



O Cancro Europeu no Brasil

Silvio André Meirelles Alves
Ana Beatriz Costa Czermainski

Editores Técnicos

Embrapa



Uva e Vinho

O cancro europeu é uma doença fúngica que, desde que entrou no Brasil, em 2012, vem causando prejuízos econômicos significativos à cadeia produtiva da maçã. É uma doença que afeta principalmente o desenvolvimento dos ramos da planta, interferindo na translocação de água e nutrientes, diminuindo o número de ramos produtivos, gemas e frutos e, conseqüentemente, interferindo na longevidade do pomar.

Confirmada a presença do cancro europeu no Brasil, diversas instituições ligadas à cadeia produtiva uniram-se no propósito de combater a doença. Entre as iniciativas tomadas destacou-se um projeto de pesquisa financiado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), que, com a colaboração de instituições de pesquisa e ensino, conduziu experimentos em locais de ocorrência da doença. Além disso, possibilitou um proveitoso intercâmbio de informações com pesquisadores de outras partes do mundo, principalmente da Nova Zelândia.

Esta publicação congrega grande parte dos conhecimentos científicos adquiridos durante a execução daquele projeto. O livro, composto por 13 capítulos, relata a entrada da doença no Brasil, analisa a atual situação da doença nos estados do Sul e disponibiliza várias informações sobre o patógeno, a influência do ambiente, o manejo e medidas de controle. A revisão e os resultados apresentados certamente contribuirão para o manejo da doença, para a formulação de mais trabalhos sobre o assunto e para a sustentabilidade da cultura no Brasil.

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



O Cancro Europeu no Brasil

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Uva e Vinho
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

O Cancro Europeu no Brasil

Silvio André Meirelles Alves
Ana Beatriz Costa Czermainski
Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2019

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Uva e Vinho

Rua Livramento, nº 515
Caixa Postal 130
95701-008 Bento Gonçalves, RS
Fone: (54) 3455-8000
Fax: (54) 3451-2792
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Embrapa

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
www.embrapa.br/livraria
livraria@embrapa.br

Unidade responsável pelo conteúdo

Embrapa Uva e Vinho

Comitê Local de Publicações

Presidente

Adeliano Cargnin

Secretário-executivo

Edgardo Aquiles Prado Perez

Núbia Poliana Vargas Gerhardt (substituta)

Membros

Jorge Tonietto

João Henrique Ribeiro Figueredo

Klecius Ellera Gomes

Luciana Elena Mendonça Prado

Rochelle Martins Alvorcem

Viviane Maria Zanella Bello Fialho

Responsável pela edição

Secretaria-Geral

Coordenação editorial

Alexandre de Oliveira Barcellos

Heloiza Dias da Silva

Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial

Wyviane Carlos Lima Vidal

Revisão de texto

Everaldo Correia da Silva Filho

Normalização bibliográfica

Rochelle Martins Alvorcem (CRB 10/1810)

Rejane Maria de Oliveira (CRB 1/2913)

Projeto gráfico e editoração eletrônica

Leandro Sousa Fazio

Capa

Luciana Elena Mendonça Prado

Fotos da capa

Silvio André Meirelles Alves

1ª edição

1ª impressão (2019): 500 exemplares

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 Uva e Vinho

O cancro europeu no Brasil / Silvio André Meirelles Alves, Ana Beatriz Costa Czermainski, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2019.

190 p. : il. color; 16 cm × 22 cm.

ISBN 978-85-7035-841-7

1. Cancro europeu. 2. Controle químico. 3. Fungicidas biológicos. 4. *Neonectria ditissima*. 5. Maçã. 6. Sul do Brasil. I. Czermainski, Ana Beatriz Costa. II. Alves, Silvio André Meirelles. III. Título. CDD 632.4 (21. ed.)

Autores

Álvaro Figueredo dos Santos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Amauri Bogo

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, professor titular da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), Florianópolis, SC

Ana Beatriz Costa Czermainski

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

Bruna Carla Agustini

Farmacêutica bioquímica e industrial, doutora em Ciências Farmacêuticas, analista da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

Celso Garcia Auer

Engenheiro florestal, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Claudia Cardoso Nunes

Tecnóloga em Fruticultura, mestre em Produção Vegetal, bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado, Vacaria, RS

Daiana Luisa Stein

Graduanda em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Bento Gonçalves, RS

David Manktelow

Bacharel em Horticultura, Ph.D. em Fitopatologia e Tecnologia de Aplicação, pesquisador do Applied Research and Technologies Ltd., Napier, Nova Zelândia

Fabiana Vieira Tormente

Graduanda em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, RS

Fabio Rossi Cavalcanti

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

Felipe Augusto Moretti Ferreira Pinto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de São Joaquim, São Joaquim, SC

Jairo João Carbonari

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, auditor-fiscal federal agropecuário do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Porto Alegre, RS

Jânio de Souza Vieira

Graduando em Agronomia, Instituto Federal Campus Santa Rosa do Sul, Santa Rosa do Sul, SC

Jhulia Gelain

Engenheira-agrônoma, mestre em Produção Vegetal, doutoranda da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR

Joelsio José Lazzarotto

Médico-veterinário, doutor em Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

Leonardo Araujo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de São Joaquim, São Joaquim, SC

Louise Larissa May De Mio

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, professora associada da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR

Márcia Regina Pansera Lemos

Bióloga, mestre em Biotecnologia, laboratorista da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS

Monika Walter

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Ciências Ambientais, pesquisadora do The New Zealand Institute for Plant & Food Research Limited, Motueka, Nova Zelândia

Murilo César dos Santos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, professor da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS

Rodolfo Mendes

Graduando em Agronomia, Universidade de Caxias do Sul (UCS),
Caxias do Sul, RS

Rodrigo Luis Boff

Graduando em Agronomia, Universidade de Caxias do Sul (UCS),
Caxias do Sul, RS

Rosa Maria Valdebenito Sanhueza

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da
Proterra, Vacaria, RS

Silvio André Meirelles Alves

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da
Embrapa Uva e Vinho, Estação Experimental de Fruticultura de
Clima Temperado, Vacaria, RS

Vinicius Hentges Sebben

Graduando em Agronomia, Universidade de Caxias do Sul (UCS),
Caxias do Sul, RS

Wilsimar Adriana de Almeida Peres Rissi

Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, auditora-fiscal
federal agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e
Abastecimento, Curitiba, PR

Dedicamos este livro
a nossas famílias.

Agradecimentos

Ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento pelo financiamento do principal projeto de pesquisa em cancro europeu no Brasil entre 2012 e 2018.

À Embrapa Uva e Vinho pelo apoio de funcionários e pela estrutura laboratorial e pomares.

Ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram/Epagri) por ceder registros meteorológicos para a análise apresentada no Capítulo 6.

Ao *New Zealand Plant Protection Journal* por permitir a reimpressão de tabelas, figuras e texto de artigos sobre controle biológico do Capítulo 10. Os trabalhos relatados neste capítulo foram financiados pela *New Zealand Apples & Pears Inc.* (anteriormente chamado de *Pipfruit New Zealand Inc.*), com cofinanciamento de fornecedores dos produtos.

Aos órgãos estaduais de defesa sanitária vegetal, Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (Adapar), Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc) e Secretaria Estadual da Agricultura, Pecuária e Irrigação (Seapi) por cederem os registros dos levantamentos da ocorrência da doença utilizados no Capítulo 2.

À Associação Brasileira de Produtores de Maçã (ABPM) e a todas as associações de produtores congregadas a ela, pelo apoio nas reuniões, discussões, eventos e todo auxílio ao projeto sobre cancro europeu.

Aos alunos de graduação e pós-graduação que participaram da condução dos experimentos.

Apresentação

O cultivo comercial de macieiras no Brasil é uma atividade que está prestes a completar 50 anos. Para uma cultura perene isso é pouco tempo. Mesmo assim, essa cadeia produtiva mostrou nesse período: adaptação na forma de produzir, crescimento, organização e busca constante por novas técnicas produtivas, para se manter sustentável e competitiva.

Os agricultores enfrentaram alguns desafios para produzir maçã em um ambiente que nem sempre possui um inverno suficiente para a dormência da planta, tendo a adversidade de chuvas frequentes que favorecem ao desenvolvimento de doenças.

O cancro europeu, ao chegar ao Brasil em 2012, causou grande preocupação. É uma doença que afeta o pomar em diversas etapas da produção, desde a formação de mudas até o crescimento e produção das frutas. O seu principal prejuízo se dá pela seca de ramos e diminuição da translocação de água e nutrientes. Muitos esforços foram feitos para conter o avanço e controlar a doença desde a sua entrada. O financiamento de um projeto de pesquisa pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) foi essencial para que experimentos fossem conduzidos em condições locais. Com o fundamental apoio do Mapa, o projeto Cancro europeu das pomáceas - uma ameaça à pomicultura brasileira: diagnóstico, impacto econômico, epidemiologia, controle e transferência de tecnologia permitiu a formação de uma rede de colaboração entre as instituições de pesquisa e ensino ligadas ao setor da maçã. Também contou com os produtores e suas entidades representativas, com

destaque para a Associação Brasileira de Produtores de Maçã (ABPM) e Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã (Agapomi), permitindo o intercâmbio de informações com pesquisadores de outras partes do mundo, principalmente da Nova Zelândia.

Esta publicação congrega grande parte dos conhecimentos científicos adquiridos pela execução do projeto. Além da valiosa experiência de renomados especialistas sobre o cancro europeu, são apresentadas novas informações sobre identificação, hospedeiros, ocorrência, efeito das condições climáticas, controle e impacto econômico. A reunião desses assuntos em uma única obra é de suma importância para direcionar trabalhos futuros sobre a doença e seu manejo. O livro *O Cancro Europeu no Brasil* é, portanto, um resumo das informações obtidas até o momento, existindo, com certeza, muito para ser descoberto. Trata-se de um trabalho de envergadura, editado por dois pesquisadores da Embrapa Uva e Vinho – Silvio André Meirelles Alves e Ana Beatriz Costa Czermainski, aos quais registramos nosso reconhecimento pela iniciativa e liderança do processo.

Temos a convicção de que os conhecimentos aportados nesta obra serão fundamentais para o desenvolvimento de programas de controle do cancro europeu, bem como para subsidiar as políticas de defesa vegetal de interesse do Brasil.

Mauro Celso Zanus

Chefe-Geral da Embrapa Uva e Vinho

Prefácio

O cancro europeu, causado pelo fungo *Neonectria ditissima*, é uma doença grave na maioria das áreas produtoras de maçãs no mundo. Seus efeitos têm sido verificados por meio da morte de mudas, diminuição de ramos produtivos, morte de gemas, perdas de ramos de ano, múltiplas infecções na mesma planta, infecção nos frutos.

Pesquisas sobre o cancro de *Nectria* em alguns países tiveram início nas primeiras décadas do século passado, ou antes. Em importante artigo de 2014 sobre o cancro numa região específica da Alemanha, são citadas 78 referências. Dentre elas, duas que trataram da taxonomia do fungo datam do século 19, quando já havia estudos sobre o fungo como patógeno de espécies florestais. No entanto, a maioria dos trabalhos sobre esse patógeno são realizados em macieira como principal hospedeiro do fungo e que apresenta prejuízos econômicos significativos. Na Inglaterra, o cancro foi citado como a principal causa de perdas da produção de maçãs já no século 18.

No Brasil, em novembro de 2011, foi informada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) a suspeita de cancro europeu em pomares de macieira. Logo, foi confirmada a presença da doença e levantada a sua distribuição nos três estados do Sul do País, com rápida disseminação. Pesquisas sobre ações de controle e um estreitamento de relações com os produtores tiveram início imediato, mas já conduzidas concomitantemente ao crescimento da epidemia.

Entre as providências tomadas, foi assinado, em 2012, um termo de cooperação entre a Embrapa e a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA/Mapa) para implantar o programa de controle e erradicação do fungo *Nectria galligena*, com a participação de pesquisadores da Embrapa Uva e Vinho, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e professores da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) e Universidade Federal do Paraná (UFPR), além da parceria privada da Proterra Engenharia Agrônômica.

O projeto denominado Cancro europeu das pomáceas - uma ameaça à pomicultura brasileira: diagnóstico, impacto econômico, epidemiologia, controle e transferência de tecnologia foi conduzido entre 2012 e 2015, com o objetivo de treinar os produtores e técnicos responsáveis por pomares na identificação da doença, na certificação fitossanitária e nos métodos de controle que estavam sendo recomendados emergencialmente. A condução desse primeiro projeto foi considerada um caso de sucesso, e uma continuidade do projeto entre os anos de 2015 e 2018 foi aprovada. Nesse segundo momento, as demandas se tornaram mais desafiantes, pois buscávamos as melhores técnicas para o controle frente aos primeiros anos de combate à doença.

Com este livro, vimos divulgar alguns resultados importantes do projeto apoiado pelo Mapa, de forma que constitua um registro do que se obteve até agora e se tenha subsídios para pesquisas e ações futuras na continuidade do enfrentamento do problema.

Silvio André Meirelles Alves
Ana Beatriz Costa Czermainski
Editores Técnicos

Sumário

- 19 **Capítulo 1**
A entrada do cancro europeu no Brasil e as medidas oficiais adotadas
- 33 **Capítulo 2**
Situação do cancro europeu no Brasil
- 43 **Capítulo 3**
Biologia e caracterização de isolados de *Neonectria ditissima*
- 59 **Capítulo 4**
Estudos de caracterização molecular de *Neonectria ditissima* no Rio Grande do Sul
- 75 **Capítulo 5**
Associação de *Neonectria ditissima* com cancros em espécies florestais
- 89 **Capítulo 6**
Condições climáticas e risco de desenvolvimento do cancro europeu no Sul do Brasil
- 107 **Capítulo 7**
Progresso e distribuição da doença em pomares

- 119 **Capítulo 8**
Abordagens de pesquisa para maior
efetividade no controle de cancro europeu
- 131 **Capítulo 9**
Controle químico de cancro europeu
- 149 **Capítulo 10**
Efeito de fungicidas biológicos no controle da
infecção e produção de esporos de *Neonectria ditissima*
- 159 **Capítulo 11**
Depósito de pulverização em ferimentos de colheita de maçã
- 169 **Capítulo 12**
Podridão de *Neonectria ditissima* em frutos
- 181 **Capítulo 13**
Cenários econômicos e financeiros associados à ocorrência
do cancro europeu em sistemas de produção de maçã

Capítulo 1

A entrada do cancro europeu no Brasil e as medidas oficiais adotadas

Jairo João Carbonari

Wilsimar Adriana Almeida Peres Rissi

Introdução

O incremento do comércio internacional de vegetais, seus produtos e subprodutos, traz como consequência a disseminação de pragas no mundo. Embora as pragas possam se dispersar ativamente ou serem dispersas por vias naturais, nenhum mecanismo de disseminação é tão eficiente quanto à dispersão causada pelo trânsito de vegetais, seus produtos e subprodutos, realizado pela atividade humana ao redor do planeta.

De 2000 a 2016, as exportações brasileiras do agronegócio saltaram de 20,6 para 84,9 bilhões de dólares; já as importações nesse mesmo período passaram de 5,8 para 13,6 bilhões de dólares. Esses dados ilustram o significativo incremento da participação brasileira no cenário internacional, o que obviamente é muito positivo na geração de renda, empregos e divisas ao País, mas que também revela o aumento do risco de introdução de novas pragas.

Pragas são definidas como qualquer espécie, raça ou biótipo de planta, animal ou agente patogênico, nocivos às plantas ou produtos vegetais – Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias

- NIMF nº 5 (FAO, 2009). Ou seja, insetos, ácaros, fungos, nematoides, bactérias, fitoplasmas, vírus, viroides, plantas infestantes e plantas parasitas são potencialmente considerados pragas para os vegetais. Uma praga é considerada quarentenária quando se caracteriza como sendo de importância econômica potencial para uma área em perigo, quando ainda não existe, ou se existe, não está amplamente dispersa e encontra-se sob controle oficial. Já uma área em perigo é aquela em que os fatores ecológicos favorecem o estabelecimento de uma praga cuja presença resultará em importantes perdas econômicas.

Embora a introdução de pragas por meio da ação humana esteja se dando em maior intensidade, essa é a forma de disseminação que mais efetivamente se pode prevenir.

As políticas de prevenção à entrada e ao estabelecimento de pragas no Brasil devem estar consolidadas em legislações fitossanitárias atualizadas, serem aplicadas pelas organizações nacionais e estaduais de proteção fitossanitária e cumpridas pela sociedade como um todo, objetivando a manutenção do patrimônio fitossanitário nacional.

Considerando a escassez de informações sobre a entrada de pragas no País, o que pode ser atribuída à dificuldade da realização de uma rastreabilidade completa após o estabelecimento de um organismo, esse capítulo tem o objetivo de relatar a entrada, o estabelecimento e a disseminação da praga causadora do cancro europeu nos estados do Sul do Brasil. É dada ênfase às medidas fitossanitárias adotadas para a prevenção, a contenção, a erradicação e a mitigação do impacto da praga, com breve menção às principais normativas fitossanitárias nacionais estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), e internacionais, no âmbito da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a

Agricultura (FAO) e da Organização Mundial do Comércio (OMC), que regem o comércio internacional de vegetais e seus produtos.

Medidas fitossanitárias na importação de vegetais

A primeira medida legislativa específica para promover a prevenção da entrada do cancro europeu no País data de 1970, quando a importação de material propagativo de pomáceas ficou condicionada à autorização prévia pelo Mapa, à certificação pela Organização Nacional de Proteção Fitossanitária (ONPF) do país exportador de que o material exportado procedia de viveiro localizado em região indene ao cancro europeu e que tinha sido oficialmente fiscalizado e encontrava-se isento à praga.

A Convenção Internacional de Proteção dos Vegetais da FAO (CIPV/FAO) preconiza que todo país signatário deve estabelecer e atualizar as listas de pragas regulamentadas a fim de auxiliar na prevenção contra a introdução e disseminação de pragas e facilitar o comércio seguro, por aumentar a transparência, entre outras finalidades.

Desde a primeira listagem de pragas quarentenárias publicada no Brasil em 1996, o cancro europeu já se encontrava relacionado como praga quarentenária ausente, e, por causa do seu maior potencial de risco de entrada no País, em 1998 o Mapa declarou alerta máximo para a praga.

As medidas preventivas estabelecidas em 1970 estiveram vigentes até o ano de 2002 quando o Mapa aprovou os procedimentos para Análise de Risco de Pragmas (ARP), que é o processo de avaliação biológica ou outra evidência científica e econômica para determinar

se um organismo é uma praga, se ela deve ser regulamentada e a intensidade de quaisquer medidas fitossanitárias a serem adotadas contra ela. A realização da ARP é de competência do Mapa, sendo que parte desta pode ser delegada a centros colaboradores credenciados.

A partir de 2002 a importação de frutos e de material propagativo de macieira, pereira e marmeleiro somente pôde ser realizada de origens (países) onde já se encontrava em andamento a ARP. Nesse contexto, criou-se uma exceção e passou-se a admitir a importação de produtos vegetais tradicionalmente importados, ou seja, aqueles vegetais, seus produtos e subprodutos, que tiveram mais de três registros de importação, da mesma origem/parte vegetal importada, durante 22/2/1999 a 22/2/2002. Com grande efeito prático, passou-se a exigir que todos os envios de frutos e material de propagação importados sofressem inspeção fitossanitária no ponto de ingresso no Brasil, com retirada de amostra pela fiscalização do Mapa para análise de diagnóstico fitossanitário, realizado em laboratório oficial.

Essas medidas estiveram válidas até 2005 quando então somente passou-se a admitir a importação de frutos e de material propagativo de macieira, pereira e marmeleiro de origens onde a ARP já se encontrava concluída e com requisitos fitossanitários publicados.

Embora as condições para importação se tenham tornado mais restritiva, flexibilizou-se o conceito de produtos vegetais tradicionalmente importados, sendo considerado como os vegetais, seus produtos e subprodutos, que tiveram pelo menos uma importação no período de 12/8/1997 até 6/7/2005, mas desde que fossem de uma mesma origem, mesmo uso proposto e que não tivessem apresentado registro de interceptação de praga quarentenária para o Brasil.

Há de se destacar também que a partir de 2005 ficou estabelecido que todo material propagativo vegetal importado, como semente

e muda, teria amostra coletada no ponto ingresso pela fiscalização do Mapa, e que essa amostra seria enviada para laboratórios oficiais ou credenciados pelo Mapa para diagnóstico fitossanitário.

Primeira detecção do cancro europeu

A primeira detecção do cancro europeu (*Neonectria ditissima*) no Brasil foi relatada ao Mapa em 2002, com ocorrência em um pomar e um viveiro de macieira localizados em uma propriedade do município de Vacaria, RS, e em um pomar de macieira localizado em uma propriedade do município de Bom Jesus, RS, formado com mudas provenientes do viveiro contaminado de Vacaria.

É provável que a introdução da praga tenha se dado por meio de mudas de macieiras importadas da Europa, já que, à época, volume expressivo de material de propagação foi importado pelo Brasil na busca de plantas com potencial genético mais produtivo e com melhores características agronômicas.

Embora a totalidade das partidas de material vegetal de propagação importado seja inspecionada pela fiscalização federal, com coleta de amostras para análise de diagnóstico fitossanitário realizado em laboratórios credenciados pelo Mapa, considera-se que escapes podem ocorrer. Para o caso da introdução do cancro europeu, há de se atentar que material propagativo infectado pode estar assintomático, por causa do longo período de latência do patógeno na planta, e levar anos para expressar sinais e sintomas da praga, somente visíveis em condições ambientais adequadas. Observa-se ainda que os diagnósticos fitossanitários são realizados em amostras e não na totalidade do lote importado e que à época os métodos

de diagnose fitossanitária utilizados pelos laboratórios não dispunham das ferramentas atualmente acessíveis, incluindo especialmente os métodos moleculares.

Tão logo o Mapa no Rio Grande do Sul foi notificado da possível ocorrência da praga, ações oficiais de contenção e de erradicação foram implementadas. Quando análises oficiais confirmaram a presença do patógeno, imediatamente as propriedades foram interditadas, com proibição de saída de máquinas e material vegetal, até a conclusão da realização das ações de contenção e erradicação dos focos da praga. Fiscais locais do Mapa e da Secretaria de Agricultura do Rio Grande do Sul receberam, com orientação da Embrapa Uva e Vinho, capacitação para inspeção, coleta e acondicionamento de amostras de partes suspeitas da planta.

Todas as plantas dos pomares localizados nas duas propriedades com presença do patógeno foram inspecionadas visualmente com coleta de amostras de ramos e troncos com cancrios suspeitos de pertencerem ao patógeno invasor. Após a confirmação de contaminação por meio de análise de diagnóstico fitossanitário, as plantas contaminadas e mais oito localizadas no entorno dessas foram eliminadas e incineradas.

No viveiro contaminado, 335 mil porta-enxertos e mudas de macieiras e pereiras foram arrancadas (Figura 1) e incineradas (Figura 3), após a confirmação da presença da praga por meio de laudo laboratorial. Graças à proximidade da época de transplante, cerca de 260 mil mudas já haviam sido retiradas do viveiro e encontravam-se armazenadas em câmaras refrigeradas localizadas na propriedade ou mesmo já transplantadas, sendo também estas incineradas na sua totalidade (Figura 2).



Foto: Jairo João Carbonari

Figura 1. Arranquio de mudas e porta-enxertos de viveiro localizado em propriedade foco de *Neonectria ditissima*, com destino à incineração, sob a supervisão da fiscalização. Vacaria, RS, 2002.

Foto: Jairo João Carbonari



Figura 2. Supervisão da fiscalização na retirada de mudas provenientes de viveiro localizado em propriedade foco de *Neonectria ditissima*, armazenadas em câmaras refrigeradas, sendo destinadas à incineração. Vacaria, RS, 2002.

Foto: Jairo João Carbonari



Figura 3. Incineração de plantas, mudas e porta enxertos de macieiras provenientes de propriedade foco de *Neonectria ditissima*, sob a supervisão da fiscalização. Vacaria, RS, 2002.

Além das ações de contenção e erradicação descritas nas duas propriedades foco, medidas de contenção também foram adotadas estrategicamente em propriedades localizadas no seu entorno. Pomares de maçã localizados num raio de 10 km a partir dos focos, e aqueles que receberam mudas do viveiro contaminado, foram oficialmente inspecionados e os viveiros só tiveram suas mudas liberadas para comercialização após inspeção, coleta de amostras para realização de análise de diagnóstico fitossanitário.

Importante destacar que, à época, houve uma grande apreensão por parte de alguns produtores de maçã que, por causa do desconhecimento da agressividade da praga e temerosos pelos prejuízos econômicos pontuais e imediatos, não apoiaram os órgãos de defesa e de pesquisa. Houve tentativas de impedir, judicialmente, as medidas fitossanitárias de contenção e erradicação adotadas pelo Mapa. Nesse contexto, entendemos que a adoção de estratégias mais adequadas para a compreensão das medidas de erradicação da praga ficou a desejar.

Embora tenha havido dificuldades para a contenção do cancro europeu, atualmente existem exemplos de sucesso na contenção de outras pragas, os quais somente puderam ser obtidos com a compreensão, o comprometimento e a aplicação da legislação por todos os entes envolvidos. Para tanto, ações de educação sanitária devem ser amplamente implementadas no País.

Do estabelecimento e disseminação

Em novembro de 2011 o setor produtivo solicitou ao Mapa uma reunião envolvendo as associações que representam, nacional e localmente, os produtores de maçã, além da Embrapa Uva e Vinho e dos Órgãos Estaduais de Defesa Sanitária Vegetal (OEDSV) dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Na referida reunião foi relatada pelo setor produtivo a suspeita de ocorrência de *N. ditissima* em pomares de maçã dos três estados da região Sul, ficando acertado que o setor produtivo encaminharia ao Mapa os laudos de diagnóstico fitossanitário resultante de amostras coletadas nas unidades produtivas (UPs) suspeitas.

Assim, no primeiro trimestre de 2012, foram apresentados ao Mapa laudos de diagnóstico fitossanitário positivos para cancro europeu, em pomares de maçã do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Nessa ocasião, o setor produtivo, os órgãos governamentais de defesa agropecuária e os representantes da pesquisa decidiram que estabeleceriam um programa de práticas para manejo, controle e eliminação de focos, bem como definiriam os procedimentos para o levantamento oficial de ocorrência e elaborariam um projeto de pesquisa para o estudo da praga e da epidemia.

