V. P. S.; JAIN, R. K.; PRAVEEN, S. Ambient temperature perception in papaya for *Papaya ringspot virus* interaction. **Virus Genes**, v. 38, p. 429-434, 2009.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XX: sumário técnico**. Brasília: MMA, SBF, DCBio, 2007. 50p.

- MEISSNER FILHO, P. E.; BARBOSA, C. de J.; NASCIMENTO, A. S. do. Vírus. In: RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. da S. (Org.). **Mamão – Fitossanidade**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 47-51.
- NAKAGAWA, J.; TAKAYAMA, Y.; SUZUKAMA, Y. Exudação de látex pelo mamoeiro. Estudo de ocorrência em Teixeira de Freitas, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas, 1987. p. 555-559.
- NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. Papaya. In: PAULL, R. E.; NAKASONE, H. Y **Tropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1998. p. 239-269. (Crop Production Science in Horticulture Series, 7).
- NISHIJIMA, W. T. Dry rot. In: PLOETZ, R. C.; ZENTMYER, G. A.; NISHIJIMA, W. T.; ROHRBACH, K. G.; OHR, H. D. (Ed.). **Compendium of tropical fruit diseases**. St. Paul: APS Press, 1994. p. 59.
- OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P. Doenças. In: RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. (Ed.). **Mamão: fitossanidade**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 37-46.
- PERSLEY, D. M.; PLOETZ, R. C. Diseases of papaya. In: PLOETZ, R. C. (Ed.). **Diseases of tropical fruit crops**. Wallingford: CAB International, 2003. p. 373-412.
- PETERSON, R. A.; COATES, L. M.; PERSLEY, D. M. Papaw diseases. In: PERSLEY, D. M. (Ed.). **Diseases of fruit crops**. Queensland: Department of Primary Industries, 1993. p. 70-76.
- RODRIGUES, C. H.; ALVES, F. L.; MARIN, S. L. D.; MAFFIA, L. A.; VENTURA, J. A.; GUTIERREZ, A. S. D. Meleira do mamoeiro no estado do Espírito Santo: enfoque fitopatológico. In: SELECTA de trabalhos sobre a meleira do mamoeiro. Linhares: EMCAPA, 1989a.
- RODRIGUES, C. H.; VENTURA, J. A.; MAFFIA, L. A. Distribuição e transmissão da Meleira em pomares de mamão no Espírito Santo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p.118, 1989b.
- SARAIVA, A. C. M.; PAIVA, W. O.; RABELO FILHO, F. A. C.; LIMA, J. A. A. Transmissão por mãos contaminadas e ausência de transmissão embrionária do vírus do amarelo letal do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 79-83, 2006.
- SOGLIA, M. C. de M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. Desenvolvimento e sobrevivência de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas e cultivares comerciais de crisântemo. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 211-216, 2002.
- SUZUKI, M. S.; ZAMBOLIM, L.; LIBERATO, J. R. Progresso de doenças fúngicas e correlação com variáveis climáticas em mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p.167-177, 2007.
- VIDAL, C. A. Transmissão do vírus da meleira do mamoeiro (*Carica papaya* L.) por insetos. **Magistra**, v. 17, n. 2, p.101-106, 2005.

Capítulo 15

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da mandioca no Brasil

Harllen Sandro Alves Silva

Eduardo Chumbinho de Andrade

Introdução

A mandioca, *Manihot esculenta*, tem origem sul-americana e é cultivada desde a antiguidade pelos povos nativos desse continente. A cultura desempenha uma elevada importância social como principal fonte de carboidratos para mais de 700 milhões de pessoas, essencialmente nos países em desenvolvimento. Adicionalmente, a exploração do amido (fécula) principalmente pelo setor industrial, e o emprego da mandioca na alimentação animal ressaltam o valor econômico da cultura.

A área cultivada com mandioca no mundo é de, aproximadamente, 18,7 milhões de ha nas mais diversas regiões do planeta. O Brasil, com pouco mais de 2 milhões de ha, figura como um dos maiores produtores mundiais da raiz com uma produção aproximada de 28 milhões de toneladas em 2008. Isso representa mais de 10 % de toda a safra mundial para o referido ano.

A mandioca é cultivada em todo o território nacional e a região Nordeste apresenta-se como a responsável por aproximadamente 50 % da área plantada e quase 40 % de toda a produção brasileira, sendo a Bahia o estado maior produtor da região. A seguir vem a região Norte, onde se destaca o estado do Pará no tocante à quantidade produzida de raízes. Porém, os estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul detêm as maiores produtividades, com média de 20 toneladas de raízes/ha.

O ciclo de produção da mandioca dura cerca de seis a 36 meses, dependendo da variedade. Comercialmente, a cultura é cultivada durante o período de 12 a 18 meses. Para a mandioca de mesa, a colheita ocorre com oito a 10 meses. A faixa de temperatura ideal para o cultivo situa-se entre 20 °C e 27 °C (média anual), podendo a planta crescer bem entre 16 °C e 38 °C. A faixa mais adequada de precipitação pluviométrica está compreendida entre 1.000 a 1.500 mm/ano. Porém, a mandioca produz em locais com índices de até 4.000 mm/ano e também em regiões semiáridas, com 500 a 700 mm/ano.

Em plantios no Sul e Sudeste, durante o ciclo, são realizadas podas, o que pode expor as plantas ao ataque de patógenos. Na região Nordeste, é muito comum o plantio escalonado, para fins de abastecimento constante do mercado. Tal prática proporciona a presença constante da cultura no campo, inibindo a quebra do ciclo dos patógenos, o que aumenta as condições favoráveis à infecção.

Embora a mandioca seja uma cultura relativamente rústica, as mudanças nas condições climáticas podendo influenciar diretamente no desenvolvimento das plantas e, certamente, no ciclo dos patógenos. Assim, doenças consideradas de pouca importância poderão emergir como uma

fitomoléstia limitante à produção, bem como, o contrário poderá acontecer.

Com base no conhecimento das condições de temperatura e de umidade relativa que favoreçam o desenvolvimento de patógenos, e considerando as previsões de mudanças climáticas para os próximos 80 anos nas cinco regiões brasileiras, será discutido o provável impacto sobre as doenças de maior importância na cultura da mandioca, atualmente.

Doenças causadas por fungos e oomicetos

Cercosporiose

Cercosporidium henningsii e *Cercospora vicosae*

A cercosporiose da mandioca causa lesões nas folhas, sob a forma de manchas necróticas. O ataque de *Cercosporidium henningsii* se evidencia por manchas com bordas bem definidas e escuras, com no máximo 1,0 cm de diâmetro. A doença também é conhecida como mancha-parda. Por outro lado, *Cercospora vicosae* produz manchas maiores e irregulares, sem bordas definidas, sendo mancha-parda-grande outra denominação comumente usada para a doença. Embora a ocorrência da cercosporiose seja constatada em todas as regiões produtoras, as perdas originadas pela doença não são significativas mesmo em ataques severos. Os patógenos possuem uma grande capacidade de adaptação com relação à temperatura, porém a estação chuvosa é mais favorável ao seu desenvolvimento.

A previsão para as décadas centradas em 2050 e 2080 é que a redução nos índices pluviométricos para a maioria dos meses do ano possam desfavorecer a cercosporiose, notadamente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, mantendo a mesma importância que tem nos dias atuais.

Mancha-branca

Phaeoramularia manihotis

Doença foliar que se caracteriza pelo aparecimento de manchas com no máximo 5 mm de diâmetro, com centro esbranquiçado e bordas bem definidas e avermelhadas. Normalmente colonizando as folhas mais velhas das plantas, a mancha-branca é mais frequente em locais com alta umidade e regiões de clima mais ameno, mas pode ser constatada com menor intensidade também em regiões de temperaturas mais quentes. Porém, não causa prejuízos significativos.

A diminuição das precipitações prevista e a predileção do fungo por alta

umidade fazem supor que a doença manterá seus níveis de importância atual.

Antracnose

Colletotrichum gloeosporioides f. sp. *manihotis*

A antracnose da mandioca ocorre em todas as regiões produtoras do Brasil, porém com maior intensidade no Nordeste e no Sudeste. Geralmente causa perdas mais significativas quando as condições climáticas são favoráveis e o ataque ocorre em cultivos jovens. Seus sintomas são bastante peculiares, com cancos deprimidos e elípticos nas hastes e pecíolos, com a presença de esporos de coloração rósea em condições de alta umidade. Temperaturas variando de 18 °C a 28 °C e alta umidade favorecem o crescimento do patógeno.

Nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, haverá uma diminuição na importância da doença devido ao aumento da temperatura e redução no volume de chuvas. Nas regiões Sul e Sudeste, a ocorrência da antracnose não será afetada pela temperatura, uma vez que as previsões de elevação não suplantam as temperaturas ótimas para o desenvolvimento do fungo, bem como o volume de chuvas não será alterado significativamente.

Ferrugem

Uromyces manihotis

A ferrugem da mandioca não tem sido considerada uma doença importante no Brasil. Todavia, nos últimos dois anos, surtos epidêmicos têm sido relatados em alguns estados nordestinos, como Bahia e Sergipe. Os sintomas da doença são tipicamente similares às ferrugens que ocorrem em outras espécies vegetais, principalmente em tecidos jovens, evidenciando-se como pústulas alaranjadas a marrom na face abaxial das folhas, pecíolos, caule e também nos frutos. Urediniósporos podem ser facilmente visualizados nas pústulas. Sabe-se que a doença está associada a temperaturas amenas (18 °C a 23 °C) e alta umidade relativa. Uma vez que as condições climáticas para ocorrência da ferrugem são similares às favoráveis ao surgimento da antracnose, é comum a associação entre as duas doenças no campo, o que poderá acarretar sérias perdas na produção.

Devido às similaridades nos fatores climáticos favoráveis, as previsões para a antracnose são extensivas à ferrugem.

Superalongamento *Sphaceloma manihoticola*

O superalongamento manifesta-se pelo alongamento exagerado dos entrenós das hastes jovens, pela ação do ácido giberélico produzido pelo patógeno. Adicionalmente, podem ser vistos cancrios coriáceos típicos das verrugoses nas hastes e folhas retorcidas. Sob condições favoráveis, alta pluviosidade e temperaturas entre 20 °C e 28 °C, a doença pode gerar perdas de até 80 % em variedades suscetíveis. Embora tenham sido divulgados relatos da sua presença no Paraná, a doença ocorre de forma significativa na região Norte do Brasil e em algumas áreas ao norte de Mato Grosso.

Em 2080, a doença encontrará condições menos propícias devido ao aumento da temperatura acima do ponto ótimo de sobrevivência do patógeno e redução na quantidade de chuvas. Medidas devem ser tomadas para impedir a introdução dessa doença nas regiões Sul e Sudeste, onde o aumento de temperatura e a manutenção da pluviosidade previstos podem fazer com que a mesma se destaque.

Oídio *Oidium manihotis*

O oídio é uma doença sem importância econômica no que se refere à produtividade, porém amplamente distribuída. Típica das épocas secas do ano, o ataque do patógeno manifesta-se pelo crescimento fúngico branco, de aspecto pulverulento, sendo mais comum nas folhas mais baixas, onde são encontrados micélio, conídios e conidióforos. O fungo pode crescer em ampla faixa de temperatura, entre 15 °C e 35 °C, e umidade relativa entre 85 % e 95 %, porém, sem a presença de água livre que pode remover as estruturas do patógeno nas folhas.

Pelas previsões de aumento da temperatura, a doença poderá aumentar seus níveis na região Sul. Nas demais regiões, o oídio não apresentará alterações significativas.

Podridões radiculares *Phytophthora drechsleri* e *Fusarium solani*

Há mais de vinte agentes fitopatogênicos descritos como causadores da podridão-radicular em mandioca, onde *Phytophthora drechsleri* e *Fusarium solani* são os de maior ocorrência. Geralmente restrita a plantios em solos

argilosos ou mal drenados, a doença causa perdas de 30 % em média. Entretanto, há relatos de perda total da produção em surtos epidêmicos. Os sintomas provocados pelos dois patógenos são marcantes e facilmente reconhecidos por observação em campo. Em linhas gerais, *Phytophthora drechsleri* ataca as plantas na fase adulta, ocasionando podridões moles com odor forte característico. Já *Fusarium solani* acomete a cultura em qualquer estágio de desenvolvimento colonizando o colo da haste, junto ao solo, provocando a obstrução dos tecidos vasculares, impedindo assim a livre circulação da seiva e, conseqüentemente, ocasionando a podridão indireta e seca das raízes. A murcha é um sintoma geralmente associado ao ataque desses patógenos. Há pouca informação sobre as condições de ambiente ótimas para os patógenos causadores de podridões radiculares em mandioca. Porém, períodos prolongados de chuva em solos com má drenagem favorecem sua ocorrência.

A doença é a causa mais limitante da produção de mandioca na região Nordeste. Considerando os dados de precipitação pluviométrica para a região até 2080, a doença encontrará condições propícias nos meses de dezembro e janeiro. Nos demais meses a redução pluviométrica desfavorecerá essas epidemias. Nas demais regiões, haverá uma diminuição da importância da doença causada por *Phytophthora drechsleri*, devido à redução no volume de chuvas, com exceção da região Sul. A podridão-radicular causada por *Fusarium solani* deverá manter a importância atual pelo aumento na temperatura, o que poderá acelerar o processo de murcha das plantas.

Doenças causadas por bactérias

Bacteriose

Xanthomonas axonopodis pv. *manihotis*

É a bacteriose mais importante da cultura da mandioca e um dos fatores limitantes da produção no Brasil, sobretudo nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Em condições climáticas favoráveis, pode causar prejuízos da ordem de 50 % a 100 %, em variedades suscetíveis. Plantas atacadas pela bactéria, inicialmente, apresentam manchas foliares angulares que podem coalescer e tomar grandes extensões. A bactéria a partir daí migra para o xilema e os sintomas evoluem para murcha, necrose do sistema vascular e morte descendente. A bactéria desenvolve-se bem em temperaturas entre 22 °C e 26 °C e umidade relativa entre 90 % e 100 %. Porém, tem-se observado ataques severos em regiões com temperaturas variando de 20 °C a 30 °C.

Para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, o aumento da temperatura

favorecerá a ocorrência de epidemias, porém o regime de chuvas será fator limitante. Na região Sul, as condições prevalentes estimadas para os meses de maio a agosto desfavorecerão a doença. Para as regiões Norte e Nordeste, a importância da bacteriose tenderá a não sofrer mudanças ou ainda diminuir, principalmente pelo aumento da temperatura prevista, pois a doença não causa danos significativos em áreas mais quentes, mesmo com elevada precipitação pluviométrica.

Doenças causadas por vírus

Os vírus detectados na cultura da mandioca no Brasil são: o vírus do mosaico comum (*Cassava Common Mosaic Virus*, CsCMV), o vírus do mosaico das nervuras (*Cassava Vein Mosaic Virus*, CsVMV) e o vírus do 'couro de sapo' (*Cassava Frogskin Disease*, CFSD).

O CsCMV é o vírus que acarreta maiores perdas à cultura da mandioca na América Latina devido à sua ampla disseminação (CIAT, 1992). No Brasil, é encontrado em todas as regiões produtoras, principalmente nos cultivos do Sul e Sudeste, infectando diferentes variedades. O sintoma de mosaico nas plantas infectadas, característico da doença, se manifesta com maior intensidade em regiões com temperaturas mais amenas. Entretanto, observa-se que, conforme a temperatura se eleva, os sintomas se tornam mais suaves, desaparecendo por completo quando as condições de temperatura tornam-se elevadas, entre 28 °C e 32 °C. Assim como os sintomas, a concentração viral nessas plantas é drasticamente reduzida. O vírus é disseminado apenas por material propagativo contaminado.

O CsVMV, por outro lado, está amplamente disseminado na região Nordeste, principalmente na região do semiárido (SANTOS; KITAJIMA, 1990; CIAT, 1992), sendo comum a ocorrência de cultivos com 50 % a 100 % de plantas apresentando sintomas. Os sintomas induzidos em mandioca são bem característicos, consistindo em clorose que acompanha as nervuras, podendo coalescer formando padrão de mosaico. Em casos severos da doença, normalmente associados a temperaturas elevadas, é comum observar forte retorcimento do limbo foliar. Seu modo de disseminação principal é por meio de material propagativo infectado. Entretanto, o padrão de disseminação no campo sugere a existência de vetor ainda não identificado (CIAT, 1992).

A virose 'couro de sapo' foi descrita originalmente na região Amazônica do Brasil e Colômbia (LOZANO et al., 1983). Atualmente, se encontra disseminado na região Amazônica e em regiões da Bahia, Minas Gerais e Rio de Janeiro (CIAT, 1992; FUKUDA; SILVA, 1997). A planta afetada

normalmente não apresenta sintomas na parte aérea, o que dificulta sua diagnose. Os sintomas ocorrem predominantemente nas raízes, que não engrossam e tornam-se fibrosas, com a epiderme apresentando rachaduras longitudinais (LOZANO et al., 1983). A disseminação no campo se dá pela propagação de manivas (material de plantio) infectadas e também pela espécie de mosca branca *Bemisia tuberculata*.

A temperatura é o principal parâmetro climático que influencia a interação planta-vírus, podendo alterar a resposta da planta à infecção viral, inclusive determinando a quebra da resistência a determinadas viroses. Além disso, é um fator importante para a severidade dos sintomas, uma vez que afeta a taxa de replicação e o movimento do vírus na planta. Estudos com diferentes viroses demonstraram que, geralmente, os sintomas são mais severos em temperaturas entre 18 °C e 22 °C, embora algumas induzam sintomas mais intensos em temperaturas elevadas (BOS, 1978). A maioria das viroses apresenta taxa reduzida de replicação em temperaturas próximas a 30 °C e param de replicar em temperaturas próximas a 36 °C (KASSANIS, 1957).

Além do efeito no vírus e no hospedeiro, alterações climáticas que favoreçam ao aumento da população de insetos vetores poderão acarretar em maior taxa de transmissão/disseminação de viroses.

Diante de prováveis alterações climáticas, principalmente elevação da temperatura e a redução da precipitação pluviométrica em todas as regiões produtoras brasileiras, é esperado que essas mudanças interfiram de modo diferente nas viroses, visto que possuem características biológicas, moleculares e epidemiológicas próprias.

Como o CsCMV predomina e exibe sintomas mais severos em climas mais amenos, a elevação da temperatura terá um efeito negativo, sobre a ocorrência da virose, principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Nessas regiões, está prevista uma elevação em torno de 2 °C a 3 °C (IPCC, 2007; MARENCO, 2007), condições menos favoráveis ao vírus, levando à redução na taxa de replicação e no acúmulo viral, podendo acarretar em uma menor eficiência de disseminação no campo.

Por outro lado, é provável que não haja efeito negativo ao CsVMV, pois o vírus já está adaptado às condições elevadas de temperatura. Ao contrário, o aumento generalizado da temperatura no Brasil poderá facilitar a disseminação do CsVMV, devido ao aumento de regiões produtoras com condições climáticas favoráveis ao vírus, principalmente no Sudeste. A presença do CsVMV nessas regiões pode levar à redução ou ao desaparecimento do CsCMV.

Quanto ao CFSD, é esperado um aumento na disseminação do vírus,

visto que períodos secos e temperaturas elevadas são favoráveis ao desenvolvimento da mosca-branca. A taxa de desenvolvimento de *Bemisia tuberculata* está correlacionada positivamente com a temperatura (BUTLER et al., 1983). A intensidade dos sintomas é influenciada diretamente pela temperatura, pois em condições mais amenas há um aumento na severidade dos sintomas nas raízes e em muitos casos estas não acumulam amido (CIAT, 1992).

Estudos epidemiológicos conduzidos na Colômbia reportaram que, em anos quentes e secos, a taxa de disseminação do CFSD foi elevada. Entretanto, o vírus induziu nas plantas infectadas principalmente sintomas foliares, e apenas em algumas cultivares mais suscetíveis foi observado sintomas nas raízes (CIAT, 1992; CIAT, 1993). Diante disso, espera-se maior disseminação do vírus, porém sua importância econômica irá depender da interação entre o vírus, as variedades utilizadas no local e a temperatura.

Referências

- BOS, L. **Symptoms of virus diseases in plants**. 3. ed. rev. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1978. 225 p.
- BUTLER JUNIOR, G. D.; HENNEBERRY, T. J.; CLAYTON, T. E. *Bemisia tabaci* (Homoptera; Aleyrodidae): development, oviposition and longevity in relation to temperature. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 76, p. 310-313, 1983.
- CIAT. **Cassava Program 1992**. Cali, 1992. 292 p. (CIAT Working Document, 142).
- CIAT. **Cassava Program 1993**. Cali, 1993. 325 p. (CIAT Working Document, 146).
- FUKUDA, C.; SILVA, J. F. da. **Doença 'couro de sapo' em mandioca**. Brasília, DF: Embrapa: EBDA, 1997. 2 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2007: the physical science basis**. Geneva, 2007. 996 p.
- KASSANIS, B. Effects of changing temperature on plant virus disease. **Advances in Virus Research**, v. 4, p. 221-241, 1957.
- LOZANO, J. C.; JAYASINGHE, U.; PINEDA, B. Enfermidades virales de la yuca en América. **Yuca Boletim Informativo**, v. 7, n. 2, p. 1-4, 1983.
- MARENCO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XX: sumário técnico**. Brasília, DF: MMA: SBF: DCBio, 2007. 50 p.
- SANTOS, A. A.; KITAJIMA, E. W. Mosaico das nervuras no estado do Ceará. **Fitopatologia Brasileira**, v. 15, p. 5-11, 1990.

Capítulo 16

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da mangueira no Brasil

Francislene Angelotti

Edineide Eliza de Magalhães

Introdução

A mangaueira (*Mangifera indica*), planta da família das Anacardiaceae, é originária do sudeste asiático e encontra-se amplamente distribuída por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil, a manga é produzida principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste (Fig. 1). No Nordeste, destacam-se como estados produtores a Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí, produzindo cerca de 70 % da produção nacional. A região Sudeste, representada pelos estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo, contribui com 28 % da produção nacional de manga (IBGE, 2006; AGRIANUAL, 2009).



Fig. 1. Principais regiões produtoras de manga no Brasil.

Os estados da Bahia e de Pernambuco se destacam como os principais produtores e exportadores da fruta, notadamente no Submédio do Vale do São Francisco, onde os polos de desenvolvimento de Juazeiro, BA, e de Petrolina, PE, aparecem como os principais produtores, com mais de 23.000 ha implantados, sendo a fruta direcionada principalmente à exportação.

Considerando as principais áreas produtoras de manga no País, essas foram divididas em cinco regiões, cada qual com características climáticas (temperatura e precipitação pluviométrica) próprias. A temperatura e a precipitação pluviométrica médias mensais apresentadas nas Tabelas 1 e 2 serão a base para as discussões do capítulo.

O cultivo da mangaueira está sujeito a uma série de fatores ambientais, que direta ou indiretamente, podem comprometer o desenvolvimento das plantas. A mangaueira tolera grande variação climática, temperaturas entre

21 °C e 30 °C, com ótimo em 24 °C, permitindo bom desenvolvimento das plantas e, também, da frutificação.

Temperaturas altas promovem um maior crescimento dos ramos e das folhas, favorecendo a parte aérea, além de influenciar de maneira significativa o desenvolvimento das gemas da mangueira. Assim, os possíveis aumentos de temperatura verificados em todos os meses e regiões poderão beneficiar o crescimento e desenvolvimento vegetativo das plantas, além de favorecer a qualidade dos frutos, devido ao aumento na concentração de açúcar e menor acidez. Porém, em um cenário de aumento de temperatura, a indução floral poderá ser prejudicada, afetando negativamente a produção se não forem adotadas novas tecnologias de manejo. Isto porque, de maneira geral, a iniciação floral é favorecida por temperaturas abaixo de 15 °C (NUÑEZ-ELISEA; DAVENPORT, 1994; WILKIE et al., 2008). Shu e Shenn (1987) verificaram que os ramos das mangueiras não florescem em temperatura diurna de 31 °C e noturna de 25 °C. Assim, para obterem a produção, os mangicultores usam produtos químicos que estimulam a indução. Desta maneira, nas regiões frias, onde a indução floral ocorre naturalmente, sem a adoção de reguladores de crescimento, o aumento de temperatura implicará na necessidade de novas técnicas de manejo, permitindo o escalonamento da produção durante o ano.