Na sequência o Mapa, por meio de suas representações no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, promoveu os levantamentos de detecção oficial da praga, verificando a ocorrência de cancro europeu nos três estados do Sul, o que permitiu que, no início do segundo semestre, o Mapa pudesse comunicar à CIPV/FAO sobre a presença de *N. ditissima* no Brasil.

Adicionalmente foram realizados diversos cursos nos três estados do Sul do País, objetivando capacitar agentes dos órgãos de defesa sanitária vegetal, responsáveis técnicos e produtores de maçã no reconhecimento dos sintomas de cancro europeu e na prevenção e controle da doença.

Durante o ano de 2012 e 2013 diversas reuniões foram realizadas para se discutir os subsídios técnicos necessários ao estabelecimento de um programa nacional de prevenção, controle e erradicação do cancro europeu. Nessas reuniões foram definidas quais seriam as ações de caráter obrigatório a serem implementadas na cadeia produtiva da maçã por meio de força legal, bem como foi definida a necessidade de se incluir o alvo *N. ditissima* em fungicidas que já possuíam indicação de uso para a cultura da maçã, de acordo com a recomendação da pesquisa. Como resultado do esforço conjunto, foram publicados a Instrução Normativa (IN) nº 20, de 20 de junho de 2013, que instituiu o Programa Nacional de Prevenção e Controle do Cancro Europeu, e o Ato nº 52, de 23 de julho de 2013, que incluiu *N. ditissima* como alvo para os fungicidas cúpricos, tiofanato metílico, ditianona e clorotalonil (Brasil, 2013a, 2013b). E ainda a Instrução Normativa nº 12, de 23 de maio de 2014, que alterou o status da praga de praga quarentenária ausente para praga quarentenária presente, sob controle oficial nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (Brasil, 2014).

A IN nº 20/2013 estabeleceu uma série de medidas de prevenção e controle da praga a serem adotados por responsáveis técnicos e produtores em pomares e viveiros, assim como a obrigatoriedade de Certificação Fitossanitária na Origem (CFO) e a Permissão de Trânsito para Vegetais (PTV), para frutos e material propagativo produzido nos três estados do Sul. Adicionalmente, a IN nº 20/2013 determinou que os órgãos estaduais de defesa sanitária vegetal realizem anualmente o levantamento em pomares comerciais para determinar a ocorrência e incidência de *N. ditissima* e previu a criação do grupo nacional para implementação e desenvolvimento do programa nacional de prevenção e controle da praga.

Considerações finais

A defesa do patrimônio vegetal nacional é realizada principalmente por meio de ações de prevenção, supressão, contenção e erradicação aplicadas às pragas quarentenárias ausentes e de ações de convívio aplicadas às pragas quarentenárias presentes que se encontram sob controle oficial. O sucesso dessas ações somente pode ser obtido com o apoio mútuo de todos os atores envolvidos, como órgãos governamentais de defesa agropecuária, instituições de pesquisa, setor produtivo (produtores, técnicos, associações representativas) e sociedade em geral, em busca do sinergismo de resultados das ações aplicadas.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 20, de 20 de junho de 2013. **Diário Oficial da União**, 21 jun. 2013b. Seção 1, p. 22. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=21/06/2013&jornal=1&pagina=22&totalArquivos=168>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 12, de 23 de maio de 2014. **Diário Oficial da União**, 27 maio 2014. Seção 1, p. 6. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=27/05/2014&jornal=1&pagina=6&totalArquivos=100>>. Acesso em: 25 Jun. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Ato nº 52, de 23 de julho de 2013. **Diário Oficial da União**, 24 jul. 2013a. Seção 1, p. 1. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=24/07/2013>>. Acesso em: 18 set. 2017.

FAO. **Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias**: NIMF nº 5: glossário de termos fitossanitários. [Roma]: Secretaria da Convenção Internacional para a Proteção dos Vegetais, 2009. Disponível em: <https://www.ippc.int/largefiles/NIMF_19_2003_PTFINAL_0.pdf>. Acesso em: 18 set. 2017.

Literatura recomendada

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 34, de 27 de março de 2002. **Diário Oficial da União**, 28 mar. 2002a. Seção 1, p. 5. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=5&data=28/03/2002>>. Acesso em: 14 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 6, de 16 de maio de 2005. **Diário Oficial da União**, 17 maio 2005. Seção 1, p. 3. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=3&data=17/05/2005>>. Acesso em: 14 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Portaria nº 180, de 21 de março de 1996. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 25 mar. 1996. Seção 1, p. 4929. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=61&data=25/03/1996>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 60, de 21 de novembro de 2002. **Diário Oficial da União**, 22 nov. 2002b. Seção 1, p. 28. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=28&data=22/11/2002>>. Acesso em: 14 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 355, de 27 de agosto de 1970. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 28 ago. 1970. Seção 1, p. 99.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 181, de 5 de outubro de 1998. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 8 out. 1998. Seção 1, p. 12. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=76&data=08/10/1998>>. Acesso em: 14 set. 2017.

FAO. **Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias: NIMF** nº 19: diretrizes sobre listas de pragas regulamentadas. [Roma], 2003. Disponível em: <https://www.ippc.int/largefiles/NIMF_19_2003_PTFINAL_0.pdf>. Acesso em: 18 set. 2017.

Capítulo 2

Situação do cancro europeu no Brasil

Leonardo Araujo

Felipe Augusto Moretti Ferreira Pinto

Jânio de Souza Vieira

Introdução

Atualmente, no Brasil, o cancro europeu está restrito a pomares de macieira implantados nos estados da região Sul, onde 98,8% da área plantada está concentrada, com 16.916 ha em Santa Catarina, 15.593 ha no Rio Grande do Sul e 1.490 ha no Paraná. O cancro europeu se adaptou muito bem às condições ambientais do Sul do País, pois esta região apresenta altos volumes de chuvas e temperaturas favoráveis para o desenvolvimento do fungo. Embora o clima não seja muito diferente entre as regiões produtoras de maçã no Brasil (mais detalhes no Capítulo 6), há diferentes índices de incidência de *Neonectria ditissima* nos pomares, bem como distintas estratégias de manejo.

O Rio Grande do Sul foi o primeiro estado onde foi introduzido o fungo *N. ditissima*, e, no presente momento, possui a maior incidência da praga: atualmente 51% dos pomares já apresentaram plantas de macieira com sintomas da doença de acordo com a Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Irrigação (Seapi). Dos casos positivos de *N. ditissima* (dados obtidos da avaliação de 277 unidades produtivas entre 2015 e 2016), aproximadamente 60% possuem

incidência superior a 1% da doença. A determinação da incidência da doença no estado do Rio Grande do Sul vem sendo realizada pela Seapi por amostragem, de acordo com o Plano amostral para estimação da incidência do cancro europeu desenvolvido pela Embrapa Uva e Vinho. No Rio Grande do Sul, Vacaria é o município onde há maior incidência da doença. Das 46 unidades produtivas (UPs) amostradas no município, 96% apresentavam plantas de macieira com sintomas do cancro europeu (Figura 1). Além disso, Vacaria é também o município onde ocorrem mais casos com incidência superior a 1%

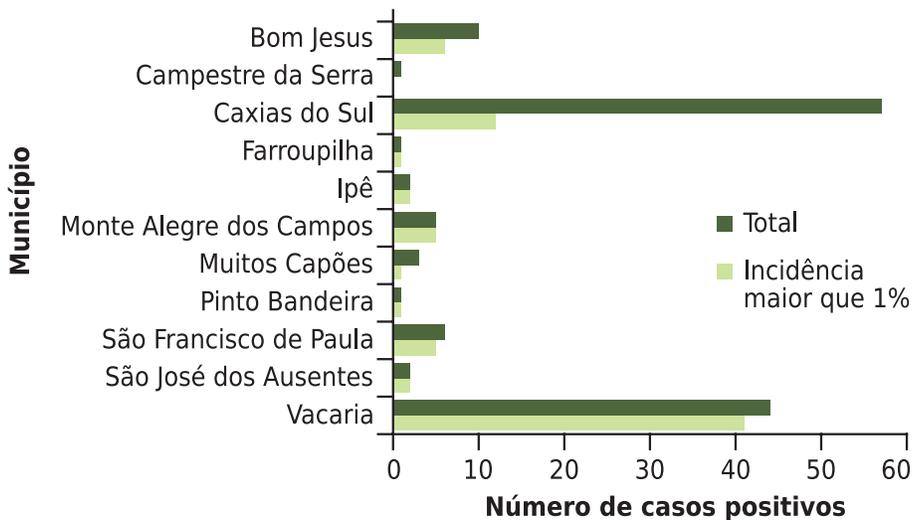


Figura 1. Número de unidades produtivas (UPs) com plantas doentes e com mais de 1% de plantas com sintomas de cancro europeu nos pomares de macieira em municípios do estado do Rio Grande do Sul.¹

1 Dados brutos resultantes de levantamentos de rotina do ciclo 2015/2016 da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

de *N. ditissima* (93%). Dessa forma, por causa da alta incidência do cancro europeu nos pomares do Rio Grande do Sul, a erradicação da doença se tornou impraticável e a convivência vem sendo adotada, seguindo recomendações da IN nº 20/2013 (Brasil, 2013). Assim, a doença vem sendo manejada por meio da retirada de ramos sintomáticos, pintura dos ferimentos, cirurgia de lesões nos troncos e rebaixamento das plantas. Entretanto, em muitos pomares, este manejo não vem sendo eficiente para redução da incidência do fungo, trazendo como consequência a redução da vida útil dos pomares, bem como aumento do custo de produção. Ainda se destaca que grande parte da dificuldade do manejo do cancro europeu no Rio Grande do Sul decorre da característica de o estado apresentar poucos produtores com grandes áreas de macieira, o que aumenta muito a mão de obra nos pomares e inviabiliza em alguns casos a atividade, já que o custo operacional terceirizado pode representar boa parte do custo de produção (mais detalhes no Capítulo 13).

Em Santa Catarina, de acordo com os levantamentos da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc), os primeiros casos oficiais do cancro europeu no estado ocorreram em 2012, sendo que atualmente são 159 casos positivos da doença em 1.567 UPs avaliadas anualmente (Figura 2, ciclo 2016/2017). Os dados de incidência do cancro europeu em Santa Catarina são obtidos no momento em que os engenheiros-agrônomo fazem o relatório mensal da situação da doença na unidade produtiva no Sistema de Gestão da Defesa Agropecuária Catarinense (Sigem) da Cidasc. Para comparar a situação dos pomares com as declarações emitidas pelos responsáveis técnicos, esse órgão faz fiscalizações amostrais nas UPs. Dos casos positivos de cancro europeu, a maioria está localizado no município de São Joaquim, que é o principal produtor de maçã do estado (Figura 2).

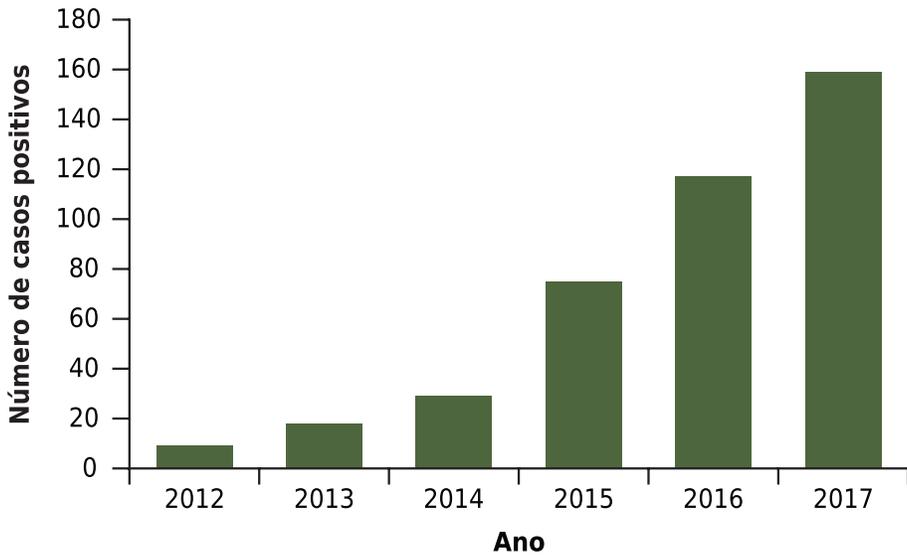


Figura 2. Evolução do número de unidades produtivas (UPs) com incidência de cancro europeu (*Neonectria ditissima*) em pomares de macieira no estado de Santa Catarina.²

De acordo com os dados da Cidasc, estima-se que aproximadamente 10% das UPs de macieira de Santa Catarina já tiveram registro de ocorrência do fungo nos pomares. No entanto, 93% das UPs com casos positivos possuem incidência inferior a 1% da doença (Figura 3). Estes baixos valores de incidência do cancro europeu em Santa Catarina possibilitam ainda pensar em erradicação da doença, já que, de acordo com o art. nº 9 da IN nº 20/2013: “Em Unidades de Produção com incidência de até 1% (um por cento), as plantas com sintomas deverão ser arrancadas e incineradas”.

² Dados brutos resultantes de levantamentos de rotina do ciclo 2016/2017 da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

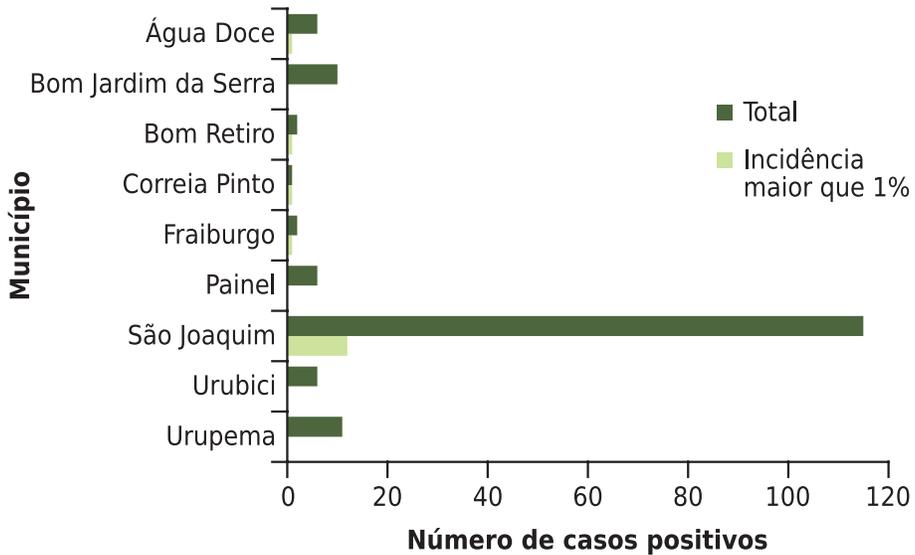


Figura 3. Número de unidades produtivas (UPs) com plantas doentes e com mais de 1% de plantas com sintomas de cancro europeu nos pomares de macieira em municípios do estado de Santa Catarina.³

O aumento do número de casos positivos de cancro europeu nos pomares ao longo dos anos vem causando grande preocupação a órgãos de pesquisa e fiscalização em Santa Catarina, graças ao fato de a maioria das áreas de cultivo de macieira não possuírem aptidão para outras atividades agrícolas. Dessa forma, a Epagri e a Cidasc vêm conduzindo várias reuniões e dias de campo no interior do estado, distribuindo fôlderes e cartazes, e realizando campanhas veiculadas por rádios locais para alertar técnicos e fruticultores sobre a importância da diagnose precoce da doença para se ter maior

³ Dados brutos resultantes de levantamentos de rotina do ciclo 2015/2016 da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

probabilidade e alguma chance de erradicação, ou mesmo manutenção dos baixos níveis do cancro europeu em Santa Catarina. Há grande preocupação que o fungo assuma altos níveis de incidência nos pomares e, como consequência, isso poderia trazer grandes impactos socioeconômicos para as famílias produtoras de maçã, já que a doença se caracteriza por aumentar os custos de produção com redução de produtividade. Outro fator impactante para Santa Catarina é que, diferentemente do Rio Grande do Sul, o estado se caracteriza por possuir muitos fruticultores com pequenas áreas (média de 4 ha), sendo que, para muitas famílias, a maçã se constitui como única fonte de renda. Adicionalmente, grande parte dos pomares do estado está localizada em áreas muito declivosas e pedregosas, aumentando assim a dificuldade de substituição por outras culturas. A ideia em Santa Catarina é de continuar tentando a erradicação do cancro europeu até o momento em que se tenha êxito ou que não seja mais possível adotar tal prática. Para esse fim, o estado vem tentando aprovar uma portaria com medidas mais rigorosas de manejo da doença comparada à IN nº 20/2013.

No Paraná, atualmente são 11 casos positivos de *N. ditissima* em 59 UPs avaliadas pela Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (Adapar). A exemplo do Rio Grande do Sul, a agência vem também avaliando a incidência do cancro europeu por meio do plano amostral proposto pela Embrapa. Dos casos positivos de *N. ditissima*, dez foram registrados no município de Palmas e um em Guarapuava. Dessa forma, estima-se que aproximadamente 19% das UPs do Paraná já apresentaram sintomas do cancro europeu nos pomares de macieira. Ainda, de acordo com a Adapar, todos os casos positivos possuem incidência superior a 1% da doença, embora com níveis variáveis (Figura 4). Algumas das áreas com maior incidência de cancro europeu já foram erradicadas ou estão em processo

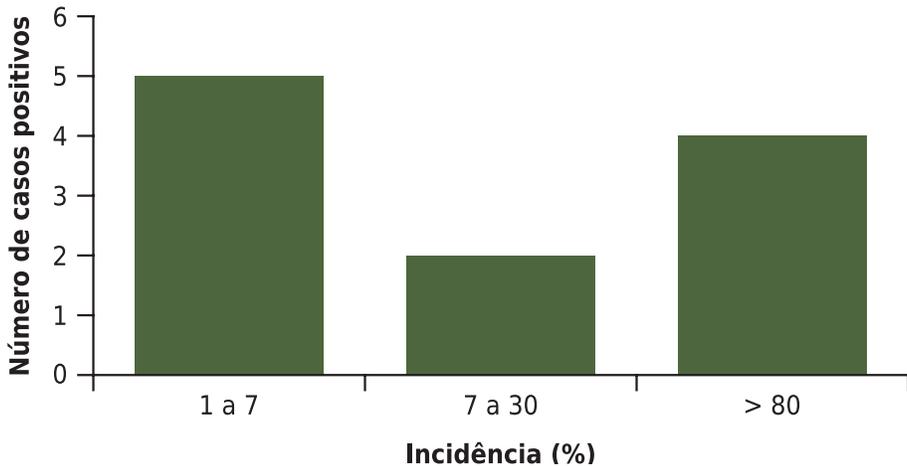


Figura 4. Frequência de unidades produtivas (UPs) com diferentes níveis de incidência do cancro europeu (*Neonectria ditissima*) em pomares de macieira do estado do Paraná.⁴

de erradicação, enquanto nas demais UPs fruticultores têm adotado o manejo técnico previsto na IN nº 20/2013, o que tem diminuído a incidência da doença nos pomares. Há também expectativa, por parte de pesquisadores e produtores, de atingir a erradicação da doença, já que são poucos pomares com plantas sintomáticas. Áreas de pomares erradicados foram ou serão substituídas por outras culturas, já que as características de relevo e solo do Paraná possibilitam aos agricultores a diversificação de atividades agrícolas.⁴

Nos últimos anos no Brasil, muito tem sido investido na qualidade fitossanitária das mudas de macieira, forma como foi introduzido o cancro europeu no País. Assim, muitos dos viveiristas foram

⁴ Dados brutos resultantes de levantamentos de rotina do ciclo 2015/2016 da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná, Curitiba, PR.

obrigados a mudar a localização da unidade produtora (UP) de mudas, já que, de acordo com o art. nº 14 da IN nº 20/2013, “Os viveiros de pomáceas deverão estar localizados a pelo menos 10 km (dez quilômetros) de distância de pomares com registro de ocorrência da praga *N. ditissima*”. Adicionalmente os viveiristas são obrigados a realizar uma série de medidas fitossanitárias que não faziam antes da presença do cancro europeu no Brasil. O manejo fitossanitário das mudas está listado na IN nº 20/2013 e trouxe como consequência o aumento do custo de produção para os viveiristas, repassado, por sua vez, para os fruticultores. A IN nº 20/2013 foi revisada no ano de 2016 por pesquisadores da área e em breve será publicada uma nova instrução normativa mais adequada ao que tem sido realizado do manejo do cancro europeu no Brasil.

Por fim, desde que foi introduzida no Sul do Brasil, a praga *N. ditissima* vem gerando muitos prejuízos e apreensão à cadeia produtiva da maçã. Para contornar tal problema, várias instituições públicas e privadas vêm se unindo para tentar buscar respostas e soluções para melhor manejarem o patógeno. Assim, nos últimos anos têm sido realizadas diversas reuniões, seminários e palestras, reunindo pesquisadores nacionais e mesmo internacionais. O objetivo desses encontros é afinar cada vez mais o relacionamento entre atores do meio científico e entre estes e os produtores. Isso trouxe e traz benefícios para todos, tais como a realização de pesquisas cada vez mais direcionadas para solução dos problemas, bem como a preparação e capacitação de técnicos e fruticultores para realizarem o controle do cancro europeu. Adicionalmente vêm sendo disponibilizados pelos pesquisadores vários boletins técnicos, artigos e resumos científicos com resultados de pesquisas realizadas no Brasil sobre etiologia, epidemiologia, sintomatologia e controle de *N. ditissima* na macieira, de forma a melhor divulgar informações sobre a doença.

Referência

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 20, de 20 de junho de 2013. **Diário Oficial da União**, 21 jun. 2013. Seção 1, p. 22. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=21/06/2013&jornal=1&pagina=22&totalArquivos=168>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

Literatura recomendada

IBGE. **Produção agrícola municipal**: lavouras temporárias e permanentes. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2012/default_temp_perm_xls.shtm>. Acesso em: 20 jul. 2017.

LATORRE, B. A.; RIOJA, M. E.; LILLO, C.; MUÑOZ, M. The effect of temperature and wetness duration on infection and a warning system for European canker (*Nectria galligena*) of apple in Chile. **Crop Protection**, v. 21, n. 4, p. 285-291, May 2002. DOI: 10.1016/S0261-2194(01)00099-0.

LAZZAROTTO, J. J.; ALVES, S. A. M. **Prejuízos econômicos e financeiros associados ao cancro europeu em sistemas de produção de maçã de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2015. 8 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado técnico, 169).

SWINBURNE, T. R. European canker of apple (*Nectria galligena*). **Review of Plant Pathology**, v. 54, p. 789-799, 1975.

WEBER, R. W. S. Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. **Erwerbs-Obstbau**, v. 56, n. 3, p. 95-107, Sept. 2014. DOI: 10.1007/s10341-014-0210-x.

WEBER, R. W. S. Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. **Erwerbs-Obstbau**, v. 56, n. 3, p. 95-107, Sept. 2014. DOI: 10.1007/s10341-014-0210-x.

Capítulo 3

Biologia e caracterização de isolados de *Neonectria ditissima*

Amauri Bogo

Introdução

O cancro europeu, causado por *Neonectria ditissima* (Tul. & C. Tul.), é uma das mais destrutivas doenças da macieira e pereira. O fungo causa cancras, morte descendente de ramos jovens, levando ao aumento dos custos de poda. *Neonectria ditissima* produz dois tipos de esporos de duas origens: a conidial (imperfeito/assexual) e a ascógena (perfeita/sexual). A fase conidial geralmente é produzida no primeiro ano de produção dos cancras quando a temperatura aumenta da primavera para o verão e os esporos são disseminados pelos respingos de chuvas. Já, em contraste, a fase ascógena é produzida principalmente pelos cancras mais velhos durante o outono-inverno e início da primavera e os esporos são disseminados pela chuva e vento. Ambos os tipos de esporos possuem sua via de acesso aos hospedeiros pelos ferimentos, tanto os naturais como os produzidos pelo homem na fase de poda. Por serem os ferimentos vias de entrada disponíveis o ano inteiro, essa população de esporos deve ser muito bem avaliada com relação a sua variabilidade morfológica e genética, pois populações do inóculo podem ou não estar presentes nas regiões produtoras, mesmo sendo uma doença relativamente recente na região Sul do Brasil.

A taxonomia do patógeno é um tanto complexa, com mudanças de nome do fungo várias vezes nos últimos 150 anos. Estudos baseados em patogenicidade em diferentes hospedeiros e morfofisiologia têm dividido a origem do patógeno de *Nectria ditissima* e *Nectria galligena* (Bres.) dos primórdios de 1921 para *N. galligena* (Bres.) e, mais recentemente, em 2014, para *N. ditissima*.

A forma assexuada do fungo denomina-se *Cylindrocarpon heteronema* (Berk. & Broome) e é, até o momento, a maior responsável pelas epidemias, apesar da fase sexuada, *Neonectria*, também ser produzida durante o ciclo vegetativo. Estudos filogenéticos têm revelado que populações americanas e europeias de *N. ditissima* possuem divergência significativa na sequência de nucleotídeos de genes da β -tubulina, indicando que essas populações são alopátricas, isto é, são distintas conforme a região de ocorrência. Populações americanas possuem abundante diversidade, indicando ser possivelmente o continente americano o centro de origem das demais populações distribuídas nas regiões endêmicas da doença no mundo. A população conidial observada na região Sul do Brasil possui uma variabilidade morfofisiológica significativa, como veremos ao longo deste capítulo, e merece atenção para estudos mais detalhados.

Há muitas lacunas no conhecimento sobre o patossistema macieira *N. ditissima*, especialmente sobre a patogenicidade das populações presentes na região Sul do Brasil. Em estudos recentes conduzidos com a cultivar Royal Gala, foi demonstrado que a maioria dos isolados de diferentes populações obtidas de diferentes regiões, pomares e cultivares foram patogênicos. Uma percentagem muito pequena demonstrou ser não patogênica à Royal Gala. Contudo, essa observação não garante que tais isolados não possam ser patogênicos a outras cultivares.