Sabe-se que temperaturas elevadas, acima de 32 °C, podem prejudicar o florescimento e a frutificação. Assim, medidas de manejo deverão ser estudadas para minimizar o microclima do pomar, ou então, programar a época das podas para que as fases fenológicas citadas não coincidam com estes períodos. Este cuidado deverá ser tomado em diversas localidades das regiões produtoras de manga, onde a temperatura média poderá ultrapassar esse limite (Tabela 1).

Na região de Petrolina e Juazeiro, no Submédio do São Francisco, temperaturas dia/noite de 30 °C / 25 °C estimulam o crescimento vegetativo, enquanto a combinação 28 °C / 18 °C, que ocorre com mais frequência entre os meses de maio a agosto, promove floração intensa (LIMA FILHO et al., 2002).

Quanto à precipitação pluviométrica, a mangueira vegeta e frutifica em área com chuvas anuais entre 450 mm e 2.500 mm, com ideal em torno de 1.000 mm. A ocorrência de período seco precedendo o florescimento favorece a produção. Entretanto, a cultura é exigente em água no período da frutificação à maturação. Dessa maneira, em regiões com baixas taxas de precipitações pluviométricas se faz necessário o uso da irrigação, baseado nos requerimentos de água da cultura.

A cultura da mangueira é afetada por um grande número de patógenos

Tabela 1. Evolução da temperatura média mensal (°C) do período referência (1961-1990) e do cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), em regiões brasileiras de produção de manga.

	Região 1 São Paulo		Região 2 Minas Gerais e centro-sul da Bahia		Região 3 Piauí, norte da Bahia e Pernambuco		Região 4 Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba		Região 5 Espírito Santo	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 - 2100)
Janeiro	24-28	26-30	22-26	26-30	24-28	26-32	26-30	28-32	24-28	28-30
Fevereiro	24-28	28-30	22-26	26-30	24-28	26-32	26-30	28-32	26-28	28-32
Março	24-28	28-30	22-26	26-30	24-28	28-32	26-28	28-32	24-28	28-30
Abril	22-26	26-30	22-26	26-30	24-28	28-32	24-28	28-32	24-26	26-30
Maió	20-24	24-28	20-24	24-28	24-28	28-32	24-28	28-32	22-24	24-28
Junho	18-22	22-26	18-24	24-26	22-28	28-32	22-28	28-30	18-22	24-26
Julho	18-22	22-26	18-24	22-26	22-28	28-32	24-28	28-30	18-22	22-26
Agosto	20-24	24-28	18-24	22-28	22-28	30-32	24-28	26-32	20-24	24-26
Setembro	22-24	26-30	20-26	24-30	24-30	32-34	26-30	26-32	22-24	24-26
Outubro	22-26	26-30	22-26	26-32	26-30	32-34	26-30	28-34	22-26	26-28
Novembro	24-26	28-30	22-26	26-30	26-30	32-34	26-30	28-34	24-26	26-28
Dezembro	22-26	26-30	22-26	26-30	26-30	30-34	26-30	28-32	24-26	26-30

Tabela 2. Evolução da precipitação pluviométrica média mensal (mm/dia) do período referência (1961-1990) e do cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), em regiões brasileiras de produção de manga.

	Região 1 São Paulo		Região 2 Minas Gerais e centro-sul da Bahia		Região 3 Piauí, norte da Bahia e Pernambuco		Região 4 Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba		Região 5 Espírito Santo	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)
Janeiro	6-9	6-9	3-8	2-6	2-7	2-7	1-4	0-3	5-6	4-6
Fevereiro	5-8	6-8	2-6	2-6	3-8	4-8	2-6	2-6	2-4	3-4
Março	4-6	4-6	2-5	2-5	4-9	4-8	4-8	4-8	3-4	3-4
Abril	2-3	2-3	1-4	1-3	2-6	3-9	5-8	4-8	2-3	2-3
Maió	1-3	1-3	0-2	0-2	0-3	0-3	1-7	1-6	1-2	1-2
Junho	0-2	0-2	0-3	0-2	0-2	0-1	1-4	0-4	1-2	0-2
Julho	0-2	0-2	0-2	0-2	0-1	0-1	0-5	0-6	1-2	1-2
Agosto	0-2	0-2	0-2	0-1	0-1	0-1	0-3	0-3	1-2	1-2
Setembro	1-3	1-3	0-3	0-1	0-1	0-1	0-2	0-2	1-3	1-2
Outubro	4-5	3-5	1-4	1-3	0-2	0-2	0-1	0-1	3-5	3-4
Novembro	4-6	4-6	2-7	2-7	1-3	1-4	0-1	0-1	6-7	5-7
Dezembro	6-8	6-9	3-9	2-8	3-6	2-5	0-2	0-2	6-7	6-7

em todos os estádios de desenvolvimento. Da mesma maneira que para as plantas, os fatores ambientais também exercem um importante papel no desenvolvimento das doenças da mangueira, podendo contribuir para aumentar ou limitar o desenvolvimento das mesmas. O ambiente atua sobre a planta hospedeira, sobre o patógeno e sobre a interação hospedeiro-patógeno. Assim, a severidade de uma doença, sua distribuição e incidência estão condicionadas à ação direta do ambiente sobre o patógeno e indiretamente do ambiente sobre a planta hospedeira. Para diversas doenças, a temperatura pode determinar a velocidade e a extensão da infecção. A precipitação pluviométrica e/ou o período de molhamento foliar são fatores importantes no estabelecimento do processo de infecção. Assim, considerando os cenários climáticos futuros, foram feitas as discussões sobre os possíveis impactos em doenças da mangueira.

Doenças causadas por fungos

Antracnose

Colletotrichum gloeosporioides (anamorfo *Glomerella cingulata*)

A antracnose é uma doença de grande importância, principalmente nas regiões em que predominam períodos de alta temperatura e umidade. A severidade da doença está intimamente relacionada às condições climáticas e com o desenvolvimento fenológico da planta. Os principais danos da doença são observados quando longos períodos de chuva coincidem com a fase ativa de crescimento e floração da mangueira. O patógeno pode infectar todos os órgãos da planta, desde panículas, flores, ramos e frutos (PLOETZ, 1994). A infecção deste patógeno é favorecida pela ocorrência de temperatura superior a 25 °C, umidade relativa acima de 90 % e molhamento foliar/fruto acima de 12 h (FITZELL; PEAK, 1984; DOOD et al., 1991). Assim, no cenário climático futuro, o aumento da temperatura nos meses de maio a agosto, principalmente nas regiões 1, 2 e 5, poderá aumentar a intensidade da doença neste período, caso ocorra molhamento foliar. Na região 3, o aumento previsto no volume de chuvas no mês de abril, poderá proporcionar condições ambientais adequadas para o desenvolvimento do patógeno, aumentando sua ocorrência nesta região, caso exista a presença do inóculo no local. Na região 4, o patógeno deverá continuar com a importância atual.

Oídio

Oidium mangiferae (*Erysiphe polygoni*)

O patógeno ataca folhas, inflorescências e frutos jovens. Entretanto, os prejuízos são maiores quando o ataque ocorre na inflorescência e início

da frutificação, causando o abortamento de flores e frutos. Quando estes órgãos são afetados, desenvolve-se sobre eles um revestimento branco e pulverulento, formado pelos conidióforos e conídios do fungo. As folhas infectadas, quando jovens, ficam retorcidas; as mais velhas apresentam manchas escuras irregulares e caem precocemente. Inflorescências e frutos apresentam necroses, acarretando queda ainda em estágio de chumbinho. Quando o patógeno atinge os frutos maiores, lesões na casca aparecem na maturidade, depreciando sua qualidade para o mercado. As condições favoráveis para infecção do patógeno são temperaturas entre 20 °C e 25 °C e umidade relativa entre 20 % e 65 %. A germinação dos conídios pode ocorrer em temperaturas entre 9 °C e 32 °C, com ótimo de 22 °C e umidade relativa entre 20 % e 65 % (PALTI et al., 1974; PLOETZ, 1994; CUNHA et al., 2000; STADINIK; RIVERA, 2001).

Em regiões irrigadas do Semiárido nordestino, a doença pode ocorrer durante o ano todo devido às condições satisfatórias. Entretanto, o aumento da temperatura acima de 32 °C poderá prejudicar a germinação dos conídios, diminuindo assim, a importância da doença nos meses de setembro a dezembro. Entretanto, nos outros meses do ano, a doença deverá continuar com o mesmo grau de importância. Por outro lado, o aumento da temperatura nas regiões 1, 2 e 5, nos meses de junho a agosto, poderá aumentar a importância da doença nestas regiões.

Morte-descendente-da-mangueira, podridão-basal ou peduncular-do-fruto

Lasiodiplodia theobromae (anamorfo *Botryosphaeria rhodina*)

Diversos fungos estão relacionados como agente causal da morte descendente da mangueira, entre eles destaca-se o *Lasiodiplodia theobromae* (CROUS et al., 2006; COSTA, 2009). Os sintomas iniciais surgem nos ponteiros presentes na copa, principalmente na panícula da frutificação, ramos, folhas e frutos. O patógeno encontra condições ideais à infecção entre 27 °C e 32 °C e umidade relativa do ar superior a 80 %. Sua fonte de inóculo é produzida em frutos apodrecidos na árvore ou mantidos sobre o solo e, também, em restos culturais (TAVARES et al., 1991; PLOETZ et al., 1994; BURGUESS et al., 2006;). No cenário futuro para 2080, o aumento de temperatura para todas as regiões poderá aumentar a ocorrência desta doença, caso este aumento coincida com os períodos chuvosos.

Malformação vegetativa e floral *Fusarium* spp.

A malformação da mangueira ocorre em todas as regiões produtoras e pode ser observada em plantas adultas e em mudas de viveiros. O sintoma típico da doença é a deformação floral, devido ao embonecamento de ramos vegetativos e panículas florais, resultantes da superbrotção das gemas. O fungo sobrevive na planta, nos tecidos vivos ou mortos caídos no chão e, principalmente, nos órgãos infectados. Sua disseminação ocorre pelo vento, por ácaros, insetos e instrumentos de poda. É facilmente verificada nos períodos em que a planta emite suas brotações ou inflorescências (KUMAR et al., 1993; MARASAS et al., 2006, LIMA et al., 2009).

As condições climáticas favoráveis a essa doença ainda não estão totalmente elucidadas, mas acredita-se que períodos chuvosos contribuam para a infecção das plantas e disseminação do agente causal (KUMAR et al., 1993; CUNHA et al., 2000). Desta maneira, a doença continuará com a importância atual no cenário climático futuro.

Verrugose *Elsinoe mangiferae* (*Sphaceloma mangiferae*)

O patógeno ataca preferencialmente tecidos jovens em crescimento, causando danos nas inflorescências, folhas e frutos. Os sintomas podem ser observados nas folhas por meio de manchas quase circulares, de coloração pardo-escura a preta. Em ataques severos, as folhas se encarquilham e caem prematuramente. Nos frutos, a doença provoca lesões com margens irregulares e com coloração marrom. À medida que os frutos se desenvolvem, as lesões aumentam de tamanho e seus centros podem ficar recobertos por um tecido corticoso e fissurado. Os danos se limitam, em geral, à superfície externa dos frutos. A esporulação deste fungo é favorecida por alta umidade e os conídios são disseminados por respingos de chuva (CUNHA et al., 2000; ZAMBOLIM; JUNQUEIRA, 2004).

A doença ocorre principalmente na região Sudeste e no cenário futuro ela terá importância igual ao cenário atual para esta região e também para a região Nordeste. Destaca-se a região 3, que devido ao aumento nas chuvas no mês de abril, poderá aumentar a intensidade da doença neste período.

Seca-da-mangueira *Ceratocystis fimbriata*

A seca-da-mangueira é considerada uma das doenças mais graves da cultura, devido à morte de milhares de plantas. O sintoma típico observado é o secamento total ou parcial da copa das árvores. A infecção pode ocorrer pela parte aérea e, também, menos comumente, pelas raízes das plantas. Os sintomas na parte aérea têm início nos ramos finos, progredindo em direção ao tronco. As folhas apresentam um leve clareamento, seguido de queima das margens, do ápice e retorcimento do limbo foliar. Com a evolução da doença, ocorre o secamento de galhos e a contaminação sucessiva de toda a copa, por meio do ponto de interseção dos galhos, até que o tronco seja atingido, seguido da morte da planta. O fungo sobrevive no solo, ramos secos e em várias espécies vegetais. É disseminado pelo besouro-vetor *Hypocryphalus mangiferae*. Sua disseminação também pode ocorrer por meio do solo, implementos agrícolas, água de irrigação e mudas contaminadas (CUNHA et al., 2000).

Períodos chuvosos e altas temperaturas favorecem o desenvolvimento do patógeno. Assim, nas regiões 1, 2, 3, 4 e 5, a doença continuará com a importância atual nos períodos chuvosos, caso ocorra a presença do inseto-vetor nas regiões e também de inóculo.

Doença causada por bactéria

Mancha-angular *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferae*

A mancha-angular é uma doença de grande importância. O patógeno pode infectar ramos, folhas, inflorescências e frutos em qualquer estágio de desenvolvimento. As condições favoráveis para o desenvolvimento da doença são temperaturas elevadas e alta umidade. A ocorrência de ferimentos pode favorecer a infecção nas plantas (GAGNEVIN; PRUVOST, 2001).

No cenário climático futuro, para as regiões 1, 2, 3, 4 e 5, o comportamento da doença continuará com a importância atual, destacando que o patógeno ocorre nos meses chuvosos. Para a região 3, o aumento das chuvas associado às altas temperaturas no mês de abril provavelmente contribuirão para o aumento da severidade da doença.

Considerações finais

As mudanças climáticas poderão alterar a distribuição geográfica e temporal das doenças da mangueira. As proposições expostas neste capítulo

foram baseadas nos cenários climáticos futuros e nos fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento dos principais patógenos da cultura da manga, não levando em conta a possível adaptação dos microrganismos e as modificações na planta hospedeira. Diante disso, e tendo em vista o grande desafio frente às mudanças climáticas, é de extrema urgência a realização de pesquisas por meio de simulação e de experimentação, na busca de estratégias para enfrentar o novo problema que pode alterar o manejo da cultura da mangueira. É necessária a atenção para a redefinição de estratégias e táticas de manejo, de modo a não comprometer a sustentabilidade do sistema produtivo e promover uma melhor utilização dos recursos naturais.

Referências

- AGRIANUAL 2009: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & AgroInformativos, 2009. 496 p.
- BURGESS, T. I.; BARBER, P. A.; MOHALI, S.; PEGG, G.; de BEER, W.; WINGFIELD, M. J. Three new *Lasiodiplodia* spp. from the tropics, recognized based on DNA sequence comparisons and morphology. **Mycologia**, v. 98, p. 423-435, 2006.
- COSTA, V. S. O. **Etiologia e aspectos epidemiológicos da morte descendente e podridão peduncular em mangueira no Nordeste do Brasil**. 2009. 82p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- CROUS, P. W.; SLIPPERS, B.; WINGFIELD, M. J.; RHEEDER, J.; MARASAS, W. F. O.; PHILIPS, A. J. L.; ALVES, A.; BURGESS, T.; BARBER, P.; GROENEWALD, J. Z. Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. **Studies in Mycology**, v. 55, p. 235-253, 2006.
- CUNHA, M. M.; SANTOS FILHO, H. P.; NASCIMENTO, A. S. do. **Manga: fitossanidade**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2000. 104 p. (Frutas do Brasil; 6).
- DOOD, J. C.; ESTRADA, A. B.; MATCHAM, J.; JEGER M.J. The effect of climatic factors on *Colletotrichum gloeosporioides*, causal agent of mango anthracnose, in the Philippines. **Plant Pathology**, v. 40, p. 568-575, 1991.
- FITZELL, R. D.; PEAK, C. M. The epidemiology of anthracnose disease of mango: inoculum, sources, spore production and dispersal. **Annals of Applied Biology**, v. 104, p. 53-59, 1984.
- GAGNEVIN, L.; PRUVOST, O. Epidemiology and control of mango bacterial black spot. **Plant Disease**, v. 85, p. 928-935, 2001.
- IBGE 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2009.
- KUMAR, J.; SINGH, U. S.; BENIWAL, S. P. S. Mango malformation: one hundred years of research. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 31, p. 217-232, 1993.
- LIMA FILHO, J. M.; ASSIS, J. S.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, G. A. P.; CASTRONETO, M. T. Ecofisiologia In: GENU, P. J. de C.; PINTO, C. A. de Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 12, p. 37-49.
- LIMA, C. S.; PFENNING, L. H.; COSTA, S. S.; CAMPOS, M. A.; LESLIE, J. F. A new *Fusarium* lineage within the *Gibberella fujikuroi* species complex is the main causal agent of mango malformation disease in Brazil. **Plant Pathology**, v. 58, p. 33-42, 2009.
- MARASAS, W. F. O.; PLOETZ, R. C.; WINGFIELD, M. J.; WINGFIELD, B. D.; STEENKAMP, E. T.

- Mango malformation disease and the associated *Fusarium* species. **Phytopathology**, v. 96, p. 667-672, 2006.
- NUÑEZ-ELISEA, R.; DAVENPORT, T. L. Flowering of mango trees in containers as influenced by season temperature and water stress. **Scientia Horticulturae**, n. 58, p. 57-66, 1994.
- PALTI, J.; PINKAS, Y.; CHORIN, M. Powdery mildew of mango. **Plant Disease Reporter**, v. 58, p. 45-49, 1974.
- PLOETZ, R. C.; ZENTMYER, G. A.; NISHIJIMA, W. T.; ROHRBACH, K. G.; OHR, H. D. (Ed.). **Compendium of tropical fruit diseases**. St. Paul: APS Press, 1994. 88 p.
- SHU, Z. H.; SHEEN, T. F. Floral induction in axillary buds of mango (*Mangifera indica* L) as affected by temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 31, p. 81-87, 1987.
- STADINIK, M. J.; RIVERA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 328-330.
- TAVARES, S. C. C. de H.; MENEZES, M.; CHOUDHURY, M. M. Infecção da mangueira por *Botryodiplodia theobromae* Pat. na região Semi-Árida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 13, n. 4, p.1 63-166, 1991.
- WILKIE, J. D.; SEDGLEY, M.; OLESEN, T. Regulation of floral initiation in horticultural trees. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 12, p. 3215-3228, 2008.
- ZAMBOLIM, L.; JUNQUEIRA, N. T. V. Manejo integrado de doenças da mangueira. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, 2004. p. 391-395.

Capítulo 17

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do morangueiro no Brasil

Marcelo Augusto Boechat Morandi

Hélcio Costa

Introdução

O morangueiro pertencente à família Rosaceae, gênero *Fragaria*, e é um híbrido resultante do cruzamento natural das espécies *Fragaria virginiana* e *Fragaria chiloenses*, originárias da América do Norte e do Chile, respectivamente (RESENDE et al., 1999). Inicialmente utilizado para fins ornamentais e medicinais em jardins europeus, é hoje cultivado em larga escala em praticamente todos os continentes, em função do melhoramento que permitiu à cultura se adequar a variadas condições de cultivo (SILVA et al., 2007). A produção mundial de morangos em 2007 foi estimada em quase quatro milhões de toneladas, sendo os EUA, Espanha, Turquia, Rússia, República da Coreia, Japão, México, Polônia, Egito, Itália e Alemanha os maiores produtores (FAO, 2007).

No Brasil, a partir da década de 1960, com a introdução de cultivares mais adequadas e produtivas obtidas pelos programas de melhoramento desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas no Estado de São Paulo e no Instituto Agrônomo do Sul (atual Embrapa Clima Temperado), observou-se a expansão da cultura para as diversas regiões brasileiras, tanto de clima temperado, quanto subtropical e tropical. Atualmente, estima-se a produção anual em 90 mil toneladas, com produtividade média em torno de 30 t/ha, e uma área ocupada de 3.500 ha. Os estados de Minas Gerais (33,2 %), São Paulo (32,2 %), Rio Grande do Sul (16,9 %) e Espírito Santo (6,1 %) totalizam quase 90 % da produção brasileira (RANDMANN et al., 2006; DIAS et al., 2007; RIOS, 2007). A cultura tem um importante caráter social, por absorver um elevado contingente de mão-de-obra e ser praticado, especialmente por agricultores familiares.

Entre os principais problemas do cultivo do morangueiro estão as doenças, de natureza fúngica, bacteriana e virótica, sendo que as mais importantes e numerosas são as causadas por fungos da parte aérea e habitantes do solo (FORTES; OSÓRIO, 2003; ZAMBOLIM; COSTA, 2006). Um agravante é que essas doenças, em geral, se beneficiam das mesmas condições ambientais propícias para o bom desenvolvimento das plantas. Assim, muitas doenças, favorecidas pelo clima que permite seu desenvolvimento durante todo o período de cultivo, associado ao cultivo intensivo e práticas culturais inadequadas, têm-se agravado a cada ciclo. Doenças anteriormente consideradas secundárias e de ocorrência esporádica, além de novos patógenos introduzidos, vêm-se tornando problema em várias regiões produtoras (TANAKA et al., 2005). Um exemplo recente é o vermelhão, doença de causa ainda não determinada, que tem aumentado de ocorrência a cada ano e provocado

morte prematura, com perdas relatadas de até 100 % das plantas (HENZ; REIS, 2009a).

Entretanto, antes de se avaliar o provável impacto sobre as doenças, é necessário analisar o efeito das alterações climáticas sobre o desenvolvimento da cultura, uma vez que, dependendo da amplitude da alteração em uma dada região, a cultura poderá ser comprometida.

Exigências climáticas do morangueiro

As espécies de morangueiro pertencem ao gênero *Fragaria* e apresentam grande variabilidade, tanto do ponto de vista funcional quanto estrutural (QUEIROZ-VOLTAN et al., 1996). Essa variabilidade que compõe a base genética da cultura permite uma maior amplitude de adaptação e, assim, a obtenção de cultivares comerciais que atendam às exigências de qualidade e produtividade em diferentes condições ambientais.

Dentre os fatores ambientais que exercem influência no comportamento fisiológico do morangueiro, a temperatura, o fotoperíodo e a interação entre ambos destacam-se. A estiagem, chuvas excessivas, alta e baixa umidade e a qualidade e intensidade da luz também podem influenciar, porém em menor grau de importância (DUARTE FILHO et al., 1999). À medida que a temperatura e o fotoperíodo decrescem, a atividade fisiológica da planta diminui até que esta entre em dormência, que só é quebrada quando é atingido um determinado número de horas de frio, geralmente abaixo de 7 °C. Essa exigência é variável em função da cultivar, desde mil horas até pouco mais de cem horas. É muito importante o número de horas de frio requerido por uma variedade, pois uma quantidade insuficiente pode provocar um pequeno crescimento da planta, com produtividade e qualidade reduzidas. O excesso de horas de frio pode induzir produção reduzida e um grande crescimento vegetativo com surgimento de estolhos prematuros (DANA, 1981; SANTOS, 1999; SILVA et al., 2007). De forma geral, o morangueiro é exigente em temperaturas diurnas amenas e noturnas mais baixas. Os níveis críticos suportados pela cultura são de, no mínimo, 11,4 °C e, no máximo, 32 °C (RONQUE, 1998). Temperaturas de pelo menos 23 °C favorecem a iniciação de estolhos, enquanto que temperaturas baixas (<10 °C) favorecem o desenvolvimento floral. Em temperaturas acima de 25 °C, o florescimento é inibido.

Com base nas respostas ao fotoperíodo, as cultivares podem ser

classificadas em cultivares de dia curto (diferenciam as gemas florais quando os dias são mais curtos e temperaturas mais baixas); cultivares de dia longo (diferenciam as gemas preferencialmente com dias longos); e, cultivares neutras ou indiferentes ao fotoperíodo (podem florescer continuamente, independentemente do fotoperíodo, até que temperaturas muito baixas paralise suas atividades vegetativas) (DUARTE FILHO et al., 1999). Segundo Silva et al. (2007), atualmente, a maioria das cultivares em uso no Brasil comporta-se como as de dias curtos ou sensíveis ao fotoperíodo. A diferenciação das gemas florais ocorre durante um fotoperíodo de duração menor que 12 h, embora haja diferenças entre as cultivares quanto às exigências climáticas.