Por ser uma doença recente no Brasil, o estudo da biologia do fungo traz relevantes informações sobre possíveis variações morfofisiológicas, patogênicas e genéticas. Assim, isolados de distintas populações da região Sul do Brasil apresentam, em condições *in vitro*, variabilidade morfofisiológica relevante, porém sem alterações *in vivo* quanto à patogenicidade na cultivar Royal Gala. Ocorre crescimento micelial dos isolados nos meios de cultura BDA (batata-dextrose-ágar), SNAY (meio sintético, pobre de nutrientes, ágar, extrato de leveduras) e AM (ágar, extrato de malte) (Figura 1). Para efeito de comparação do crescimento dos isolados, estabeleceu-se o diâmetro igual ou maior a 60 mm como referência de grande crescimento micelial médio (CMM). Entre os 35 isolados, sete cresceram acima do diâmetro padrão em meio BDA, três em meio SNAY e dois em meio AM. Esta variação no CMM permitiu a separação dos isolados em três grupos com diferentes diâmetros e organizados em ordem crescente (Tabela 1).

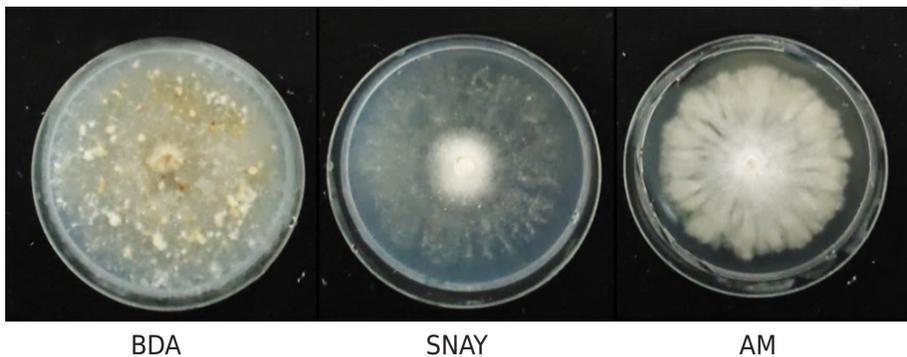


Foto: Jonatas da Silva Campos

Figura 1. Crescimento médio de isolados de *Neonectria ditissima* nos meios BDA (batata-dextrose-ágar), SNAY (meio sintético, pobre de nutrientes, ágar, extrato de leveduras) e AM (ágar, extrato de malte).

Tabela 1. Grupos formados pelos isolados de *Neonectria ditissima* em ordem crescente de crescimento micelial médio (CMM) em mm em meio de cultura BDA, aos 20 dias de incubação, à temperatura de 20 °C.

Grupo/tamanho	Isolado	CMM	Média do grupo
Grupo 1 20,00 mm-39,99 mm	CPi05	32,23 p	35,56
	AD04	34,26 o	
	CPi10	35,28 o	
	CPi03	36,63 n	
	CPi06	37,14 n	
	CPi17	37,83 n	
Grupo 2 40,00 mm-59,99 mm	CPi16	41,44 l	52,71
	FR10	44,63 j	
	AD06	44,75 j	
	CPi01	46,21 i	
	FR15	46,53 i	
	AD08	47,44 h	
	AD03	50,32 g	
	AD10	51,62 f	
	FROL01	52,82 f	
	FROL03	53,13 e	
	AD05	53,30 e	
	FROL07	54,11 e	
	AD07	54,35 e	
	FROL02	55,25 d	
	FROL04	55,76 d	
	FROL06	56,81 d	
	FR14	56,90 d	
	FROL10	57,63 c	
	CPi09	58,61 c	
	FROL09	58,84 c	
FROL05	59,38 c		
CPi02	59,76 c		

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Grupo/tamanho	Isolado	CMM	Média do grupo
Grupo 3 > 60 mm	FR04	60,32 b	62,67
	NR02	60,32 b	
	NR10	61,08 b	
	FROL08	62,02 b	
	NR05	62,68 b	
	CPi14	64,35 a	
	NR03	67,89 a	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No grupo 1, com seis isolados, estão os de crescimento médio de 35,56 mm. O grupo 2, com 22 isolados, os de crescimento entre 40,00 mm a 59,99 mm, com média de 52,71 mm. O grupo 3, com sete isolados, obteve crescimento médio de 62,67 mm. Sabe-se que a composição do meio de cultura determina a quantidade e a qualidade do crescimento micelial dos fitopatógenos. Quando um fungo cresce bem em um substrato e não em outro, acredita-se que metabólitos específicos estejam envolvidos. Em relação ao crescimento micelial do *N. ditissima*, foi observado que o patógeno aproveitou de maneira mais eficiente o meio BDA, pois este proporcionou maior velocidade de crescimento micelial, diferindo dos outros meios de cultura avaliados (Tabela 2).

A avaliação do crescimento micelial por meio da medição, a cada 24 horas, do diâmetro em milímetros das colônias na posição ortogonal durante 7 dias cria a taxa de crescimento relativo (TCR), que é expressa pela fórmula:

$$TCR = \Sigma (D - Da)/N$$

Tabela 2. Taxa de crescimento relativo (TCR) em mm dia^{-1} de isolados de *Neonectria ditissima* provenientes de pomares da região Sul do Brasil, nos meios BDA, SNAY e AM durante 7 dias.

Isolado	TCR (mm dia^{-1})		
	BDA	SNAY	AM
NR02	4,06 cB	4,29 bA	2,39 iC
NR03	4,61 aA	3,84 dB	3,89 aB
NR05	3,95 dA	2,53 iB	2,25 iC
NR10	4,30 bA	3,88 dB	3,53 dC
FR04	4,09 cA	3,02 gC	3,40 eB
FR10	2,97 iC	3,77 dA	3,20 fB
FR14	3,64 eA	3,08 gB	2,43 iC
FR15	3,09 hB	3,70 dA	3,10 gB
CPi01	3,09 hA	1,68 mC	2,06 jB
CPi02	2,22 lB	3,24 fA	1,81 lC
CPi03	3,32 gA	2,43 iB	2,29 iB
CPi05	3,12 hB	3,33 fA	2,04 jC
CPi06	3,41 fA	2,49 iB	2,33 iC
CPi09	3,27 gA	3,37 fA	2,49 hB
CPi10	3,21 gA	2,14 lB	1,94 lC
CPi14	2,82 iC	3,41 eB	3,73 bA
CPi16	3,95 dB	4,55 aA	3,62 cC
CPi17	2,10 mB	2,31 jA	2,30 iA
AD03	2,06 mC	2,91 hB	3,07 gA
AD04	2,25 lC	2,45 iB	3,94 aA
AD05	3,71 eA	2,36 jC	3,45 dB
AD06	2,28 lB	2,25 jB	3,01 gA
AD07	4,16 cA	2,91 hC	3,65 cB
AD08	2,48 jC	2,88 hB	3,46 dA

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Isolado	TCR (mm dia ⁻¹)		
	BDA	SNAY	AM
AD10	2,33 IC	3,50 eB	3,87 aA
FROL01	3,40 fA	2,43 iB	2,21 jC
FROL02	3,44 fA	2,49 iB	2,15 jC
FROL03	3,44 fA	2,52 iB	2,26 iC
FROL04	3,62 eA	1,98 lB	2,07 jB
FROL05	3,74 eA	3,07 gB	2,67 hC
FROL06	3,60 eA	2,18 lB	2,15 jB
FROL07	3,44 fA	2,96 hB	2,55 hC
FROL08	4,19 cA	4,16 bA	3,07 gB
FROL09	4,04 cA	4,02 cA	3,22 fB
FROL10	3,91 dA	3,71 dB	3,09 gC
CV (%)		3,50	

Médias seguidas pela mesma letra (minúscula na coluna e maiúscula na linha) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

em que:

TCR é a taxa de crescimento relativo;

D é o diâmetro médio atual da colônia;

Da é o diâmetro médio da colônia do dia anterior;

N é o número de dias após a inoculação.

A *TCR* dos três grupos é variável entre os isolados, cultivares e locais independentemente dos pomares, não possuindo especificidade e correlação entre eles. As maiores velocidades de crescimento não estão restritas a isolados de um mesmo pomar, ocorrendo diferentes índices entre todos os isolados e meios de cultura. A composição do meio de cultura mostra adequação às demandas

fisiológicas do patógeno, determinando a melhor quantidade e qualidade do crescimento micelial e esporulação. O meio BDA possui mais nutriente e quantidade de carboidratos para o desenvolvimento das colônias, porém o meio SNAY proporciona maior produção de esporos de *N. ditissima*.

A coloração das colônias e pigmentação em diferentes meios de cultura é bem variada. As cores das colônias no meio BDA variaram de branca a tons de bege e laranja, com bordas ausentes ou presentes em bege-claro e branca. A pigmentação do meio BDA variou entre tons de amarelo, marrom com bordas bege, tons de bege e laranja com bordas brancas (Figura 2). As colônias no meio SNAY apresentaram coloração e pigmentação branca a transparente (Figura 2B). Em AM, as colônias variaram da cor branca a bege-claro,

Foto: Jonatas da Silva Campos

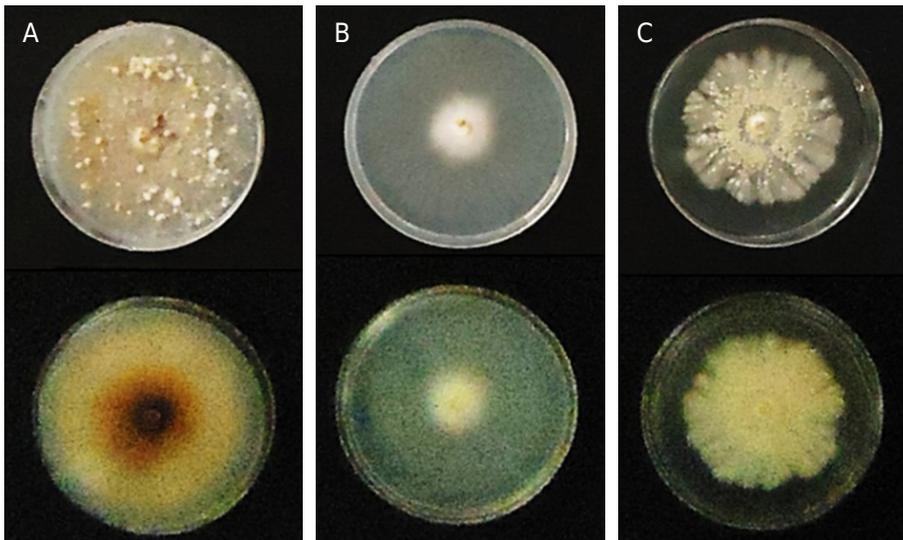


Figura 2. Coloração característica das colônias de *Neonectria ditissima* e pigmentação em meio BDA (A), SNAY (B) e AM (C).

com borda ausente e pigmentação em tons de amarelo, tons de bege e branco (Figuras 1 e 2).

Conforme a escala de cores Pantone, as populações formam quatro grupos pela cor característica no meio BDA (Tabela 3). Alguns isolados diferiram dos grupos 1, 2 e 3 do ensaio de crescimento micelial médio (CMM). Dos 22 isolados do grupo 2, o maior grupo por faixa de CMM, 15 fizeram parte do grupo B de coloração, com colônias em tons de bege e pigmentação do meio em marrom com bordas em tons de bege, mais característica no meio BDA.

Os gêneros *Neonectria* e *Cylindrocarpon* mostram em meio BDA pigmentação de marrom-claro com bordas brancas e micélio aéreo. Em meio SNAY, não ocorre pigmentação conferindo aspecto hialino.

Tabela 3. Isolados de *Neonectria ditissima* em meio batata-dextrose-agar (BDA) agrupados de acordo com a coloração das colônias e pigmentação no meio após 20 dias de incubação à temperatura de 20 °C.

Grupo	Isolado	Cor da colônia	Borda	Pigmentação
A	NR02, NR03, NR10 e CPI02	Branco	Ausente	Tons de amarelo
B	FR04, FR10, FR14, FR15, CPI01, CPI05, CPI06, CPI09, Cpi16, Cpi17, AD03, AD04, AD06, FROL03, FROL04, FROL05, FROL07, FROL08, FROL09 e FROL10	Tons de bege	Tons de bege	Marrom com bordas em tons de bege
C	CPI03, CPI10, FROL01 e FROL06	Branco e tons de bege	Ausente	Tons de bege
D	NR05, CPI14, AD07, AD08, AD10 e FROL02	Laranja-claro	Branco	Laranja com bordas brancas

Segundo outros autores, de fato, o tipo de meio de cultura pode influenciar a diversidade de coloração do micélio de fitopatógenos, como o caso de *Colletotrichum gloeosporioides*, que pode ser classificado em grupos de acordo com a coloração das colônias em meio BDA.

A produção de conídios por isolado de *N. ditissima* em cada meio de cultura também é variável. Muitos isolados obtidos de diferentes áreas, pomares e cultivares não produziram conídios em pelo menos um dos meios de cultura avaliados, porém, isso não significa que não são patogênicos, pois todos foram obtidos de plantas que apresentavam sintomas de cancro. Essa peculiaridade pode estar ligada a demandas nutricionais específicas.

A avaliação da produção de conídios viáveis de *N. ditissima* em meios preparados com ágar revela resultados sobre a viabilidade de unidades infectivas para produção de inóculo, com patogenicidade semelhante aos conídios obtidos em ramos doentes. Em estudo do efeito do meio de cultura, verifica-se a alta esporulação dos isolados de *N. ditissima*, produzindo macro e microconídios em mais de 71% dos isolados das diferentes populações da região Sul do Brasil.

A morfologia dos conídios dos isolados de *N. ditissima* provenientes de diferentes regiões, pomares e cultivares da região Sul do Brasil varia nos meios BDA, SNAY e AM. Em todos os meios estudados, todos os isolados produziram microconídios e macroconídios (Figura 3).

As médias de comprimento e largura dos microconídios nos meios BDA, SNAY e AM são de 35,4 μm \times 4,8 μm , 35,2 μm \times 5,2 μm e 34,8 μm \times 5,2 μm , respectivamente. Os macroconídios possuem comprimento e largura de 63,5 μm \times 10,1 μm , 62,3 μm \times 10,6 μm e 59,7 μm \times 10,3 μm nos meios BDA, SNAY e AM (Figura 4). A variação geral no comprimento e largura de micro e macroconídios

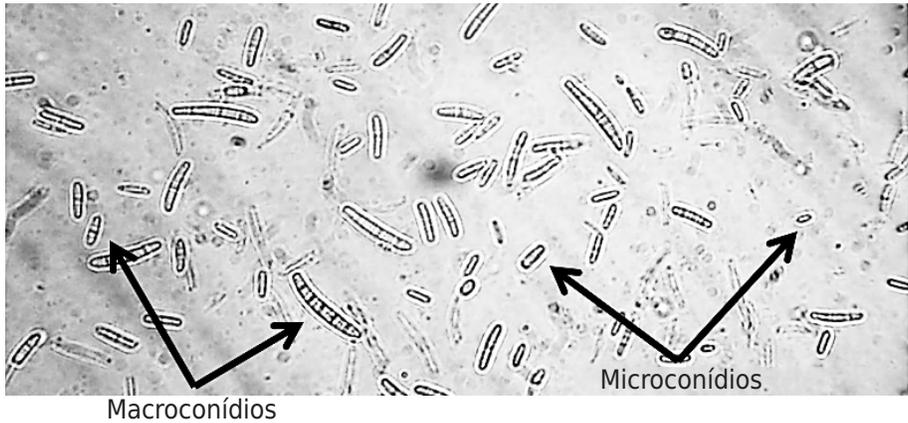


Foto: Jonatas da Silva Campos

Figura 3. Variação no comprimento e largura de micro e macroconídios dos isolados de *Neonectria ditissima* em meio batata-dextrose-agar (BDA).

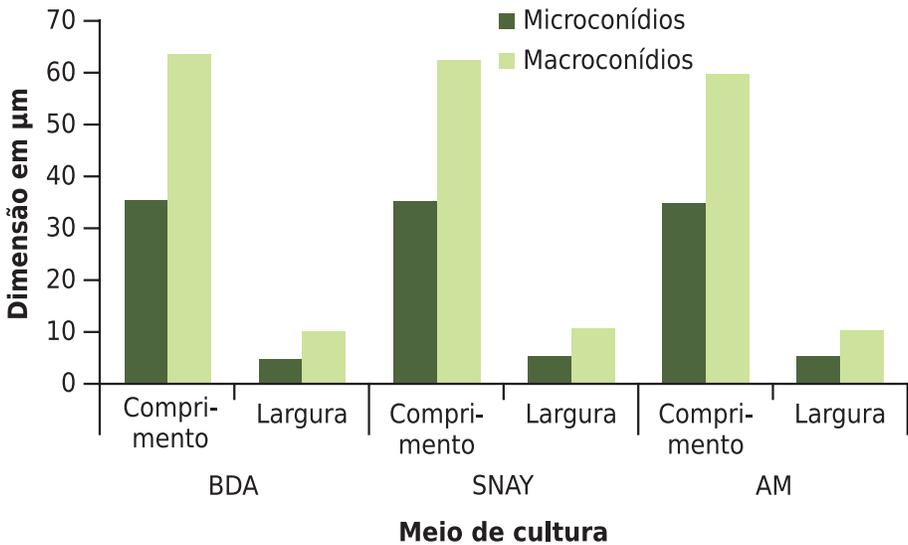


Figura 4. Médias do comprimento e largura de micro e macroconídios dos isolados de *Neonectria ditissima* nos meios de cultura BDA, SNAY e AM.

nos três meios são semelhantes, sendo que no meio BDA, que proporciona maior crescimento das colônias, a variação do comprimento dos microconídios é de 30,50 μm a 42,54 μm e a largura de 4,50 μm a 6,89 μm . Nos macroconídios, a variação fica em torno de 52,06 μm a 66,84 μm de comprimento e 9,84 μm a 11,60 μm de largura (Figura 4).

A caracterização morfológica de *N. galligena* relatada é que os macroconídios possuem até sete septos e tamanho de 52 μm –64 μm \times 4,5 μm –5,5 μm e os microconídios de tamanho 4 μm –7 μm \times 1 μm –2 μm e asseptados. A variação na quantidade de septos está relacionada principalmente com a nutrição, a umidade e a temperatura.

O tamanho dos macroconídios pode variar de acordo com o número de septos, sendo 4 μm –10 μm \times 4,5 μm –5,5 μm os que possuem um septo e podendo chegar a 45 μm –65 μm \times 4 μm –7 μm os que têm até sete septos. Entretanto, na população de isolados da região Sul do Brasil, as medidas de micro e macroconídios variam para mais, mostrando maior diversidade no tamanho do que o relatado na literatura.

Independente da identificação dos isolados pelos métodos de PCR e sequenciamento, existe uma variação morfofisiológica acentuada entre os isolados das diferentes populações encontradas no Sul do Brasil, apesar de serem todos patogênicos à cultivar de maçã Gala. Não há evidências da correlação entre a virulência dos isolados e as diferentes regiões avaliadas do Sul do Brasil.

Literatura recomendada

AMPONSAH, N. T.; WALTER, M.; BERESFORD, R. M.; SCHEPER, R. W. A. Seasonal wound presence and susceptibility to *Neonectria ditissima* infection in New Zealand apple trees. **New Zealand Plant Protection**, v. 68, p. 250-256, 2015.

AMPONSAH, N. T.; WALTER, M.; SCHEPER, R. W. A. Agar media for isolation of *Neonectria ditissima* from symptomatic and asymptomatic apple tissues and production of infective conidia. **New Zealand Plant Protection**, v. 67, p. 116-122, 2014.

BOGO, A.; MAFFIOLETTI, M. A.; SANHUEZA, R. M. V.; CASA, R. T. Caracterização morfológica de isolados de *Cryptosporiopsis perennans* em diferentes meios de cultura. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 3, p. 248-251, 2008. DOI: 10.1590/S1982-56762008000300013.

BRAYFORD, D.; HONDA, B. M.; MANTIRI, F. R.; SAMUELS, G. F. *Neonectria* and *Cylindrocarpon*: the *Nectria mammoidea* group and species lacking microconidia. **Mycologia**, v. 96, n. 3, p. 572-597, May/June. 2004. DOI: 10.2307/3762176.

CASTLEBURY, L. A.; ROSSMAN, A. Y.; HYTEN, A. S. Phylogenetic relationships of *Neonectria/Cylindrocarpon* on *Fagus* in North America. **Canadian Journal of Botany**, v. 84, p. 1417-1433, 2006. DOI: 10.1139/b06-105.

CAYLEY, D. M. Some observations on the life-history of *Nectria galligena*, Bres. **Annals of Botany**, v. 35, n. 137, p. 79-92, Jan. 1921. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a089750.

CHAVERRI, P.; SALGADO, C.; HIROOKA, Y.; ROSSMAN, A. Y.; SAMUELS, G. J. Delimitation of *Neonectria* and *Cylindrocarpon* (Nectriaceae, Hypocreales, Ascomycota) and related genera with *Cylindrocarpon*-like anamorphs. **Studies in Mycology**, v. 68, p. 57-78, 2011. DOI: 10.3114/sim.2011.68.03.

COOKE, L. R. The influence of fungicide sprays on infection of apple cv. Bramley's seedling by *Nectria galligena*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 105, n. 8, p. 783-790, 1999. DOI: 10.1023/A:1008778900607.

DRYDEN, G. H.; NELSON, M. A.; SMITH, J. T.; WALTER, M. Postharvest foliar nitrogen applications increase *Neonectria ditissima* leaf scar infections in apple trees. **New Zealand Plant Protection**, v. 69, p. 230-237, 2016.

GELVONAUSKIENE, D.; SASNAUSKAS, A.; GELVONAUSKIS, B. The breeding of apple tree resistant to European Canker (*Nectria galligena* Bres). **Sodininkystė ir dDarzininkystė**, v. 26, n. 3, p. 174-178, 2007.

GHASEMKHANI, M.; GARKAVA-GUSTAVSSON, L.; LILJEROTH, E.; NYBOM, H. Assessment of diversity and genetic relationships of *Neonectria ditissima*: the causal agent of fruit tree canker. **Hereditas**, v. 153, p. 7-15, 2016. DOI: 10.1186/s41065-016-0011-3.

GHASEMKHANI, M.; LILJEROTH, E.; SEHIC, J.; ZBOROWSKA, A.; NYBOM, H. Cut-off shoots method for estimation of partial resistance in apple cultivars to fruit tree canker caused by *Neonectria ditissima*. **Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science**, v. 65, n. 5, p. 412-421, 2015. DOI: 10.1080/09064710.2015.1016101.

GÓMEZ-CORTECERO, A.; HARRISON, R. J.; ARMITAGE, A. D. Draft genome sequence of a European isolate of the apple canker pathogen *Neonectria ditissima*. **Genome Announcements**, v. 3, n. 6, p. 10-11, 2015. DOI: 10.1128/genomeA.01243-15.

LANGRELL, S. R. H. Molecular detection of *Neonectria galligena* (syn. *Nectria galligena*). **Mycological Research**, v. 106, n. 3, p. 280-292, 2002. DOI: 10.1017/S095375620200552X.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 20 de Junho de 2013. **Diário Oficial da União**, 21 jun. 2013c. Seção 1, p. 22. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=21/06/2013&jornal=1&pagina=22&totalArquivos=168>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

MARRA, R. E.; CORWIN, J. A. Isolation and characterization of codominant markers for the perennial canker fungal pathogen *Neonectria ditissima*. **Molecular Ecology Resources**, v. 9, n. 3, p. 906-909, 2009. DOI: 10.1111/j.1755-0998.2008.02438.x.

MCCRACKEN, A. R.; BERRIE, A.; BARBARA, D. J.; LOCKE, T.; COOKE, L. R.; PHELPS, K.; SWINBURNE, T. R.; BROWN, A. E.; ELLERKER, B.; LANGRELL, S. R. H. Relative significance of nursery infections and orchard inoculum in the development and spread of apple canker (*Nectria galligena*) in young orchards. **Plant Pathology**, v. 52, n. 5, p. 553-566, 2003. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2003.00924.x.

PLANTE, F.; HAMELIN, R. C.; BERNIER, L. A comparative study of genetic diversity of populations of *Nectria galligena* and *N. coccinea* var. *faginata* North America. **Mycological Research**, v. 106, n. 2, p. 183-193, 2002. DOI: 10.1017/S0953756201005329.

SCHEPER, R. W. A.; FISHER, B. M.; WOOD, P. N. Pathogenicity of field and laboratory-grown inoculum of *Neonectria galligena* on potted apple trees. **New Zealand Plant Protection**, v. 63, p. 280, 2010.

SCHEPER, R. W. A.; FRIJTERS, L.; FISHER, B. M.; HEDDERLEY, D. I. Effect of freezing of *Neonectria ditissima* inoculum on its pathogenicity. **New Zealand Plant Protection**, v. 68, p. 257-263, 2015.

SWINBURNE, T. R. European canker of apple (*Nectria galligena*). **Review of Plant Pathology**, v. 54, p. 789-799, 1975.

VAN DE WEG, W. E. Note on an inoculation method to infect young apple seedlings with *Nectria galligena* Bres. **Euphytica**, v. 36, n. 3, p. 853-854, 1987. DOI: 10.1007/BF00051869.

VAN DE WEG, W. E. Screening for resistance to *Nectria galligena* Bres. in cut shoots of apple. **Euphytica**, v. 42, n. 3, p. 233-240, 1989. DOI: 10.1007/BF00034459.

WALTER, M.; GLAISTER, M. K.; CLARKE, N. R.; VON LUTZ, H.; ELD, Z.; AMPONSAH, N. T.; SHAW, N. F. Are shelter belts potential inoculum sources for *Neonectria ditissima* apple tree infections. **New Zealand Plant Protection**, v. 68, p. 227-240, 2015.

WEBER, R. W. S. Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. **Erwerbs-Obstbau**, v. 56, n. 3, p. 95-107, Sept. 2014. DOI: 10.1007/s10341-014-0210-x.

XU, X. M.; BUTT, D. J.; RIDOUT, M. S. The effects of inoculum dose, duration of wet period, temperature and wound age on infection by *Nectria galligena* of pruning wounds on apple. **European Journal of Plant Pathology**, v. 104, n. 5, p. 511-519, 1998. DOI: 10.1023/A:1008689406350.

XU, X. M.; ROBINSON, J. D. Effects of fruit maturity and wetness on the infection of apple fruit by *Neonectria galligena*. **Plant Pathology**, v. 59, n. 3, p. 542-547, 2010. DOI:10.1111/j.1365-3059.2009.02232.x.

Capítulo 4

Estudos de caracterização molecular de *Neonectria ditissima* no Rio Grande do Sul

Daiana Luisa Stein

Bruna Carla Agustini

Fabiana Vieira Tormente

Silvio André Meirelles Alves

Fabio Rossi Cavalcanti

Introdução

A primeira reação de um produtor ou um técnico de campo quando encontra uma degeneração ou má-formação em alguma parte da planta é imaginar que tal alteração foi causada por uma doença ou por uma praga. A interpretação visual de um sintoma se constitui, assim, como o modo mais simples, direto e primordial para o entendimento de que algo pode estar ameaçando um cultivo. No entanto, sintomas visuais podem gerar confusão a respeito do estabelecimento das possíveis causas para uma doença, porque os sintomas produzidos por diferentes causas podem ser muito parecidos.

Com o advento da Fitopatologia como Ciência, a tecnologia ganhou importância no estabelecimento cada vez mais preciso da associação entre agente causal e doença. O estabelecimento dessa correta associação, bem como o conhecimento da biologia do patógeno, é fundamental para a tomada de decisão sobre qual estratégia de controle será eficaz para combater a doença.

Uma matéria foi criada para organizar toda a metodologia relacionada aos esforços para associar agente causal e doença: a Etiologia. Em paralelo, foi criada uma disciplina correlata, a Clínica e diagnose de doenças de planta. Desde finais do século 19, várias técnicas foram sendo adaptadas para auxiliar a correta diagnose de doenças de planta: testes de patogenicidade baseados nos postulados de Koch; isolamento e análise da morfologia do patógeno por técnicas de microscopia; estudo de gama de hospedeiros; adoção de meios seletivos, análises bioquímicas (perfis de proteínas e ácidos graxos), técnicas sorológicas, etc.

Nas últimas décadas do século passado e em anos recentes, metodologias envolvendo extração de ácido nucleico vêm sendo continuamente adaptadas para aplicação na diagnose de doenças de planta. As ferramentas moleculares comumente usadas para a identificação de fungos fitopatogênicos se baseiam principalmente na reação em cadeia da polimerase (PCR, do inglês *Polymerase Chain Reaction*), que será detalhada a seguir neste capítulo. A PCR possui vantagens em termos de simplificação metodológica, custos de implantação relativamente reduzidos, facilidade de acesso a insumos, rapidez, especificidade e alta sensibilidade. Associadas a técnicas de PCR convencional, é possível desenvolver abordagens para identificação de patógenos fúngicos que envolvam desenho de iniciadores (*primers*) espécie-específicos, com pareamento simples ou *multiplex* (quando mais de um par de iniciadores são utilizados), aliada ao uso de informações de um ensaio complementar de marcação molecular (PCR-RFLP, AFLP) ou de sequenciamento de produtos de PCR de região específica do DNA do patógeno a ser checado.

O cancro europeu, causado pelo fungo filamentoso *Neonectria ditissima*, tem se apresentado de forma muito agressiva nos pomares

de macieira no Brasil. Embora a doença não leve necessariamente à morte da planta, ela pode prejudicar muito a quantidade e qualidade da produção. Os sintomas típicos de podridão concêntrica (cancro) próximos a ferimentos e cicatrizes de queda de folhas e de poda, como também a presença de estruturas características do fungo (corpos de frutificação), perceptíveis a olho nu, tornam relativamente robusto o diagnóstico do cancro europeu por morfologia. O *N. ditissima* possui dois corpos de frutificação característicos das fases teleomorfa (sexuada) e anamorfa (assexuada) de reprodução: o peritécio e o esporódóquio, respectivamente. Em condições ambientais favoráveis, essas frutificações se manifestam como sinais evidentes sobre o tecido doente. A morfologia dos esporos também pode ser analisada pelo microscópio ótico: os ascos em formas cilíndricas e alongadas que contêm os ascósporos; os conídios que podem ser microconídios, unicelulares, ou macroconídios com até sete células.

Então, se a identificação do agente causador do cancro europeu da macieira é relativamente segura por sintomatologia e microscopia, por que investir em metodologias moleculares com o mesmo objetivo? Em primeiro lugar, pela exatidão e rapidez nos resultados. Métodos que dependem de isolamento do microrganismo, além de necessitarem de dias para o cultivo em meio de cultura, são vulneráveis à contaminação. Em segundo lugar, em análises oficiais e credenciamentos, quase sempre é exigida uma checagem da identificação morfológica por métodos moleculares. Em terceiro, a sensibilidade da metodologia não necessita de amostras coletadas a partir de lesões muito evidentes. Inclusive, vislumbra-se o uso de métodos moleculares para tentar identificar o patógeno em tecidos assintomáticos da planta, uma vez que há relatos de latência (período de incubação) do microrganismo no tecido. Isso faz com que a

doença seja disseminada a partir de mudas comercializadas como material sadio, já que não apresentam lesões visíveis aos técnicos e fiscais. Em quarto lugar, o fato de os trabalhos serem realizados mediante uso do DNA genômico ou ribossomal do microrganismo abre a possibilidade da execução contínua de trabalhos envolvendo filogenia molecular, diversidade genética de populações de patógenos associada à caracterização fenotípica dessas populações, no que tange a sua virulência sobre o hospedeiro e sensibilidade a princípios ativos fungicidas. Essas informações são muito valiosas na busca pelo aumento da eficiência no controle do cancro europeu nos pomares.

Como anteriormente comentado, a reação em cadeia da polimerase (PCR) está entre as técnicas moleculares mais utilizadas para caracterização de patógenos de planta, sendo aplicada também no estudo de *N. ditissima*. O método, que se baseia no princípio *in vivo* da replicação do DNA, tem por objetivo a síntese de um grande número de cópias (em milhões) de uma região específica do DNA de um organismo. A síntese *in vitro* é dependente de uma enzima DNA polimerase termoestável, a *Taq polimerase*, que reconhece um par de oligonucleotídeos (18 a 30 pares de bases pb), ou iniciadores (*primers*), que vão definir o ponto de iniciação e finalização para a síntese de novas fitas de DNA, em reações em cadeia. A síntese das novas fitas envolve três etapas principais: 1) desnaturação do DNA fita dupla; 2) pareamento dos iniciadores nas regiões 5' a 3' das fitas; e 3) extensão da fita na direção 5' → 3', pela enzima. Essas etapas são repetidas 30 a 40 vezes (*n* ciclos), e, a cada fita de DNA molde, duas fitas são obtidas por ciclo, ocorrendo uma amplificação exponencial (2^n) da região de interesse delimitada pelos iniciadores (Figura 1).

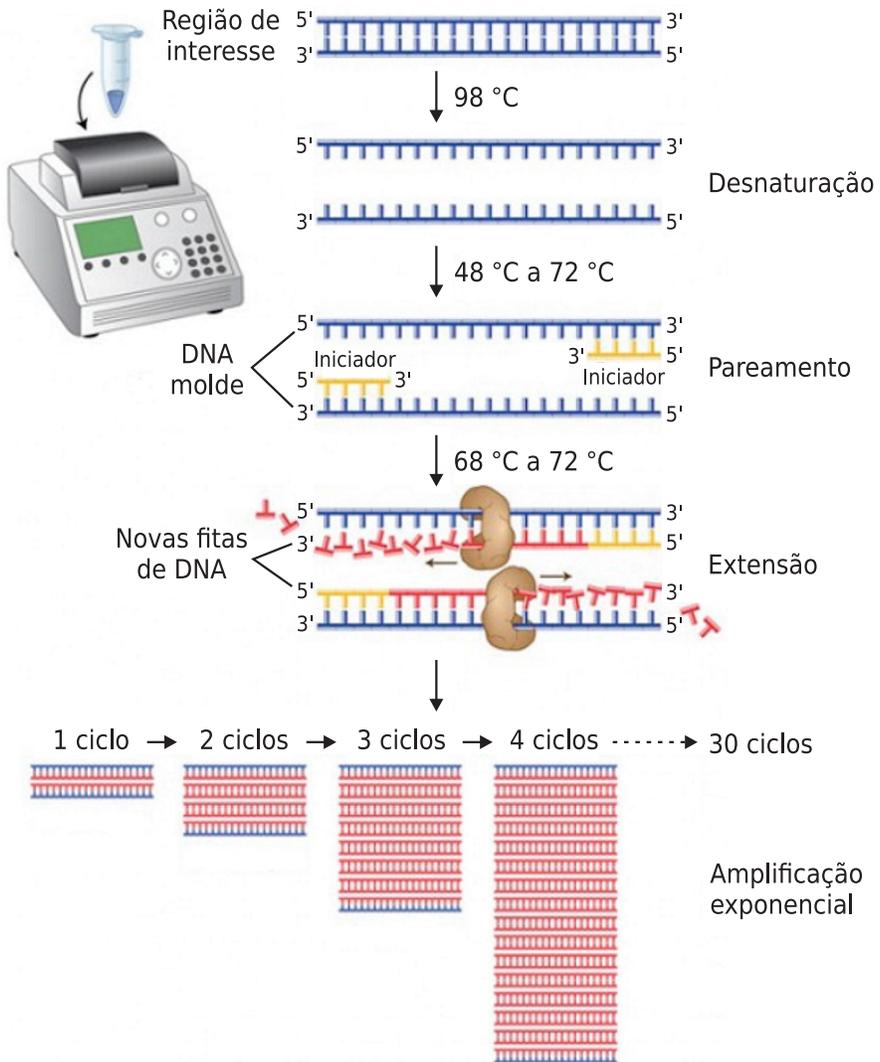


Figura 1. Reação de PCR adaptado pelos autores.

Fonte: Siratuti (2014).

A detecção molecular de *N. ditissima* por PCR já está difundida mundialmente. O estudo e definição da temperatura de fusão (T_m , do inglês *melting temperature*) e temperatura de pareamento ou anelamento (T_a , do inglês *annealing temperature*) dos iniciadores é de suma importância para o sucesso das metodologias de PCR. Essas variáveis são a base para uma configuração de PCR útil para qualquer estudo envolvendo fungos fitopatogênicos. Os ajustes para isolados de *N. ditissima* encontrados nos pomares de macieira do Rio Grande do Sul são descritos a seguir.

Inicialmente, DNA total de biomassa vegetativa, obtida a partir do subcultivo em meio líquido BD (batata-dextrose) de um disco micelial, foi extraído a partir de cultivos puros de isolados de *N. ditissima* obtidos de amostras de tecido lenhoso de macieira com sintomas de cancro europeu em diversos pomares do Rio Grande do Sul. Para confirmar o DNA obtido como proveniente de um fungo verdadeiro (*true fungi*), foram utilizados iniciadores da região do espaçador interno transcrito (ITS), *ITS1* e *ITS4*. Essa região pertence ao DNA ribossomal (rDNA) do microrganismo e se caracteriza pelo baixo polimorfismo intraespecífico, sendo uma região do DNA muito adotada por pesquisadores em estudos envolvendo filogenia entre diferentes espécies de fungos. O DNA ribossomal de eucariotos consiste em uma repetição em *tandem* (sequência repetitiva) de um segmento unitário, um *operon*, composto por regiões NTS (espaçador não transcrito), ETS (espaçador transcrito externo), 18S (gene rDNA para subunidade grande), *ITS1*, 5.8S (gene rDNA para subunidade pequena), *ITS2* e 28S (gene rDNA para subunidade grande). Essas regiões são também conhecidas como regiões organizadoras de nucléolo, pois participam da estrutura dessa partícula.

No estudo com todos os *N. ditissima* obtidos em pomares gaúchos, o par de iniciadores *ITS1* e *ITS4* se mostrou competente em amplificar a região ITS1/2 dos isolados, tanto de DNA micelial (Figura 2) quanto do DNA total de plantas infectadas, obtendo-se produtos de PCR com aproximadamente 545 pares de bases (pb).

No entanto, o uso dos iniciadores que amplificam a região entre o ITS1/2 acarreta a detecção de qualquer fungo presente em tecido vegetal, seja ele endofítico ou patogênico. Para detectar especificamente *N. ditissima* em DNA total vegetal, foi localizado na

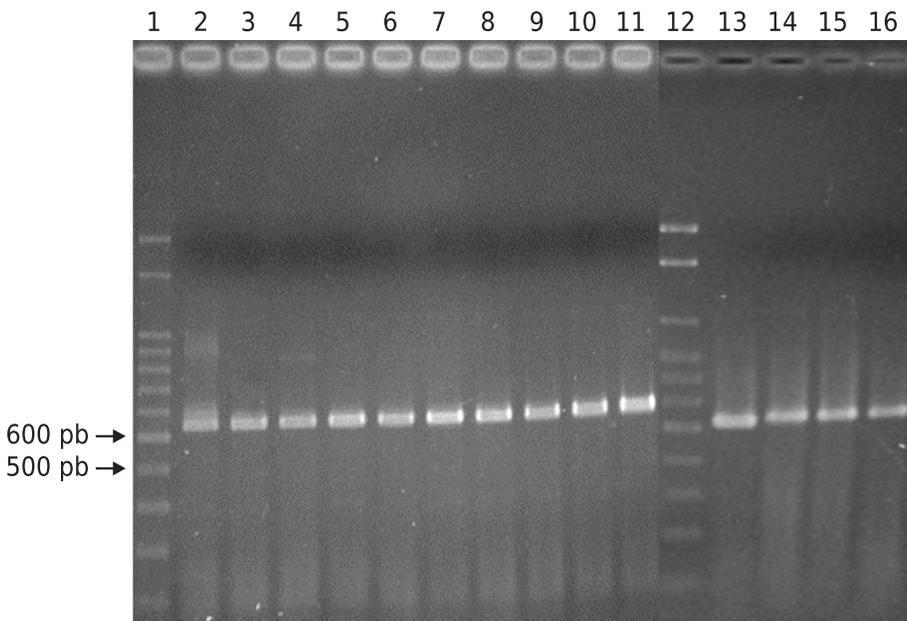


Figura 2. Detecção de isolados de *Neonectria ditissima* com os iniciadores *ITS1* e *ITS4*. Ordem das amostras nas canaletas: 1) Marcador Ludwig Biotec (100 pb); 2) 5453; 3) 5454; 4) 5531; 5) 31ACRC; 6) 105EJQ; 7) 104EJQ; 8) 101EJQ; 9) 107LF; 10) 106LF; 11) 105LF; 12) Marcador; 13) 5452; 14) 5538; 15) 5118; 16) 5455.

literatura um par de iniciadores *Ch1* (senso) e *Ch2* (antissenso), o qual foi desenhado a partir do alinhamento de sequências da região do rDNA ITS. Esses iniciadores permitem a obtenção de produtos de PCR de 412 pb para o fungo causador do cancro europeu (Figura 3). Adaptações foram feitas nas metodologias de PCR, e os iniciadores anglo-australianos se mostraram relativamente competentes para detecção de *N. ditissima* em amostras de macieira com cancro europeu coletadas no Rio Grande do Sul.

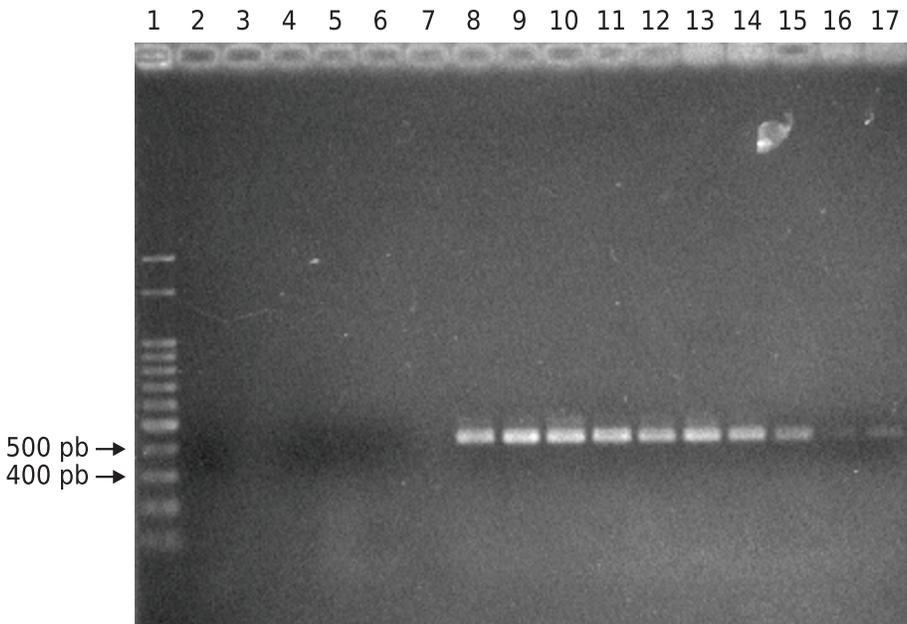


Figura 3. Detecção de isolados de *Neonectria ditissima* com os iniciadores *Ch1* e *Ch2*. Ordem das amostras nas canaletas: 1) Marcador Ludwig Biotec (100 pb); 2) *C-, Água; 3) Vazio; 4) C-, *Fusarium* sp.; 5) C-, *Phaeoacremonium* sp.; 6) C-, *Botryosphaeria dothidea*; 7) Vazio; 8) 5534; 9) 5453; 10) 5119; 11) 105EJQ; 12) 5535; 13) 5532; 14) 5455; 15) 105LF; 16) 5104; 17) 5533. *C- = controle negativo.

Fonte: Stein et al. (2016).

Esse par de iniciadores também se mostrou relativamente eficiente para a detecção específica de *N. ditissima* em DNA total de tecido vegetal. Desde então, o par *Ch1/2* vem sendo usado em protocolos de diagnose molecular do cancro europeu na Austrália e na África do Sul (doença quarentenária neste país). No entanto, os autores opinam que desenhos de iniciadores adaptados para regiões conservadas de isolados brasileiros de *N. ditissima* devam ser testados, para efeito de incremento na especificidade da PCR convencional, ou mesmo para testes envolvendo *nested* PCR com o uso *ITS1/4* ou *ITS5/4*.

Paralelamente aos trabalhos envolvendo iniciadores de PCR específicos, uma combinação entre técnicas de PCR e digestão dos seus produtos por endonucleases de restrição (hidrólise) pode servir para gerar informações para identificação da espécie fúngica. Essa técnica é conhecida como CAPS (do inglês, *Cleaved Amplified Polymorphic Sequence*) ou ainda por PCR-RFLP (do inglês, *Restriction Fragment Length Polymorphism* após uma PCR) (Figura 4), e é empregada para visualização de padrões de fragmentação de DNA que podem ser documentados, analisados e comparados com isolados não identificados ou desconhecidos. Cada enzima usada na técnica reconhece uma região específica do DNA, denominada “sítio de restrição”, onde ocorre a clivagem das fitas de DNA. Tal fragmentação promove o aparecimento de um perfil de fragmentos com um padrão de “bandas” específico, que é visualizado no gel, após a eletroforese. A partir dessa técnica, já foi possível caracterizar padrões de restrição para isolados gaúchos de *N. ditissima*.

Outra estratégia para identificação do fungo consiste no uso dos produtos de PCR para sequenciamento da região amplificada e posterior alinhamento e submissão ao *Genbank*, o banco de dados de

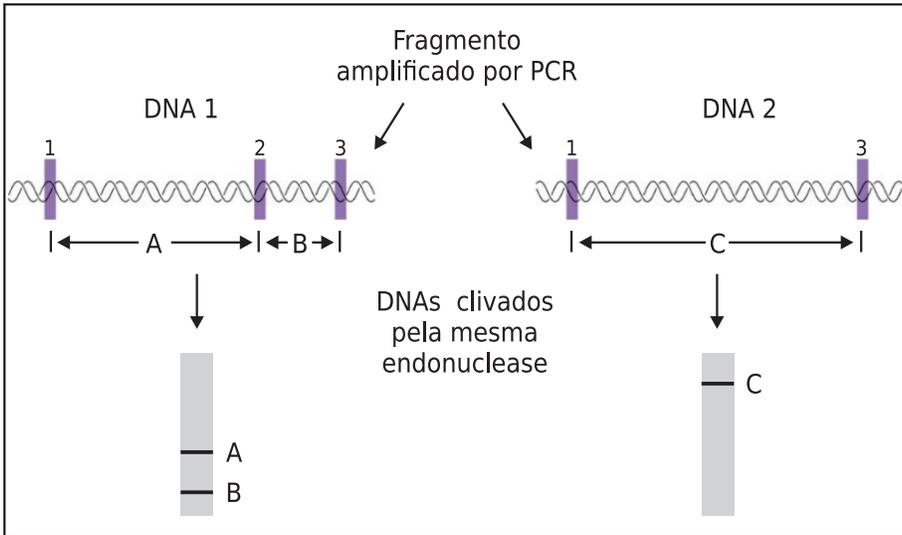


Figura 4. Esquema ilustrativo da técnica de PCR-RFLP (CAPS).

Fonte: Adaptado de Chhabra (2015).

Nota: os produtos de PCR de uma região do DNA do fungo podem ser clivados por enzimas de restrição, produzindo padrões típicos de bandas em uma eletroforese simples em gel de agarose. Esses padrões estão fortemente correlacionados com a espécie estudada.

nucleotídeos da United States National Library of Medicine/National Center for Biotechnology Information (NLM/NCBI), localizado nos *National Institutes of Health* (NIH). Nesse caso, essa metodologia não é prática para o evento de ‘detecção’ do fungo, pois depende de vários passos metodológicos no preparo da amostra. No entanto, é uma contraprova bastante robusta em termos de informação. De posse da informação da sequência, o pesquisador pode acessar esse banco de dados e utilizar uma das ferramentas de pesquisa por microrganismo. Geralmente, a ferramenta utilizada é o BLASTN (do inglês, *Basic Local Alignment Search Tool*). A sequência é submetida na caixa de texto da ferramenta e, ao cabo de alguns segundos,

o sistema retorna uma lista de entradas de organismos. Essa lista é ordenada em função do maior para o menor escore de identidade e *query cover*, coeficientes que sintetizam estatísticas sobre homologia e similaridade obtidas do alinhamento automático feito com a sequência de estudo pelo próprio sistema on-line.

O sequenciamento do DNA de microrganismos é uma abordagem comum em laboratórios de pesquisa e análise. Com a automação, o sequenciamento tornou-se uma técnica simples, eficiente e de baixo custo. Em um sequenciamento, o DNA molde é desnaturado para obter as fitas simples livres. Em seguida ocorre o pareamento de um iniciador (*primer*) em apenas uma das fitas. Depois, a DNA polimerase sintetiza a nova fita em uma mistura contendo os quatro desoxirribonucleotídeos (dNTPs, N = A, C, T, G) fosfatados constituintes do polímero do DNA. Entretanto, no meio reacional, há a presença, também, de mais quatro didesoxirribonucleotídeos bifosfatados, os ddNTPs marcados, cada um, com uma molécula fluorescente diferente. Como a enzima não consegue discriminar os dNTPs dos ddNTPs para incorporação na fita sintetizada, a chance do ddNTP ser incorporado é de 50%. Quando isso acontece, a síntese é interrompida por causa da falta de uma hidroxila 3' livre do ddNTP. No final, a síntese produz fragmentos de tamanhos diferentes, que migram ao longo de um gel capilar de forma ordenada, separados em razão de sua massa molecular. Um feixe de laser excita a sonda específica a cada ddNTP e a fluorescência é detectada. Um computador conectado ao sistema recebe a informação e processa os dados de forma a gerar o eletroferograma da sequência da região desejada da amostra fornecida (Figura 5).

As sequências referentes às regiões de interesse para os estudos de identificação possibilitam a análise de informações no ponto de

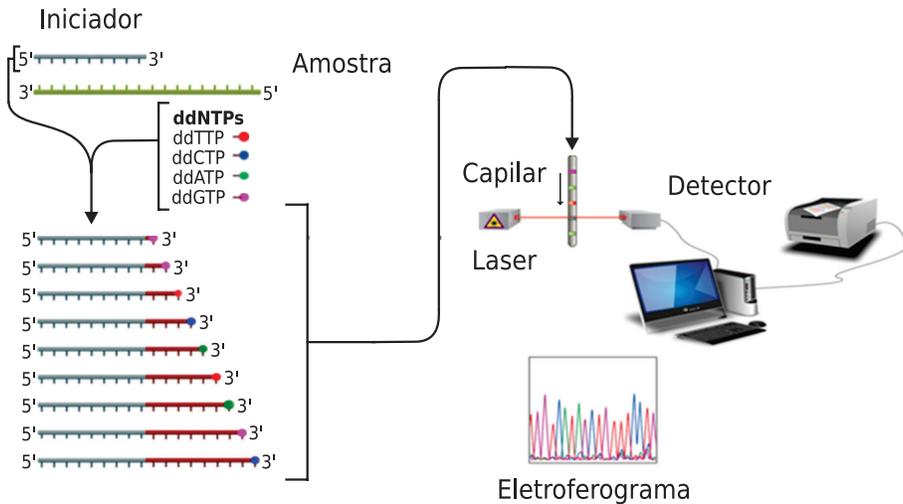


Figura 5. Ilustração para o método de sequenciamento de SANGER.

Fonte: Adaptado de Khan Academy (2012).

Nota: uma fita simples do DNA do microrganismo serve de molde para o pareamento do oligonucleotídeo iniciador e a extensão da fita complementar, por uma DNA polimerase. As paradas são providenciadas aleatoriamente, pela ligação de uma sonda ddNTP de parada, marcada com um fluoróforo correspondente a uma determinada base nitrogenada. Os fragmentos de fita são separados no capilar em função de sua massa molecular.

vista evolutivo. A disponibilidade de ferramentas de bioinformática na rede de computadores auxilia esse trabalho. O objetivo principal da *filogenia molecular* é ordenar os eventos evolucionários e representá-los em árvores filogenéticas que demonstrem, por agrupamento, as relações entre espécies ao longo do tempo, e com seus ancestrais. Essas relações podem ser definidas por histórias evolutivas de um único gene, proteína, da função ou da espécie associada.

Para criar uma árvore filogenética adequada, deve-se partir de um sequenciamento de boa qualidade e posterior alinhamento das

sequências de estudo. O próximo passo é a escolha do *método evolutivo* a ser aplicado, que é a base de cálculo para a construção das árvores. Há vários métodos de análise de alinhamentos que usam informações extraídas das substituições, transversões, espaçamentos e agrupamentos presentes nesses alinhamentos. Depois, é determinado um método de montagem de distâncias para construção da árvore filogenética, que deve ser adaptado para o tipo de pesquisa, espécies envolvidas no estudo e informações biológicas associadas às sequências (ex., métodos UPGMA, *neighbor joining*, máxima parcimônia, análise bayesiana, etc.). Por fim, a qualidade da árvore gerada é aferida. A técnica estatística mais conhecida para isso é o cálculo do valor de *bootstrap*, que avalia a confiança no suporte de cada nó da árvore. O programa se baseia na construção de novos conjuntos de sequências, a partir do conjunto original, estabelecendo uma nova árvore para esses conjuntos. Em seguida, calcula-se o percentual de vezes que um ramo aparece nas repetições, estabelecido pelo operador. Se estes conjuntos fornecerem a mesma árvore filogenética, a confiabilidade na árvore original aumenta (percentual elevado). Porém, se fornecerem uma árvore diferente, nenhuma delas é confiável (percentual baixo). Portanto, à medida que se aumenta a repetição da análise, a confiabilidade do resultado é aumentada.