Em função das exigências climáticas, a época de plantio é fortemente influenciada pela altitude. De forma geral, em regiões mais elevadas (>700 m) e mais frescas, o plantio se dá nos meses de fevereiro e março. Já em regiões abaixo de 600 m e mais quentes, o plantio se dá de abril a maio (RONQUE, 1998). Este intervalo depende e pode variar, também, em função da cultivar.

No Brasil, poucos estudos têm sido conduzidos para se determinar o comportamento da cultura em condições de clima mais quente. Na avaliação do comportamento de 15 cultivares de morango no semiárido do Estado de Minas Gerais (SILVA, 2003; DIAS et al., 2007), identificaram-se duas (Dover & Sweet Charlie) com grande potencial de produção nessa região, com a vantagem da reduzida incidência de doenças, em função do clima mais seco. Nos ensaios conduzidos no ano de 2005, com plantio durante o outono-inverno e o cultivo estendendo-se pela primavera, as médias das temperaturas mínimas e máximas situaram entre 18,3 °C e 31,2 °C e prevaleceram os dias curtos em todo o ciclo da cultura.

Com as alterações climáticas previstas no cenário estudado (Cenário A2, 2071-2100, Capítulo 2), verifica-se que as temperaturas médias mensais nos meses tradicionais de plantio (fevereiro a abril), nas principais regiões produtoras do Sul e Sudeste do Brasil, no período referência, variam de 18 °C a 24 °C, terão elevação para, em média, 22 °C a 28 °C. Apesar desses limites estarem contidos nos níveis críticos suportados pela cultura, supõe-se que haja uma mudança importante na época adequada ao plantio, que deverá ser mais tardio do que o atual. Nesse cenário, supõe-se também a necessidade de substituição e/ou adaptação das atuais cultivares a regiões com temperaturas mais elevadas e a possibilidade de migração da cultura para regiões mais altas ou mais ao sul do País, onde as alterações serão menores.

Prováveis impactos das mudanças climáticas sobre as doenças do morangueiro

É conhecido que o desenvolvimento das doenças está condicionado à ocorrência simultânea e por um determinado período de tempo da presença de hospedeiro suscetível, patógeno virulento e condições climáticas favoráveis, principalmente no que se refere ao microclima. Assim, verifica-se que o componente ambiente (condições climáticas) é imprescindível para que uma determinada doença possa se desenvolver em uma determinada área.

Considerando, entretanto, que a ocorrência e a intensidade de doenças é uma função complexa, que depende de vários fatores que podem ser compensados por suas interações, a análise a seguir será realizada com base no conhecimento atual do efeito das variáveis climáticas sobre as principais doenças que ocorrem nas cultivares em uso e nas condições de cultivo praticadas no Brasil. Assim, não serão consideradas nas análises, possíveis e prováveis adaptações dos patógenos às novas condições do ambiente e alterações na fisiologia das plantas.

As doenças serão separadas em três grupos de acordo com a parte da planta que é infectada, listando-se as principais condições que favorecem sua ocorrência e avaliando-se os prováveis impactos que o cenário de mudanças climáticas A2 para o período 2071-2100 apresenta, com ênfase nas alterações previstas de temperatura e no volume de chuvas.

Doenças que ocorrem em estolhos, folhas, pecíolos e flores

Mancha-de-micosferela (*Mycosphaerella fragariae*)

Mancha-de-diplocarpon (*Diplocarpon earlianum*)

Mancha-de-dendrophoma (*Dendrophoma obscurans*)

Mancha-de-pestalotiopsis (*Pestalotiopsis longisetula*)

A mancha-de-micosferela, uma das principais doenças foliares da cultura, é de ocorrência generalizada em todas as regiões de cultivo e pode causar perdas de 10 % a 100 %. Os sintomas característicos aparecem nas folhas, com lesões em formato circular inicialmente de cor púrpura, evoluindo para vermelho-púrpura com centro necrosado (MAAS, 1998; MAZARO et al., 2006). O patógeno sobrevive por longos períodos em folhas ou outras partes da planta e também em restos culturais doentes. Lesões das folhas mais velhas servem de fonte de inóculo para as mais jovens. A disseminação do

fungo ocorre por respingos de água da chuva ou irrigação, especialmente quando associadas ao vento. A produção de conídios do patógeno ocorre em uma ampla faixa de temperatura, de 10 °C a 30 °C, sendo de 15 °C a 25 °C a faixa ótima para esporulação e de 25 °C a 30 °C o ideal para infecção, especialmente em condições de alta umidade relativa do ar, proporcionada por chuva ou irrigação. Em geral, a doença ocorre nas lavouras na fase inicial de transplântio no campo e no fim do cultivo, quando as temperaturas são mais elevadas. O excesso de nitrogênio também predispõe a planta ao ataque do fungo (ZAMBOLIM; COSTA, 2006).

As manchas foliares causadas por *Diplocarpon* e *Dendrophoma* geralmente ocorrem associadas a outras manchas foliares, especialmente a mancha-de-micosferela e são favorecidas por condições semelhantes a esta, ou seja, temperatura mais elevada, respingos de água e excesso de nitrogênio. O controle preconizado para essas manchas envolve o uso de cultivares tolerantes (quando disponíveis), a rotação de culturas, o uso de fungicidas e o não uso de irrigação por aspersão.

A mancha-de-Pestalotiopsis, causada pelo fungo *Pestalotiopsis longisetula*, foi relatada pela primeira vez no Estado do Espírito Santo por Costa e Ventura (2004), em algumas cultivares de morango em condições de campo. O fungo ocasiona lesões nas folhas de coloração castanho-escuras com formação de pontuações escuras e presença de acérvulos no centro das lesões (DIAS et al., 2007). Nos pecíolos e estolhos, causa manchas escuras e pode provocar a morte das mudas (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). As condições favoráveis ao desenvolvimento da doença são alta umidade e temperatura entre 20 °C e 24 °C.

No cenário futuro apresentado de mudanças climáticas, a temperatura média nas regiões Sul e Sudeste, nos meses que correspondem à fase inicial de transplântio no campo e no fim do cultivo, onde essas doenças em geral já são mais severas, estará acima de 26 °C, portanto, na faixa ótima para infecção. Nos meses mais frios do ano, as temperaturas médias poderão atingir valores entre 22 °C e 24 °C [em contraste com o cenário referência (1961-1990, Capítulo 2) entre 16 °C e 20 °C]. Assim, o aumento da temperatura poderá favorecer a intensidade da doença não só nas fases onde já são críticas, mas em todo o ciclo da cultura. Essas mudanças serão, provavelmente, mais drásticas na região Sudeste, onde as temperaturas terão maior elevação. Além disso, temperaturas mais elevadas favorecem maior vegetação e crescimento das plantas, que pode aumentar a susceptibilidade destas, especialmente se o manejo da adubação nitrogenada não for corretamente realizado. Com isso, poderá haver aumento da necessidade de uso de fungicidas e maior pressão de inóculo sobre cultivares atualmente tolerantes.

Por outro lado, verifica-se, em relação à precipitação pluviométrica, uma tendência geral de redução de seu volume em todas as regiões produtoras, no cenário 2071-2100. Assim, pode-se supor uma redução da incidência de gotas de chuva e da umidade relativa do ar, o que poderia contribuir para a redução da disseminação e infecção pelos fungos, apesar de aumentar a necessidade de irrigação da cultura. Neste cenário, o uso de métodos eficientes de irrigação, como o gotejamento, é de extrema importância.

Antracnose-do-rizoma ou chocolate *Colletotrichum fragariae*

A doença ocorre em plantas de qualquer estágio de desenvolvimento, porém os danos são maiores na fase de viveiro. Os sintomas caracterizam-se por murcha repentina e seca progressiva. Os rizomas, quando cortados, exibem podridão marrom avermelhada e consistência firme, daí o nome chocolate. A doença pode afetar também o pecíolo, os estolhos e os frutos (MAAS, 1998; TANAKA, 2002). A doença é favorecida por alta umidade, especialmente em períodos com chuvas prolongadas e excesso de irrigação, além de temperaturas elevadas e excesso de adubação nitrogenada. Por essas características, a doença é mais severa na fase de produção de mudas e logo depois do transplante, pois coincide com os meses de verão e início de outono. A fonte de inóculo para o campo são as mudas doentes, porém muitas vezes elas apresentam-se assintomáticas. A sobrevivência do patógeno em restos culturais no solo de um ano de cultivo a outro, aparentemente, não representa uma importante fonte de inóculo inicial. O fungo pode também infectar e sobreviver em hospedeiros alternativos no campo, incluindo *Cassia obtusifolia*, *Duchesnea indica*, *Fragaria virginiana*, *Lupinus angustifolius* e *Potentilla canadensis* (ZAMBOLIM; COSTA, 2006).

O aumento da temperatura poderá favorecer a ocorrência da antracnose-do-rizoma, especialmente nas fases iniciais da cultura. Entretanto, a redução da ocorrência de chuvas prolongadas no início da estação de cultivo poderá compensar esse fator, reduzindo a disseminação e a infecção pelo patógeno. Além disto, diferentemente das manchas foliares, um bom manejo das plantas no viveiro pode reduzir a principal fonte de inóculo da doença e sua incidência no campo de forma eficiente. Assim, é razoável supor que, nessas condições, a doença reduza de importância nos cenários futuros de mudanças climáticas.

Flor-preta *Colletotrichum acutatum*

É considerada a doença mais destrutiva do morangueiro e está amplamente distribuída por todas as regiões produtoras (TANAKA et al., 2005; TANAKA; PASSOS, 2002). O sintoma característico da doença ocorre nas inflorescências, onde as flores, estames e pistilos apresentam lesões de coloração marrom-escura. Com o avanço da doença, as inflorescências se tornam secas e mumificadas. A doença é favorecida por temperaturas mais amenas (19 °C a 23 °C) que proporcionam condição ideal para infecção (EASTBURN; GUBLER, 1992). O fungo pode sobreviver por longo período nos restos culturais, o que os torna uma importante fonte de inóculo. Entretanto, a principal via de introdução da doença no campo são mudas infectadas, que podem ser assintomáticas. A disseminação dos conídios do patógeno ocorre pela água de chuva ou irrigação, além de vento (especialmente associado à chuva), insetos e o homem, durante os tratos culturais. Em geral, a doença se inicia em reboleiras. O patógeno também pode infectar e sobreviver em diversos hospedeiros alternativos, incluindo plantas dos gêneros *Capsicum*, *Lycopersicon*, *Solanum*, *Coffea* e *Citrus*, entre outros.

No cenário futuro apresentado de mudanças climáticas, com o aumento da temperatura e redução no volume de chuvas, supõe-se que a doença reduza sua importância em função da menor ocorrência de condições ideais para disseminação e infecção, especialmente na região Sudeste. Entretanto, é necessário considerar que a elevação da temperatura irá corroborar para aumento das tempestades tropicais, com ventos fortes e chuva intensa e concentrada em pequenos espaços de tempo. Nesse cenário, é possível supor que a ocorrência da flor-preta possa ter seu padrão de ocorrência e disseminação alterado, sendo importante em anos com maior intensidade de chuvas e, em função desses eventos, com focos espalhados na lavoura em padrão aleatório e não em reboleiras.

Mancha-angular *Xanthomonas fragariae*

A bactéria *Xanthomonas fragariae* causa lesões angulares nas folhas, de onde vem o nome comum da doença. Inicialmente, as lesões são pequenas, de aspecto encharcado, translúcidas e visíveis na superfície inferior das folhas. Com o tempo, as lesões tornam-se escuras e adquirem contornos angulares e passam a ser também visíveis na superfície superior das folhas, com coloração marrom-avermelhada. Em condições muito favoráveis, pode ocorrer infecção

sistêmica e morte da planta (RODRIGUES NETTO et al., 1978, 1994). A doença é disseminada por mudas infectadas e, na lavoura, por meio de respingos de água e tratos culturais. A bactéria é resistente ao ressecamento e pode sobreviver por muito tempo em folhas secas na superfície do solo (TANAKA et al., 2000). A bactéria penetra pelos estômatos das folhas e é favorecida por temperaturas amenas (18 °C a 22 °C) e alta umidade relativa.

No cenário 2071-2100, com a elevação da temperatura e redução da precipitação pluviométrica, espera-se redução da importância da doença e uma mudança no padrão e frequência de sua ocorrência, em função da ocorrência de eventos extremos (chuvas fortes concentradas e associadas a ventos fortes). Assim, a doença teria importância esporádica em função dos anos mais chuvosos, padrão esse já observado, atualmente, em menor escala.

Oídio

Podosphaera aphanis (*Sphaerotheca macularis*)

A doença ataca toda a parte aérea da planta. O sintoma característico da doença é a presença de um crescimento pulverulento do fungo, de cor branca inicialmente na parte inferior da folha. As folhas infectadas apresentam-se retorcidas para cima em formato de concha. Com o passar do tempo, os sintomas também surgem na face superior das folhas. A extensão da infecção varia com o clima e a suscetibilidade da cultivar. Flores e frutos quando infectados ficam recobertos pela massa esbranquiçada de estruturas do fungo (TANAKA, 2002). O patógeno sobrevive em folhas velhas ou em estolhos sob a forma de micélio dormente e, em certas condições, na forma de estruturas de reprodução sexuada (cleistotécios). Clima quente, com temperaturas na faixa entre 15 °C e 30 °C, e seco favorecem a doença. Chuvas e irrigações frequentes impedem o desenvolvimento do fungo. Em geral, a doença é mais severa em cultivos em estufas e, em menor extensão, em túneis baixos. Em viveiros protegidos, tem sido observada com frequência a ocorrência da doença. Nos últimos anos, com a gradual adoção do sistema de produção em cultivo protegido, sob estufa ou túnel, o oídio tornou-se uma das principais doenças da cultura (XIAO et al., 2001). Os curtos períodos de molhamento foliar e a alta temperatura nessas condições contribuem para a alta incidência da doença no morangueiro.

Ao contrário do observado para os outros patógenos da parte aérea analisados, o oídio é favorecido por clima mais seco e disseminado pelo vento. Portanto, considerando o cenário de mudanças climáticas onde se prevê a redução das chuvas e da umidade relativa do ar, é esperado que a incidência da doença aumente, especialmente em cultivos protegidos. Essa

tendência já tem sido observada para diversas outras culturas em casas de vegetação que são atacadas por esse grupo de fungos (CAFÉ FILHO et al., 2001). A elevação da temperatura tende a agravar o quadro, apesar de não ser limitante para o patógeno que é capaz de infectar o hospedeiro em uma ampla faixa de temperaturas.

Doenças que ocorrem em frutos

Mofo-cinzeno *Botrytis cinerea*

O principal patógeno associado aos frutos em campo e em pós-colheita é *Botrytis cinerea*. O mofo-cinzeno ocorre em todas as regiões produtoras de morango e pode atacar as flores e os frutos em qualquer fase de desenvolvimento. As perdas, considerando os danos no campo e em pós-colheita, podem chegar a 50 % (BLANCO et al., 2006). O sintoma característico da doença é o apodrecimento dos frutos com a formação de uma massa de micélio e esporos de coloração cinza sobre o fruto. O fungo possui ampla gama de hospedeiros, podendo infectar mais de 200 gêneros de plantas (JARVIS, 1992) e é um patógeno necrotrófico e de difícil controle (WILLIAMSON et al., 2007). O fungo sobrevive saprofiticamente na matéria orgânica no solo e em restos culturais, que constituem a principal fonte de inóculo do patógeno no campo (COTA et al., 2009). O vento e a água são os principais agentes de dispersão.

O mofo-cinzeno do morangueiro é favorecido pelo excesso de fertilização nitrogenada, espaçamento adensado e falta de limpeza da cultura, com a remoção de folhas velhas e doentes e frutos estragados (COSTA et al., 2003). Entre os fatores climáticos, a alta umidade relativa e o molhamento foliar prolongado são essenciais para a ocorrência da podridão de *Botrytis*. A temperatura ótima para ocorrência da doença é em torno de 20 °C. Entretanto, o patógeno é capaz de causar a doença mesmo em temperaturas extremas (5 °C a 30 °C) (JARVIS, 1980). O mofo-cinzeno causa perdas tanto em cultivo no campo quanto em estufas ou túnel baixo, sendo, em geral, mais severa nesses dois últimos (JARVIS, 1992). Morandi et al. (2006) verificaram que em cultivo protegido de rosas (planta da mesma família do morangueiro) o fator climático mais importante para a esporulação do patógeno e incidência da doença em flores foi a umidade relativa do ar. Costa e Ventura (2004) verificaram que no morango as maiores perdas pela doença ocorrem após períodos de chuvas que antecedem a colheita.

No cenário futuro apresentado de mudanças climáticas (Capítulo 2), a redução no regime de chuvas poderá redundar, em muitas regiões, na redução da umidade relativa do ar, principal fator climático para ocorrência do mofo-cinzeno. Nessas condições, é esperada a redução dos danos causados pela doença. Entretanto, condições de baixa umidade favorecem a ocorrência do ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), principal praga da cultura do morangueiro. A presença de ferimentos causados pelos ácaros nos tecidos do hospedeiro favorece a ocorrência de *Botrytis cinerea*, mesmo em condições de umidade menos favoráveis ao patógeno (MORANDI et al., 2000; PAULA JÚNIOR et al., 2007). Em cultivo orgânico de morango, Morandi (dados não publicados) verificou que o controle biológico integrado do ácaro rajado (com ácaros predadores) e de *Botrytis cinerea* (com o antagonista *Clonostachys rosea*) foi mais eficiente na redução da incidência de frutos com mofo-cinzeno do que só o controle do patógeno.

Apesar da ampla faixa de temperatura que o patógeno é capaz de causar a doença, o aumento previsto da temperatura no cenário 2071-2100 poderá proporcionar um efeito indireto de favorecimento da doença, em função do maior crescimento vegetativo das plantas nestas condições, o que poderá proporcionar um microclima mais úmido no interior dessas. Assim, é razoável supor que o mofo-cinzeno continuará sendo uma doença de grande importância para a cultura do morangueiro em todas as regiões produtoras.

Outras podridões nos frutos

Phytophthora cactorum, *Sclerotinia sclerotiorum* e
Rhizoctonia solani

A incidência de podridões causadas por esses organismos está, em geral, associada à ocorrência de períodos com condições de elevada umidade, chuvas constantes, temperaturas amenas e contato dos frutos com o solo ou restos culturais infectados e presença de ferimentos nos frutos e excesso de adubação nitrogenada.

Assim, espera-se que com o aumento da temperatura e a redução das chuvas, com conseqüente redução dos períodos prolongados de alta umidade, haja a tendência de ocorrências mais esporádicas dessas podridões, desde que a cultura seja conduzida adequadamente para evitar os fatores de predisposição às podridões.

Doenças que ocorrem em rizomas e/ou raízes

Murcha-de-Verticillium *Verticillium dahliae*

Dos fungos habitantes do solo, o que tem causado atualmente maiores danos à cultura do morangueiro é *Verticillium dahliae*. O patógeno encontra-se amplamente disseminado nas regiões de cultivo e ataca também inúmeras outras plantas cultivadas e silvestres. O fungo causa a murcha das plantas, inicialmente nas horas mais quentes do dia e em reboleiras. As bordas dos folíolos, especialmente nas folhas laterais, necrosam e ficam com aspecto queimado. Com o avanço da doença, a planta murcha permanentemente, com a sua conseqüente morte. Na fase de frutificação, a doença torna-se mais severa (ZAMBOLIM; COSTA, 2006). O patógeno sobrevive em plantas hospedeiras (algodão, batata, quiabo, berinjela, pimentão, tomate, crisântemo e jiló, entre outras) e em restos culturais, sendo disseminado pela água da chuva e irrigação. Todas as cultivares de morango plantadas atualmente no Brasil são suscetíveis ao patógeno.

O excesso de adubação nitrogenada e solos mais alcalinos (pH 6,5 a 7,5) favorecem a doença. Os principais fatores climáticos que agravam o problema são altas temperaturas e o estresse hídrico. Assim, em anos com primavera e verão mais secos e temperaturas médias entre 22 °C e 25 °C, a doença ocorre com maior intensidade.

No cenário futuro de mudanças climáticas, com elevação da temperatura e redução das chuvas, com conseqüente possibilidade de aumento do déficit hídrico, infere-se que a gravidade da doença poderá aumentar em todas as regiões produtoras. Como as opções de controle da murcha-de-Verticillium são limitadas e não há, no momento, cultivares comerciais resistentes ao patógeno, essa doença poderá ser limitante ao cultivo nas regiões mais propícias à ocorrência de déficit hídrico acentuado, como nas regiões de expansão da cultura no semiárido do Estado de Minas Gerais.

Podridão-de-esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) Podridão-de-fitofitora (*Phytophthora cactorum*)

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* possui ampla gama de hospedeiros, que inclui o tomateiro, crucíferas (repolho e couve-flor), alface, feijão, soja, girassol e algodão, entre outras. A podridão-de-esclerotinia foi constatada pela primeira vez atacando a cultura do morangueiro no Brasil em 1999, no Estado do Espírito Santo (TANAKA, 2002). A infecção pelo patógeno tem início na

coroa e nos tecidos próximos ao solo, atingindo, em seguida, o meristema apical, os pecíolos e os pedúnculos florais. Nos tecidos apodrecidos, verifica-se a presença de micélio esbranquiçado e escleródios inicialmente brancos, evoluindo para negros. Os escleródios no solo ou nas plantas são a principal forma de sobrevivência e disseminação do patógeno na cultura.

A podridão causada pelo Oomyceto *Phytophthora cactorum*, também conhecida como podridão-do-rizoma, é de ocorrência frequente nas regiões produtoras de morango. O sintoma característico da doença é a murcha de folhas mais jovens nas horas mais quentes do dia. Estas podem adquirir tonalidade azulada e, depois de três ou quatro dias, a murcha e a seca tornam-se generalizadas em toda a planta. Plantas doentes, quando arrancadas, quebram-se com facilidade, ficando a maior parte do rizoma e do sistema radicular no solo. Os rizomas infectados e os frutos doentes e mumificados que permanecem no solo são importantes fontes de inóculo durante a entressafra (ZAMBOLIM; COSTA, 2006).

Apesar das diferentes sintomatologias e patógenos envolvidos nessas podridões, de forma geral, as condições favoráveis para ocorrência de ambas as doenças são muito próximas e incluem: solos com alta umidade, compactados, com drenagem deficiente; períodos prolongados de chuva ou com irrigação excessiva; adubação nitrogenada em excesso e adensamento de plantas; e ocorrência de temperaturas baixas (15 °C a 22 °C).

No cenário futuro de mudanças climáticas, com elevação da temperatura e redução da precipitação pluviométrica, é provável que essas doenças reduzam de importância nas regiões mais quentes e secas.

**Rizoctoniose ou podridão-da-coroa (*Rhizoctonia solani*)
Podridões de raízes (*Fusarium* spp., *Pythium ultimum*,
Phytophthora spp., entre outros)**

Plantas atacadas por *Rhizoctonia solani*, que ocorre geralmente em reboleiras, destacam-se pelo subdesenvolvimento e posterior declínio progressivo (TANAKA et al., 2005). Inicialmente, ocorrem lesões arroxeadas ou avermelhadas em brotações e nos pecíolos. Essas podem expandir e atingir o rizoma, causando apodrecimento e morte da planta. Pode ocorrer também a paralisação do crescimento do meristema apical, com consequente desenvolvimento desordenado dos ramos laterais.

Os sintomas das podridões radiculares são variáveis, conforme o patógeno que estiver presente, podendo apresentar desde subdesenvolvimento das plantas, clorose, bronzeamento das folhas até a murcha total. Em geral

essas podridões ocorrem em reboleiras. Solos com excesso de umidade, compactados e mal drenados favorecem a ocorrência das podridões. A presença de nematóides, como *Pratylenchus penetrans*, pode agravar os sintomas, especialmente quando associados a *Fusarium* spp.

Em comum, essas podridões são favorecidas por temperaturas elevadas (25 °C a 27 °C), associadas a solo com alta umidade ou encharcados. Assim, no cenário 2071-2100, a elevação da temperatura poderá favorecer a ocorrência dessas podridões, porém somente em locais onde o solo apresentar umidade excessiva, provocada por excesso de irrigação ou em anos atípicos chuvosos.