Como exemplo, um estudo resumido foi proposto para agrupar três isolados de *N. ditissima* de Vacaria, RS (KY926824; KY926803; KY926822) com *N. ditissima* espalhados pelo mundo, de acordo com informações contidas nas sequências da região do ITS entre 18S rDNA (ITS1) e 5.8S rDNA (ITS2) (Figura 6). A árvore gerada pelo método Máxima Verossimilhança mostrou alta similaridade entre sequências brasileiras obtidas experimentalmente e os acessos de ITS dos isolados do mundo baixados no *Genbank*. Não foi possível

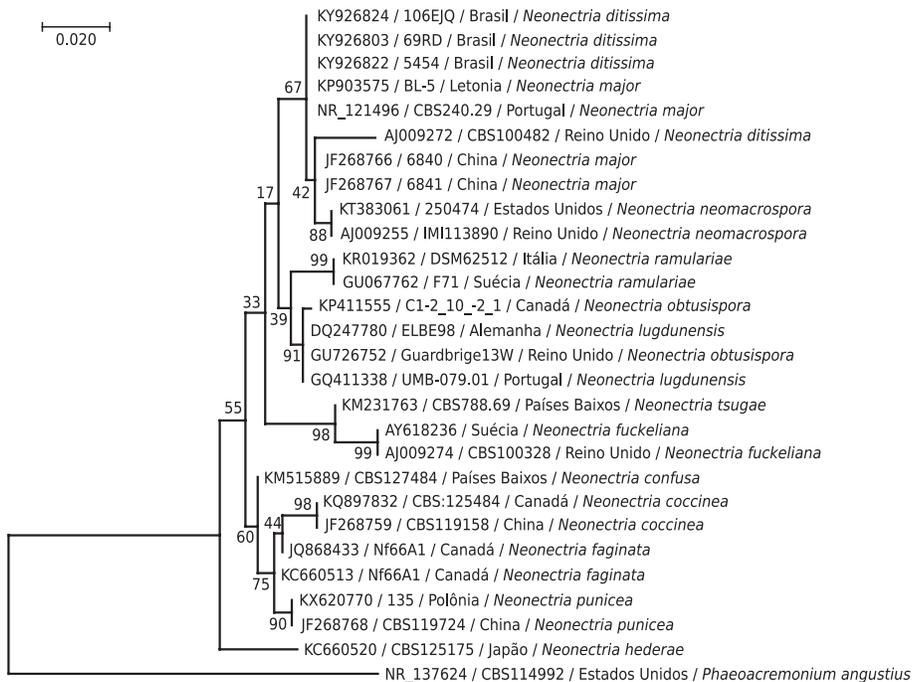


Figura 6. Árvore filogenética construída para espécies de *Neonectria*, na região entre 18S rRNA (ITS1) e 5.8S rRNA (ITS2).

Nota: foram comparados seis isolados de Vacaria, RS com diferentes regiões do mundo. O método usado foi o de Máxima Verossimilhança, com Kimura dois parâmetros e deleção completa de gaps. *Bootstrapping* por 800x replicações. *Phaeoacremonium angustius* CBS114992 usado como *outgroup*.

identificar com segurança um ancestral comum que pudesse oferecer uma indicação de centro de origem. Três isolados (Canadá, Dinamarca e Portugal) foram desdobrados do agrupamento principal, mas por valores muito baixos de *bootstrap*. Para evidenciar com mais segurança os centros de origem de populações de patógenos, cabem análises filogenéticas mais aprofundadas, a partir do estudo

de outras regiões conservadas do DNA e estudos de diversidade genética com o uso de perfis moleculares.

A disseminação do cancro europeu nas regiões produtoras de maçã no Brasil vem causando redução na produtividade e qualidade dos frutos. A utilização de técnicas de biologia molecular no contexto do cancro europeu é importante, tanto por sua sensibilidade, quanto por sua adequação e custo acessível. Ademais, é possível desenvolver estudos sistemáticos envolvendo a caracterização da filogenia e da diversidade genética da população de *N. ditissima* encontrada em diferentes pomares e regiões geográficas. Informações sobre a base genética de populações de *N. ditissima* e seus níveis de patogenicidade e virulência (fenótipo), considerando as bases de resistência das cultivares de macieira adotadas pelos produtores, são fundamentais para a composição de estratégias específicas e precisas de proteção de plantas, e redução de custos no controle da doença.

Por fim, testes e aprimoramentos com desenhos originais de iniciadores específicos, com o aperfeiçoamento de novas técnicas de PCR para *N. ditissima* encontrados no Brasil, em DNA total vegetal, se fazem importantes para o estabelecimento de protocolo unificado para confirmação de identificação de isolados brasileiros do agente causador do cancro europeu em território nacional.

Referências

CHHABRA, N. **Case details - VNTR Analysis**. Clinical Cases Biochemistry for Medics, April 4, 2015. Disponível em: <<http://usmle.biochemistryformedics.com/case-details-vntr-analysis/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

KHAN ACADEMY. **DNA sequencing**. 2012. Disponível em: <<https://www.khanacademy.org/science/biology/biotech-dna-technology/dna-sequencing-pcr-electrophoresis/a/dna-sequencing>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

SIRATUTI, V. **FAQ#8 Como ver se a transformação gênica deu certo?** 2014. Disponível em: <<http://scienceblogs.com.br/synbiobrasil/tag/pcr/>>. Acesso em: 1 ago. 2017.

STEIN, D. L.; AGUSTINI, B. C.; ALVES, S. A. M.; CAVALCANTI, F. R.
Adaptação de um método de detecção molecular para agentes do cancro europeu das pomáceas (*Neonectria ditissima*) isolados na Região Sul. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2016. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado técnico, 185).

Literatura recomendada

EDWARDS, J. **National diagnostic protocol for detection of *Neonectria ditissima* (European canker)**. [Canberra]: Australian Government, Department of Agriculture, 2013. 37 p.

LANGRELL, S. R. H. Molecular detection of *Neonectria galligena* (syn. *Nectria galligena*). **Mycological Research**, v. 106, n. 3, p. 280-292, 2002. DOI: 10.1017/S095375620200552X.

Capítulo 5

Associação de *Neonectria ditissima* com cancrs em espécies florestais

Álvaro Figueredo dos Santos
Celso Garcia Auer

O gênero *Neonectria* em espécies arbóreas

O cancro é um tipo de sintoma de doença de plantas caracterizado pela colonização de microrganismos que promovem a formação de lesões na casca e com a morte de tecidos do câmbio, levando à morte de parte ou da totalidade da planta. Os cancrs são causados por fungos de diferentes gêneros. Dentre estes gêneros, destaca-se *Neonectria* (Nectriaceae, Ascomycota) que causa cancrs em espécies agrícolas e florestais tendo como um dos principais representantes *Neonectria ditissima* (Tul. & C. Tul.) Samuels & Rossman (sin. *Nectria galligena*), agente causal do cancro europeu.

Além dessa espécie, existem outras espécies de *Neonectria* patogênicas em espécies florestais. *Neonectria fuckeliana* (C. Booth) Castl. & Rossman (sin. *Nectria fuckeliana*), cujo anamorfo é *Cylindrocarpon cylindroides* Wollenw, ataca espécies de *Abies*, *Larix*, *Picea* e *Pinus*. *Neonectria macrodidyma* Halleen, Schroers & Crous, cujo anamorfo é *Cylindrocarpon macrodidymum* Schroers, Halleen & Crousfoi, foi registrado em *Acer palmatum*, *Malus domestica*, *Olea europaea*, *Persea americana*, *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera*. No Brasil, existe um relato de ataque em raízes de *Vitis*. No exterior, causa podridão de raízes em mudas de *Pinus sylvestris*.

Hospedeiros florestais de *Neonectria ditissima*

O cancro europeu, também conhecido como cancro das macieiras ou cancro por *Nectria*, é causado pelo fungo *Neonectria ditissima* cujo anamorfo é *Cylindrocarpon heteronema*. O fungo ataca mais de 60 espécies de árvores e arbustos, de diversas famílias botânicas, com danos e perdas econômicas severas em macieiras, pereiras europeias e asiáticas e marmeleiro. No entanto, as perdas também podem ser verificadas em gêneros de espécies florestais, como *Acer* (Aceraceae), *Betula* (Betulaceae), *Fagus* (Fagaceae), *Fraxinus* (Oleaceae), *Juglans* (Juglandaceae), *Populus* e *Salix* (Salicaceae), *Quercus* (Fagaceae). Além desses hospedeiros, existem registros também em *Aesculus* (Sapindaceae) e *Carya* (Juglandaceae) (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies florestais e arbóreas hospedeiras de *Neonectria ditissima*.

Família	Nome científico	Ocorrência	Referência
Aceraceae	<i>Acer circinatum</i>	Natural	Cabi (2017)
	<i>Acer macrophyllum</i>	Natural	
	<i>Acer pensylvanicum</i>	Natural	
	<i>Acer circinatum</i>	Natural	
Aceraceae	<i>Acer rubrum</i>	Natural	Cabi (2017)
	<i>Acer saccharum</i>	Natural	
	<i>Acer spicatum</i>	Natural	
Anacardiaceae	<i>Rhus typhina</i>	Natural	Cabi (2017)
Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium</i>	Natural	Forest Pests of North America (2012)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Família	Nome científico	Ocorrência	Referência
Betulaceae	<i>Alnus incana</i>	Natural	Cabi (2017) Walter et al. (2015)
	<i>Alnus cordata</i>	Artificial (patógeno inoculado)	
	<i>Alnus glutinosa</i>	Artificial (patógeno inoculado)	
	<i>Betula alleghaniensis</i>	Natural	
	<i>Betula lenta</i>	Natural	
	<i>Betula nigra</i>	Natural	
	<i>Betula papyrifera</i>	Natural	
	<i>Betula pendula</i>	Natural	
	<i>Corylus avellana</i>	Natural	
Cornaceae	<i>Carpinus betulus</i>	Natural	Cabi (2017)
	<i>Cornus nuttallii</i>	Natural	
	<i>Nyssa sylvatica</i>	Natural	
Fagaceae	<i>Fagus grandifolia</i>	Natural	Cabi (2017)
	<i>Fagus sylvatica</i>	Natural	
	<i>Quercus alba</i>	Natural	
	<i>Quercus bicolor</i>	Natural	
	<i>Quercus coccinea</i>	Natural	
	<i>Quercus garryana</i>	Natural	
	<i>Quercus laurifolia</i>	Natural	
	<i>Quercus rubra</i>	Natural	
<i>Quercus velutina</i>	Natural		
Juglandaceae	<i>Carya cordiformis</i>	Natural	Cabi (2017)
	<i>Carya glabra</i>	Natural	
	<i>Carya illinoensis</i>	Natural	
	<i>Carya ovata</i>	Natural	
	<i>Juglans cinerea</i>	Natural	
	<i>Juglans nigra</i>	Natural	

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Família	Nome científico	Ocorrência	Referência
Magnoliaceae	<i>Liriodendron tulipifera</i>	Natural	Cabi (2017)
Myrtaceae	<i>Eucalyptus nitens</i>	Artificial (patógeno inoculado)	Walter et al. (2015)
Oleaceae	<i>Fraxinus excelsior</i>	Natural	Cabi (2017)
	<i>Fraxinus nigra</i>	Natural	
Pinaceae	<i>Picea abies</i>	Natural	
Rhamnaceae	<i>Frangula alnus</i>	Natural	Cabi (2017)
Salicaceae	<i>Populus grandidentata</i>	Natural	Cabi (2017) Walter et al. (2015)
	<i>Populus tremuloides</i>	Natural	
	<i>Salix alba</i>	Natural	
	<i>Salix amygdaloides</i>	Natural	
	<i>Salix matsudana</i>	Artificial (patógeno inoculado)	
Rosaceae	<i>Sorbus aucuparia</i>	Natural	Cabi (2017)
Tiliaceae	<i>Tilia americana</i>	Natural	Cabi (2017)
Ulmaceae	<i>Ulmus americana</i>	Natural	Cabi (2017)
	<i>Ulmus glabra</i>	Natural	

Alguns dos gêneros mencionados na Tabela 1 como hospedeiros florestais são encontrados na região Sul do Brasil, em plantações comerciais ou em arborização (Tabelas 2 e 3). São exemplos o álamo (*Populus deltoides*), a noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) e o chorão (*Salix* spp.). Apresenta-se uma lista com espécies florestais exóticas usadas como quebra-vento e que, inoculadas artificialmente com *N. ditissima*, apresentaram sintomas (Tabela 2).

O álamo é cultivado para produção de madeira, visando ao suprimento das fábricas de palitos de fósforo, e tem uma área plantada

Tabela 2. Formação de sintomas do cancro europeu e reisolamento de *Neonectria ditissima* artificialmente inoculado com micélio e conídios em diferentes espécies arbóreas utilizadas como quebra-vento em pomares de maçã. Julho, 2014.

Espécie testada ⁽¹⁾	Número de reisolamentos positivos e número de lesões visíveis (em parênteses)		Formação de lesão e reisolamento positivo de <i>N. ditissima</i>	
	Conídio	Micélio	Sintoma visível (%)	Reisolamento (%)
<i>Alnus cordata</i>	3 (1)	5 (8)	45	45
<i>Alnus glutinosa</i>	0 (0)	2 (1)	5	10
<i>Cupressus x leylandii</i>	3 (0)	3 (0)	0	30
<i>Eucalyptus nitens</i>	2 (1)	6 (6)	35	40
<i>Populus deltoides x P. nigra x P. nigra</i>	3 (0)	5 (9)	45	40
<i>Salix matsudana</i>	2 (0)	7 (10)	50	45

⁽¹⁾ Dez plantas inoculadas de cada espécie.

Fonte: Walter et al. (2015).

de 4.216 ha no Vale do Iguaçu, na divisa dos estados de Santa Catarina e Paraná.

A noqueira-pecã é cultivada para produção de nozes e tem uma área plantada de mais de 2.500 ha na região Sul e parte da região Sudeste do Brasil, sendo que a maioria dos pomares se encontra na depressão central do estado do Rio Grande do Sul.

Com relação ao gênero *Salix*, a espécie *S. humboldtiana* é de ocorrência natural e distribuição generalizada no território brasileiro. Outras espécies foram introduzidas destacando-se o chorão, *S. babylonica*, empregado como ornamental, e o vime, *S. viminalis*, utilizável para cestaria, móveis, amarrilhos na agricultura, presente nas zonas rurais de clima frio da região Sul.

Nas Tabelas 3 e 4, apresentam-se listas com espécies florestais exóticas e nativas, respectivamente, presentes na região Sul do Brasil.

Tabela 3. Espécies florestais exóticas presentes na região Sul do Brasil.

Família	Nome comum	Nome científico	Distribuição	Uso
Aceraceae	Acer	<i>Acer negundo</i>	Região Sul	Arborização
Fagaceae	Carvalho europeu	<i>Quercus robur</i>	Região Sul	Arborização
	Carvalho japonês	<i>Quercus acutíssima</i>	Região Sul	Produção de cogumelo shiitake
	Castanha portuguesa	<i>Castanea sativa</i>	Região Sul	Produção de castanha, ornamental
Juglandaceae	Nogueira-pecã	<i>Carya illinoensis</i>	Região Sul e Sudeste	Produção de nozes
Magnoliaceae	Magnólia-branca	<i>Magnolia grandiflora</i>	Região Sul	Arborização
	Magnólia-amarela	<i>Michelia champaca</i>	Região Sul	Arborização
Myrtaceae	Eucalipto	<i>Eucalyptus benthamii</i>	Região Sul	Produção de energia
		<i>Eucalyptus dunnii</i>	Região Sul	Produção de celulose
		<i>Corymbia citriodora</i>	Região Sul	Produção de madeira
		<i>Eucalyptus cinerea</i>	Região Sul	Arborização, ornamentação
	Calistemon-imperial, escova-de-garrafa	<i>Callistemon imperialis</i>	Região Sul	Arborização

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Família	Nome comum	Nome científico	Distribuição	Uso
Myrtaceae	Calistemon pendente	<i>Callistemon viminalis</i>	Região Sul	Arborização
Oleaceae	Alfeneiro	<i>Ligustrum lucidum</i>	Região Sul	Arborização
Pinaceae	Pínus	<i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	Região Sul	Produção de celulose
	Pínus	<i>Pinus taeda</i>	Região Sul	Produção de celulose
Rosaceae	Cerejeira-do-japão	<i>Prunus serrulata</i>	Região Sul	Arborização
Salicaceae	Vime	<i>Salix viminalis</i>	Região Sul	Cestaria
	Chorão	<i>Salix babylonica</i>	Região Sul	Arborização
	Álamo, populus	<i>Populus deltoides</i> - híbridos	Estados Paraná e Santa Catarina	Indústria fosforeira

Fonte: Lorenzi et al. (2003), Biondi e Althaus (2005).

Tabela 4. Espécies florestais nativas da região Sul do Brasil.

Família	Nome comum	Nome científico	Distribuição	Uso
Anacardiaceae	Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Brasil	Arborização, revegetação
Aquifoliaceae	Erva-mate	<i>Ilex paraguariensis</i>	Região Sul	Bebidas, chá, chimarrão, cosméticos
Cornaceae	-	<i>Griselinia ruscifolia</i> var. <i>itatiaiae</i>	Região Sul e Sudeste	Revegetação

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Família	Nome comum	Nome científico	Distribuição	Uso
Magnoliaceae	Baguaçu, pinha-do-brejo	<i>Magnolia ovata</i>	Região Sul e Sudeste	Revegetação
Myrtaceae	Várias espécies de mirtáceas	<i>Acca</i> spp., <i>Campomanesia</i> spp., <i>Eugenia</i> spp., <i>Myrcianthes</i> spp., <i>Myrciaria</i> spp., <i>Psidium</i> spp.	Brasil	Frutíferas, ornamentais, revegetação, marcenaria, construção civil
Oleaceae	-	<i>Chionanthus crassifolius</i>	Região Sul e Sudeste	Revegetação
		<i>Chionanthus trichotomus</i>	Região Sul e Sudeste	Revegetação
Rhamnaceae	Sagaraji	<i>Colubrina glandulosa</i>	Região Sul e Sudeste	Marcenaria e construção civil
		<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Região Sul e Sudeste	Marcenaria e construção civil
		<i>Rhamnidium glabrum</i>	Região Sul e Sudeste	Marcenaria e construção civil
	-	<i>Rhamnus sphaerosperma</i>	Região Sul e Sudeste	Revegetação
Rosaceae	Pessegueiro-bravo	<i>Prunus myrtifolia</i>	Região Sul	Arborização, revegetação
	Pessegueiro-bravo	<i>Prunus sellowii</i>	Região Sul	Arborização, revegetação
	Pessegueiro-bravo	<i>Prunus brasiliensis</i>	Região Sul	Arborização, revegetação

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Família	Nome comum	Nome científico	Distribuição	Uso
Salicaceae	Chorão	<i>Salix humboldtiana</i>	Região Sul	Arborização, revegetação
Tiliaceae (Malvaceae)	Açoita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i>	Quase todo o Brasil	Arborização, revegetação
Ulmaceae	Candiubá	<i>Trema micrantha</i>	Em quase todas as regiões brasileiras	Revegetação

Fonte: Barros (2002), Januário et al. (2002), Lorenzi (2002), Lorenzi et al. (2003), Lima e Giuletti (2005).

Considerações finais

Nos últimos anos, com o forte intercâmbio comercial, especialmente de produtos agrícolas e florestais entre os países e regiões, aumentaram os riscos de introdução e estabelecimento de patógenos exóticos em plantações ou em espécies nativas.

Na região Sul do Brasil, as espécies florestais exóticas podem ser encontradas em larga escala, em plantações comerciais, ou em pequena escala, em arborização e quebra-vento, tanto para proteção de lavouras e pomares como de animais. Nos últimos anos, a árvore tem sido incorporada, em pequena escala, como componente na integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

Uma das preocupações com a presença de *N. ditissima* no Brasil é que vários hospedeiros florestais exóticos estão espalhados na região Sul (Tabela 3) e poderiam funcionar como reservatório desse fungo, fato que contribuiria para a perpetuação do patógeno

nessa região. Desconhece-se a suscetibilidade desses hospedeiros a esse patógeno. Na Europa, plantas ornamentais são citadas como hospedeiras desse patógeno e funcionam como fonte de inóculo. Outra possibilidade é *N. ditissima* infectar espécies florestais nativas, conforme foi relatado em árvores nativas no continente europeu. Também, nesse caso, as árvores funcionariam como fonte de inóculo.

Merece atenção também a possibilidade desse fungo infectar espécies arbóreas brasileiras pertencentes aos mesmos gêneros descritos no exterior (Tabela 4). Desse modo, hospedeiros potenciais ao fungo seriam as espécies arbóreas brasileiras da família Rosaceae, na qual existem três espécies no Brasil, conhecidas vulgarmente como pessegueiro-bravo: *Prunus myrtifolia*, *P. sellowii* e *P. brasiliensis*. Espécies de outros gêneros também ocorrem em condições brasileiras (Tabelas 1 e 4) e que poderiam ser potencialmente infectadas por *N. ditissima*. Essas espécies são empregadas na revegetação (recuperação de áreas degradadas), produção de madeira para diversos usos na pequena propriedade rural, enriquecimento de matas nativas, prestando-se também para arborização e alimento de pássaros.

Referências

BARROS, F. Cornaceae. In: WANDERLEY, M. das G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S.; BITTRICH, V.; KAMEYAMA, C. (Ed.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Fapesp: Hucitec, 2002. v. 2, p. 93-94. Disponível em: <http://botanica.sp.gov.br/ffesp_online/>. Acesso em: 28 ago. 2017.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005. 179 p.

JANUÁRIO, M. H.; GOMES, F. P.; KAMEYAMA, C. Oleaceae. In: WANDERLEY, M. das G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S.; BITTRICH, V.; KAMEYAMA, C. (Ed.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2002. v. 7, p. 241-244. Disponível em: <<http://botanica.sp.gov.br/institutodebotanica/files/2016/02/Olacaceae.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

LIMA, R. B.; GIULIETTI, A. M. Rhamnaceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S.; BITTRICH, V.; KAMEYAMA, C. (Ed.). **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2005. v. 4, p. 331-342. Disponível em: <<http://botanica.sp.gov.br/institutodebotanica/files/2016/02/Rhamnaceae.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002. v. 1, 368 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2003. 368 p.

WALTER, M.; GLAISTER, M. K.; CLARKE, N. R.; VON LUTZ, H.; ELD, Z.; AMPONSAH, N. T.; SHAW, N. F. Are shelter belts potential inoculum sources for *Neonectria ditissima* apple tree infections. **New Zealand Plant Protection**, v. 68, p. 227-240, 2015.

Literatura recomendada

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Elsevier, 2005. 952 p.

AUER, C. G.; SANTOS, A. F. dos. **Patógenos florestais de importância quarentenária para o Brasil**: guia para seu reconhecimento. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 50 p.

CABI. **Crop protection compendium**: *Neonectria macrodidyma*. Wallingford, [2015?]. Disponível em: <<http://www.cabi.org/cpc/datasheet/110579>>. Acesso em: 4 ago. 2017.

FOREST PESTS OF NORTH AMERICA. **Damage agents - diseases**. 2012. Disponível em: <https://www.forestpests.org/diseases_main.cfm>. Acesso em: 17 ago. 2017.

GONZÁLEZ, C.; MORALES, R.; RIEGEL, R.; ARAVENA, M.; VALENZUELA, E. Distribución geográfica y caracterización fenotípica y molecular de *Neonectria fuckeliana*, asociado a cancos fustales de *Pinus radiata* en Chile. **Bosque**, v. 36, n. 3, p. 531-541, 2015. DOI: 10.4067/S0717-92002015000300019.

IBGE. **Produção agrícola municipal**: lavouras temporárias e permanentes. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2012/default_temp_perm_xls.shtm>. Acesso em: 20 jul. 2017.

KIYAMA, C. Y.; BIANCHINI, R. S. Rosaceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S.; BITTRICH, V.; KAMEYAMA, C. (Ed.). **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2003. v. 3, p. 285-294. Disponível em: <http://botanica.sp.gov.br/ffesp_online/>. Acesso em: 28 ago. 2017.

MENKIS, B.; BUOKIENE, D. Distribution and genetic diversity of the root-rot pathogen *Neonectria macrodidyma* in a forest nursery. **Forest Pathology**, v. 42, n. 1, p. 79-83, 2012. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2011.00712.x.

SANTOS, A. F. dos; MACHADO, E. B. **Controle químico da ferrugem do álamo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 253).

SANTOS, R. F. dos; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; HECKLER, L. I.; FINGER, G., MACIEL, C. G.; HARAKAWA, R.; GARRIDO, L. R. First report of *Ilyonectria macrodidyma* associated with black foot disease of grapevine in Brazil. **Plant Disease**, v. 98, n. 1, p. 156, 2014. DOI: 10.1094/PDIS-04-13-0424-PDN.

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; SANTOS, M. C.; PAVAN, W. Presença do cancro europeu das pomáceas no Brasil: ameaça à sustentabilidade da pomicultura do país. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 47., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MOFO BRANCO, 2014, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2014. p. 44-45.

Capítulo 6

Condições climáticas e risco de desenvolvimento do cancro europeu no Sul do Brasil

Ana Beatriz Costa Czermainski
Silvio André Meirelles Alves

Introdução

O clima tem importante influência sobre as fases biológicas e sobre o desenvolvimento do patógeno *Neonectria ditissima*. As fases de produção e disseminação dos conídios são fortemente dependentes da chuva. A temperatura do ar e o regime de chuvas determinam períodos de molhamento foliar, que, por sua vez, favorecem a sobrevivência do fungo e influenciam o nível de esporulação em lesões já existentes nos hospedeiros. Os respingos de chuva e o vento são determinantes para a dispersão dos esporos e a disseminação do cancro europeu.