Vermelhão do morangueiro Causa desconhecida

O vermelhão do morango é um problema detectado nas principais regiões produtoras de morango no Brasil, como o sul de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e também no Distrito Federal (HENZ; REIS, 2009a). Os sintomas típicos são a redução do crescimento, avermelhamento das folhas, escurecimento e pouco desenvolvimento das raízes, redução drástica da produção e morte das mudas.

No Brasil, as causas do vermelhão ainda não foram devidamente identificadas, muito embora existam várias suspeitas. Os sintomas do vermelhão são comuns a diversas causas, incluindo fatores bióticos (patógenos e nematoides, por exemplo) quanto abióticos (desbalanço de nutrientes, estresse hídrico e outros). Diversos fungos foram isolados das raízes, como *Fusarium*, *Colletotrichum* e *Pestalotiopsis*, mas não reproduziram sintomas depois de inoculados nas raízes de morangueiro com fermento. Em algumas plantas com vermelhão, observou-se a presença de pequenas galhas típicas de nematóides. Extrato de folhas de morangueiro com sintomas característicos de vermelhão foi inoculado mecanicamente em várias plantas indicadoras, como *Datura*, *Physalis*, *Nicandria*, *Capsicum*, *Nicotiana*, *Chenopodium* e *Lycopersicon*, mas não foi observado nenhum tipo de sintoma típico de vírus (HENZ; REIS, 2009b).

No ano de 2009, a ocorrência do vermelhão na região produtora de Atibaia, SP, foi severa, provocando morte de até 100 % das plantas em algumas glebas. Em amostras de plantas com sintomas retiradas nessa área, observaram-se pequeno desenvolvimento das raízes, com coloração escurecida e manchas marrom avermelhadas no interior dos rizomas. Em todas as amostras foi isolado o fungo *Pestalotiopsis longisetula* das lesões do rizoma (comunicação pessoal, Teixeira, L.D., Clínica Fitopatológica Dr. Hiroshi Kimati, ESALQ/USP). Kmit et al. (2011) avaliaram o envolvimento do patógeno associado ao estresse

de temperatura em quatro variedades de morangueiro (Aromas, Camarosa, Oso Grande e Camino Real). Os sintomas foram reproduzidos nas quatro variedades e foi possível recuperar o patógeno das plantas com sintomas. Esses resultados indicam que *P. longisetula* está envolvido na ocorrência do vermelhão sem, porém, ser possível afirmar que seja a causa primária.

De forma geral, as observações têm indicado que o problema está associado a causas complexas e que a ocorrência de estresse (hídrico, temperatura, pH e desbalanço de nutrientes, por exemplo) predispõe as plantas à expressão dos sintomas do vermelhão.

No cenário futuro de mudanças climáticas, o aumento de temperatura, a redução de precipitação pluviométrica e a ocorrência de eventos extremos tenderão a aumentar o estresse das plantas de morango, o que poderá contribuir para aumento da severidade da ocorrência do vermelhão, o que demandará um grande esforço multidisciplinar da pesquisa para identificar as causas e, assim, propor medidas para minimizar as perdas causadas pelo vermelhão.

Considerações finais

O morango é uma fruta com mercado em crescente expansão e de grande apelo junto ao consumidor, por suas características de sabor, coloração, aroma e valor nutricional. No Brasil, a cultura apresenta uma grande importância sócio-econômica. Em geral, o morangueiro é plantado por pequenos agricultores e emprega grande contingente de mão-de-obra, podendo chegar, durante o período de colheita, a até quatro empregos diretos por hectare.

As condições climáticas são determinantes para o comportamento do morangueiro, o que resulta em variações entre localidades e entre anos nas características fenológicas do florescimento, produção e qualidade de frutos. As condições climáticas influenciam diretamente a ocorrência e severidade de doenças na cultura, e os elementos meteorológicos que mais influenciam esses parâmetros são a temperatura e a umidade.

Com as mudanças climáticas previstas para o cenário A2, para o período 2071-2100, é possível inferir que deverá haver mudanças importantes no calendário de cultivo de morango no Brasil, especialmente quanto à época de plantio, em função da necessidade de indução floral pelo frio. Além da possibilidade de migração da cultura para regiões mais altas ou com microclimas mais amenos.

Tabela 1. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a intensidade das principais doenças do morangueiro nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Doença	Intensidade da doença		Região produtora	
	Aumento da temperatura	Redução da precipitação pluviométrica	Sudeste	Sul
Manchas foliares fúngicas	↑	↓	↑(+)	↑
Antranose-do-rizoma	↑	↓	↓ ⁽¹⁾	↓ ⁽¹⁾
Flor preta	↓	↓↑ ⁽²⁾	↓(+)	↓
Mancha-angular (bacteriana)	↓	↓↑ ⁽²⁾	↓ ⁽³⁾	↓ ⁽³⁾
Oídio	↑	↑	↑	↑
Mofa-cinzento	↔↑ ⁽⁴⁾	↓↑ ⁽⁵⁾	↔	↔
Podridões de frutos	↓	↓	↓	↓
Murcha-de-Verticillium	↑	↑	↑(+)	↑
Podridão-de-Esclerotínia e Podridão-de-Fitofitora	↓	↓	↓(+) ⁽⁶⁾	↓ ⁽⁶⁾
Rizoctoniose e podridões de raízes	↑	↓	↓ ⁽⁷⁾	↓ ⁽⁷⁾

↔ manutenção ou pequena alteração da situação atual; ↑ aumento da intensidade de doença; ↓ redução da intensidade de doença; (+) efeito mais intenso.

(1)Em função da possibilidade de redução da fonte de inóculo inicial no viveiro (ver detalhes no texto); (2)Efeito indireto pelo possível aumento da ocorrência de tempestades tropicais, que poderão afetar o padrão de disseminação do patógeno; (3)Importância esporádica em função da ocorrência de anos mais chuvosos; (4)Efeito indireto, em função do maior crescimento vegetativo proporcionando microclima mais úmido no interior das plantas; (5) Efeito indireto pelo aumento do ataque de ácaros (ver detalhes no texto); (6)Nas regiões mais quentes e secas; (7)Exceto em locais onde o solo apresentar umidade excessiva, provocada por excesso de irrigação ou em anos atípicos chuvosos.

As alterações previstas nos parâmetros meteorológicos, especialmente a elevação da temperatura e a redução da precipitação pluviométrica (que pode ter como consequência o aumento do déficit hídrico e a redução da umidade relativa do ar) poderão ter efeitos adversos na ocorrência, severidade e padrão de distribuição das doenças do morangueiro. Entretanto, há que se considerar que essa análise é complexa devido à possibilidade de efeitos compensatórios entre os fatores que favorecerão ou não as atividades dos patógenos e afetarão a predisposição das plantas a eles.

Na Tabela 1 estão apresentados, de forma resumida, os possíveis efeitos das mudanças climáticas previstas sobre as principais doenças do morangueiro. De forma geral, observa-se a tendência de aumento da importância das manchas foliares de causa fúngica, oídio, mofo-cinzento e murcha-de-Verticillium e a redução ou manutenção da intensidade das demais doenças. Em função da amplitude das mudanças climáticas previstas no cenário analisado, especialmente na temperatura, espera-se que os efeitos sejam, em geral, mais intensos nas áreas produtoras da região Sudeste.

As mudanças climáticas e a necessidade de métodos de manejo mais sustentáveis irão provocar profundas alterações no atual sistema produtivo

agrícola e, certamente, demandarão novas abordagens na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias (CARLEN; KRÜGER, 2009). No workshop “Berry production in changing climate conditions and cultivation systems”, promovido pelo COST-Action 863, programa da União Européia, em outubro de 2008 na Alemanha, foram discutidos e estabelecidos como os principais tópicos de pesquisa e desenvolvimento relativos à produção de morangos e outras pequenas frutas no cenário das mudanças climáticas: melhor entendimento nos requerimentos ambientais para o florescimento das principais cultivares e o desenvolvimento de modelos para predição desse processo; mais informações sobre o uso eficiente de água e manejo da cultura, especialmente nos cultivos protegidos; ampliação dos programas de melhoramento, visando especialmente a resistência a estresses abióticos e a pragas e doenças; e o desenvolvimento de métodos eficientes de controle biológico de pragas e doenças, com vistas à redução da dependência de insumos poluentes e não renováveis.

Considerando-se sua importância socioeconômica no Brasil e a crescente busca por um modelo de agricultura mais sustentável, é necessário ampliar os esforços de pesquisa e desenvolvimento para manter e ampliar a produtividade, a qualidade e a lucratividade da cultura do morangueiro no cenário futuro de mudanças climáticas.

Referências

- BLANCO, C.; SANTOS, B. de los; ROMERO, F. Relationship between concentration of *Botrytis cinerea* conidia in air, environmental conditions, and the incidence of grey mould in strawberry flowers and fruits. **European Journal of Plant Pathology**, v. 114, p. 415-425, 2006.
- CAFÉ FILHO, A. C.; COELHO, M.V.S.; SOUZA, V. L. de. Oídios de hortaliças. In: STADINIK, M.J.; RIVERA, M.C. (Ed.). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 285-302.
- CARLEN, C.; KRÜGER, E. Berry production in changing climate conditions and cultivation systems: further research requirements. In: KRÜGER, E. (Ed.). Proc. W. on Berry Prod. and Cult. Systems. **Acta Horticulturae**, n. 838, p. 225-227, 2009.
- COSTA, H.; VENTURA, J. A. Doenças do morangueiro: diagnóstico e manejo. In: BALBINO, J.M.S. (Ed.). **Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro**. Vitória: INCAPER, 2004. p. 39-56.
- COSTA, H.; ZAMBOLIM L.; VENTURA, J. A. Manejo integrado das doenças do morangueiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo Integrado das doenças e pragas: produção integrada de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2003. cap. 6, p.131-164.
- COTA, L. V.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G.; MACEDO, P. E. F. Biological control by *Clonostachys rosea* as a key component in the integrated management of strawberry gray mold. **Biological Control**, v. 50, p. 222-230, 2009.
- DANA, M. N. The strawberry plant and its environment. In: CHILDERS, N.F. (Ed.). **The strawberry: cultivars to marketing**. Gainesville: Horticultural Publications, 1981. p. 33-44.
- DIAS, M. S. C.; SILVA, J. J. C.; PACHECO, D. D.; RIOS, S. A.; LANZA, F. E. Produção de morangos

em regiões não tradicionais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 24-33, jan./fev. 2007.

DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R. J. P.; ALVARENGA, D. A.; PEREIRA, G. E.; ANTUNES, L. E. C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, v. 20, n.198, p. 30-35, maio/jun. 1999.

EASTBURN, D. M.; GUBLER, W. D. Effects of soil moisture and temperature on the survival of *Colletotrichum acutatum*. **Plant Disease**, v. 76, p.841-842, 1992.

FAO. **FAOSTAT-agriculture**. Rome, [2007]. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 28 jan. 2010.

FORTES, J. F.; OSÓRIO, V. A. Introdução. In: FORTES, J. F.; OSÓRIO, V. A. (Ed.). **Morango: fitossanidade**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 9-10. (Frutas do Brasil, 41).

HENZ, G.P.; REIS, A. Alerta vermelho: “vermelhão” do morangueiro. **Revista Cultivar HF**, Pelotas, p. 20-22, set. 2009a.

HENZ, G.P.; REIS, A. **“Vermelhão” do morangueiro: ameaça misteriosa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009b. 7 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 70).

JARVIS, W. R. Epidemiology. In: COLEY-SMITH, J. R.; VERRHOEFF, K.; JARVIS, W. R. (Ed.). **The biology of Botrytis**. London: Academic Press, 1980. p. 219-250.

JARVIS, W. R. **Managing diseases in greenhouse crops**. Harrow: APS Press, 1992.

KMIT, M. C. P.; MORANDI, M. A. B.; CALEGÁRIO, F. F. Associação de *Pestalotiopsis longisetula* no desenvolvimento do vermelhão em morangueiro. *Summa Phytopathologica*, v. 37 (Suplemento), p. S.193, 2011.

MAAS, J. L. (Ed.). **Compendium of strawberry diseases**. 2. ed. St. Paul: APS Press, 1998. 98 p.

MAZARO, S. M.; GOUVÊA, A. de; DE MIO, L. L. M.; DESCHAMPS, C.; BIASI, L. A.; CITADIN, I. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha-de-micosferela em morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 648-652, 2006.

MORANDI, M. A. B.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G.; ALFENAS, A. C.; BARBOSA, J. G.; CRUZ, C. D. da. Relationships of microclimatic variables to colonization of rose debris by *Botrytis cinerea* and the biocontrol agent *Clonostachys rosea*. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 619-630, 2006.

MORANDI, M. A. B.; SUTTON, J. C.; MAFFIA, L. A. Relationships of aphid and mite infestations to control of *Botrytis cinerea* by *Clonostachys rosea* in rose (*Rosa hybrida*) leaves. **Phytoparasitica**, Rehovot, v. 28, p. 55-64, 2000.

PAULA JÚNIOR, T. J. de; TEIXEIRA, H.; FADINI, M. A. M.; VENZON, M.; JESUS JÚNIOR, W. C. de; MORANDI, M. A. B.; PALLINI, A. Interações entre fitófagos e patógenos de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 353-402, 2007.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; PASSOS, F. A.; SANTOS, R. R. dos. Caracterização botânica de cultivares de morangueiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 29-44, 1996.

RANDMANN, E. B.; BIANCHI, V. J.; OLIVEIRA, P. P. de; FACHINELLO, J. C. Caracterização e diversidade genética de cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 84-87, jan./mar. 2006.

RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Panorama da produção e comercialização do morango. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 5-19, maio/jun. 1999.

RIOS, S. A. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 14-18, jan./fev. 2007.

RODRIGUES NETO, J.; SUGIMORI, M. H.; PARADELA FILHO, O. *Xanthomonas fragariae* in Brazil. **Summa Phytopathologica**, v. 4, p. 101-104, 1978.

RODRIGUES NETO, J.; MALAVOLTA JR., V. A.; PRATES, H. S.; SINIGAGLIA, C. **Ocorrência da Mancha angular em cultivos de morangueiro no Estado de São Paulo**. Campinas: CATI/DEXTRU, 1994. 2 p. (Comunicado Técnico, 121).

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro**: revisão e prática. Curitiba: EMATER-Paraná, 1998. 206 p.

SANTOS, A. M. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 24-29, maio/jun. 1999.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 7-13, jan./fev. 2007.

SILVA, M. S. **Comportamento de cultivares de morangueiro no Norte de Minas Gerais**. 2003. 52 p. Monografia (Engenheira Agrônoma) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba.

TANAKA, M. A. S.; BETTI, J. A.; PASSOS, F. A. **Manejo integrado de pragas e doenças do morangueiro**. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. 61p. (Manual Técnico, Série Especial).

TANAKA, M. A. S. Controle das doenças causadas por fungos e bactéria em morangueiro. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; MONTEIRO, A. J. A.; COSTA, H. (Ed.). **Controle de doenças de plantas**: fruteiras. Viçosa: Suprema, 2002. v. 1, cap. 2, p. 69-140.

TANAKA, M. A.; PASSOS, F. A. Pathogenic characterization of *Colletotrichum acutatum* and *C. fragariae* associated with strawberry anthracnose. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 5, p. 484-488, set./out. 2002.

TANAKA, M. A. S.; BETTI, J. A.; KIMATI, H. Doenças do morangueiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, cap. 56, p. 489-499.

WILLIAMSON, B.; TUDZYNSKI, B.; TUDZYNSKI, P.; VAN KAN, J. A. L. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. **Molecular Plant Pathology**, v. 8, p. 561-580, 2007.

XIAO, C. L.; CHANDLER, C. K.; PRICE, J. F.; DUVAL, J. R.; MERTELY, J. C.; LEGARD, D. E. Comparison of epidemics of *Botrytis* fruit rot and powdery mildew of strawberry in large plastic tunnel and field production system. **Plant Disease**, St. Paul, v. 85, n. 8, p. 901-909, 2001.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H. Manejo integrado de doenças do morangueiro. In: CARVALHO, S. P. (Ed.). **Boletim do morango**: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 55-80.

Capítulo 18

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do pínus no Brasil

Celso Garcia Auer

Álvaro Figueredo dos Santos

Marcos Silveira Wrege

Introdução

O gênero *Pinus* é conhecido mundialmente por ser uma fonte importante de madeira e fibras para diversos usos industriais. Muitas espécies são plantadas e manejadas para a produção de madeira, em especial, no Hemisfério Sul, destacando-se na América do Sul países como Brasil, Chile, Argentina, Uruguai e Colômbia (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

Os plantios de pinus no Brasil começaram com sementes trazidas pelos imigrantes ainda no século XIX, como ornamentais e para a produção de madeira, mas foi somente a partir da metade do século XX que tomaram corpo como plantações comerciais (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Segundo esses autores, dentre as espécies introduzidas, destacaram-se *Pinus elliottii* var. *elliottii* e *Pinus taeda* pela facilidade nos tratamentos culturais, rápido crescimento e produção de sementes nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. A espécie *Pinus taeda* é a mais plantada no Brasil, principalmente nos planaltos da região Sul, cujas condições climáticas (Fig. 1) são as mais recomendadas ao seu cultivo (HIGA et al., 2008).

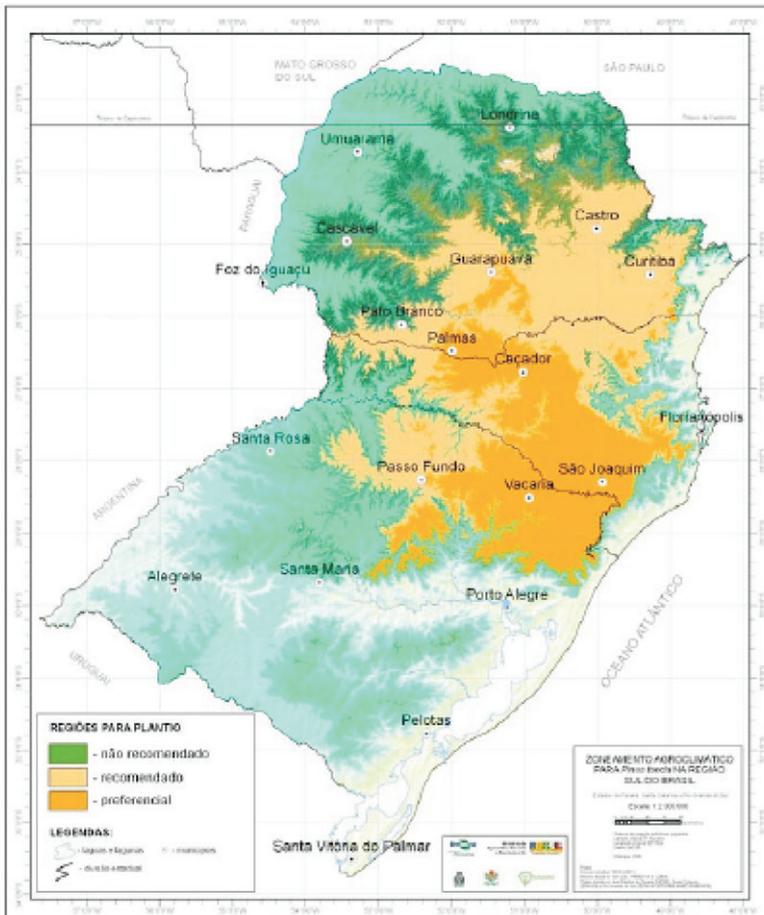


Fig. 1. Zoneamento climático para *Pinus taeda* na região Sul do Brasil. Fonte: Higa et al. (2008).

Na evolução da silvicultura do pínus no Brasil, várias modificações foram aplicadas com relação às práticas empregadas no plantio e cultivo das florestas, contudo, com relação às doenças registradas, pouco foi feito sobre o controle. Pode-se dizer que a seleção de material genético com vistas ao aumento da produtividade, a principal tônica do melhoramento, auxiliou na seleção de material com algum grau de resistência contra os patógenos. Desse modo, as principais doenças relatadas no início da silvicultura continuam até hoje.

Se as principais doenças florestais continuarão a ser importantes no futuro, reduzindo a produtividade dos plantios florestais de pínus, é uma incógnita.

As doenças de plantas são influenciadas pelos fatores ambientais, destacando-se os fatores climáticos como temperatura e umidade, afetando o patógeno, hospedeiro e regendo as interações patógeno-hospedeiro (AGRIOS, 2005). No entanto, desde o século passado, discute-se muito sobre a alteração nos padrões climáticos mundiais, os quais já estariam afetando a distribuição, incidência e severidade das pragas florestais (HEPTING, 1963; AYRES; LOMBARDERO, 2000). Dentre os fatores ambientais em alteração estariam a temperatura, o regime de chuvas e os níveis de CO₂ na atmosfera (BOLAND et al., 2004).

Estudos brasileiros estão sendo feitos para determinar o impacto dessas alterações climáticas nas principais culturas agrícolas e florestais para auxiliar nas possíveis medidas de enfrentamento ao problema (GHINI; HAMADA, 2008). Algumas discussões têm sido levantadas sobre o efeito do clima sobre as doenças em plantios de eucalipto (FURTADO et al., 2008; ALFENAS et al., 2009) indicando o aumento ou redução da área atacada em função da espécie de patógeno estudado e do cenário climático futuro.

Dentre as alterações do clima, as principais variáveis climáticas de importância agrônômica que têm sofrido mudanças são a temperatura do ar e o regime de chuvas. Na região Sul do Brasil, conforme registros históricos já observados nos últimos 30 anos, houve um ligeiro aumento no volume de precipitações pluviométricas. A maior alteração, contudo, tem ocorrido na distribuição das chuvas ao longo do ano, concentrando-se em alguns períodos e faltando em outros, aumentando os riscos de estresse, em alguns períodos, pelo excesso de chuvas e, em outros, pelas estiagens. Essas ocorrências, que têm se tornado comum tendem a aumentar o estresse sofrido pelas plantas. Com relação à temperatura do ar, nos últimos anos, tem-se observado maior aumento das temperaturas mínimas (normalmente ocorrem à noite, de madrugada) e pequenos aumentos das temperaturas máximas (normalmente

ocorrem de dia) (STEINMETZ et al., 2007). Os invernos têm ocorrido cada vez com menor frequência de geadas e com menor ocorrência de dias mais frios. A percepção maior tem sido verificada nas estações intermediárias (primavera e outono), em virtude de estarem ocorrendo mudanças perceptíveis nas datas de ocorrência das primeiras e das últimas geadas em cada ano. As primeiras, a cada ano, estão ocorrendo mais tarde e as últimas, a cada ano, mais cedo, encurtando o período de maior ocorrência de frio. Essas tendências, se mantidas para o futuro, tenderão a impactar os patógenos, os hospedeiros, sua interação e, com certeza, a incidência e severidade das doenças.

Doenças importantes na cultura do pínus

As principais doenças registradas em pínus, no Brasil, são a armilariose causada por *Armillaria* sp., a seca-de-ponteiros causada por *Sphaeropsis sapinea* e a queima-de-acículas causada por *Cylindrocladium pteridis* (FERREIRA, 1989; GOMES, 2005; BASÍLIO, 2008). Essas doenças têm causado danos expressivos em plantios comerciais em espécies de *Pinus* de clima temperado (armilariose) e de clima tropical a subtropical (seca-de-ponteiros e queima-de-acículas) em condições brasileiras e pelo mundo (IVORY, 1987; FERREIRA, 1989; KRUGNER; AUER, 2005). Tais doenças têm demandado pesquisas visando ao seu controle (BASÍLIO, 2008; GOMES, 2005), porém, em um cenário de condições climáticas em constante mudança, as certezas dessa demanda podem ser uma incógnita. Os efeitos das mudanças em fatores ambientais e, por conseguinte, sobre os fitopatógenos, são imprevisíveis em florestas, as quais possuem um longo ciclo de vida se comparadas com a maioria das culturas agrícolas (BOLAND et al., 2004). Segundo esses autores, nos sistemas florestais, será necessário um maior conhecimento de como os fatores ambientais afetarão a fisiologia da planta hospedeira e da relação patógeno-hospedeiro ao longo dos anos.