A macieira, principal hospedeiro de *N. ditissima*, também terá a sua fenologia afetada em razão do clima. A fase de queda de folhas assim como a colheita serão antecipadas ou retardadas em relação a outros anos, conforme o comportamento de elementos climáticos, em especial da temperatura do ar. Os ferimentos naturais resultantes da queda de folhas nos meses de outono são os principais pontos de início de infecção de cancro europeu em macieiras. No verão, os ferimentos induzidos pela colheita de frutos também são vias de entrada do fungo, e as condições climáticas específicas desta

fase podem determinar maior ou menor sucesso do fungo na infecção. A coincidência de fases fenológicas de maior vulnerabilidade da macieira com condições ambientais favoráveis devem ser motivo de atenção. Por observações experimentais efetuadas no Brasil, têm-se indicativos de que a infecção de frutos, pouco estudada em outros países, também seja influenciada pela interação entre temperatura e molhamento foliar.

Mesmo características que são intrínsecas a um pomar já estabelecido como a suscetibilidade de cultivares, tanto de copa como de porta-enxerto, sofrem a influência indireta dos elementos do clima. A concentração de inóculo no ambiente circundante e o nível de esporulação, ambos influenciados pela temperatura e pelo regime de chuvas, podem modificar o nível esperado de resistência para uma cultivar.

Nas diversas regiões produtoras de maçã ao redor do mundo, houve preocupação dos estudiosos do cancro europeu na análise do comportamento do clima e seu reflexo sobre a epidemia. No entanto, ainda persistem muitas incertezas.

Há diferenças entre regiões ou localidades situadas numa área geográfica contínua quanto à severidade da epidemia ou quanto ao órgão atingido. A análise retrospectiva dos dados climáticos explica por que, conforme a região, a presença da doença é raramente observada e não tem maior importância ou é muito preocupante, podendo levar a grandes perdas da produção. Essa variabilidade na distribuição regional da doença é observada em regiões produtoras dos Estados Unidos, da Europa e da Nova Zelândia.

Monitorar o clima é de extrema importância para as ações de manejo no curto prazo e para que seja aprimorado, no médio e longo prazos, o entendimento sobre a epidemia, ou seja, de como ela

se comporta no tempo e no espaço, de modo a gerar mais subsídios para o controle. Neste capítulo são apresentados resultados da análise do clima em anos recentes dos polos de produção de maçã no Sul do Brasil ou locais próximos, à luz de parâmetros e modelos já validados para outras regiões produtoras do mundo.

Os modelos e parâmetros já conhecidos

Pesquisas em diversas regiões produtoras de maçã do mundo indicam, com base em elementos climáticos, valores-limites ou parâmetros para o estabelecimento de níveis de risco de ocorrência de cancro europeu. Tais parâmetros referem-se à temperatura do ar e ao regime de chuvas, tanto em quantidade como em frequência. Outro fator a ser considerado, e é consequência dos anteriores, é o período mínimo de molhamento foliar para ocorrer infecção. Autores indicam como referência um período mínimo de 6 horas para favorecer a infecção.

A partir de ensaios *in vitro* realizados no Chile, Latorre et al. (2002) estabeleceram relações entre medidas ambientais e de desenvolvimento do fungo ou de infecção. As equações ajustadas levaram a taxas de germinação de conídios e de ascósporos conforme o tempo sob dada temperatura. Num conjunto de experimentos foi estudado, para diversos isolados de *Neonectria*, o efeito da temperatura sobre a germinação de conídios num período de 24 horas. A germinação ocorreu entre 6 °C e 32 °C, com taxa crescente a partir de 10 °C, atingindo o máximo de germinação na faixa de 20 °C a 25 °C. Ascósporos submetidos *in vitro* a 20 °C, ao final de 8 horas, estariam 60% germinados. Baseados nos modelos preditivos estimados, os autores implementaram um sistema de aviso de infecção, validado em 5 ensaios

conduzidos em 2 anos (1999–2000) em pomares comerciais altamente infectados por cancro europeu. Comparando o sistema convencional de aplicação de fungicidas e o programa de aplicações baseado no sistema de alerta, foi verificado que o sistema de aviso reduziu a incidência e a severidade no primeiro ano.

Em pesquisas efetuadas na Nova Zelândia, Beresford e Kim (2011) destacaram a importância da frequência de dias com chuva e do número de horas por dia em determinadas faixas de temperatura. Isso permitiu distinguir áreas de produção onde o cancro europeu é um problema grave, daquelas onde o cancro é raramente ou nunca considerado um problema. Foi constatado que o fungo sobrevive em campo na ampla faixa de temperatura de 5 °C a 25 °C, com o intervalo apontado como ideal entre 11 °C e 16 °C por pelo menos 8 horas por dia. Com base nos indicadores: número de dias com chuva no mês (D), quantidade de chuva no mês (P) e número médio de horas no dia com temperatura entre 11 °C e 16 °C (T), foram estabelecidos gráficos indicadores de condições favoráveis para diversos locais do mundo. Para isso, as estimativas mensais de D, P e T foram comparadas com os parâmetros estabelecidos em D=28,8 %, P=100 mm e T=7,7 horas.

Em continuidade, os mesmos autores (Kim e Beresford, 2012) chegaram a um método de cálculo de risco climático e estabeleceram modelos exponenciais com os mesmos parâmetros D, P e T, os quais são valores mínimos para indicar risco moderado ou alto para a infecção ou desenvolvimento da doença. Tais funções (Figura 1) assumem valores no intervalo 0 a 1, e quanto mais próximas de 1, maior a contribuição para o risco. Um indicador das condições favoráveis ou não ao cancro europeu em determinado mês m , R_m , é obtido multiplicando-se o maior valor entre μ_D e μ_P por μ_T , ou seja, $R_m =$

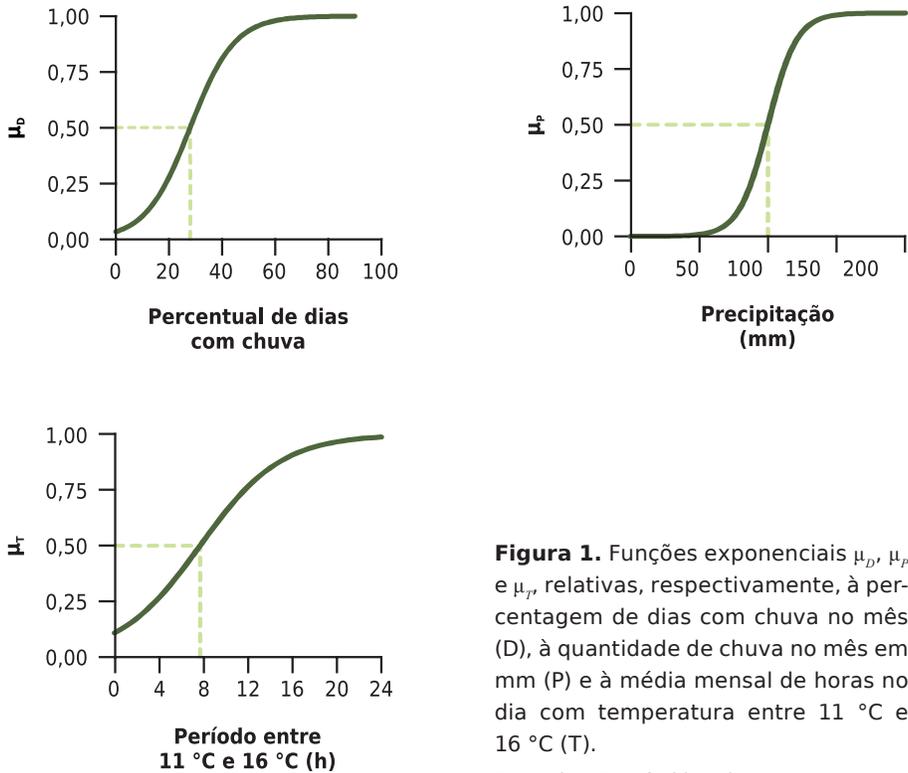


Figura 1. Funções exponenciais μ_D , μ_P e μ_T , relativas, respectivamente, à percentagem de dias com chuva no mês (D), à quantidade de chuva no mês em mm (P) e à média mensal de horas no dia com temperatura entre 11 °C e 16 °C (T).

Fonte: Kim e Beresford (2012).

$max(\mu_D, \mu_P) \cdot \mu_T$, que pode ser interpretado como: as condições em um mês m serão favoráveis se ocorrerem chuvas frequentes ou chuvas fortes e horas com temperaturas amenas.

Para 2 meses consecutivos, m e n , o risco é dado pela expressão $R_{mn} = R_m + R_n - R_m R_n$. A classificação estabelecida pelos autores é de que, uma vez que o inóculo esteja presente, o risco de desenvolvimento de cancro europeu seja considerado baixo se R_{mn} for menor que 0,5; moderado se R_{mn} estiver entre 0,5 e 0,75 e alto se R_{mn} for maior que 0,75.

O clima nos principais polos de produção de maçã no Brasil

As séries meteorológicas de anos recentes para municípios da área de produção de maçãs dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul foram analisadas sob a ótica das condições ambientais favoráveis à ocorrência de esporos do fungo *N. ditissima*, conforme Kim e Beresford (2012). Em Santa Catarina, o município de São Joaquim é o maior produtor e também o maior nacionalmente, seguido por Fraiburgo. O terceiro município de Santa Catarina em área colhida e produção de maçãs é Bom Jardim da Serra, que fica próximo a São Joaquim. O município de Caçador, embora não tenha uma expressiva produção de maçãs, fica a cerca de 30 km de Fraiburgo e contém menor quantidade de falhas de registros meteorológicos após o ano de 2012. O Rio Grande do Sul está representado pelos três municípios de mais expressiva produção de maçã: Vacaria, segundo produtor em nível nacional, Bom Jesus e Caxias do Sul (Tabela 1).

Não há diferenças marcantes entre os municípios quanto aos elementos climáticos estudados. Dos cinco analisados, todos atingiram os 1.000 mm de chuva no ano, que é um valor de referência amplo, apontado por alguns autores, em estudos de cancro europeu (Tabela 2). No entanto, mais importante que a quantidade de chuva é a sua distribuição ao longo do ano, pois quanto maior o número de dias de chuva, maior será a disseminação dos conídios e a manutenção do inóculo no pomar.

Com base nos valores calculados de D, P e T, para os meses nos anos recentes desde o surgimento do cancro, com exceção do obtido para Caçador, observa-se alta frequência de meses favoráveis à doença. Nos últimos 4 anos (Figura 2), o período de final de outono e

Tabela 1. Dados relativos aos municípios que representam os polos de produção de maçã no Brasil.

Município	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)	Produção (t) 2016
Bom Jesus, RS	28° 38' 11''	51° 09' 30''	1.068	54.678
Caxias do Sul, RS	29° 07' 46''	50° 23' 12''	830	60.000
Caçador, SC	26° 49' 09''	50° 59' 08''	944	-
Fraiburgo, SC	-	-	-	64.000
São Joaquim, SC	28° 16' 32''	49° 56' 05''	1.400	266.400
Vacaria, RS	28° 30' 49''	50° 52' 58''	986	232.369

Fonte: IBGE (2017).

Tabela 2. Temperatura do ar média anual no período 2012-2017, máximas e mínimas registradas no mesmo período e precipitação média dos totais anuais de 2014 a 2017 nos municípios analisados.

Município	Temperatura (°C)			Precipitação anual (mm)
	Média anual	Máxima observada ⁽¹⁾	Mínima observada ⁽²⁾	
Bom Jesus ⁽³⁾	15,5	34,2	-7,4	1.222
Caxias do Sul ⁽³⁾	16,8	34,4	-3,2	1.252
Caçador ⁽⁴⁾	16,7	34,4	-2,2	1.267 ⁽⁵⁾
São Joaquim ⁽⁴⁾	14,1	29,9	-5,6	1.874
Vacaria ⁽⁴⁾	15,7	34,5	-4,5	1.989

⁽¹⁾ No mês de fevereiro, em todos os municípios.

⁽²⁾ No mês de junho, em todos os municípios.

Fonte e período dos dados brutos: ⁽³⁾ Elaborada com dados não publicados da Epagri/Ciram, período de 2014 a 2017; ⁽⁴⁾ Elaborada com dados não publicados do Inmet, período de 2012 a 2017.

⁽⁵⁾ Média dos anos 2014, 2016 e 2017.

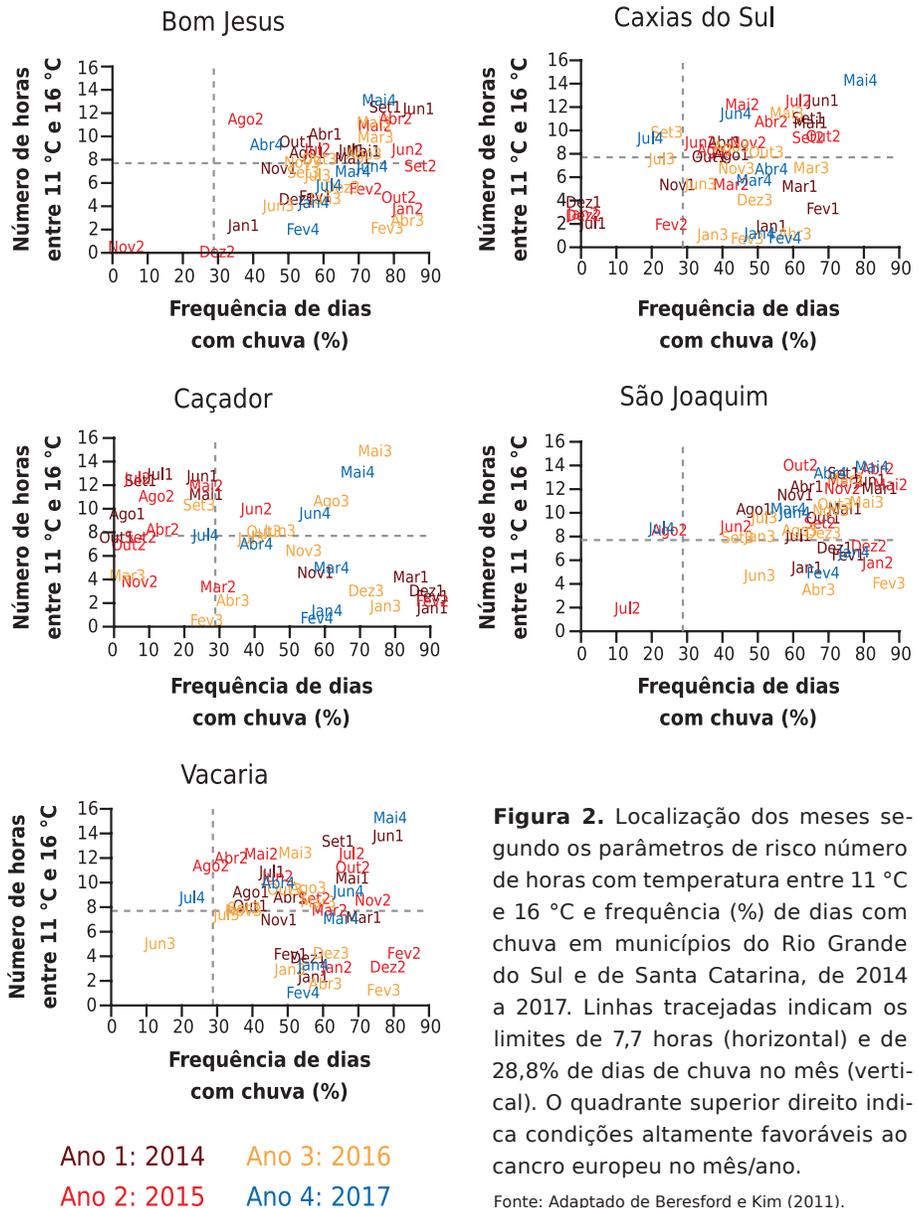


Figura 2. Localização dos meses segundo os parâmetros de risco número de horas com temperatura entre 11 °C e 16 °C e frequência (%) de dias com chuva em municípios do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, de 2014 a 2017. Linhas tracejadas indicam os limites de 7,7 horas (horizontal) e de 28,8% de dias de chuva no mês (vertical). O quadrante superior direito indica condições altamente favoráveis ao cancro europeu no mês/ano.

Fonte: Adaptado de Beresford e Kim (2011).

início do inverno (maio-junho), que corresponde ao período de queda de folhas da macieira, caracterizou-se como propício à infecção de plantas em áreas onde esteja presente o fungo. A exceção foi o mês de junho de 2016, que não se situou no quadrante favorável à doença graças às baixas temperaturas médias que não ultrapassaram os 11°C em todos os municípios. Para São Joaquim, onde a queda de folhas é mais tardia, os mesmos indicadores obtidos para o período de maio a julho resultaram em mais de 50% de dias com chuva e média de 9 horas por dia com temperatura média do ar na faixa ótima para a doença. Em Vacaria, os meses de maio e junho apresentaram, respectivamente, média de 59% e 50% de dias com chuva e média de mais de 10 horas por dia com temperatura entre 11 °C e 16 °C.

O risco climático de cancro europeu acumulado para dois meses consecutivos (Figuras 3 e 4) foi classificado como baixo em 59% dos meses para o município de Caçador, enquanto os demais municípios ficaram com menos de 31% dos meses nessa classificação. Foi considerado moderado entre 25% e 40% dos meses para os cinco municípios. Para São Joaquim, em 71% dos meses o risco foi considerado alto, pois R_{mn} superou o limite de 0,75 (Tabela 3). Falhas observadas nas linhas de risco climático (Figuras 3 e 4) são devidas a falhas no registro de ocorrência de chuva em grande número de horas naqueles meses, o que pode prejudicar a estimativa dos índices. Quando houve poucas falhas de registro no mês, mesmo sem a informação completa de ocorrência ou quantidade de chuva no mês, foi feito o cálculo de R_m e de R_{mn} , de modo que pode haver alguma subestimação em alguns resultados desses índices. Vacaria é o único município para o qual se tem informações meteorológicas completas no período analisado.

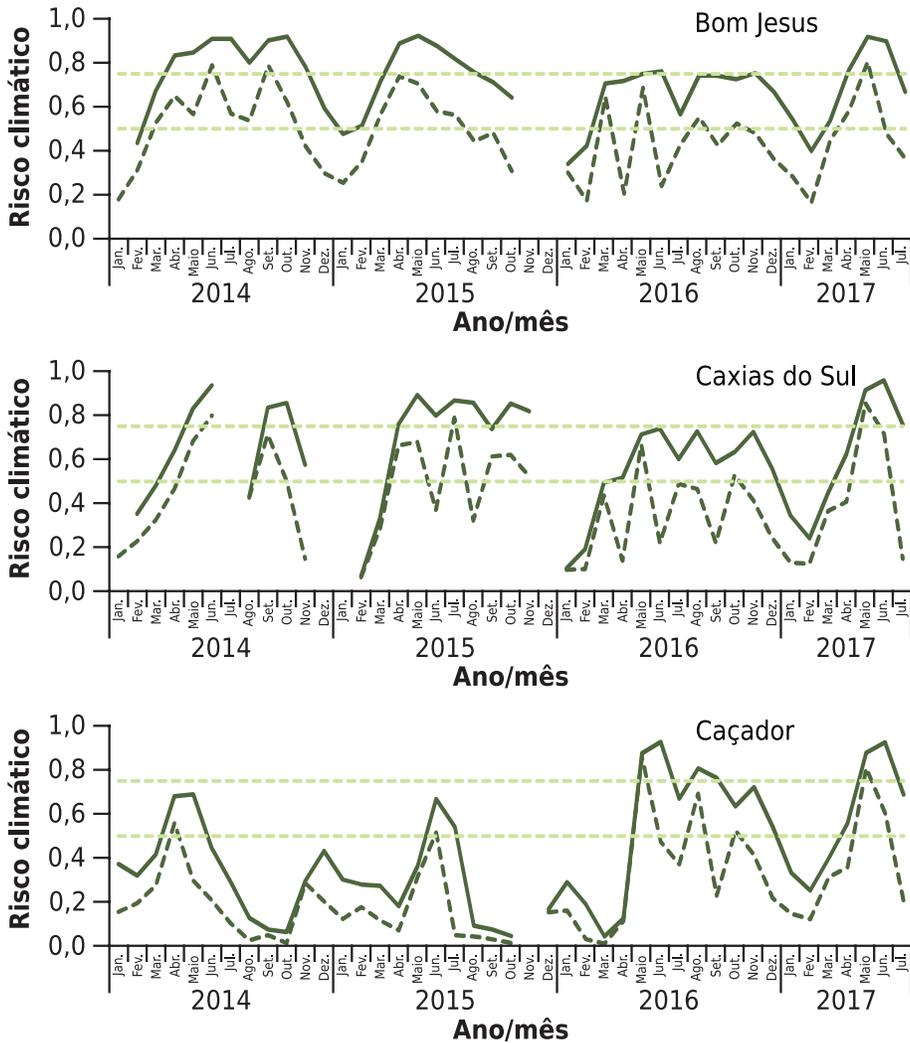


Figura 3. Risco climático de desenvolvimento do cancro europeu no mês m (R_m , linha tracejada) e em 2 meses consecutivos (R_{mn} , linha cheia), conforme método de Kim & Beresford (2012), no período de 2014 a 2017 para Bom Jesus, Caxias do Sul e Caçador. As linhas horizontais demarcam as faixas de risco baixo ($R_{mn} < 0,5$), moderado ($0,5 \leq R_{mn} \leq 0,75$) e alto ($R_{mn} > 0,75$).

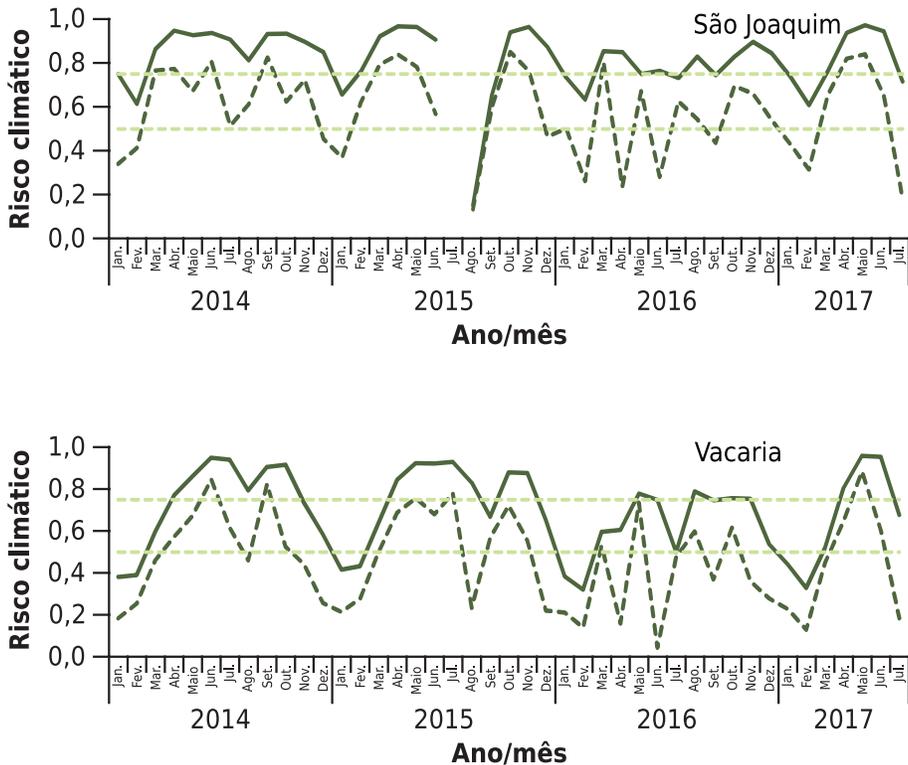


Figura 4. Risco climático de desenvolvimento do cancro europeu no mês m (R_m , linha tracejada) e em 2 meses consecutivos (R_{mn} , linha cheia), conforme método de Kim & Beresford (2012), no período de 2014 a 2017 para São Joaquim e Vacaria. As linhas horizontais demarcam as faixas de risco baixo ($R_{mn} < 0,5$), moderado ($0,5 \leq R_{mn} \leq 0,75$) e alto ($R_{mn} > 0,75$).

Destaca-se que, mesmo quando 2 meses consecutivos tiveram risco baixo, não necessariamente o risco R_{mn} obtido para o período inteiro será baixo, pois há um efeito cumulativo ao longo do tempo. Por exemplo, se o mês 1 teve $R_1 = 0,25$ e o mês 2 teve $R_2 = 0,45$, o índice de risco climático R_{12} será 0,58, considerado moderado. Se 2 meses

Tabela 3. Frequência estimada de meses (%) em anos recentes conforme o risco R_{mn} calculado para períodos de 2 meses consecutivos.

Município	Classificação do risco climático		
	Baixo	Moderado	Alto
Bom Jesus, RS	16,7%	40,5%	42,9%
Caxias do Sul, RS	31,0%	33,3%	35,7%
Caçador, SC	59,1%	25,8%	15,2%
São Joaquim, SC	1,5%	27,3%	71,2%
Vacaria, RS	22,7%	30,3%	47,0%

consecutivos apresentaram risco moderado de 0,6, o risco ao final desse período será classificado como alto, com $R_{mn}=0,84$.

Uma análise das horas diárias de molhamento foliar por mês e por faixa de temperatura, para os dois principais polos de produção de maçãs do País (Figura 5), indica para os meses de outono maior frequência de molhamento nas faixas de temperatura mais baixa em São Joaquim e na faixa de 16 °C a 20 °C em Vacaria. Para os meses de verão (janeiro a março), quando provavelmente se tem colheita, foi estimada uma frequência diária de mais de 6 horas de molhamento em São Joaquim na faixa de temperatura de 20 °C a 25 °C. Essa estimativa foi obtida conforme a ocorrência de chuva e a umidade relativa do ar e serve de referência, porém melhor seria se obtida por medição direta por meio de sensores de molhamento foliar instalado no dossel de macieiras.