Poucas são as doenças florestais em pínus com informações epidemiológicas acerca dos efeitos da temperatura e umidade relativa sobre o desenvolvimento da relação patógeno-hospedeiro, de modo a serem utilizadas em modelos climáticos e estudo de cenários futuros do clima. Frequentemente, os dados existentes reportam-se somente às curvas de desenvolvimento do patógeno *in vitro* e em estufas de incubação. Assim, podem ser feitas algumas previsões sobre o efeito das mudanças climáticas sobre as doenças florestais, contudo, estudos mais aprofundados necessitarão ser desenvolvidos para confirmar tais hipóteses em condições de campo.

Impacto dos cenários futuros climáticos sobre as doenças

Armilariose *Armillaria* sp.

Embora a armilariose ocorra em muitas espécies arbóreas e locais, os mesmos princípios regulam o comportamento da doença na maioria dos plantios comerciais através do mundo (HOOD et al., 1991). Segundo esses autores, a doença é mais comum em áreas com ambiente úmido e sob uma faixa de temperatura moderada, pois em regiões tropicais a doença somente é encontrada em locais de maior altitude, onde o clima é mais frio e mais úmido. A precipitação pluviométrica e a temperatura seriam os fatores primários que governariam tanto a distribuição altitudinal e latitudinal de *Armillaria* (HOOD et al., 1991) (Fig. 2, 3 e 4).

Sobre a armilariose em espécies florestais, a literatura indica alguns caminhos sobre as possibilidades de efeitos do ambiente sobre o patógeno

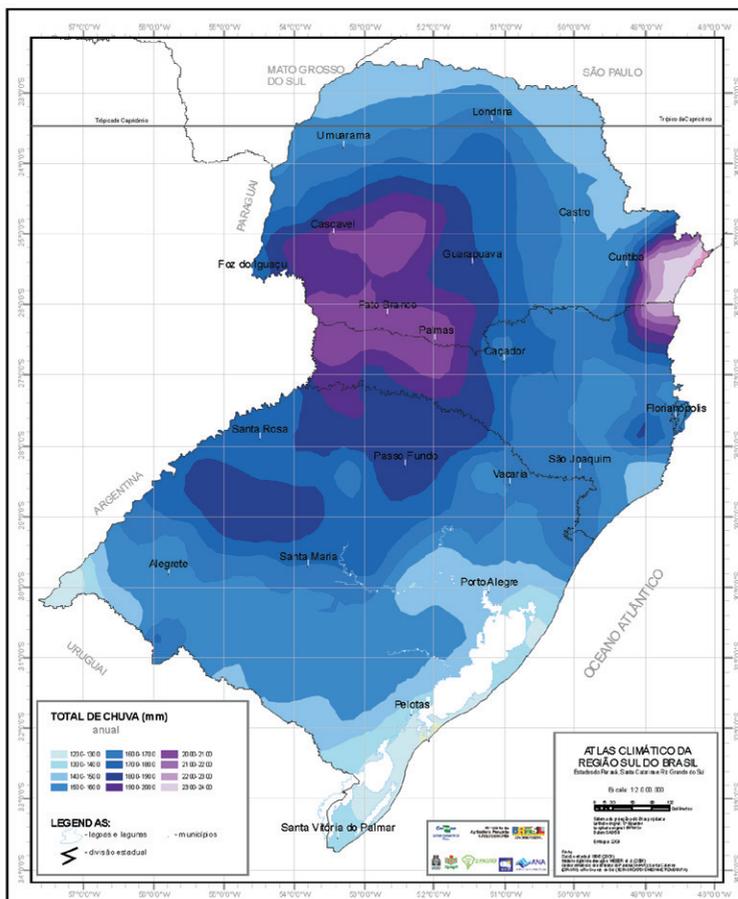


Fig. 2. Precipitação pluviométrica total anual na região Sul do Brasil. Fonte: Wrege et al. (2009).

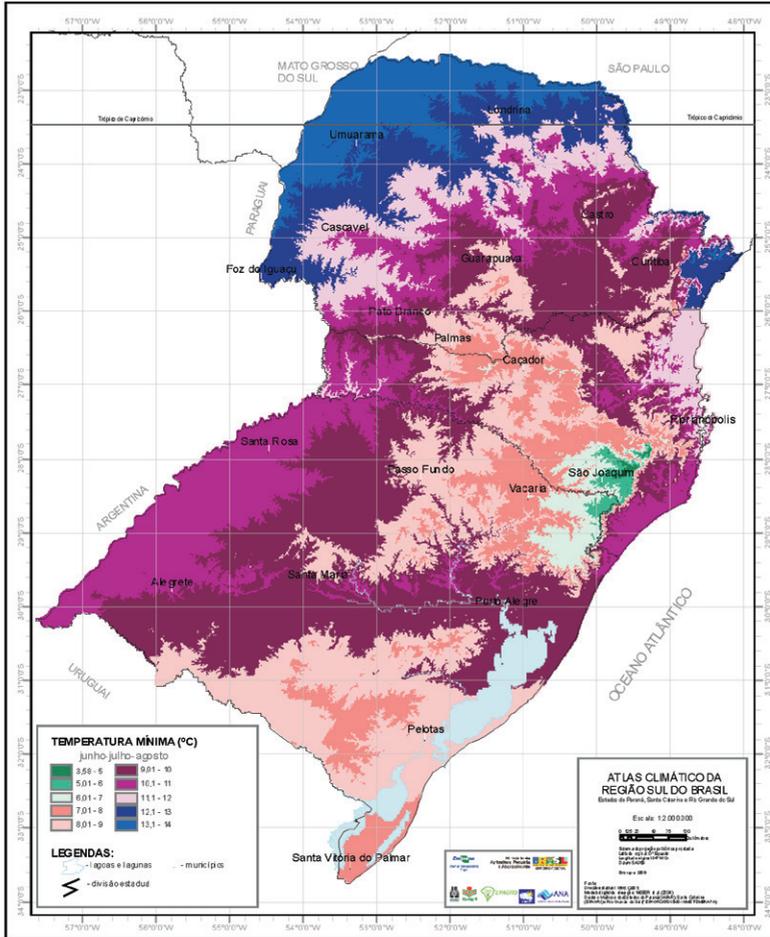


Fig. 3. Temperatura mínima no inverno na região Sul do Brasil. Fonte: Wrege et al. (2009).

e sobre o hospedeiro. Os fatores temperatura e concentração de CO_2 do solo afetariam principalmente o patógeno, enquanto que a temperatura do ar e o regime pluviométrico afetariam principalmente o hospedeiro.

Um aspecto importante para a armilariose é a presença de rizomorfos no solo. A rizomorfa é o principal meio de disseminação dessa doença em uma dada área, já que a produção de basidiósporos é efêmera. Fatores ambientais que limitem a sua formação e desenvolvimento fatalmente participarão do controle da armilariose (RISHBETH, 1978).

O aumento na temperatura do solo poderá reduzir a favorabilidade da ocorrência da armilariose em pinus. Isolados de *Armillaria* sp. da região Sul do Brasil apresentaram temperatura ótima para desenvolvimento *in vitro* entre 21 °C e 23 °C, com ausência de crescimento a 30 °C (AUER et al., 2007). A temperatura ótima para a sua formação no solo, com diferentes isolados procedentes da África, EUA, Europa e Nova Zelândia estaria ao redor de 20 °C (RISHBETH, 1978), e ausente a 30 °C. Esses resultados indicam que altas

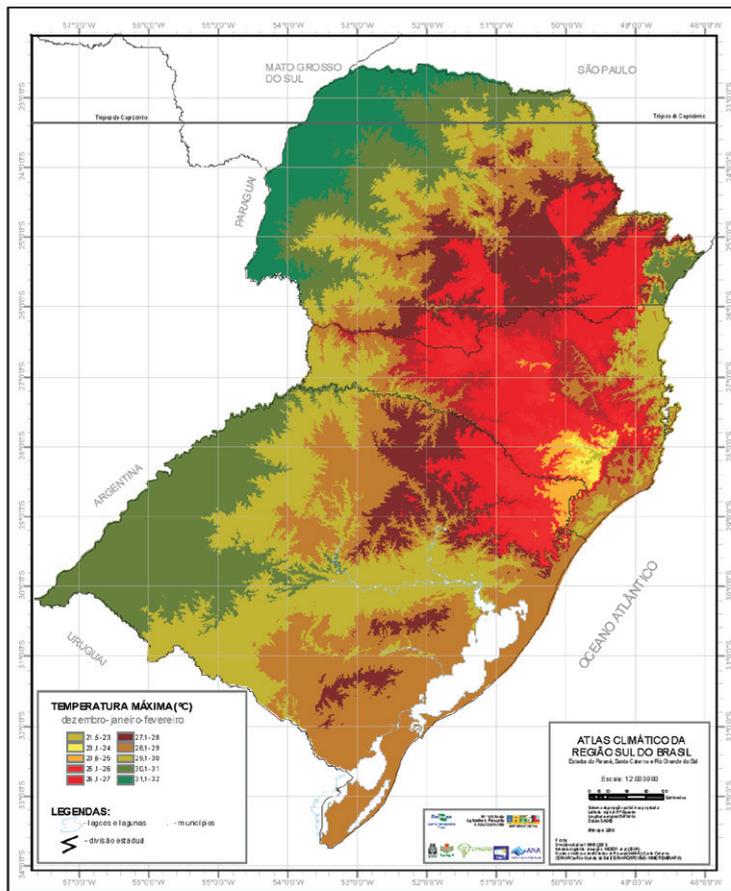


Fig. 4. Temperatura máxima no verão na região Sul do Brasil. Fonte: Wrege et al. (2009).

temperaturas na superfície do solo devem impedir o avanço das rizomorfas e a disseminação do patógeno. Segundo Rishbeth (1978), tais informações explicariam a grande quantidade de rizomorfas em solos de regiões de altitude, onde a temperatura máxima média do solo raramente excede a 26 °C. Considerando o aumento da temperatura como limitante, possivelmente haverá redução das condições favoráveis para *Armillaria* e redução da área de ataque em *Pinus taeda*.

Um estudo de Boland et al. (2004), desenvolvido para doenças florestais na região de Ontário, Canadá, propõe que não haverá efeito significativo da mudança climática sobre a armilariose. Tal afirmação considerou que não haverá efeito sobre o inóculo primário e na fase de estabelecimento da doença. Por outro lado, esse autores consideraram um aumento na taxa de progresso da doença por conta das estações de crescimento mais quentes e/ou mais secas. Possivelmente, haveria um aumento potencial na duração da epidemia.

As tendências de aumento da temperatura e de mudanças no regime

de chuvas em algumas regiões brasileiras sugerem cenários de estresse em florestas de pínus no Brasil. O estresse climático poderá influenciar tanto o patógeno e o hospedeiro, como a relação entre eles (SCHOENEWEISS, 1975), principalmente considerando-se a possibilidade de patógenos facultativos como *Armillaria* serem beneficiados pelo estresse provocado pelo calor e seca em florestas. Com a previsão de estressamento das árvores em função do aumento no período de estiagem em condições brasileiras, espera-se que a intensidade de ataque da armilariose seja maior.

No Brasil, a espécie mais suscetível à armilariose é o *Pinus elliottii* seguido pelo *Pinus taeda* (AUER et al., 2004). No entanto, a espécie mais plantada é o *Pinus taeda* em localidades mais frias e com um bom regime hídrico (Figs. 2, 3 e 4), nas quais o patógeno também está presente. Cenários futuros de aumento na temperatura e redução da disponibilidade hídrica nos solos deverão causar estresse nas árvores e predispor-las ao ataque de *Armillaria* sp., uma vez que o patógeno ataca árvores estressadas (IVORY, 1987). Segundo revisão de Wargo e Harrington (1991), árvores estressadas por altas temperaturas na parte aérea e do solo associadas com a seca, queima da copa e desfolha podem predispor o sistema radicular fragilizado ao ataque do patógeno. Assim, imagina-se uma maior incidência e severidade da doença em locais infestados pelo patógeno na região Sul do Brasil, em decorrência do estressamento fisiológico de *Pinus taeda* nos plantios comerciais. Essa previsão se aproxima daquela feita por Dukes et al. (2009) para o nordeste da América do Norte, na qual espera-se que a distribuição espacial do fungo *Armillaria* não aumente. Segundo esses autores, a previsão seria do aumento dos impactos negativos sobre as espécies hospedeiras dentro da faixa de distribuição do patógeno. Essas previsões apresentadas por Dukes et al. (2009) foram consideradas de incerteza média.

Ainda discutindo o efeito do aumento da temperatura do solo espera-se, também, mudanças na microbiota presente com a possibilidade de aumento nas populações de antagonistas (HEPTING, 1963), como é o caso de *Trichoderma viride*, que se desenvolve otimamente a 25 °C ou mais (FERREIRA et al., 2005).

Outro fator ambiental a ser discutido é a concentração de CO₂, tanto na atmosfera como no solo. Com relação ao aumento na atmosfera, espera-se um aumento na fotossíntese e aumento na produção de biomassa pelas árvores. No solo, *Armillaria* é sensível às mudanças na composição gasosa da rizosfera, reduzindo a produção de rizomorfos quando a concentração de oxigênio é diminuída ou a de CO₂ é aumentada (RISHBETH, 1978). Contudo, esse autor ressaltou a necessidade de se fazer um estudo acerca do aumento da temperatura em conjunto com a concentração de CO₂, que poderá levar à

supressividade do patógeno, em decorrência do aumento da respiração das raízes e da microbiota na rizosfera.

Seca-de-ponteiros *Sphaeropsis sapinea*

O patógeno *Sphaeropsis sapinea* desenvolve-se entre 8 °C e 36 °C, apresentando temperatura ótima de crescimento a 26 °C e de germinação a 24 °C (FERREIRA, 1989). Segundo Brookhouser e Peterson (1971), a doença desenvolve-se bem sobre *Pinus nigra* em condições de 12 h a 100 % de umidade relativa e temperatura de 26 °C. Considerando o fator temperatura, existe a possibilidade de aumento das condições favoráveis para *Sphaeropsis sapinea* e aumento na intensidade de ataque em *Pinus taeda*. Outro aspecto a ser comentado, a exemplo da armilariose, também se relaciona com o aumento do estresse das árvores decorrente de estiagens relacionadas com a alteração dos regimes pluviométricos. Essa preocupação reside no fato de *Sphaeropsis sapinea* ser um fungo endofítico e oportunista (STANOSZ; CARLSON, 1996) em árvores de pínus sujeitas ao estresse decorrente do excesso ou da falta de chuvas (BLODGETT; STANOSZ, 1997; SMITH et al., 2000).

Queima-de-acículas *Cylindrocladium pteridis*

A queima de acículas de pínus causada por *Cylindrocladium pteridis* foi registrada em mudas e árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Pinus oocarpa* nos estados da Bahia, Pará (FERREIRA, 1989) e Amapá (KRUGNER; AUER, 2005). A doença ocorre durante períodos contínuos de chuvas ou em condições de elevada umidade relativa. Não se conhecem outros registros em espécies de pínus no Brasil.

O patógeno *Cylindrocladium pteridis* desenvolve-se em temperatura mínima acima de 10 °C e uma temperatura máxima acima de 35 °C, com temperatura ótima entre 30 °C e 33 °C (CROUS; WINGFIELD, 1994). Considerando a faixa de temperatura ótima para a ocorrência da doença e elevada precipitação, imagina-se que haverá aumento das condições favoráveis para o patógeno e aumento no ataque de espécies de pínus, em especial em *Pinus taeda*, por conta do aumento da temperatura na região Sul. Porém, algumas das regiões favoráveis pela temperatura não serão totalmente adequadas à doença pela ocorrência de secas relacionadas com a alteração dos regimes de chuva. Assim, localidades dentro da região Sul com temperaturas

na faixa ótima ao patógeno e sob regimes mais intensos de precipitação serão altamente favoráveis à queima-de-acículas em *Pinus taeda*.

Considerações finais

Previsões sobre a distribuição e severidade de doenças florestais são difíceis de serem elaboradas, mesmo com o uso da modelagem. Dukes et al. (2009) apontam incertezas decorrentes da falta de dados disponíveis para se estabelecerem modelos como a tolerância ambiental do patógeno, sua interação com outros organismos do ecossistema e como essas interações são mediadas pelo clima ou como respondem às variáveis ambientais que não são ligadas diretamente ao clima.

A possível “tropicalização” da região Sul do Brasil poderá incrementar o surgimento de outras doenças florestais em plantios de pínus, normalmente registradas somente em condições tropicais. Além das doenças já conhecidas, espera-se um incremento no registro de problemas de origem abiótica, em consequência do efeito da modificação das condições locais de microclima e da umidade do solo sobre a fisiologia das árvores.

Para o fungo *Armillaria*, as inferências apresentadas indicam que cenários futuros de aumento na temperatura poderão criar condições desfavoráveis para a expansão da distribuição do patógeno na região Sul. Por outro lado, alterações no regime pluviométrico podem intensificar a incidência da mortalidade de árvores de pínus nas localidades onde já ocorre, em função do estressamento das árvores.

No caso de *Sphaeropsis sapinea*, essas mesmas alterações no clima poderão favorecer a incidência e severidade da doença que atualmente são baixas em plantios comerciais de pínus no Brasil. Altas temperaturas e extremos na precipitação favorecerão o aumento na sua distribuição espacial.

Para *Cylindrocladium pteridis*, também se espera uma maior distribuição do patógeno, pelo aumento de áreas com condições favoráveis de temperatura e umidade relativa.

A escolha e a seleção de novas espécies de pínus devem ser feitas para que possam se desenvolver em um cenário climático diferente, uma vez que os atuais materiais genéticos serão menos produtivos em consequência da alteração nos processos fisiológicos e na suscetibilidade ao ataque de patógenos. O zoneamento climático futuro auxiliará na indicação das áreas mais apropriadas ao plantio de novos materiais genéticos, bem como no estabelecimento de áreas de risco aos patógenos em pínus. Outra atividade

importante será o constante monitoramento das doenças existentes e de novos patógenos.

Referências

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Elsevier, 2005. 922 p.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: UFV. 2009. 500 p.
- AUER, C. G.; GOMES, N. S. B.; GRIGOLETTI JUNIOR, A. Novas ocorrências da armilariose em *Pinus* no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 29, n. 2, p. 205-207, 2004.
- AUER, C. G.; GOMES, N. S. B.; GRIGOLETTI JUNIOR, A. Crescimento *in vitro* de isolados de *Armillaria* sp. obtidos de *Pinus elliottii* var. *elliottii* sob várias temperaturas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, p. 187-189, 2007.
- AYRES, M. P.; LOMBARDERO, M. J. Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. **Science of the Total Environment**, v. 262, n. 3, p. 263-286, 2000.
- BASÍLIO, P. R. R. C. **Caracterização de isolados de *Sphaeropsis sapinea* e avaliação de resistência de progênies de *Pinus radiata***. 2008. 100 f. (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BLODGETT, J. T.; STANOSZ, G. R. *Sphaeropsis sapinea* morphotypes differ in aggressiveness, but both infect nonwounded red or jack pines. **Plant Disease**, St. Paul, v. 81, n. 2, p.143-147, 1997.
- BOLAND, G. J.; MELZER, M. S.; HOPKIN, H.; HIGGINS, V.; NASSUTH, A. Climate change and plant diseases in Ontario. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v. 26, n. 3, p. 335-350, 2004.
- BROOKHOUSER, L. W.; PETERSON, G. W. Infection of Austrian, Scots and Ponderosa pines by *Diplodia pinea*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 61, p. 409-414, 1971.
- CROUS, P. W.; WINGFIELD, M. J. A monograph of *Cylindrocladium*, including anamorphs of *Calonectria*. **Mycotaxon**, v. 51, p. 341-435, 1994.
- DUKES, J. S.; PONTIUS, J.; ORWIG, D.; GARNAS, J. R.; RODGERS, V. L.; BRAZEE, N.; COOKE, B.; THEOHARIDES, K. A.; STANGE, E. E.; HARRINGTON, R.; EHRENFELD, J.; GUREVITCH, J.; LERDAU, M.; STINSON, K.; WICH, R.; AYRES, M. Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of Northeastern North America: what can we predict? **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 39, n. 2, p. 231-248, 2009.
- FERREIRA, F. A. **Patologia florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa: SIF, 1989. 570 p.
- FERREIRA, M. M.; SILVA, F. B.; AUER, C. G. Estudo preliminar sobre as temperaturas de desenvolvimento de *Trichoderma viride*. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 5., 2005, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2005. v. 1. 1p.
- FURTADO, E. L.; SANTOS, C. A. G.; MASSON, M. V. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a ferrugem-do-eucalipto no Estado de São Paulo. In: GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 273-286.
- GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 330 p.
- GOMES, N. S. B. **Armilariose em *Pinus elliottii*: etiologia, determinação de danos e medidas de controle, nos estados do Paraná e de Santa Catarina**. 2005. 96 p. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

HEPTING, G. H. Climate and forest diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 1, p. 31-50, 1963.

HIGA, R. C. V.; WREGE, M. S.; RADIN, B.; BRAGA, H.; CAVIGLIONE, J. H.; BOGNOLA, I.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, Y. M. M. de. **Zoneamento climático: *Pinus taeda* no sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 175).

HOOD, I. A.; REDFERN, D. B.; KILE, G. A. *Armillaria* in Planted Hosts. In: SHAW, C. G. III; KILE, G. A. (Ed.). **Armillaria root disease**. Washington, D.C.: Forest Service-USDA, 1991. p. 122-149. (Agriculture Handbook, 691).

IVORY, M. H. **Diseases and disorders of pines in the tropics: a field and laboratory manual**. Oxford: Oxford Forest Institute, 1987. 92 p.

KRUGNER, T. L.; AUER, C. G. Doenças dos pinheiros. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. cap. 56, p. 517-522.

RISHBETH, J. Effects of soil temperature and atmosphere on growth of *Armillaria rhizomorphs*. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 70, n. 3, p. 213-220, 1978.

SCHOENEWEISS, D. F. Predisposition, stress, and plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 13, p. 193-211, 1975.

SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M. Espécies de *Pinus* na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. Cap. 3, p. 49-74.

SMITH, H.; WINGFIELD, M. J.; DE WET, J.; COUTINHO, T. A. Genotypic diversity of *Sphaeropsis sapinea* from South Africa and Northern Sumatra. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, n. 2, p. 139-142, 2000.

STANOSZ, G. R.; CARLSON, J. C. Association of mortality of recently planted seedlings and established saplings in red pine plantations with *Sphaeropsis collar rot*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 80, n. 7, p. 750-753, 1996.

STEINMETZ, S.; WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; REISSER JÚNIOR, C. Influência do aquecimento global sobre as temperaturas máximas, mínimas e médias anuais na Região de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. 1 CD-ROM.

WARGO, P. M.; HARRINGTON, T. C. Host stress and susceptibility. In: SHAW, C. G. III; KILE, G. A. (Ed.). **Armillaria root disease**. Washington, D.C.: Forest Service-USDA, 1991. p. 88-101. (Agriculture Handbook, 691).

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZU, M. C.; REISSER JUNIOR, C.; CARAMORI, P. H.; MATZENAUER, R.; RADIN, B.; BRAGA, H. J. Atlas climático dos estados da Região Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Mudanças climáticas, recursos hídricos e energia para uma agricultura sustentável**. Belo Horizonte: SBA: UFV: CNPMS, 2009. 1 CD-ROM.

Capítulo 19

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do sorgo no Brasil

Elizabeth de Oliveira

Fernando Tavares Fernandes

José Avelino Santos Rodrigues

Flávio Dessaune Tardin

Elena Charlotte Landau

Introdução

As condições climáticas podem ser tanto favoráveis quanto limitantes ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, particularmente, as condições de temperatura e de umidade. Da mesma forma, podem também ser favoráveis ou limitantes à incidência e severidade das doenças nestas plantas. Portanto, o conhecimento das condições climáticas que influenciam o desenvolvimento das doenças contribui para a adoção de medidas adequadas de controle. Por outro lado, o conhecimento das condições climáticas que afetam o desenvolvimento e a produção das culturas poderá ser utilizado para definir quais regiões e épocas serão mais propícias para a realização de plantios.

O sorgo pode ser cultivado em diferentes regiões do território nacional, em diferentes épocas do ano, com exceção de locais com temperaturas noturnas inferiores a 16 °C, por um período superior a quatro horas, o que pode interferir negativamente no potencial produtivo devido ao abortamento de flores. Entretanto, as condições climáticas predominantes, em cada região onde o sorgo é cultivado, podem favorecer de forma diferenciada o desenvolvimento das doenças nessa cultura.

As mudanças climáticas que estão sendo prognosticadas para o futuro no Brasil, poderão alterar o padrão de distribuição das culturas, assim como de suas doenças, em relação ao panorama atual. Essas possíveis modificações serão analisadas para a cultura do sorgo.

A cultura do sorgo no Brasil

A cultura do sorgo tem apresentado expressiva expansão nos últimos anos agrícolas, atingindo em 2008/2009, uma área plantada estimada em cerca de um milhão de hectares (IBGE, 2008). Esse crescimento é explicado, principalmente, pelo alto potencial de produção de grãos e de forragem da cultura, além da sua capacidade de suportar estresses ambientais. A cultura do sorgo tem sido uma opção para a produção de grãos e forragem em todas as situações em que a deficiência hídrica e as condições de baixa fertilidade dos solos oferecem maiores riscos para outras culturas, notadamente o milho.

Do ponto de vista de mercado, o cultivo de sorgo em sucessão a culturas de verão tem contribuído para a oferta de alimentos de boa qualidade para alimentação animal, e de baixo custo, tanto para pecuaristas como para a agroindústria de rações. A agroindústria de carnes se expande e busca matérias primas de menor custo para alimentação de planteis de aves, suínos

e bovinos, tendo tanto o sorgo granífero quanto o forrageiro como opções. Por outro lado, o sistema de plantio direto abriu um amplo campo para o cultivo do sorgo, por este ser um excelente produtor de palha de alta qualidade.

O sorgo é reconhecidamente resistente à seca e altamente responsivo em cultivos irrigados. A redução na produção do sorgo, em função de deficiência hídrica, depende da intensidade dessa deficiência e do estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra quando essa deficiência ocorre. Lewis et al. (1974) verificaram reduções de 1 % na produção do sorgo quando a deficiência hídrica ocorreu no estágio vegetativo até o início do botão floral, reduções de 34 % quando a deficiência hídrica ocorreu após o início do botão floral até a emissão da panícula, e 10 % após a emissão da panícula até o completo enchimento dos grãos. Segundo Blum (1974), a produção e a resistência à seca são caracteres controlados por fatores genéticos separados e individuais.

O sorgo desenvolve-se bem sob condições de temperatura entre 16 °C e 38 °C, sendo que a ocorrência de temperaturas inferiores à mínima ou superiores à máxima podem reduzir significativamente sua produção. Quanto à utilização de água, o sorgo precisa de aproximadamente 330 l de água para produção de 1 kg de matéria seca (ALDRICH et al., 1975). Ao longo de seu desenvolvimento, em condições hídricas ideais, o sorgo utiliza 25 mm de água após plantio, 250 mm durante seu desenvolvimento e 25 a 50 mm no período de maturação fisiológica (DOGGET, 1970).

Atualmente, o sorgo granífero está concentrado na região Sul do Brasil (região de fronteira), em plantios de verão, e nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, em plantios em sucessão às culturas de verão, e na região Nordeste, em plantios realizados nos meses de abril e maio, quando inicia-se o período chuvoso. As regiões Sudeste e Centro-Oeste respondem por 80 % da área plantada com a cultura. A soja, principal parceira do sistema de sequência de culturas, avança para os estados da região Norte e da região Nordeste, e o sorgo segue esse avanço (LANDAU et al., 2008). A Fig. 1 mostra a produção de sorgo granífero, nas diferentes áreas cultivadas, no Brasil, no ano de 2007.

O avanço dessa cultura para a região Centro-Oeste e o desenvolvimento de cultivares mais produtivas têm proporcionado ganhos significativos na sua produção no Brasil. Tal avanço deve-se, entre outras razões, ao desenvolvimento de materiais geneticamente superiores, tanto do ponto de vista de produtividade, quanto de resistência a doenças.

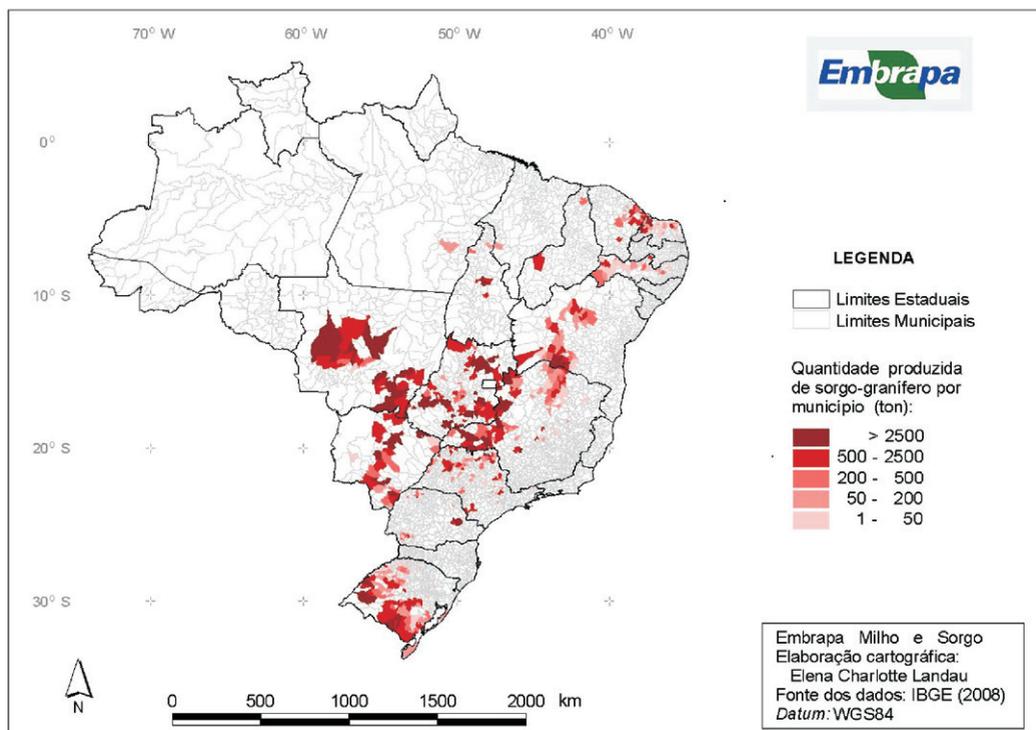


Fig. 1. Produção de sorgo granífero no Brasil em 2007.

Cenário atual das doenças na cultura do sorgo

Na cultura do sorgo, ocorrem diversas doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, em níveis de severidade variáveis em função da suscetibilidade da cultivar e da predominância de condições climáticas favoráveis. Na Tabela 1, encontram-se relacionadas as principais doenças que têm sido observadas nas diferentes regiões geográficas do Brasil, onde o sorgo é cultivado.

Tabela 1. Principais doenças atualmente observadas na cultura do sorgo no Brasil.

Região	Doença
Nordeste	Mancha-de-Exserohilum turcicum, antracnose, ferrugem, mosaico da cana-de-açúcar, podridão-do-colmo-de-Macrophomina, podridão-do-colmo-de-Fusarium, mancha-de-Ramulispora e mancha-zonada.
Centro-Oeste	Mancha-de-Exserohilum turcicum, antracnose, podridão-do-colmo-de-Fusarium, mancha-de-Ramulispora, mancha-zonada, mancha-de-Cercospora e bacterioses.
Sudeste	Mancha-de-Exserohilum turcicum, antracnose, ferrugem, podridão-do-colmo-de-Fusarium, mancha-de-Ramulispora, mancha-zonada, mancha-de-Cercospora e bacterioses.
Sul	Mancha-de-Exserohilum turcicum, antracnose, doença-açucarada e míldio-do-sorgo.

Características das doenças que ocorrem na cultura do sorgo

Mancha-de-*Exserohilum turcicum* ou helmintosporiose *Exserohilum turcicum*

Em alta severidade, a doença reduz significativamente a área fotossintética do sorgo e, em consequência, a quantidade e a qualidade dos grãos e da forragem. A ocorrência da doença tem aumentado em anos recentes. Os sintomas são lesões necróticas elípticas que coalescem necrosando grandes áreas nas folhas. A cor da borda dessas lesões varia de amarelada a avermelhada, dependendo da cultivar de sorgo. O agente causal é disseminado pela ação do vento e sobrevive nos restos de cultura e no solo, na forma de clamidósporos. A doença é favorecida pela presença de orvalho na superfície das folhas e por temperaturas entre 18 °C e 27 °C.

Antracnose

Colletotrichum sublineolum (sin. *Colletotrichum graminicola*)

A antracnose destaca-se entre as doenças mais importantes da cultura do sorgo. Ataca as folhas, o colmo, a panícula e os grãos. Pode causar perdas severas na produção de cultivares suscetíveis. Causa considerável redução no conteúdo de açúcar do colmo, como resultado da destruição da área foliar. Os sintomas aparecem nas folhas como pequenas manchas necróticas elípticas ou circulares (5 mm) que se desenvolvem com centro de coloração palha circundadas por margem avermelhada. Sob condições de alta umidade, ou chuva, as lesões coalescem atingindo grandes áreas foliares. Esse fungo sobrevive nos restos da cultura e desenvolve-se sob temperaturas entre 22 °C e 30 °C.

Doença-açucarada

Claviceps africana (forma anamórfica: *Sphacelia sorghi*)

A ocorrência dessa doença no Brasil foi relatada pela primeira vez em 1995. A doença-açucarada ataca as espiguetas da planta de sorgo e infecta os ovários prejudicando a formação das sementes e dos grãos. É favorecida por condições de temperatura entre 20 °C e 25 °C e umidade relativa acima de 80 % durante o florescimento e polinização das plantas. Temperaturas inferiores a 16 °C limitam a liberação de pólen e, assim, favorecem o estabelecimento da

doença, visto que, a suscetibilidade dos ovários decresce com a fertilização. A doença açucarada pode causar prejuízos significativos, especialmente na produção de sementes. O patógeno é disseminado pelo vento e por insetos. As inflorescências infectadas apresentam a produção de um exsudato açucarado, que atrai os insetos.

Míldio-do-sorgo *Peronosclerospora sorghi*

Essa doença foi detectada no Brasil na década de 1970, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Atualmente, encontra-se em outras regiões. As plantas de sorgo se tornam estéreis quando são infectadas por esse patógeno nos estádios iniciais de desenvolvimento. Os sintomas nas folhas caracterizam-se pela formação de faixas cloróticas que, com a formação dos oósporos do fungo ao longo das nervuras, tornam-se marrons e se rasgam. A principal forma de disseminação desse fungo é por meio dos conídios. A produção de conídios é favorecida por temperaturas noturnas entre 14 °C e 15 °C. O patógeno pode também sobreviver no solo, na forma de oósporos. A infecção das plantas ocorre na presença de orvalho, sob temperaturas entre 21 °C e 23 °C.

Mancha-de-Cercospora *Cercospora fusimaculans*

Os sintomas característicos são pequenas lesões circulares, com centro necrótico, dispostas em cadeia limitada pelas nervuras secundárias, à semelhança de um rosário. Esse patógeno sobrevive nos restos da cultura. A doença é favorecida por clima quente e úmido (com temperatura média em torno de 21 °C e alta umidade relativa), quando essas condições ocorrem de forma continuada.

Ferrugem *Puccinia purpurea*

Destaca-se entre as doenças mais importantes, sendo de ocorrência generalizada na cultura do sorgo. O sintoma típico é a presença de pústulas de coloração púrpura, vermelha ou palha, dependendo da cultivar de sorgo, presentes em ambas as faces das folhas. O desenvolvimento desse fungo é favorecido por condições de temperatura entre 26 °C e 29 °C.

Podridão-do-colmo-de-Macrophomina *Macrophomina phaseolina*

O desenvolvimento do patógeno é favorecido por condições de alta temperatura (35 °C a 37 °C) e baixa umidade no solo. Essas condições predispõem as plantas de sorgo ao desenvolvimento da doença. A doença tem aumentado na cultura do sorgo no Brasil. É uma doença que pode promover grandes perdas na produção, uma vez que colmos infectados quebram-se com facilidade e suas panículas não podem ser colhidas mecanicamente. Esse patógeno sobrevive no solo e pode infectar várias espécies vegetais cultivadas.

Podridão-do-colmo-de-Fusarium *Fusarium moniliforme*

Essa podridão é favorecida por condições de alta umidade no solo. O desenvolvimento do fungo é beneficiado por temperaturas entre 25 °C e 35 °C. A doença pode causar murcha ou quebra do colmo e as plantas podem morrer prematuramente, durante o desenvolvimento dos grãos. Em plantas infectadas por *Fusarium moniliforme*, os dois ou três internódios inferiores apresentam, internamente, grandes áreas avermelhadas.

Mancha-de-Ramulispora *Ramulispora sorghi*

Essa doença, de grande importância na China e nos Estados Unidos da América, tem sido eventualmente detectada na cultura do sorgo no Brasil. O fungo infecta apenas espécies do gênero *Sorghum*. Pequenos pontos arredondados de cor avermelhada aparecem nas folhas e bainhas e se desenvolvem em lesões alongadas, elípticas, com centro cor de palha e margem amarelada. Com o envelhecimento, o centro das lesões escurece e torna-se acinzentado com pontos negros, constituídos por escleródios. Essa doença é favorecida por alta umidade relativa e altas temperaturas. A temperatura ótima para o crescimento do fungo é 28 °C.

Mancha-zonada *Gloeocercospora sorghi*

Essa doença é de ocorrência eventual na cultura do sorgo no Brasil. Os sintomas são lesões circulares avermelhadas, com margens irregulares,

alternadas de forma concêntrica com lesões de cor palha. As lesões ocorrem, em maior frequência, nas margens das folhas. O crescimento do fungo é favorecido por temperaturas variando entre 28 °C e 30 °C e alta umidade relativa.

Mosaico da cana-de-açúcar *Sugarcane mosaic virus*

O mosaico da cana-de-açúcar pode causar perdas severas na cultura do sorgo. É causado por espécies de potyvirus que são disseminados por pulgões. Essa virose ocorre também no milho e em várias espécies de gramíneas selvagens e cultivadas. Os sintomas típicos se caracterizam pela presença, nas folhas, de manchas cloróticas entremeadas por manchas verdes, padrão de mosaico. No sorgo, esses sintomas podem evoluir para grandes áreas necrosadas, em geral, com tonalidade avermelhada. No Brasil, foi detectada uma variante da espécie *Sugarcane mosaic virus* diferindo em sequência de nucleotídeos e de aminoácidos das sequências relatadas para esse vírus em outros países. A maior incidência e desenvolvimento dessa virose são favorecidos pelas condições de temperaturas em torno de 30 °C e alta umidade relativa.

Bacterioses

As doenças causadas por bactérias, no sorgo, são favorecidas por condições de alta umidade no solo e no ar, ocorrência de chuvas, dias nublados e temperaturas entre 22 °C e 30 °C.

Condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das doenças do sorgo

Embora não estejam disponíveis informações específicas para o desenvolvimento de algumas doenças do sorgo, observa-se que, de forma geral, para a maioria das doenças em diversas culturas, condições de alta umidade do ar favorecem o desenvolvimento de fungos e de bactérias patogênicas. Na Tabela 2, estão relacionadas as condições climáticas que favorecem as doenças do sorgo e que serão utilizadas para analisar os impactos potenciais das mudanças climáticas.

Tabela 2. Condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de doenças do sorgo.

Doença	Umidade relativa (%)	Temperatura (°C)	Outra condição
Mancha-de-Exserohilum turcicum		18 a 27	Presença de orvalho
Antracnose		22 a 30	
Doença-açucarada	> 80 %	15 a 25	
Míldio-do-sorgo		21 a 23	Presença de orvalho
Mancha-de-Cercospora		21	
Ferrugem		26 a 29	
Mosaico da cana-de-açúcar		30	
Podridão-do-colmo-de-Macrophomina		35 a 37 (no solo)	Baixa umidade do solo
Podridão-do-colmo-de-Fusarium		25 a 35	Alta umidade do solo
Mancha-de-Ramulispora	Alta	28	
Mancha-zonada		28 a 30	Baixa umidade do solo
Bacterioses	Alta	22 a 30	Alta umidade do solo

Análise do efeito das mudanças climáticas sobre a severidade das doenças do sorgo no cenário A2

De forma geral, as alterações climáticas prognosticadas para o período de 2071 a 2100 favorecerão o desenvolvimento e a intensificação do cultivo do sorgo no Brasil. É conhecido que a cultura do sorgo desenvolve-se bem em uma amplitude de temperatura que pode variar de 16 °C a 38 °C. As condições climáticas prognosticadas para o futuro indicam que, em algumas regiões do território nacional, ocorrerão aumentos de temperatura e mudanças nos níveis de precipitação pluviométrica que ainda assim favorecerão a expansão da cultura. Por outro lado, em outras regiões ocorrerão aumentos na precipitação pluviométrica, hoje limitante à cultura do sorgo. Esses aumentos serão acompanhados por aumentos na temperatura ainda dentro da faixa de tolerância da cultura. De forma geral, as alterações do clima no futuro afetarão de forma diferenciada a incidência, a severidade e, em consequência, a importância relativa das principais doenças que afetam a cultura no Brasil.

O sorgo é plantado nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, nos meses de outubro a dezembro, e no Paraná, nos meses de novembro a março, quando há ocorrência de chuvas e a temperatura se eleva até níveis favoráveis. No futuro, nesses meses, a temperatura será mais alta, porém dentro da faixa de tolerância do sorgo, o que poderá inclusive contribuir para a redução do ciclo de desenvolvimento da planta, em relação ao ciclo atual que é, muitas vezes, prolongado devido à ocorrência de frio. A precipitação pluviométrica nessas regiões não será afetada significativamente, e por isso não representará fator limitante para o seu cultivo.

Com relação às doenças atualmente predominantes nessa região, o míldio e a doença-açucarada, com melhor desenvolvimento em baixas

temperaturas, serão desfavorecidas pelas temperaturas mais elevadas. A mancha-de-Exserohilum turcicum, a antracnose e a ferrugem poderão ser favorecidas. Outras doenças atualmente mais comuns nas regiões Sudeste e Centro-Oeste tornar-se-ão importantes na região Sul.

Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, o sorgo é plantado em duas épocas, abrangendo os meses de novembro a março. Nessas regiões, no futuro, ocorrerão reduções na precipitação pluviométrica e aumentos na temperatura, que poderão resultar na necessidade de antecipar o plantio para evitar períodos de muita seca. Nessas regiões, considera-se que continuarão sendo importantes as doenças relacionadas na Tabela 1.

Em regiões semiáridas da região Nordeste e no sul do Estado da Bahia e norte de Minas Gerais, o sorgo pode ser plantado o ano todo, com irrigação. Sem irrigação, na região Nordeste, o sorgo é plantado nos meses de março e abril e, no norte de Minas Gerais e no sul da Bahia, nos meses de novembro a janeiro. Observa-se que os prognósticos para o futuro são indicativos de aumentos na precipitação pluviométrica nessas regiões nos meses de dezembro a março e a temperatura não deverá sofrer alterações significativas. Essas condições poderão favorecer a intensificação do plantio de sorgo nessas regiões. Nessas condições, o panorama atual das doenças do sorgo, apresentado na Tabela 1, sofrerá algumas alterações no futuro.

As previsões para o mundo futuro, de acordo com o cenário A2, são de alto crescimento populacional dentro de um desenvolvimento econômico com orientação regional. Nesse contexto pode-se esperar aumento na demanda por grãos, o que favorecerá a cultura do sorgo. As mudanças climáticas serão favoráveis à expansão da cultura e, possivelmente, serão desfavoráveis a culturas de grãos menos tolerantes a altas temperaturas, condições estas prognosticadas para várias regiões atualmente produtoras desses grãos. Isso aumentará a demanda por sorgo granífero e poderá resultar na expansão da indústria de aves e suínos para as regiões Centro-Oeste e Nordeste.

Em decorrência do alto crescimento populacional, deverá ocorrer também aumento na produção do sorgo forrageiro para a alimentação animal. Além disso, o desenvolvimento econômico com orientação regional vai exigir melhor organização dos sistemas de produção de sorgo com utilização de alta tecnologia, o que contribuirá para o aumento da sua produtividade.

Outras alternativas de uso para o sorgo, a exemplo de perspectivas para a produção de biocombustível, poderão contribuir também para aumentar a demanda futura por esse cultivo e, conseqüentemente, as doenças se tornarão mais importantes.

Considerações finais

A análise do efeito potencial das mudanças climáticas sobre a cultura do sorgo e suas doenças evidencia que, de forma geral, essa cultura será beneficiada. Tanto as condições climáticas, quanto o aumento da demanda por grãos e por alimentos no futuro serão determinantes para a expansão da cultura, intensificação do plantio desse cereal, aumento do nível tecnológico nos sistemas de produção e aumento de produtividade. Algumas doenças perderão importância para a cultura. A abrangência de ocorrência de outras doenças, hoje importantes, será ampliada. Essa análise pode contribuir no direcionamento de pesquisas visando ao manejo futuro dessas doenças.

Referências

ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; LENG, E. R. **Modern corn production**. Illinois: A & L Publications, 1975.

BLUM, A. Genotypic responses in sorghum to drought stress; I. response to soil moisture stress. **Crop Science**, Madison, v.14, p. 361-364, 1974.

DOGGETT, H. **Sorghum**. Harlaw: Longman, 1970. 403 p.

IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal 2008**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em jun. 2008.

LANDAU, E. C.; MENDES, S. M.; LONGO, L. A. Análise espaço-temporal da expansão do sorgo-granífero no Brasil entre 1975 e 2008. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina, 2008. (Resumo expandido).

LEWIS, R. B.; HILER, E. A.; JORDAN, W. R. Susceptibility of grain sorghum to water deficit at three growth stages. **Agronomy Journal**, Madison, v. 66, p. 589-591, 1974.

NGUGI, H. K.; KING, S. B.; ABAYO, G. O.; REDDY, Y. V. R. Prevalence, incidence, and severity of sorghum diseases in Western Kenya. **Plant Disease**, v. 86, p.65-70, 2002.

Capítulo 20

Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da videira no Brasil

Lucas da R. Garrido

Francislene Angelotti

Introdução

A vitivinicultura no Brasil ocupa uma área de aproximadamente 90 mil ha e situa-se entre o paralelo 30°S, no Estado do Rio Grande do Sul, e o paralelo 9°S, na Região Nordeste do País. Em função da diversidade ambiental, existem pólos com viticultura característica de regiões temperadas, com um período de repouso hibernar definido, polos em áreas subtropicais onde normalmente a videira é cultivada com dois ciclos anuais, definidos em função de um período de temperaturas mais baixas no qual há risco de geadas; e pólos de viticultura tropical onde é possível a realização de podas sucessivas, com dois e meio a três ciclos vegetativos por ano. Como principais estados produtores destacam-se o Rio Grande do Sul, São Paulo, Pernambuco, Paraná, Bahia, Santa Catarina e Minas Gerais. Além destas, algumas áreas não tradicionais com viticultura vêm despontando nos estados do Mato Grosso, Goiás e Ceará.

Levando-se em consideração as principais regiões produtoras de uvas e o Quarto Relatório do IPCC para a década de 2080, demarcaram-se 12 regiões no mapa do Brasil (Fig. 1) que foram alvo das análises da evolução da temperatura e da precipitação pluviométrica, bem como as influências que estas mudanças poderão provocar sobre a planta hospedeira (videira) e os principais patógenos fúngicos e bacterianos.

O clima possui forte influência sobre a videira, sendo importante na definição das potencialidades das regiões. Ele interage com os demais componentes no meio natural, em particular com o solo, com a variedade e com as técnicas de cultivo.

A temperatura do ar apresenta diferentes efeitos sobre a videira, variáveis em função das diferentes fases do ciclo vegetativo ou de repouso da planta. A temperatura influencia praticamente todos os processos fisiológicos da planta.



Fig. 1. Principais regiões produtoras de uva no Brasil.

No outono, a temperatura afeta a duração do ciclo vegetativo da videira que é importante para a maturação dos ramos e acumulação de reservas na planta. A videira é bastante resistente às baixas temperaturas na estação do inverno, quando se encontra em período de repouso vegetativo. O frio invernal é importante para a quebra da dormência das gemas e para assegurar uma brotação adequada. Em condições de pouco frio invernal, que podem ocorrer nos climas subtropicais e tropicais, torna-se necessária a adoção de tratamentos e práticas culturais adequados visando a garantir uma porcentagem satisfatória de brotação das videiras. No outono-inverno, as temperaturas abaixo de 10 °C atrasam a brotação da gema e retardam o desenvolvimento inicial do broto; favorecem também a transformação da inflorescência em gavinha.