Um sistema de alerta para o cancro europeu

Com base no conhecimento dos parâmetros da literatura e em resultados e experiência já adquiridos no Brasil, foi proposto um modelo específico para o cancro europeu para subsidiar um sistema

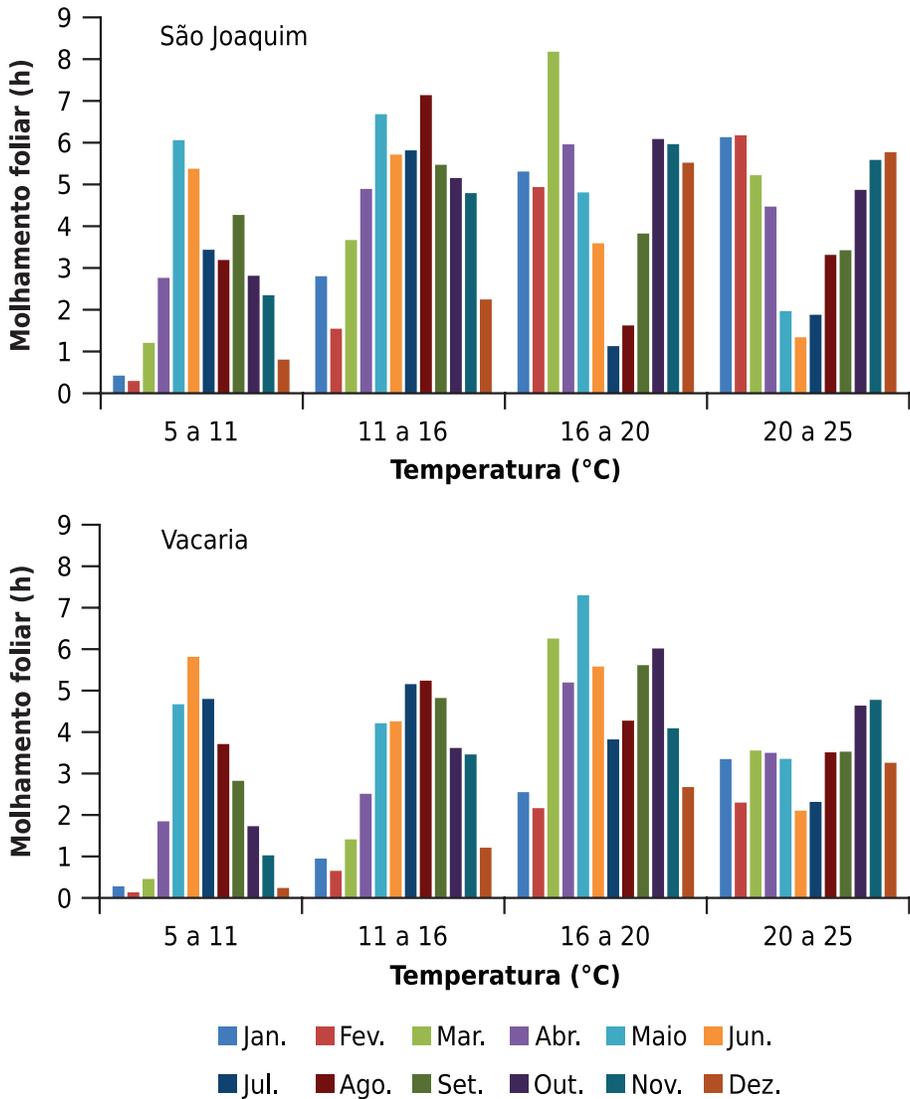


Figura 5. Estimativa do número de horas diárias de molhamento foliar em cada mês nas faixas de temperatura referidas por Kim e Beresford (2012). Médias de 2012 a 2017 em São Joaquim e em Vacaria, RS.

de alerta. De forma semelhante ao modelo utilizado para a sarna da macieira, o sistema acompanha a ocorrência do molhamento foliar a cada hora e o período de tempo com temperatura média favorável para o desenvolvimento do fungo. A partir das condições para a ocorrência desses dois indicadores, determina-se a classificação quanto ao risco de infecção de frutos. De maneira geral, considera-se necessário maior período de molhamento foliar quanto mais baixa for a temperatura. Este modelo foi implementado pelo Agroconnect do Ciram/Epagri. Os alertas-horários são emitidos na forma de “sem risco”, “infecção leve”, “infecção moderada” e “infecção severa” e são condicionados à presença de inóculo na área indicada por cancras nos troncos ou ramos das plantas. Visam à fase inicial de desenvolvimento do fruto (até 4 a 6 semanas após o início da floração), para evitar a infecção que irá se manifestar na fase de pré-colheita e nas fases em que a planta apresenta ferimentos, ou seja, na queda de folhas e na colheita. Portanto, o alerta não deve ser considerado isoladamente, mas como um subsídio à tomada de decisão do controle químico. O produtor deve avaliá-lo mediante as condições fenológicas e de presença do inóculo em seu pomar ou quadra.

Considerações finais

A análise retrospectiva dos dados climáticos pode indicar regiões onde há maior probabilidade de ocorrência da doença e nas quais poderão ser intensificadas as ações de monitoramento e de controle dos pomares comerciais. Aspectos de planejamento de instalação de pomares e de manejo também podem ter o subsídio da análise climática. Ressalta-se a importância de se buscar uma estrutura

forte em monitoramento meteorológico, com estações modernas, bem distribuídas e pessoal especializado atuando na manutenção da rede e na organização de bancos de dados.

Constata-se que no Sul do Brasil, uma vez que esteja presente o inóculo, segundo parâmetros e modelos adotados mundialmente, o nível de risco dos pomares nos principais polos de produção de maçã pode ser considerado moderado a alto. Em condições de clima favoráveis, deve-se lançar mão de estratégias de manejo que envolvam outros fatores, especialmente a redução da concentração do inóculo para controlar a incidência e manter os pomares afetados em baixas severidades.

Outra ação importante a ser perseguida nas regiões de cultivo de macieira no Brasil é associar os indicadores climáticos com dados de incidência e de severidade de cada quadra ou unidade produtiva e, ainda, com as informações de manejo específico efetuado localmente. Integrar as informações, quantitativas ou não, sobre o que acontece em campo é necessário para conseguirmos avançar nas estratégias contra o cancro europeu.

Referências

BERESFORD, R. M.; KIM, K. S. Identification of regional climatic conditions favorable for development of European canker of apple. **Phytopathology**, v. 101, n. 1, p. 135-146, Jan. 2011. DOI: 10.1094/PHYTO-05-10-0137.

IBGE. **Produção agrícola municipal**: área destinada à colheita (hectares (1988 a 2017)). 2017. Disponível em: <<http://https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

KIM, K. S.; BERESFORD, R. M. Use of a climatic rule and fuzzy sets to model geographic distribution of climatic risk for European canker (*Neonectria galligena*) of apple. **Phytopathology**, v. 102, p. 147-57, 2012. DOI: 10.1094/PHYTO-01-11-0018.

LATORRE, B. A.; RIOJA, M. E.; LILLO, C.; MUÑOZ, M. The effect of temperature and wetness duration on infection and a warning system for European canker (*Nectria galligena*) of apple in Chile. **Crop Protection**, v. 21, n. 4, p. 285-291, May 2002. DOI:10.1016/S0261-2194(01)00099-0.

Literatura recomendada

DUBIN, H. J.; ENGLISH, H. Effects of temperature, relative humidity, and dessication on germination of *Nectria galligena* conidia. **Mycologia**, v. 67, n. 1, p. 83-88, Feb. 1975. DOI: 10.2307/3758230.

DUBIN, H. J.; ENGLISH, H. Factors affecting apple Leaf scar infection by *Nectria galligena* conidia. **Phytopathology**, v. 64, p. 1201-1203, 1974. DOI: 10.1094/Phyto-64-1201.

GARKAVA-GUSTAVSSON, L.; ZBOROWSKA, A.; SEHIC, J.; RUR, M.; NYBOM, H.; ENGLUND, J. E.; LATEUR, M.; VAN DE WEG, E.; HOLEFORS, A. Screening of apple cultivars for resistance to European canker, *Neonectria ditissima*. **Acta Horticulture**, v. 976, p. 529-536, 2013. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.976.75.

SWINBURNE, T. R. The effect of store conditions on the rotting of apples, cv. Bramley's seedling, by *Nectria galligena*. **Annals of Applied Biology**, v. 78, n. 1, p. 39-48, 1974. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1974.tb01483.x.

WEBER, R. W. S. Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. **Erwerbs-Obstbau**, v. 56, n. 3, p. 95-107, Sept. 2014. DOI: 10.1007/s10341-014-0210-x.

XU, X. M.; BUTT, D. J.; RIDOUT, M. S. The effects of inoculum dose, duration of wet period, temperature and wound age on infection by *Nectria galligena* of pruning wounds on apple. **European Journal of Plant Pathology**, v. 104, n. 5, p. 511-519, 1998. DOI: 10.1023/A:1008689406350.

XU, X. M.; ROBINSON, J. D. Effects of fruit maturity and wetness on the infection of apple fruit by *Neonectria galligena*. **Plant Pathology**, v. 59, n. 3, p. 542-547, 2010. DOI:10.1111/j.1365-3059.2009.02232.x.

Capítulo 7

Progresso e distribuição da doença em pomares

Claudia Cardoso Nunes

Silvio André Meirelles Alves

Introdução

Ao abordar o progresso e distribuição do cancro europeu (*Neonectria ditissima*), é preciso lembrar os três elementos essenciais que atuam no desenvolvimento de uma doença e que constituem o seu triângulo: ambiente, patógeno e hospedeiro. Uma vez estabelecida a doença, inicia-se o ciclo das relações patógeno-hospedeiro, o qual é dividido em cinco etapas: disseminação, infecção, colonização, reprodução e sobrevivência (Figura 1).

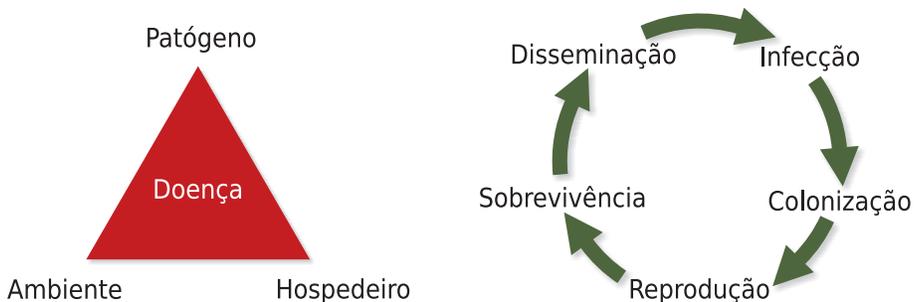


Figura 1. Triângulo da doença e ciclo das relações patógeno-hospedeiro.

Disseminação

Assim que conídios ou ascósporos são produzidos nas lesões da planta, inicia-se a etapa de disseminação que corresponde à saída dos esporos da sua fonte (cancro), o transporte e a chegada a novos tecidos sadios. Os conídios são esporos sensíveis à perda de água e, em condições de baixa umidade relativa, ficam inviáveis. Para prevenir essa perda, o fungo também produz com os esporos uma substância mucilaginosa, que evita a perda de água e inibe a germinação dos esporos. Para que a inibição seja superada, a substância deve ser diluída com água. Assim, após um evento de chuva, os esporos são lavados, respingados e encontram as condições ideais para sua dispersão e germinação. Dessa maneira, a capacidade de disseminação dos conídios é a curtas distâncias e depende das características da chuva. Resultados preliminares têm mostrado que mudas expostas durante o outono foram infectadas a partir de uma fonte de inóculo situada a até 4 m. A dispersão de conídios pelo vento é normalmente desconsiderada. Em observações realizadas pela equipe da Embrapa Uva e Vinho, em pomares comerciais, foi possível concluir que plantas mais infectadas produzem maior percentual de frutos com podridão de *Neonectria*. Esse é um indício forte de que a dispersão ocorre a curtas distâncias, ou seja, dentro da mesma planta. Se, por um lado, temos algumas certezas sobre a dispersão de conídios, por outro lado, há muitas incertezas sobre o papel dos ascósporos nas epidemias. Em um cancro velho, de mais de um ano, o fungo é capaz de produzir conídios e ascósporos. Os ascósporos podem ser dispersos pelo vento e pela chuva. Assim, acredita-se que as maiores distâncias são alcançadas pela liberação dos ascósporos.

Infecção

A infecção de *N. ditissima* pode se dar a partir de um conídio ou ascósporo depositado sobre um ferimento na planta. Teoricamente um esporo viável seria o suficiente para o estabelecimento de uma nova lesão. Na prática, há resultados já publicados que afirmam que são necessários no mínimo de 5 a 30 conídios para o estabelecimento de uma nova lesão; isso é variável, dependendo do estágio fenológico da planta, do órgão e do tamanho do ferimento inoculado.

Os ferimentos podem ser causados pelo homem, por outras pragas e doenças, por eventos climáticos ou naturalmente. Os ferimentos mecânicos são aqueles que podem ser causados pelo homem ao manejar a planta mediante corte de poda, pequenas rachaduras ao arquear os ramos, acidentalmente esbarrar com máquinas ou implementos nas plantas. Perfurações ou rachaduras dos ramos ou dos frutos também podem ser causadas por pragas e por doenças. Eventos da natureza, como a chuva com granizo, causam danos em toda a parte aérea das plantas, com maior importância para o desenvolvimento da doença naqueles ferimentos ocorridos nos ramos e tronco. Os ferimentos naturais não podem ser evitados e ocorrem em todos os ciclos do desenvolvimento da planta, como a queda de escamas das gemas na brotação, a queda de pétalas das flores e a queda de folhas no outono. Após o início de um ferimento, a planta inicia um processo de cicatrização, que leva algum tempo para se completar. O tempo para cicatrização é variável com o tamanho do ferimento, com o estado nutricional da planta, se há ou não fatores de estresse, com a temperatura e com o estágio fenológico da planta. De maneira geral, quanto maior a temperatura e mais ativo for o crescimento da planta, mais rápida será a cicatrização do ferimento. Encontram-se mais informações publicadas sobre o processo de

cicatrização que ocorre na base do pecíolo da folha, durante sua queda no outono. Inoculações controladas demonstraram que a infecção não foi bem-sucedida 7 dias após a queda da folha, por causa da cicatrização dos tecidos. A infecção em frutos se dá nas fases iniciais de seu desenvolvimento, até 4 semanas após o pleno florescimento. De acordo com as recomendações do Departamento de Agricultura da Inglaterra, o risco de podridão em frutos pode ser estimado por meio da incidência da doença na primavera e pelo volume de chuva durante o desenvolvimento dos frutos.

Colonização

Após ocorrer uma infecção bem-sucedida, inicia-se o processo de colonização. De acordo com experimento realizado em condições de viveiro, os sintomas podem demorar de 3 meses a até 3 anos para aparecerem. O período compreendido entre o início da infecção até o aparecimento dos sintomas é chamado de período de incubação. Em alguns países da Europa, como a Alemanha, acredita-se que a maior parte das infecções ocorra no outono. De maneira geral, acredita-se que infecções iniciadas no outono são visíveis apenas após o início da primavera. Isso resultaria num período de incubação de 4 a 6 meses. Por sua vez, quando infecções se iniciam no verão, o período de incubação pode ser mais curto, em torno de 2 meses. O período de incubação pode ser influenciado pelas condições climáticas, pela genética do hospedeiro e pela agressividade do patógeno. Durante a colonização, o fungo tenta avançar em crescimento no tecido vegetal e, por sua vez, as células tentam impedir esse avanço, de acordo com seus mecanismos de resistência. O resultado disso é a formação de lesões de diferentes tamanhos. A

colonização sistêmica do fungo em macieiras é muito controversa. Embora haja avanço do fungo nos tecidos internos que vão além do sintoma externo, não há evidências de colonização sistêmica. Em variedade de macieira muito suscetível, o fungo avança cerca de 20 cm de crescimento interno, em cancos com 6 meses de idade.

Reprodução

Do ponto de vista do crescimento da epidemia, o mais importante é o intervalo de tempo entre a infecção e a formação de novos esporos, conhecido como período latente. Nessa parte do ciclo da doença, inicia-se a etapa da reprodução. O primeiro tipo de esporo formado em um cancro novo é o conídio. Para uma infecção iniciada em fevereiro (inoculação controlada), o período latente foi estimado em aproximadamente 50 dias. Uma vez iniciada a produção de conídios, o cancro pode continuar a produzir esporos por mais de um ano. Não há estimativas precisas de quanto tempo um cancro pode produzir esporos.

Geralmente, um ano após o início de um cancro há produção de ascósporos, que é um segundo tipo de esporo ou unidade infectiva que o fungo é capaz de produzir. Frutos, quando infectados, apresentam sintomas e esporulação no período de pré-colheita.

Sobrevivência

A sobrevivência do fungo se dá principalmente como micélio nos cancos velhos e pela formação dos peritécios. Em ramos destacados da planta, o fungo continua a produzir conídios por um longo

período, comumente aceito por mais de um ano. Em um experimento para verificar o efeito da temperatura na produção de conídios em ramos destacados, foi possível verificar que o fungo é capaz de produzir maior quantidade na faixa de 15 °C a 20 °C. Também, nessa faixa de temperatura, o fungo foi capaz de produzir ascósporos. O experimento demonstrou ainda que esse início de produção de peritécios e ascósporos pode ser tão rápido quanto 28 dias.

Durante o inverno na maioria dos países produtores de maçã, é observado um menor progresso da doença. Nas condições brasileiras, o inverno não é tão rigoroso como em outros países e, além disso, é muito chuvoso. Mesmo no inverno, foi possível verificar a produção de conídios e, assim, se houver ferimentos, é possível que novos cancrios sejam formados. Os ferimentos de poda no inverno facilmente podem se converter em cancrios se esporos estiverem disponíveis no pomar.

Influência das condições climáticas e do hospedeiro para desenvolvimento da doença

Para cada etapa do ciclo da doença, uma variável climática pode exercer mais influência do que outra (Tabela 1). A temperatura é a variável que influencia mais etapas do ciclo da doença, afetando a velocidade dos processos metabólicos do patógeno e do hospedeiro. Normalmente há uma condição de temperatura mínima, ótima e de máxima para que o processo ocorra. Na etapa de infecção, são necessárias que condições mínimas de temperatura e molhamento sejam fornecidas, porém, nem sempre há uma relação clara entre a duração do período de molhamento e a infecção. Eventos de granizo e temperaturas muito baixas podem ocasionar ferimentos (dano de

Tabela 1. Condições ambientais mais importantes que interferem nas etapas do ciclo das relações *Neonectria ditissima* - macieira.

Etapa do ciclo	Condição ambiental
Disseminação	Chuva, vento
Infecção	Temperatura, molhamento, granizo, desbalanço nutricional
Colonização	Temperatura, solos encharcados, desbalanço nutricional
Reprodução	Temperatura, chuva, umidade relativa
Sobrevivência	Temperatura

frio) e favorecer a infecção. A aplicação de nitrogênio em pós-colheita aumenta o risco de infecção nas lesões de queda de folha.

Na colonização as condições ambientais que mais influenciam são temperatura, excesso de água no solo e desbalanço nutricional. Embora não sejam bem conhecidas as razões que expliquem por que o excesso de água prejudica a planta, há citações na literatura e diversos relatos de agricultores de que a doença é mais severa em locais de baixada com excesso de água. A nutrição das plantas também pode influenciar o desenvolvimento da doença. A deficiência de potássio é relatada como condição importante para o desenvolvimento do cancro de *Valsa* em macieira na China.

Na etapa de reprodução, há formação dos conídios e ascósporos. Além da temperatura, a frequência de chuva é o fator ambiental que mais estimula o patógeno a produzir esporos. A formação dos peritécios e conseqüentemente dos ascósporos está relacionada a condições mais desfavoráveis para o fungo, porém, o que desencadeia isso ainda não é bem conhecido. Em ramos destacados e mantidos em alta umidade relativa, há formação de peritécios em menos de 30 dias nas temperaturas entre 15 °C e 20 °C.

Na etapa de sobrevivência, acredita-se que as temperaturas mais altas sejam prejudiciais ao patógeno e que as temperaturas baixas tenham um papel de preservação do fungo. Tratamentos térmicos a 50 °C por mais de 5 minutos são capazes de matar o patógeno. Ademais, o patógeno é capaz de sobreviver mesmo em suspensões de conídios congeladas.

Na etapa de disseminação, a chuva desempenha um papel fundamental para a hidratação dos esporodóquios e transporte dos conídios que ocorre por meio dos respingos e escorrimento das gotas. Os ascósporos podem ser disseminados pela chuva e pelo vento. Assim, as características locais de chuva e vento determinarão a direção e distância de dispersão.

De acordo com um método de identificação de regiões climáticas favoráveis à doença, baseado em dados de temperatura e na frequência de chuvas, as regiões produtoras do Brasil são favoráveis durante vários meses do ano (mais detalhes no Capítulo 6).

Além das condições climáticas, o desenvolvimento do cancro europeu em macieira também depende da disponibilidade de ferimentos, idade do ferimento, órgão e tipo de ferimento (natural ou artificial).

A suscetibilidade da macieira ao longo do ciclo produtivo já foi alvo de investigação. A incidência obtida em inoculações em diferentes épocas do ano diferiu entre os órgãos da planta e também para um mesmo órgão em épocas distintas do ano (Figura 2). Por exemplo, o ferimento de retirada de folha foi pouco suscetível nos meses de novembro a janeiro (menos de 20%) e mais suscetível nos meses de fevereiro a maio (mais de 50% de incidência). Outro ferimento que difere conforme épocas do ano é o ferimento de retirada de frutos. No raleio a incidência é baixa e na colheita a incidência é alta.

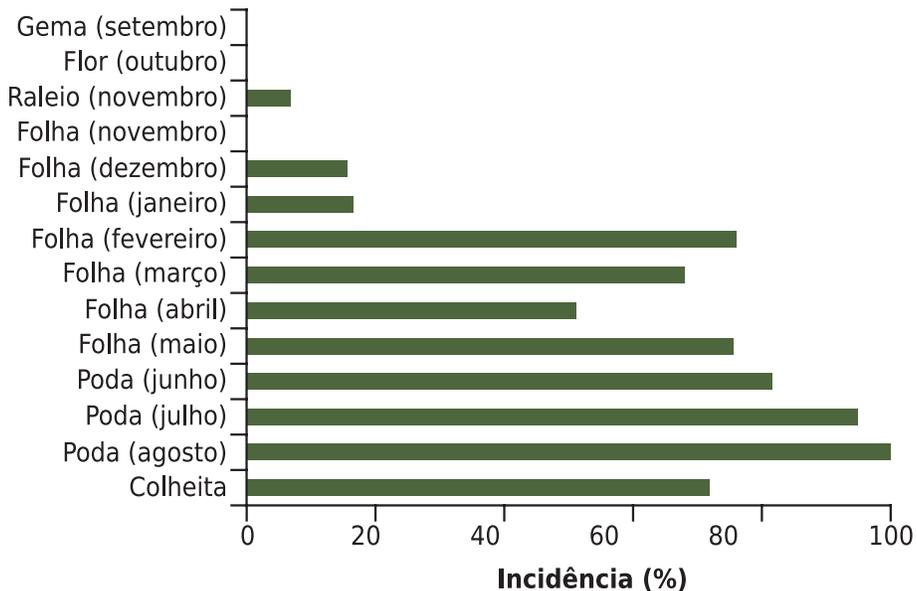


Figura 2. Suscetibilidade da macieira a infecções de *Neonectria ditissima*, de acordo com o órgão da planta e época do ano.

Fonte: Alves e Nunes (2017).

Assim, o crescimento da doença no tempo não é constante; ela é resultado do aparecimento dos cancrs formados a partir dos diferentes ferimentos que são sazonais. A maior visualização de cancrs na primavera é reflexo das infecções ocorridas na colheita e na queda das folhas.

O crescimento no tempo se dá pela formação dos cancrs que produzem novos esporos e infectam os diferentes ferimentos que são possíveis no hospedeiro e, na sequência, geram novos cancrs e assim por diante. Em outras palavras, a doença cresce pelo aumento no número de cancrs ao longo do tempo. Além do progresso no tempo, a doença também se dissemina entre as plantas no pomar.

A expansão de *N. ditissima* dentro do pomar se dá principalmente pela infecção de plantas vizinhas. Os estudos de gradiente fazem parte da análise espacial de epidemias, na qual a quantidade de doença diminui com o aumento da distância a partir de uma fonte de inóculo. Em um experimento realizado para avaliar o gradiente de infecção do cancro europeu em uma área de pastagem, distantes cerca de 500 m de outros pomares de macieira, mudas foram expostas à fonte de inóculo em duas épocas diferentes do ano. Este experimento mostrou que não houve infecção de *N. ditissima* nas mudas expostas durante os meses de setembro a janeiro, em ambos os anos de avaliação. Nas mudas expostas no período de abril a agosto, houve formação de gradiente de doença. A incidência máxima foi observada na distância de 1 m e atingiu cerca de 20% e 12% nos anos de 2014 e 2015, respectivamente. A distância máxima na qual se observou sintomas foi de 4 m em relação à fonte de inóculo (Figura 3).

Como a disseminação de conídios se dá a curtas distâncias e é provocada principalmente pela chuva, quando um pomar possui baixa incidência da doença é de se esperar que a distribuição de plantas doentes no pomar seja de forma agregada.

Ao se observar a distribuição de plantas doentes em diferentes pomares, nem sempre há formação de agregação, principalmente quando a incidência da doença é alta. Isso pode ser explicado pelo plantio aleatório de mudas infectadas assintomáticas e pela possível disseminação de ascósporos pelo vento, que também levaria a uma distribuição aleatória.

Para determinar o padrão de disseminação do patógeno e caracterizar a distribuição espacial do cancro europeu, um mapeamento foi realizado em 21 pomares de macieira localizados no município

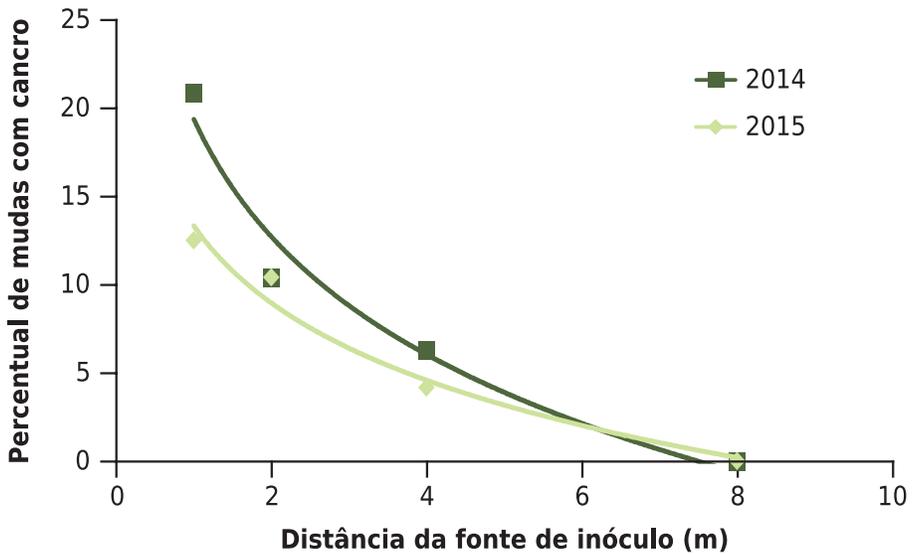


Figura 3. Gradiente de infecção de *Neonectria ditissima* em mudas de macieira, expostas no período de abril a agosto, nos anos de 2014 e 2015.

de Vacaria, RS. Com base nos resultados, pode-se afirmar que o risco de infecção nos pomares se dá predominantemente dentro das linhas de plantio. Medidas de monitoramento e controle da doença deve levar em consideração essa característica de dispersão do patógeno.