Na primavera, considera-se a temperatura de 10 °C como mínima para que possa haver desenvolvimento vegetativo. Temperaturas baixas podem ocasionar geadas de primavera causando a destruição dos órgãos herbáceos da planta. No período de floração da videira, temperaturas iguais ou superiores a 18 °C são favoráveis, sobretudo se associadas a dias com bastante insolação e pouca umidade. O frio nesta fase também dificulta a germinação do pólen e o desenvolvimento do tubo polínico e propicia a formação de bagas com menor número de sementes.

A maior atividade fotossintética é obtida na faixa de temperatura que vai de 20 °C a 25 °C, sendo excessivas as temperaturas maiores que 35 °C. No verão, que normalmente coincide com o período de maturação das uvas, temperaturas diurnas amenas, que possibilitam um período de maturação mais lento, são favoráveis à qualidade. Da mesma maneira, a amplitude térmica influencia na síntese e acúmulo de polifenóis e está diretamente relacionada à intensidade da cor do fruto. Amplitudes térmicas elevadas favorecem a coloração das bagas, sendo importante para as uvas de cor.

Condições térmicas muito quentes podem resultar na obtenção de uvas com maiores teores de açúcares, porém com baixa acidez. No estágio de pré-amolecimento da baga, temperaturas acima de 30 °C, associadas à baixa umidade do ar, podem provocar a escaldadura do fruto. Temperaturas muito altas também podem aumentar a respiração e diminuir a eficiência fotossintética da planta.

A precipitação pluviométrica é um dos elementos mais importantes do clima em viticultura. A videira é uma cultura bastante resistente à seca. Existem regiões que produzem, sem o auxílio da irrigação, com precipitação pluviométrica de apenas 250 mm a 350 mm no período que vai da brotação até a maturação das uvas. A demanda hídrica da videira varia em função das diferentes fases do ciclo vegetativo da planta. Além da quantidade de chuvas, a intensidade e o número de dias ou de horas em que elas ocorrem influem no desenvolvimento da videira. As chuvas de inverno têm pouca influência sobre a videira, nas regiões de apenas uma poda anual, mas são importantes

para que iniciem o ciclo vegetativo com suficiente reserva hídrica no solo. Durante a primavera, as chuvas são importantes para o desenvolvimento da planta, porém podem favorecer o desenvolvimento de algumas doenças fúngicas da parte aérea (SENTELHAS, 1998; TONIETTO, 2003).

Durante a floração, chuvas persistentes podem dificultar a queda da corola e a liberação do pólen, originando bagas com menor número de sementes. Na fase final da maturação, um período seco do fruto é desejável para se produzir uva mais doce com polpa mais firme, sem rachaduras, sem podridão e com “vida de prateleira” mais longa.

Para um melhor reconhecimento das fases fenológicas da videira adotadas para caracterizar os períodos de maior suscetibilidade e/ou de maior eficiência para a adoção das medidas de controle, utilizou-se a escala de Eichhorn e Lorenz (1984) publicada pela EPPO (1984) (Fig. 2).

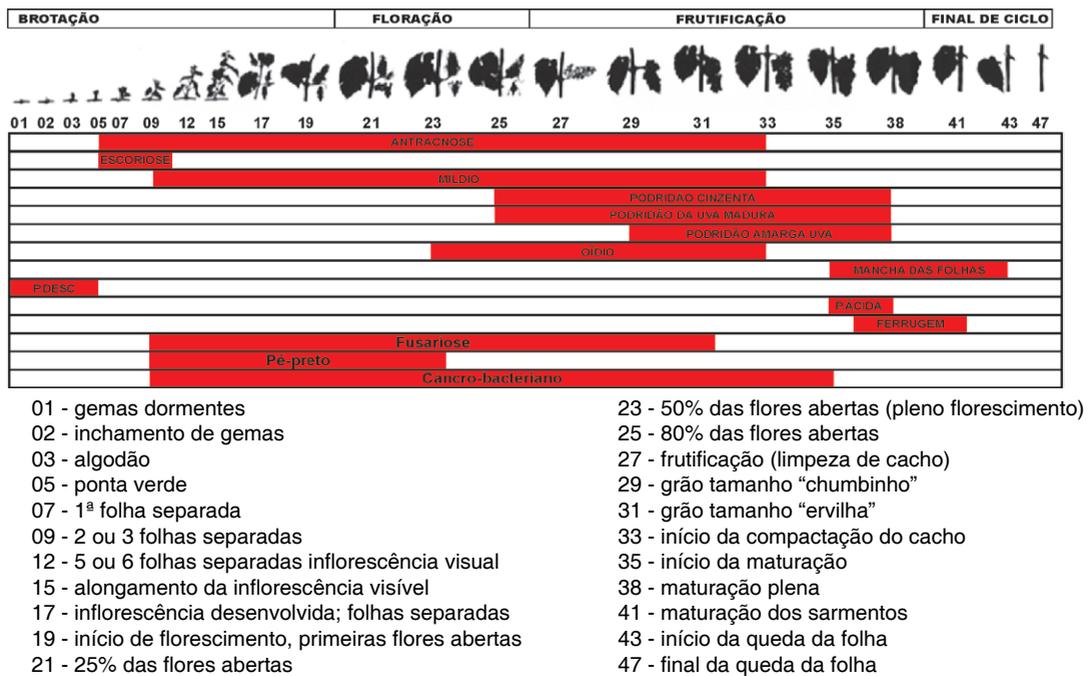


Fig. 2. Estádios fenológicos da videira e fase de maior suscetibilidade às doenças. Fonte: Eichhorn e Lorenz (1984).

Nas Tabelas 1 a 6 são apresentadas a evolução da temperatura média mensal (°C) e da precipitação média diária (mm/dia) do período referência (1961-1990) e do cenário futuro A2 para a década de 2080, respectivamente, para as regiões brasileiras de produção comercial de uva referidas na Fig. 1. A partir dessas informações, foram realizadas as considerações sobre seus efeitos em algumas doenças da videira e construídas as Tabelas 7 a 15, onde são apresentadas as expectativas para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade de 14 doenças da videira durante o seu período vegetativo/reprodutivo para as 13 regiões estabelecidas na Fig. 1.

Tabela 1. Evolução da temperatura média mensal (°C) da referência (1961-1990) e o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 1, 2, 3 e 4 de produção comercial de uvas.

	Região 1 Metade Sul do RS		Região 2 Serra Gaúcha e Norte do RS		Região 3 Vale do Peixe e Planalto Catarinense, SC		Região 4 Maringá, Uraí e Sudoeste do PR	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)
Janeiro	22-26	26-28	20-28	22-30	20-26	24-30	22-26	24-28
Fevereiro	22-26	26-28	20-26	22-30	20-26	24-30	22-26	24-28
Março	20-24	24-28	18-26	20-28	18-24	22-30	20-26	24-28
Abril	18-20	20-24	16-22	18-26	16-22	18-24	16-22	22-26
Maiο	14-18	16-20	12-18	16-22	14-18	16-22	16-20	18-24
Junho	12-16	14-18	10-16	14-20	12-16	14-20	14-18	16-22
Julho	12-16	14-18	10-16	14-20	12-16	14-20	14-18	16-22
Agosto	12-16	14-18	10-16	14-22	12-18	16-22	14-18	18-24
Setembro	14-18	16-20	12-18	16-22	14-18	16-22	16-20	20-26
Outubro	16-20	20-24	14-22	18-26	16-22	18-24	18-22	22-26
Novembro	18-22	22-26	16-24	20-28	18-24	20-28	20-24	22-30
Dezembro	22-24	24-28	18-26	20-30	18-24	22-28	22-26	24-30

Tabela 2. Evolução da temperatura média mensal (°C) da referência (1961-1990) e o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 5, 6, 7 e 8 de produção comercial de uvas.

	Região 5 Colombo e Campo Largo, PR		Região 6 São Roque, Jundiá, São Miguel Arcanjo, SP, e Caldas, MG		Região 7 Jales, SP		Região 8 Petrolina, PE, e Juazeiro, BA	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 -2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 -2100)
Janeiro	20-24	22-28	22-24	24-28	24-28	28-30	24-28	26-32
Fevereiro	20-24	22-30	22-26	24-28	24-28	28-30	24-28	26-32
Março	20-24	22-30	20-24	24-28	24-28	28-30	24-28	28-32
Abril	16-22	20-26	18-22	22-26	22-26	26-30	22-28	26-30
Maiο	14-20	18-24	16-20	20-24	20-24	24-28	22-26	24-30
Junho	12-18	16-22	14-20	18-22	18-22	22-26	20-26	24-30
Julho	12-16	16-20	14-18	18-22	18-22	24-26	20-26	24-30
Agosto	14-18	16-22	16-20	20-24	20-24	26-28	20-26	24-30
Setembro	14-18	18-22	16-22	20-26	22-26	26-30	22-28	26-32
Outubro	16-20	18-24	18-22	22-26	22-26	26-30	24-30	28-34
Novembro	18-22	20-24	20-24	24-26	24-28	26-30	24-30	28-34
Dezembro	18-22	22-26	20-24	24-26	24-26	26-30	24-28	28-32

Tabela 3. Evolução da temperatura média mensal (°C) da referência (1961-1990) e o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 9, 10, 11, 12 e 13 de produção comercial de uvas.

	Região 9 Itaberaí, Paraúna e Santa Helena de Goiás, GO		Região 10 Pirapora, MG		Região 11 Nova Mutum, MT		Região 12 Valença do Piauí, São João do Piauí e Oeiras, PI		Região 13 Limoeiro do Norte, CE	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)
Janeiro	24-26	26-30	24-26	28-30	24-28	28-30	26-28	28-32	28-30	30-32
Fevereiro	24-26	28-30	24-26	28-30	24-28	28-30	26-28	28-32	28-30	30-32
Março	24-26	28-30	24-26	28-30	24-28	28-30	26-28	28-32	28-30	30-32
Abril	24-26	28-30	22-24	26-28	26-28	28-32	24-28	28-32	28-30	30-32
Mai	24-26	26-28	20-24	24-26	24-26	28-30	24-28	28-32	28-30	28-32
Junho	22-24	26-28	20-22	24-26	22-26	26-30	24-28	28-32	28-30	28-30
Julho	22-24	26-28	20-22	22-26	22-26	28-30	24-28	28-32	26-28	28-30
Agosto	24-26	28-30	20-24	24-26	24-28	28-32	26-28	30-32	26-28	30-32
Setembro	24-28	30-32	22-26	26-28	24-28	30-32	28-30	32-34	28-30	30-32
Outubro	24-28	30-32	24-26	26-30	26-28	30-32	28-30	32-34	28-30	30-34
Novembro	24-26	28-30	22-26	26-28	24-28	30-32	28-30	32-34	28-30	32-34
Dezembro	24-26	26-30	22-26	26-28	24-28	28-30	26-30	30-34	28-30	32-34

Tabela 4. Evolução da precipitação pluviométrica média diária (mm/dia) da referência (1961-1990) e o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 1, 2, 3 e 4 de produção comercial de uvas.

	Região 1 Metade Sul do RS		Região 2 Serra Gaúcha e Norte do RS		Região 3 Vale do Peixe e Planalto Catarinense, SC		Região 4 Maringá, Uraí e Sudoeste do PR	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)
Janeiro	3-5	3-5	4-6	4-6	4-6	5-6	5-6	5-7
Fevereiro	4-6	4-6	4-6	5-6	5-6	5-7	5-6	5-7
Março	3-5	3-5	4-6	4-6	3-5	4-5	3-5	3-5
Abril	3-5	3-5	3-6	3-6	3-6	3-6	3-5	3-5
Maiο	3-5	3-5	3-6	3-6	4-6	3-6	3-6	3-6
Junho	3-5	4-5	4-6	4-6	3-6	4-5	2-5	2-5
Julho	4-5	4-5	4-6	4-5	4-5	4-5	1-4	1-4
Agosto	3-5	3-5	4-6	4-6	4-6	4-5	1-4	1-4
Setembro	4-6	4-6	5-7	5-7	5-7	5-6	2-5	2-5
Outubro	3-5	3-5	4-7	5-7	5-6	5-7	4-6	4-7
Novembro	3-5	4-5	4-6	4-7	4-6	5-7	3-6	4-7
Dezembro	3-5	3-5	4-6	3-6	4-6	5-6	5-7	5-7

Tabela 5. Evolução da precipitação pluviométrica média diária (mm/dia) da referência (1961-1990) e o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 5, 6, 7 e 8 de produção comercial de uvas.

	Região 5 Colombo e Campo Largo, PR		Região 6 São Roque, Jundiá, São Miguel Arcanjo, SP e Caldas, MG		Região 7 Jales, SP		Região 8 Petrolina, PE e Juazeiro, BA	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071- 2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 -2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071 -2100)
Janeiro	5-8	5-8	5-10	5-10	7-9	7-9	1-4	2-5
Fevereiro	5-8	5-9	5-9	5-9	6-8	6-8	2-6	2-6
Março	4-7	4-7	3-8	3-6	5-6	4-6	2-6	2-6
Abril	2-4	3-5	2-6	2-6	2-3	2-3	2-6	1-6
Maiο	3-5	3-5	2-5	2-5	1-3	1-3	0-3	0-2
Junho	3-4	3-4	1-4	1-4	0-2	0-2	0-3	0-2
Julho	2-4	2-3	1-3	0-3	0-2	0-1	0-3	0-2
Agosto	3-4	3-4	1-4	1-3	0-2	0-1	0-2	0-1
Setembro	3-5	3-5	2-4	2-4	1-3	1-2	0-2	0-1
Outubro	4-5	4-6	3-5	3-4	3-5	2-4	0-2	0-1
Novembro	3-5	4-5	4-6	4-6	4-6	4-6	0-3	0-3
Dezembro	4-6	5-6	5-9	5-9	6-8	7-9	1-4	0-3

Tabela 6. Evolução da precipitação pluviométrica média diária (mm/dia) da referência (1961-1990) e o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100), nas regiões 9, 10, 11, 12 e 13 de produção comercial de uvas.

	Região 9 Itaberaí, Paraúna e Santa Helena de Goiás, GO		Região 10 Pirapora, MG		Região 11 Nova Mutum, MT		Região 12 Valença do Piauí, São João do Piauí e Oeiras, PI		Região 13 Limoeiro do Norte, CE	
	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Referência (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)
Janeiro	9-11	10-12	8-9	6-8	9-11	10-11	4-6	4-6	1-3	1-3
Fevereiro	7-10	9-10	4-6	4-6	10-12	10-12	4-6	4-6	4-5	3-4
Março	6-8	6-8	4-5	3-4	10-13	10-12	5-6	4-6	6-7	6-7
Abril	3-4	3-4	1-3	1-2	4-5	3-4	4-5	3-4	6-7	5-7
Maiο	1-2	1-2	0-1	0-1	1-2	1-2	0-2	0-1	3-4	2-3
Junho	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	2-3	1-2
Julho	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	1-2	0-2
Agosto	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-2	0-1	0-1	0-1	0-1
Setembro	1-2	1-2	0-2	0-1	2-3	2-3	0-1	0-1	0-1	0-1
Outubro	5-6	4-6	3-5	3-4	5-6	4-5	0-2	0-2	0-1	0-1
Novembro	7-9	8-9	6-8	6-8	7-9	7-9	2-5	2-4	0-1	0-1
Dezembro	9-11	9-11	7-9	7-9	9-11	10-12	3-5	2-4	0-1	0-1

Tabela 7. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira na região 1 (Metade Sul do RS).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Antracnose	Verde	Amarelo	Amarelo					Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Escoriose	Amarelo	Amarelo						Vermelho	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Míldio	Vermelho	Vermelho	Vermelho					Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Amarelo
Oídio	Amarelo	Amarelo						Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Amarelo
Mancha-das-folhas		Amarelo	Amarelo	Amarelo								
Ferrugem		Vermelho	Vermelho	Vermelho						Amarelo	Amarelo	Amarelo
Podridão-cinzenta	Verde	Verde	Verde							Verde	Verde	Verde
Podridão-da-uva-madura	Vermelho	Vermelho	Vermelho									
Podridão-amarga	Vermelho	Vermelho	Vermelho									
Podridão-ácida	Amarelo	Amarelo	Amarelo									
Podridão-descendente	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Fusariose												
Pé-preto												
Cancro-bacteriano												

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Tabela 8. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira nas regiões 2 e 3 (Serra Gaúcha e Metade Norte do RS, Vale do Peixe, Planalto Catarinense, SC).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Antracnose	Vermelho							Verde	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Escoriose	Amarelo	Amarelo						Verde	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Míldio	Vermelho	Vermelho						Verde	Verde	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Oídio	Amarelo	Amarelo								Vermelho	Vermelho	Vermelho
Mancha-das-folhas		Vermelho	Vermelho	Vermelho								
Ferrugem		Vermelho	Vermelho	Vermelho								
Podridão-cinzenta	Verde	Verde	Verde							Verde	Verde	Verde
Podridão-da-uva-madura	Vermelho	Vermelho	Vermelho							Verde	Verde	Amarelo
Podridão-amarga	Vermelho	Vermelho	Vermelho									
Podridão-ácida	Amarelo	Amarelo	Amarelo									
Podridão-descendente	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Fusariose	Amarelo	Amarelo	Amarelo				Verde	Verde	Amarelo			
Pé-preto	Amarelo	Amarelo	Amarelo				Verde	Verde	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Cancro-bacteriano												

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Tabela 9. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira na região 4 (Maringá, Uraí e Sudoeste do PR).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Antracnose	Red	Red	Red				Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Escoriose	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Míldio	Red	Red	Red	Red			Green	Green	Yellow			
Oídio	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow				Red	Red	Yellow		
Mancha-das-folhas				Green	Green	Green					Yellow	Yellow
Ferrugem	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow					Red	Red
Podridão-cinzenta		Yellow	Yellow	Green	Green				Green	Yellow	Yellow	Yellow
Podridão-da-uva-madura		Red	Red	Green	Green				Green	Red	Red	
Podridão-amarga				Green	Green						Yellow	Yellow
Podridão-ácida					Green						Yellow	Yellow
Podridão-descendente	Red	Red	Yellow									
Fusariose												
Pé-preto												
Cancro-bacteriano												

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Tabela 10. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira na região 5 (Colombo e Campo Largo, PR).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Antracnose								Green	Green	Yellow	Yellow	
Escoriose	Yellow	Yellow						Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Míldio	Red	Red							Yellow	Red	Red	Red
Oídio									Red	Yellow	Yellow	Yellow
Mancha-das-folhas		Red	Red	Red								
Ferrugem		Red	Red	Red								
Podridão-cinzenta	Yellow	Yellow	Yellow							Green	Green	
Podridão-da-uva-madura	Red	Red	Red								Red	Red
Podridão-amarga	Red	Red	Red									
Podridão-ácida	Red	Red										
Podridão-descendente	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Fusariose							Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Pé-preto							Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Cancro-bacteriano												

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Tabela 11. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira na região 6 (São Roque, São Miguel Arcanjo e Jundiá, SP, e Caldas, MG).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Antracnose	Red							Green	Green	Red	Red	Red
Escoriose	Yellow							Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Míldio	Red	Red						Green	Green	Red	Red	Red
Oídio									Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Mancha-das-folhas		Red	Red	Red								
Ferrugem		Red	Red	Red								
Podridão-cinzenta		Yellow	Yellow							Yellow	Yellow	Yellow
Podridão-da-uva-madura	Red	Red	Red							Yellow	Yellow	Yellow
Podridão-amarga	Red	Red	Red									
Podridão-ácida	Yellow	Yellow	Yellow									
Podridão-descendente	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow						
Fusariose												
Pé-preto												
Cancro-bacteriano												

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Tabela 12. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira na região 7 (Noroeste de SP).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Antracnose	Red	Red	Green	Red	Red	Red						
Escoriose	Red	Red	Green	Red	Red	Red						
Míldio	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red						
Oídio	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow						
Mancha-das-folhas								Green	Green	Yellow	Yellow	
Ferrugem								Green	Green	Yellow	Yellow	
Podridão-cinzenta									Yellow	Red	Red	
Podridão-da-uva-madura									Yellow	Red	Red	
Podridão-amarga									Yellow	Red	Red	
Podridão-ácida										Red	Red	
Podridão-descendente	Yellow	Red	Red	Red								
Fusariose												
Pé-preto												
Cancro-bacteriano												

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Tabela 13. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira nas regiões 9 e 11 (Itaberaí, Paraúna e Santa Tereza de Goiás, GO, e Nova Mutum, MT).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Antracnose	Red	Red	Green	Red	Red	Red						
Escoriose	Red	Red	Green	Red	Red	Red						
Míldio	Red	Red	Yellow									
Oídio	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow						
Mancha-das-folhas								Green	Green	Yellow	Yellow	
Ferrugem								Green	Green	Yellow	Yellow	
Podridão-cinzenta								Yellow	Yellow	Red	Red	
Podridão-da-uva-madura								Yellow	Yellow	Red	Red	
Podridão-amarga								Yellow	Yellow	Red	Red	
Podridão-ácida								Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Podridão-descendente	Yellow	Red	Red	Red								
Fusariose												
Pé-preto												
Cancro-bacteriano												

1 – análise da incidência/severidade:
 Red Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
 Yellow Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
 Green Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
 White Ausência da doença

Tabela 14. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira na região 10 (Pirapora, MG).

Doença	Mês											
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Antracnose	Red	Red	Yellow	Red	Red							
Escoriose	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red
Míldio	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red						
Oídio	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow						
Mancha-das-folhas									Green	Yellow		
Ferrugem		Yellow						Green	Green	Yellow		
Podridão-cinzenta							Green	Green	Green	Yellow		
Podridão-da-uva-madura							Green	Green	Green	Yellow		
Podridão-amarga							Green	Green	Green	Yellow		
Podridão-ácida							Green	Green	Green	Yellow		
Podridão-descendente	Yellow	Red	Red	Yellow								
Fusariose												
Pé-preto												
Cancro-bacteriano												

1 – análise da incidência/severidade:
 Red Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
 Yellow Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
 Green Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
 White Ausência da doença

Tabela 15. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira nas regiões 8, e 13 (Petrolina, PE, Juazeiro, BA, e Limoeiro do Norte, CE).

Doença	Mês												
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Antracnose													
Escoriose													
Míldio													
Oídio													
Mancha-das-folhas													
Ferrugem													
Podridão-cinzenta													
Podridão-da-uva-madura													
Podridão-amarga													
Podridão-ácida													
Podridão-descendente													
Fusariose													
Pé-preto													
Cancro-bacteriano													

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Tabela 16. Expectativa para 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência/severidade¹ de quatorze doenças durante o período vegetativo/reprodutivo da videira na região 12 (Valença do Piauí, São João do Piauí e Oeiras, PI).

Doença	Mês												
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Antracnose													
Escoriose													
Míldio													
Oídio													
Mancha-das-folhas													
Ferrugem													
Podridão-cinzenta													
Podridão-da-uva-madura													
Podridão-amarga													
Podridão-ácida													
Podridão-descendente													
Fusariose													
Pé-preto													
Cancro-bacteriano													

1 – análise da incidência/severidade:

- Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas.
- Ausência da doença

Doenças causadas por fungos

Antracnose *Elsinoe ampelina*

A antracnose ocorre em todas as partes verdes da planta (folhas, ramos, gavinhas, inflorescências e frutos), desde as primeiras brotações até o início da maturação. O fungo se desenvolve numa ampla faixa de temperatura, entre 2 °C e 32 °C, sendo a temperatura ótima entre 24 °C e 26 °C, associado com primaveras chuvosas, nevoeiros ou cerrações, com umidade relativa superior a 90 %, sendo ainda favorecida por ventos frios. A infecção necessita de 3 a 7 h de molhamento foliar. Também foi observado que em condições de alta umidade foliar, na temperatura de 12 °C, a infecção demora cerca de 7 a 10 h, enquanto que na temperatura de 21 °C demora cerca de 3 a 4 h (PEARSON; GOHEEN, 1988; BROOK, 1992).

A temperatura da primavera tem influência no surgimento dos sintomas, podendo anteceder ou retardar seu aparecimento. A precipitação tem efeito sobre a severidade da doença. O período de incubação varia de acordo com a temperatura, sendo de 7 a 12 dias na temperatura de 12 °C, de 5 a 7 dias a 16,5 °C e de 3 a 4 dias a 21 °C. A produção de conídios ocorre 14 dias depois da infecção com a temperatura de 12 °C e, depois de 5 dias, na temperatura de 21 °C. Chuvas frequentes de 1 mm a 2 mm podem promover infecções maiores do que chuvas substanciais (BROOK, 1973; 1992).

Nas regiões 1, 2, 3, 5 e 6, em viticultura com uma poda anual, estimam-se aumento da incidência/severidade da antracnose nos vinhedos localizados na primeira região, nos meses de agosto a dezembro, e redução nas regiões 2, 3 e 5, principalmente nos estádios iniciais do ciclo, compreendendo os meses de agosto a setembro devido, em parte, à redução do volume de chuvas. A partir de outubro, espera-se o mesmo grau de importância da atualidade. Para as regiões 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13, onde se pratica viticultura tropical com duas podas anuais, espera-se que, no cenário futuro, esta doença tenha comportamento semelhante ao cenário atual, prevalecendo sua ocorrência nos meses chuvosos (Tabelas 7 a 15).

Escoriose *Phomopsis viticola*

A escoriose tem sido frequentemente detectada no Sul do País ocasionando a quebra de ramos perto da base quando há grande número de lesões, reduzindo, assim, o número de cachos e a produção (SÔNEGO et

al., 2003). Com o início da brotação da videira na primavera, geralmente, nos ramos atacados, atingidos pela chuva, inicia-se o processo de dispersão dos esporos com a abertura dos picnídios e a saída de uma massa gelatinosa de coloração amarelada, começando desta forma a infecção dos tecidos novos, das inflorescências e das bagas. Os esporos alfa e beta germinam numa ampla faixa de temperatura entre 1 °C e 37 °C. Entretanto, o processo de infecção é favorecido pela temperatura ótima de 23 °C a 25 °C e pela presença de 4 h de umidade livre. Nas temperaturas de 12 °C, 16 °C e 18 °C são necessárias 11,2 h; 8,3 h e 7,1 h, respectivamente, de molhamento foliar para infecção por *P. viticola*. Os sintomas ocorrem de 21 a 30 dias após a infecção (ERINCIK et al., 2003).

Nos vinhedos localizados nas regiões 1, 7, 9, 10 e 11, a intensidade da escoriose apresentará acréscimo em relação ao encontrado atualmente. Enquanto que se espera encontrar o mesmo grau de importância nas regiões 2, 3, 4, 5 e 6 nos meses de outubro a dezembro e decréscimo nos meses de julho a setembro. Para as regiões 8, 12 e 13, a doença manterá a importância atual no período de janeiro a abril, novembro a abril e fevereiro a abril, respectivamente (Tabelas 7 a 15).

Míldio

Plasmopara viticola

O míldio é a principal doença da videira no Brasil. Causa sérios prejuízos à viticultura, em regiões com alta precipitação, principalmente no final da primavera e no verão. A temperatura ótima para o desenvolvimento do patógeno situa-se entre 20 °C e 25 °C e a umidade ótima acima de 95 %. É necessário que ocorra condensação da água (água livre) por um período mínimo de duas horas para haver novas infecções (LAVIOLA, 1964).

Durante o inverno, os oósporos persistem no solo e no interior de folhas mortas. Na primavera, com temperatura do solo superior a 10 °C e com chuva superior a 10 mm, os oósporos germinam, formando os macrosporângios que contêm os zoósporos que irão infectar os órgãos vegetativos da videira causando as infecções primárias. Esporângios podem ser produzidos a cada cinco a 18 dias, dependendo da temperatura, umidade relativa e suscetibilidade do hospedeiro. A faixa de temperatura ótima para a formação de esporângios é de 18 °C a 22 °C. Para que uma mancha de óleo dê lugar à formação de esporângios é necessário que as temperaturas médias sejam maiores do que 13 °C e a umidade relativa superior a 80 %. Folhas de videira tornam-se infectadas com água livre por 3 h em 12 °C a 15 °C ou com 1,5 h a 2,0 h em 18 °C a 28 °C (LUCAS et al., 1985; LALANCETTE et al., 1988).

Num cenário futuro de mudanças climáticas, o míldio da videira continuará tendo grande importância em relação às demais doenças. Estima-se acréscimo da sua importância durante toda a safra dos vinhedos localizados na região 1. Nas regiões 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11 e 12 espera-se encontrar maior pressão da doença de outubro a fevereiro, resultante de temperaturas mais elevadas associadas às altas precipitações pluviométricas em relação ao restante do ano. Nas regiões 4, 8, 12 e 13, sua importância coincide com o observado na atualidade (Tabelas 7 a 15).

Oídio

Uncinula necator

As cultivares européias (*Vitis vinifera*) são em geral suscetíveis, enquanto que as cultivares americanas são resistentes. Os principais danos, quando ocorrem, se originam da incidência do fungo sobre as bagas provocando rachaduras e, posteriormente, podridões dos cachos. Quando ataca as folhas, reduz a área fotossintética. Este fungo causa perdas importantes principalmente nas regiões vitícolas do Nordeste brasileiro, no noroeste de São Paulo, norte do Paraná e, em menor grau, no Sul do Brasil.

O oídio é uma doença de clima fresco e seco, sendo a temperatura ótima próxima a 25 °C; embora os esporos germinem na superfície da folha em temperaturas entre 6 °C e 33 °C. A rápida germinação e crescimento micelial ocorrem entre 20 °C e 27 °C e a umidade relativa entre 40 % e 60 %. Em temperaturas ótimas, o período latente, que é o tempo entre a germinação e a produção de novos esporos, é de cinco dias. A água livre, assim como a chuva, o orvalho ou a água de irrigação podem causar germinação fraca ou anormal dos esporos e pode lavar os esporos e micélio dos tecidos do hospedeiro (HEWITT; RASKI, 1967).

Esta doença, na região 1, apresentará maior importância em relação à atualidade, nos meses de agosto a novembro, e mesma intensidade no restante do ano. Nas regiões 2 e 3, com a redução do volume de chuvas, também se espera acréscimo na intensidade nos meses de outubro a dezembro, época de ocorrência normal da doença. Nas regiões 4, 5, 12 e 13, estima-se encontrar o mesmo grau de importância ao observado na atualidade. Já nos vinhedos das regiões 7, 9, 10 e 11, estima-se, em média, acréscimo na importância desta doença nos meses de março a setembro e igual intensidade no restante do ano. Nas regiões 8 e 13, a importância da doença poderá diminuir nos meses de outubro a dezembro devido à ocorrência de temperaturas acima a 30 °C, inibindo a germinação dos conídios. Entretanto, nos demais meses, a doença manterá a importância atual (Tabelas 7 a 15).

Mancha-da-folha *Pseudocercospora vitis*

A mancha-da-folha ocorre no final do ciclo vegetativo, especialmente em cultivares americanas e híbridas. Quando não são feitos tratamentos após a colheita nas cultivares suscetíveis, ocorre uma queda prematura das folhas. Isto acarreta o enfraquecimento da planta e compromete a produção dos anos seguintes (AMORIM; KUNIYUKI, 1997). Sob condições de alta umidade e temperatura, ocorre a formação dos conídios que são disseminados pela ação da água e do vento, iniciando novas infecções (CASTRO, 1965).

A mancha-das-folhas apresentará acréscimo no grau de importância nos vinhedos localizados nas regiões 2, 3, 5 e 6, com colheitas de janeiro a março, e nas regiões 8 e 12, nos meses de dezembro a fevereiro. Por outro lado, nas regiões 1, 7, 9, 10 e 11, estima-se intensidade semelhante à observada na atualidade. Na região 4, espera-se encontrar menor importância nos meses de abril a junho (Tabelas 7 a 15). Nas regiões 4, 8, 12 e 13, esta doença manterá a importância atual.

Ferrugem *Phakopsora euvitis*

A doença geralmente ocorre com maior intensidade no final do ciclo de produção, causando desfolha antecipada das plantas, podendo prejudicar a maturação de frutos e ramos (ANGELOTTI, 2006; TESSMANN et al., 2007).

No Paraná, a doença ocorre em maior intensidade nos meses mais quentes e úmidos (dezembro a março), nos quais são registradas temperaturas mínimas noturnas superiores a 18 °C, associadas com períodos prolongados de molhamento foliar. Na Região Nordeste, altos índices de severidade têm sido observados nos meses de março a maio. As pústulas são formadas cinco a sete dias após a inoculação, em temperaturas que variam de 16 °C a 30 °C. O período de incubação é mais longo, de 13 dias, em temperaturas inferiores a 16 °C. As temperaturas mínimas, ótimas e máximas para a germinação dos urediniosporos são 8 °C, 24 °C e 30 °C, respectivamente (LEU; WU, 1983; ANGELOTTI, 2006).

A ferrugem da videira tem sido constatada esporadicamente, porém sem ocasionar danos significativos nas regiões 1, 2 e 3 até o ano de 2009. Estima-se o aumento da sua importância até o ano 2080, nos vinhedos localizados nas regiões 1, 2, 3, 5 e 6, nos meses de fevereiro a abril. Nas regiões 4 e 8, nos meses de abril a junho, estimam-se intensidades similares às encontradas na

atualidade. Para as regiões 7, 9, 10 e 11 espera-se grau de importância menor ao encontrado no momento (Tabelas 7 a 15).

Podridão-cinzenta-da-uva ***Botryotinia fuckeliana (Botrytis cineria)***

A podridão-cinzenta existe em todas as regiões produtoras de uvas do Brasil, reduzindo qualitativa e quantitativamente a produção (SÔNEGO et al., 2003). O fungo se desenvolve melhor na faixa de temperatura entre 18 °C e 23 °C e umidade relativa alta. O patógeno também é ativo em temperaturas baixas e causa perdas consideráveis em produtos armazenadas por longos períodos, mesmo com temperatura entre 0 °C e 10 °C. Esporos germinados penetram nos tecidos por meio de ferimentos ou após crescimento sobre pétalas de flores velhas ou folhagem seca. As infecções de uvas por *Botrytis cinerea* ocorrem durante períodos de pelo menos 16 h de temperatura entre 15 °C e 20 °C e alta umidade relativa. Nas temperaturas de 10 °C, 15,5 °C, 22,5 °C, 26,5 °C e 39 °C são necessárias 30, 18, 15, 22 e 35 h de condições de molhamento, respectivamente, para sucesso da infecção (BROOME et al., 1995). Na maioria dos casos, podridões severas dos cachos estão associadas com umidade relativa alta e temperaturas entre 15 °C a 28 °C durante a maturação da uva (BROOME et al., 1995).

A podridão-cinzenta apresentará menor grau de importância quando comparado à atualidade nas regiões 1, 2 e 3. Da mesma forma, espera-se encontrar menor ou igual importância nas regiões 4, 5, 6 e 10. Porém, deve ocorrer um acréscimo na intensidade nas regiões 7, 9 e 11, nos meses de outubro e novembro. Na região 8, observa-se no cenário futuro um aumento na temperatura para todos os meses do ano, sem alterações significativas para o volume de chuvas. Desta maneira, a infecção do patógeno poderá ser comprometida (Tabelas 7 a 15).

Podridão-da-uva-madura ***Glomerella cingulata***

A podridão-da-uva-madura causa sérios danos à viticultura. A infecção pelo patógeno pode ocorrer desde a floração até a colheita. Como o nome indica, incide nas uvas maduras ou em processo de maturação. As condições favoráveis para a ocorrência e desenvolvimento da doença são temperaturas entre 25 °C e 30 °C e umidade elevada (AGRIOS, 1997; CHALFOUN; ABRAHÃO, 1984; LEE, 1962).

Essa doença terá um grau de importância maior ao observado na atualidade nos meses de janeiro a março, nas regiões 1, 2, 3, 5, 6 e 7 e 12; e outubro e novembro, nas regiões 6, 7, 9 e 11 (Tabelas 7 a 15).

Podridão-amarga *Greeneria uvicola*

A podridão-amarga, assim denominada por provocar um sabor amargo nas bagas em maturação, é outra doença que causa sérios danos à viticultura (SÔNEGO et al., 2003). Embora possa ocorrer numa faixa de 12 °C a 36 °C, as condições ideais para o desenvolvimento da podridão-amarga são temperaturas em torno de 24 °C a 28 °C e alta umidade. As condições ótimas para infecção são temperatura de 23,7 °C e 24 h de molhamento foliar (RIDINGS; CLAYTON, 1970).

Estima-se maiores intensidades desta doença nas regiões 1, 2, 3, 5 e 6, nos meses de janeiro a março. Para as regiões 7, 9 e 11, o aumento de intensidade deverá ser nos meses de outubro e novembro. Nas regiões 4, 8, 10, 12 e 13, espera-se encontrar igual ou menor intensidade desta doença em relação à atualidade (Tabelas 7 a 15).

Podridão-ácida **Leveduras imperfeitas e leveduras esporógenas**

Em anos chuvosos, a podridão-ácida torna-se um grave problema tanto em uvas para mesa como em uvas para vinho. Frequentemente está associada com a podridão-cinzenta-da-uva. Os invasores secundários e os organismos que causam a podridão-ácida estão presentes na superfície da maioria das plantas e sobre materiais em decomposição no solo. Eles podem ser disseminados pelo vento, chuva ou insetos. Assim, são hábeis para iniciar o processo de podridão tão logo as bagas tornem-se feridas sob temperatura e umidade relativa elevadas (UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 1982).

A podridão-ácida terá igual importância à observada no momento nas regiões 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 e 13. Porém, estima-se decréscimo de sua importância nos meses de julho a setembro para a região 10, enquanto que para as regiões 5, 7, 9 e 11, espera-se acréscimo do grau de importância (Tabelas 7 a 15).

Podridão-descendente *Botryosphaeria spp. (Eutypa lata; Phomopsis viticola)*

A infecção ocorre por ferimentos de poda ou outras injúrias produzidas

sobre a planta. Estresse hídrico e desequilíbrio nutricional favorecem o desenvolvimento da doença. Os fungos se desenvolvem numa ampla faixa de temperatura, sendo a temperatura ótima para *Eutypa lata* entre 20 °C e 25 °C; para *Botryosphaeria* spp. e *Phomopsis viticola* entre 23 °C e 26 °C. Todos os patógenos são favorecidos por alta umidade (ELLIS; ERINCIK, 2007; PSCHEIDT; PEARSON, 2006).

A podridão-descendente da videira encontra-se presente em todas as regiões produtoras, durante todos os meses do ano. Estima-se que a intensidade da doença será igual ou inferior à observada na atualidade, para as regiões 8, 12 e 13, aumentando sua importância nos meses de janeiro e fevereiro para a região 4; outubro a dezembro, para as regiões 7, 9, 10 e 11 (Tabelas 7 a 15).

Fusariose

Fusarium oxysporum f.sp. *herbemontis*

A fusariose é uma doença vascular, cujo patógeno penetra por ferimentos nas raízes. Encontra-se disseminada em boa parte do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. A doença apresenta maior incidência em vinhedos com cultivares suscetíveis plantados em solos úmidos ou mal-drenados. O fungo pode sobreviver por longos períodos, mesmo na ausência da videira (SÔNEGO et al., 2003).

A fusariose encontra-se presente principalmente nas regiões 2, 3 e 5. Estima-se que sua importância será semelhante ou inferior à observada na atualidade (Tabelas 7 a 15).

Pé-preto

Cylindrocarpon destructans

A doença é caracterizada pelo escurecimento e apodrecimento do colo da planta, que posteriormente avança para o sistema radicular. Com o passar do tempo, observa-se formação de internódios curtos e redução do vigor e das brotações da planta, culminando no murchamento da parte aérea e morte da planta. O patógeno é favorecido principalmente por solos mal-drenados (GARRIDO et al., 2004).

O pé-preto tem ocasionado morte de videiras das cultivares americanas, principalmente nas regiões 2 e 3. Pela redução do volume de chuvas nestas regiões, sua importância será semelhante ou menor ao encontrado no momento (Tabelas 7 a 15).

Doença causada por bactérias

Cancro-bacteriano-da-videira *Xanthomonas campestris* pv. *viticola*

Os sintomas da doença são observados principalmente em folhas, ramos e cachos, comprometendo os ramos produtivos e reduzindo a produção. Nas folhas, os sintomas surgem como lesões necróticas distribuídas de forma esparsa, que coalescendo, causam crestamento e destruição de extensas áreas do limbo foliar. Nas nervuras e pecíolos das folhas podem ser observadas manchas necróticas e alongadas e a formação de cancos. Os mesmos sintomas são observados nos ramos e ráquis dos frutos. Nos frutos há ocorrência de manchas necróticas circulares e desuniformidade no tamanho e coloração (LIMA et al., 1999). A bactéria se desenvolve numa ampla faixa de temperatura que vai de 5 °C a 36 °C. Entretanto, as condições ideais para o desenvolvimento são temperatura em torno de 27 °C a 29 °C e alta umidade (LIMA, 2000; NASCIMENTO et al., 2004).

No Submédio do Vale do São Francisco, os sintomas normalmente aparecem no primeiro semestre do ano, em épocas de umidade relativa e temperatura elevadas. A ocorrência de chuvas propicia a exsudação de pus bacteriano a partir dos cancos presentes em ramos, favorecendo a disseminação do patógeno. Na região 8, a importância da doença continuará a mesma da atualidade, com ocorrência nos meses de janeiro a abril (Tabelas 7 a 15).

Considerações finais

A produção de uvas no Brasil acontece praticamente o ano todo, nas diferentes regiões produtoras, e a ocorrência de doenças é um dos principais problemas, ocasionando perdas significativas na produção e aumentando o custo de produção. A importância de cada patógeno varia de acordo com a localização geográfica e com o grau de resistência da planta hospedeira. Assim, diante de um novo cenário climático, a realização de pesquisas por meio de monitoramento, simulação e de experimentação serão necessários, contribuindo na geração de conhecimento e na adoção de medidas de mitigação e adaptação. Isto porque, a compreensão da influência das mudanças climáticas sobre a ocorrência das doenças da videira permitirá a orientação de pesquisas que contribuam efetivamente para a redução

dos efeitos negativos sobre a produção de uvas, por meio da adequação de medidas eficientes no manejo das doenças.

Referências

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. New York, Academic Press, 1997. 635 p.
- AMORIM, L.; KUNIYUKI, H. Doenças da videira. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2. p. 736-757.
- ANGELOTTI, F. **Epidemiologia da ferrugem (*Phakopsora euvtis*) da videira (*Vitis spp.*)**. 2006. 66p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- BROOK, P. J. Epidemiology of grapevine anthracnose, caused by *Elsinoe ampelina*. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 16, p. 333-342, 1973.
- BROOK, P. J. Epidemiology of grapevine anthracnose and downy mildew in a Auckland, New Zealand vineyard. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 20, p. 37-49, 1992.
- BROOME, J. C.; ENGLISH, J. T.; MAROIS, J. J.; LATORRE, B. A.; AVILES, J. C. Development of an infection model for Botrytis bunch rot of grapes based on wetness duration and temperature. **Phytopathology**, v. 85. p. 97-102, 1995.
- CASTRO, R. A. **Plagas y enfermedades de la vid**. Madrid: Instituto Nacional de Investigación Agronómica, 1965. 757 p.
- CHALFOUN, S. M.; ABRAHÃO, E. Doenças da videira. **Informe Agropecuário**, v. 10, p. 56-62, 1984.
- EICHHORN, K. W.; LORENZ, D. H. Phaenologische Entwicklungsstadien der Rebe. **European and Mediterranean Plant Protection Organization**, Paris, v. 14, n. 2, p. 295-298, 1984.
- ELLIS, M. A.; ERINCIK, O. **Phomopsis cane and leaf spot of grape**. Ohio State University Extension Fact Sheet. Disponível em: <<http://www.ag.ohio-state.edu.ph/Phomopsis Cane and Leaf Spot of Grape.htm>>. Acesso em: 23 jan. 2007.
- ERINCIK, O.; MADDEN, L. V.; FERREE, D. C.; ELLIS, M. A. Temperature and wetness-duration requirements for grape leaf and cane infection by *Phomopsis viticola*. **Plant Disease**, v. 87, n. 7, p. 832-840, 2003.
- EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. EPPO Crop growth stage keys: grapevines. **EPPO/OEPP Bulletin**, v.14, n. 2, p. 295-298, 1984.
- GARRIDO, L. da R.; SÔNEGO, O. R.; URBEN, A. F. *Cylindrocarpon destructans* causador do “pé-preto” da videira no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 548-550, 2004.
- HEWITT, W. B.; RASKI, D. J. Factores que limitam el rendimiento do los cultivos: 6 ha vid. **Span**, v.10, n. 1, p. 56-59, 1967.
- LALANCETTE, N.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. Development of an infection efficiency model for *Plasmopara viticola* on american grape based on temperature and duration of leaf wetness. **Phytopathology**, v. 78, p. 794-800, 1988.
- LAVIOLA, C. Prime asservazioni sulla biologia di *Plasmopara viticola* (Berk et. Curt) Berl, et De Toni in Puglia. **Annali della Facolta di Agraria**, Universita di Bari, v.18, p.141-195, 1964.
- LEE, D. H. Study on the control of ripe rot disease of grape. **Plant Protection**, v.1, p. 47-50, 1962.
- LEU, L. S.; WU, H. G. Uredospore germination, infection and colonization of grape rust fungus,

Phakopsora ampelopsidis. **Plant Protection Bulletin**, Taiwan, v. 25, p. 167-175, 1983.

LIMA, M. F. **Cancro bacteriano da videira causado por *Xanthomonas campestris* pv. *viticola***: epidemiologia e manejo. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. 22 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica; 54).

LIMA, M. F.; FERREIRA, M. A. S. V. MOREIRA, W. A.; DIANESE, J. C. Bacterial canker of grapevine in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 440-443, 1999.

LUCAS, G. B.; CAMPBELL, C. L.; LUCAS, L. T. **Introduction to plant diseases identification and management**. Westport: Avi Publishing, 1985. 313 p.

NASCIMENTO, A. R. P.; MARIANO, R. L. R. Cancro bacteriano da videira: etiologia, epidemiologia e medidas de controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 301-307, 2004.

PEARSON, R. C.; GOHEEN, A. C. **Compendium of grape diseases**. St. Paul: APS Press, 1988. 93 p.

PSCHIEDT, J. W.; PEARSON, R. C. **Phomopsis cane and leaf spot of grape**. Disease identification sheet n.6 (revision). Cornell Cooperative Extension, 1991. Disponível em: <<http://nysim.cornell.edu/factsheets/grapes/diseases/phomopsis.pdf>> Acesso em: 25 jul. 2006.

RIDINGS, W. H.; CLAYTON, C. N. *Melanconium fuligineum* and the bitter rot disease of grape. **Phytopathology**, v. 60, p. 1203-1210, 1970.

SENTELHAS, P. C. Aspectos climáticos para a viticultura tropical. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 9-14, 1998.

SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. da R.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Doenças fúngicas. In: FAJARDO, T. V. M. (Ed.). **Uva para processamento**: fitossanidade. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 11-44.

TESSMANN, D. J.; VIDA, J. B.; GENTA, W.; KISHINO, A. Y. 10 Doenças e seu manejo. In: KISHINO, A. Y.; CARVALHO, S. L. C. de; ROBERTO, S. R. (Ed.). **Viticultura tropical**: o sistema de produção do Paraná. Londrina: IAPAR, 2007. p. 255-287.

TONIETTO, J. Clima. In: KUHN, G. B. (Ed.). **Uva para processamento**: produção. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 27-33.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. Division of Agricultural Science. **Grape pest management**. Berkeley, 1982. 312 p.



As mudanças climáticas constituem uma séria ameaça à agricultura, pois podem promover significativas alterações na ocorrência de doenças de plantas. Essas alterações podem representar graves consequências econômicas, sociais e ambientais. A análise desses efeitos é fundamental para a adoção de medidas de adaptação, com a finalidade de evitar prejuízos futuros. A obra apresenta uma discussão sobre os impactos potenciais das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil e deve servir de base para a elaboração de estratégias de adaptação por tomadores de decisão do setor agrícola.