Referência

ALVES, S. A. M.; NUNES, C. C. Seasonal susceptibility of apple trees to *Neonectria ditissima* wound infections. **New Zealand Plant Protection**, v. 70, p. 73-77, 2017. DOI: 10.30843/nzpp.2017.70.30.

Literatura recomendada

AMPONSAH, N. T.; WALTER, M.; BERESFORD, R. M.; SCHEPER, R. W. A. Seasonal wound presence and susceptibility to *Neonectria ditissima* infection in New Zealand apple trees. **New Zealand Plant Protection**, v. 68, p. 250-256, 2015.

BERESFORD, R. M.; KIM, K. S. Identification of regional climatic conditions favorable for development of European canker of apple. **Phytopathology**, v. 101, n. 1, p. 135-146, Jan. 2011. DOI: 10.1094/PHYTO-05-10-0137.

DUBIN, H. J.; ENGLISH, H. Factors affecting apple Leaf scar infection by *Nectria galligena* conidia. **Phytopathology**, v. 64, p. 1201-1203, 1974. DOI: 10.1094/Phyto-64-1201.

SWINBURNE, T. R. European canker of apple (*Nectria galligena*). **Review of plant pathology**, v. 54, p. 789-799, 1975.

WEBER, R. W. S. Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. **Erwerbs-Obstbau**, v. 56, n. 3, p. 95-107, Sept. 2014. DOI: 10.1007/s10341-014-0210-x.

Capítulo 8

Abordagens de pesquisa para maior efetividade no controle de cancro europeu

Rosa Maria Valdebenito Sanhueza
Amauri Bogo

Introdução

Para o sucesso do controle do cancro europeu (*Neonectria ditissima*), é preciso levar em consideração o modo como a doença cresce no tempo. Quanto mais cancos houver em uma área, maior será a produção do inóculo, e, se as condições ambientais forem favoráveis, maior será o progresso da doença. Assim haverá aumento cada vez maior do número de cancos e prejuízos ao desenvolvimento da planta. As ações de controle devem evitar a entrada do patógeno em áreas livres e diminuir o inóculo em momentos críticos do ciclo da planta.

As principais medidas de controle para *N. ditissima* baseiam-se em três fundamentos:

- Uso de mudas sadias – na implantação de um pomar.
- Remoção dos cancos e tratamento de ferimentos.
- Aplicação de fungicidas – no pomar já estabelecido.

Na implantação de um novo pomar, é importante a escolha da cultivar e características do local como a exposição solar, fertilidade do solo e nível do lençol freático, pois podem influenciar de alguma

maneira o desenvolvimento da doença. Mais importante são as mudas estarem isentas do patógeno, principalmente nas áreas livres em que o cancro ainda não chegou.

A muda é um veículo eficiente na disseminação a longas distâncias. Essa capacidade de disseminação não é atributo do patógeno e sim do ser humano ao transportar essa muda. Pode ocorrer a infecção assintomática ainda durante o período de desenvolvimento da muda que não estará apresentando sintoma no momento da implantação do novo pomar. Daí a importância do histórico e da idoneidade do viveirista para a produção de mudas de alta sanidade.

Num pomar com menos de 3 anos de plantio e que venha a apresentar plantas com sintoma, sem importar o grau de incidência, essas plantas deverão ser arrancadas e incineradas como medida de erradicação.

Num pomar já estabelecido, resta observar os dois outros fundamentos relativos aos cancos e ferimentos naturais ou não, e o uso de fungicidas. Experiências anteriores buscaram, sem sucesso, atingir o controle apenas com a remoção dos cancos ou somente com a aplicação de fungicidas. Ambas as práticas, se usadas isoladamente, podem reduzir a velocidade do aumento da incidência, mas, cedo ou tarde, o produtor perceberá que o trabalho está sendo em vão. Assim, para maior sucesso no controle do cancro europeu, é necessário monitorar a disponibilidade de ferimentos ao longo do ano e integrar as medidas de remoção de partes doentes/cancros e aplicação de fungicidas.

A limpeza de cancos encontrados em troncos e a retirada de ramos com sintomas são ações que, embora elevem os custos de produção, são indispensáveis para a redução de inóculo do patógeno na área.

Embora seja necessária a integração dos métodos de retirada de cancos (diminuição do inóculo) e aplicação de fungicidas, para efeito didático esses assuntos foram separados em dois capítulos.

Neste Capítulo 8 são apresentados experimentos que foram conduzidos após a constatação da doença em 2012. São experimentos preliminares ou focados em aspectos mais específicos necessários para após, então, medir a eficácia das ações de controle químico e cultural. Abordagem mais específica sobre o controle por meio da pulverização de fungicidas é detalhada no capítulo seguinte.

Comparação da agressividade do patógeno em ramos destacados

Antes de conduzir outros experimentos, alguns isolados foram testados quanto a sua agressividade. Sete isolados foram cultivados em culturas puras e preservados em placas com BDA por 8 meses. Esses isolados foram avaliados quanto à agressividade em ramos destacados de macieiras da cv. Gala coletados após a queda das folhas. Após 4 semanas a 20 °C–22 °C, foi verificado que o desenvolvimento de sintomas não é similar dependendo do isolado, visto que as lesões variaram de 1 cm a 4,5 cm de comprimento.

Sensibilidade do patógeno a fungicidas e fertilizantes em condições controladas

Fungicidas com potencial para o controle de *N. ditissima* foram avaliados quanto ao efeito na redução de unidades formadoras de colônias (UFC). Os produtos foram incorporados ao meio BDA ou Agar suco V8 na concentração de 1 ppm e 10 ppm, e, em seguida,

sobre o meio foram distribuídas suspensões de conídios do patógeno. Após a incubação, foi registrado o número de unidades formadoras de colônias nas placas com e sem os produtos estudados.

Foi verificado que os fungicidas captana, ditianona, clorotalonil, piraclostrobina e piraclostrobina + fluxapiroxade foram os mais eficientes para inibição de UFC. Os produtos com potencial de indução de resistência (fosetil-Al, acibenzolar-S-metil e fosfito de potássio) tiveram eficiência média ou nula sobre UFC de *N. ditissima* (Figura 1).

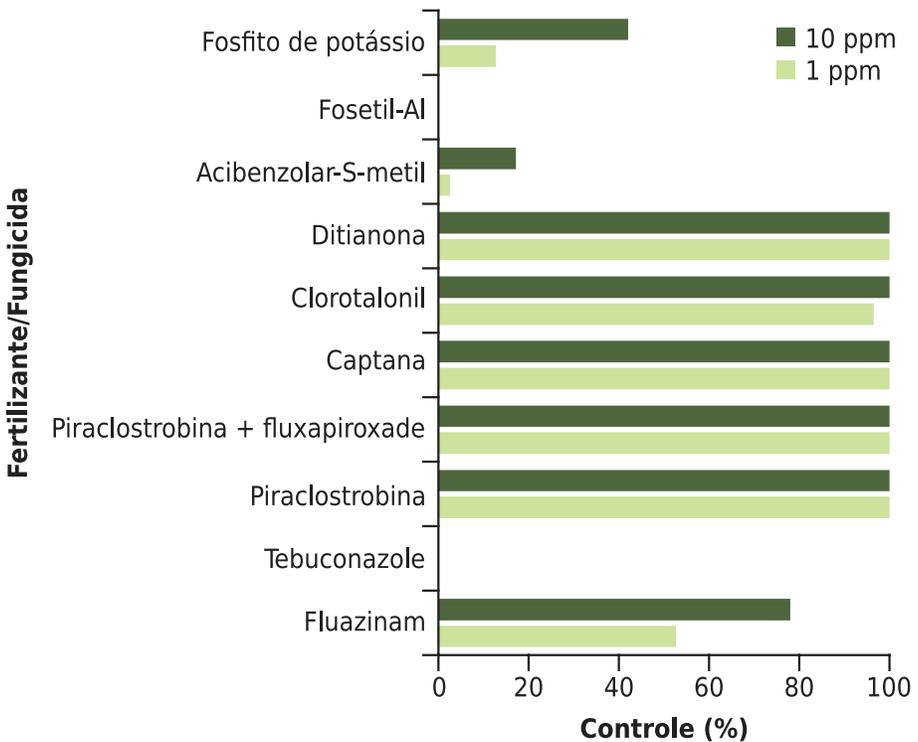


Figura 1. Efeito de fungicidas e fertilizantes na redução de unidades formadoras de colônias (UFC) de *Neonectria ditissima*.

Avaliação de desinfetantes na erradicação do patógeno em maçãs

Maçãs cv. Fuji foram inoculadas com suspensões de conídios e, depois de secas no ambiente, foram aspergidas com diversas soluções de desinfetantes. Após um período necessário para a secagem, as maçãs foram imersas em água destilada esterilizada e submetidas à lavagem com ultrassom. Amostras das suspensões obtidas foram distribuídas em meio de cultura e após a incubação foi determinado o número de unidades formadoras de colônias (UFC) de *N. ditissima*. Como resultado, foi possível verificar que suspensões obtidas de maçãs não tratadas (testemunha) apresentavam 3.800 UFC mL⁻¹. Já os desinfetantes oxicleto de Ca, dicloroisocianurato de sódio e digluconato de clorhexidina, testados em 12,5 ppm e 25 ppm, controlaram 100% de UFC do patógeno.

Sobrevivência do patógeno em ramos de poda triturados

Ramos da cv. Gala com cancrios de 1,5 cm a 2,5 cm de comprimento foram coletados em setembro de 2015 e a seguir picados e triturados no pomar, com a máquina usada para esse fim. A seguir, segmentos foram coletados formando dez grupos de 25 segmentos. Cinco deles foram umedecidos com uma suspensão de esterco bovino na proporção de 2 kg 100 L⁻¹. Todos os grupos foram colocados em cestas de tela metálica no solo e avaliados em fevereiro de 2016 (5 meses após). Como resultado, foi possível verificar que em todos os segmentos dos ramos o patógeno foi capaz de produzir novos conídios.

Origem das infecções de ramos novos

Nos ciclos 2014 e 2015, o local de início dos cancrios em plantas sem proteção fungicida foi determinado em dois pomares da cv. Gala, localizados em Vacaria, RS. Foi observado que a infecção por *N. ditissima* ocorreu na base das gemas, nos esporões e em outros ferimentos causados pelo manejo das plantas. No segundo ciclo, o manejo dos pomares foi mais cuidadoso e mantido para a condução dos experimentos, o que resultou em detecção de cancrios apenas na cicatriz de queda de folha e nos esporões (Tabela 1).

Tabela 1. Frequência de cancrios (%) em diferentes órgãos ou ferimento coletados em dois pomares sem proteção por fungicidas nos ciclos 2014 e 2015, em Vacaria, RS.

Ano	Pomar	Base da gema	Esporão	Ferimento
2014	A	24,1	34,0	41,9
	B	35,7	30,6	33,8
2015	A	40,0	60,0	0,0
	B	60,0	40,0	0,0

Proteção de cortes de poda dos ramos finos

Diferentes fertilizantes e fungicidas foram testados quanto à proteção de cortes de poda contra a infecção por *N. ditissima*. Ramos de 1 cm a 1,5 cm de diâmetro da cv. Gala foram podados e, um dia após os pontos de corte na planta, foram pulverizados com diferentes produtos utilizando-se as doses recomendadas para a cultura. No dia seguinte, os ferimentos tratados e não tratados foram

coletados, inoculados com *N. ditissima* (Figura 2) e incubados por 3 semanas para determinação da incidência da infecção.

Os resultados obtidos permitiram concluir que nos ramos podados, pulverizados 24 horas antes, houve efeito secundário dos fertilizantes fosfito de cobre (0,1%), fosfito de potássio (00-40-20, 0,25%), fosfito de cobre (0,2%) ou glucona de cobre (0,05% e 0,1%), e efeito direto dos fungicidas hidróxido de cobre (0,05%) e óxido cuproso (0,05%) (Figura 3). É importante salientar que provavelmente os fertilizantes não deverão ter efeito residual, enquanto os produtos cúpricos poderão ter uma proteção mais duradoura.



Foto: Rosa Maria Valdebenito Sanhueza

Figura 2. Ramos com cortes de poda tratados e inoculados com discos de cultura de *Neonectria ditissima*.

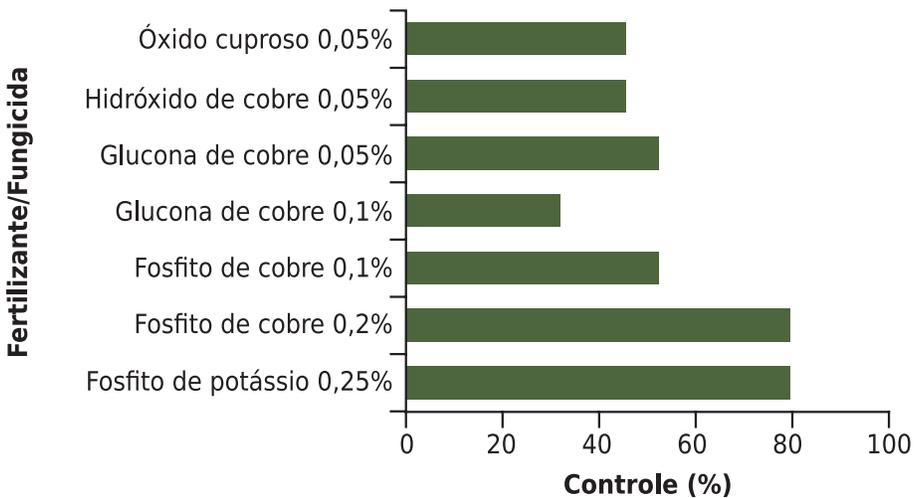


Figura 3. Controle da infecção (%) por *Neonectria ditissima* em cortes de poda de ramos de macieiras com 1,5 cm a 2 cm de diâmetro.

Avaliação de tratamentos curativos de cancrios em ramos de 2 anos

O experimento foi conduzido em plantas da cv. Gala em pomar comercial no fim do inverno de 2016 numa área com alta incidência da doença. Durante esse período, os ramos de aproximadamente 1,5 cm a 2,5 cm de diâmetro foram selecionados ao longo de sete filas da quadra. A seguir os tecidos dos cancrios foram removidos de 3 cm a 4 cm além da área com sintomas, usando-se canivetes desinfestados com álcool etílico. Depois que foi retirado o tecido doente, as superfícies expostas foram aspergidas com álcool etílico 70% utilizando-se um pulverizador manual. Em seguida, as lesões foram protegidas com as pastas fungicidas.

O ensaio visou comparar a eficiência de controle de *N. ditissima* de pastas preparadas com fosetil-Al, tiofanato metílico e tebuconazole + tiofanato metílico em duas concentrações, além de uma testemunha que correspondeu a aplicação somente de cola branca. Para o preparo da pasta, os produtos foram incorporados à cola branca (acetato polivinílico) e, para facilitar a homogeneização dos fungicidas, foram adicionados 50 mL de água para cada litro de cola. O experimento consistiu em cinco tratamentos e parcelas de quatro a cinco ramos com cancos. Na avaliação, foram determinados a infecção dos ramos na região que foi limpa, os sinais do patógeno e a presença de calo cicatricial. Foi feito isolamento do patógeno após a coleta dos ramos (abril de 2017).

Os resultados (Tabela 2) mostraram que o controle de *N. ditissima* no tratamento terapêutico dos cancos foi obtido quando os tecidos

Tabela 2. Indicadores de controle (%) pela aplicação de diferentes pastas fungicidas na proteção de tecidos expostos logo após a raspagem de cancos em ramos de macieiras cv. Gala.

Tratamento ⁽¹⁾	Cancro curado (%)	Ramo com calo (%)	Controle da infecção (%)	Sinal do patógeno
Cola branca (testemunha)	30 bc	87,5	-	+
Tebuconazole 0,02% + tiofanato metílico 0,07% (padrão)	100 a	100	100	-
Fosetil-Al 0,075%	90 a	90	85,7	-
Tiofanato-metílico 0,07%	100 a	100	100	-
Tebuconazole 0,01% + 0,049% tiofanato metílico	26,5 c	87,5	0,0	-

⁽¹⁾ Raspagem dos tecidos afetados por cancro em todos os ramos seguido de aspersão de álcool etílico 70%. Os produtos avaliados foram diluídos em acetato polivinílico (cola branca).

dos cancos foram retirados pela raspagem da lesão ou tecidos com sintomas, pela aspersão dos tecidos expostos a álcool etílico 70% e pela cobertura do setor com uma pasta fungicida. As pastas que continham tebuconazole e tiofanato metílico (0,02% + 0,07%), tiofanato metílico e fosetil-Al (0,07% + 0,075%) apresentaram níveis satisfatórios de controle. A presença de calo nos ramos tratados ocorreu independentemente da ação curativa dos tratamentos avaliados.

Literatura recomendada

COOKE, L. R. The influence of fungicide sprays on infection of apple cv. Bramley's seedling by *Nectria galligena*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 105, n. 8, p. 783-790, 1999.

DUBIN, H. J.; ENGLISH, H. Factors affecting apple Leaf scar infection by *Nectria galligena* conidia. **Phytopathology**, v. 64, p. 1201-1203, 1974. DOI: 10.1094/Phyto-64-1201.

JONES, A. L.; ALDWINCKLE, H. S. (Ed.). **Compendium of apple and pear diseases**. Saint Paul: APS Press, 1990. 100 p.

OGAWA, J. M.; ENGLISH, H. **Diseases of temperate zone tree fruit and nut crops**. Oakland, CA: University of California, Agriculture & Natural Resources, 1991. 461 p.

VALDEBENITO SANHUEZA, R. M. **Cancro Europeu das Pomáceas (*Nectria galligena*)**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa-CNPV, 1998. 16 p. (Embrapa-CNPV. Circular técnica, 23).

WALTER, M.; STEVENSON, O. D.; AMPONSAH, N. T.; SCHEPER, R. W. A.; RAINHAM, D. G.; HORNBLOW, C. G.; KERER, U.; DRYDEN, G. H.; LATTER, I.; BUTLER, R. C. Control of *Neonectria ditissima* with copper based products in New Zealand. **New Zealand Plant Protection**, v. 68, p. 241-249, Aug. 2015.

WEBER, R. W. S.; PALM, G. Resistance of storage rot fungi *Neofabraea perennans*, *N. alba*, *Glomerella acutata* and *Neonectria galligena* against thiophanate-methyl in Northern German apple production. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 117, n. 4, p. 185-191, Aug. 2010. DOI: 10.1007/BF03356359.

Capítulo 9

Controle químico de cancro europeu

Murilo César dos Santos

Rodrigo Luis Boff

Vinicius Hentges Sebben

Rodolfo Mendes

Márcia Regina Pansera Lemos

Rosa Maria Valdebenito Sanhueza

Amauri Bogo

Introdução

O uso de fungicidas é essencial para o controle do cancro europeu (*Neonectria ditissima*). No entanto, como já comentado no capítulo anterior, os produtos químicos alcançarão os resultados esperados se outras práticas culturais forem usadas de modo integrado.

De forma unânime a partir da literatura, podemos dizer que, em pomar de macieira onde está presente o trinômio ascósporos ou co-nídios, fermento fresco e temperatura amena, teremos como resultado alta taxa de infecção. Se esses elementos não estão em condições ótimas – por exemplo, baixa dose de inóculo ou ferimentos velhos na chegada do inóculo –, a incidência de cancros será menor. Como não se pode alterar a temperatura do ar, restam a persistente retirada dos cancros e a redução do nível de inóculo como medidas indispensáveis. Os principais ferimentos que resultam em novos

cancros são os ferimentos de colheita, cortes de poda e ferimentos de queda de folhas. Há uma tendência que maiores ferimentos demorem mais tempo para cicatrizarem e deixarem de ser suscetíveis, assim os ferimentos causados pela poda são os que permanecem por mais tempo vulneráveis à infecção. Então, as medidas protetivas pelo uso de fungicidas após a poda, colheita e no período de queda de folhas são essenciais para diminuir o surgimento de novos cancrios.

Os primeiros resultados de controle químico no Brasil mostraram, de modo geral, baixa eficiência graças à alta incidência inicial da doença nos pomares experimentais utilizados. Assim, o trabalho de retirada dos cancrios nos períodos críticos (colheita, poda e queda de folhas) deve ser feito de forma persistente até que a disponibilidade de inóculo na área seja diminuída e, então, o controle proporcionado pelos produtos químicos seja mais efetivo. A persistência de retirada de cancrios deve ser mantida por alguns anos, pois a doença possui período de incubação (período entre a infecção e aparecimento de sintomas) de alguns meses.

Tendo isso em mente, o controle da doença pode ser mais facilmente alcançado naquelas quadras com menor incidência. Ademais, o custo de controle será menor quanto menor for a incidência. É ponto-chave conhecer a incidência das quadras e a localização das plantas doentes nas quadras, onde poderão ser intensificados os métodos de controle.

Neste capítulo são apresentados resultados de seis experimentos envolvendo a aplicação de fungicidas.

Controle outonal de cancro europeu nas cultivares Gala e Fuji

A queda de folhas da macieira caracteriza-se como um período de grande suscetibilidade da planta à infecção por *N. ditissima*. Além de ocorrer o ferimento natural, o outono, na região produtora do Sul do Brasil, apresenta condições ótimas para a infecção quanto à temperatura e molhamento foliar.

Foi realizado um ensaio em pomar comercial com alto nível de incidência de cancro europeu (mais que 60% de plantas infectadas) na cidade de Vacaria, RS, durante duas safras. As plantas das cultivares de macieiras Gala e Fuji estavam enxertadas sobre Marubakaido com filtro de M-9, em idade aproximada de 9 anos, com linhas espaçadas a cada 4 m e com 1 m entre plantas.

Determinaram-se programas de tratamentos, baseado na IN 20, os quais levaram em consideração as percentagens de queda das folhas das plantas durante as safras 2013/2014 e 2014/2015 (Tabelas 1 e 2). Pequenas diferenças nos programas, entre as safras, foram necessárias por causa das variações climáticas ocorridas entre os anos agrícolas, bem como no tempo decorrido para a queda das folhas.

Os tratamentos foram realizados com pulverizador turbo atomizador com capacidade de 1.500 L, munido de ponta cônica, e volume de calda de 1.500 L ha⁻¹. Os programas foram testados em 20 repetições de 10 plantas por repetição.

As avaliações consistiram em quantificar e retirar os ramos com sintomas (Figura 1). Na safra 2013/2014 essas avaliações ocorreram em quatro fases distintas, nos meses de novembro a fevereiro, e na safra 2014/2015 ocorreram entre os meses de outubro e janeiro.

Tabela 1. Programas de pulverização de fungicidas testados em pomar de macieira. Vacaria, RS. Safra 2013/2014.

Fungicida	Dose (g 100 L ⁻¹)	Momento	Data
Programa de pulverização 1			
Oxicloreto de cobre	100	Início da queda de folhas	6/5/2013
Oxicloreto de cobre	100	Início da queda de folhas	11/5/2013
Tiofanato metílico + captana	90 + 240	50% da queda de folhas	24/5/2013
Tiofanato metílico + captana	90 + 240	90% da queda de folhas	6/6/2013
Programa de pulverização 2			
Captana	90	Início da queda de folhas	6/5/2013
Captana	90	Início da queda de folhas	11/5/2013
Oxicloreto de cobre	100	50% da queda de folhas	24/5/2013
Oxicloreto de cobre	100	90% da queda de folhas	6/6/2013
Programa de pulverização 3			
Tiofanato metílico + captana	90 + 240	Início da queda de folhas	6/5/2013
Tiofanato metílico + captana	90 + 240	Início da queda de folhas	11/5/2013
Oxicloreto de cobre	100	50% da queda de folhas	24/5/2013
Oxicloreto de cobre	100	90% da queda de folhas	6/6/2013

Na safra 2013/2014, para a cultivar Fuji, todos os programas de tratamento apresentaram redução de ramos infectados ao longo das avaliações, porém o programa 1 apresentou as maiores quantidades de ramos infectados por cancro europeu.

Para a safra 2014/2015, também a cultivar Fuji, observa-se a redução no número de ramos infectados, porém, na segunda avaliação,

Tabela 2. Programas de pulverização de fungicidas testados em pomar de macieira. Vacaria, RS. Safra 2014/2015.

Fungicida	Dose (g 100 L ⁻¹)	Momento	Data
Programa de pulverização 1			
Oxicloreto de cobre	100	Início da queda de folhas	11/5/2014
Tiofanato metílico + captana	90 + 240	50% da queda de folhas	30/5/2014
Tiofanato metílico + captana	90 + 240	90% da queda de folhas	9/6/2014
Programa de pulverização 2			
Captana	90	Início da queda de folhas	11/5/2014
Oxicloreto de cobre	100	50% da queda de folhas	30/5/2014
Oxicloreto de cobre	100	90% da queda de folhas	9/6/2014
Programa de pulverização 3			
Tiofanato metílico + captana	90 + 240	Início da queda de folhas	11/5/2014
Oxicloreto de cobre	100	50% da queda de folhas	30/5/2014
Oxicloreto de cobre	100	90% da queda de folhas	9/6/2014



Foto: Silvío André Meirelles Alves

Figura 1. Sintoma de *Neonectria ditissima* em ramo de macieira.

houve um aumento do número de ramos infectados em todos os programas, e, a partir de então, observou-se redução dos ramos doentes, sendo o programa 2 com a menor quantidade de infecções (Figura 2).

Para a cultivar Gala, na primeira safra, foi observado declínio da quantidade de ramos infectados contabilizados para os três programas de tratamento com fungicidas associado à retirada dos ramos infectados. Para segunda safra, também se observou uma redução das infecções, porém houve um aumento das infecções na segunda avaliação e posteriormente a retomada do decréscimo de infecções. Esse mesmo fato foi observado para a cultivar Fuji (Figura 3).

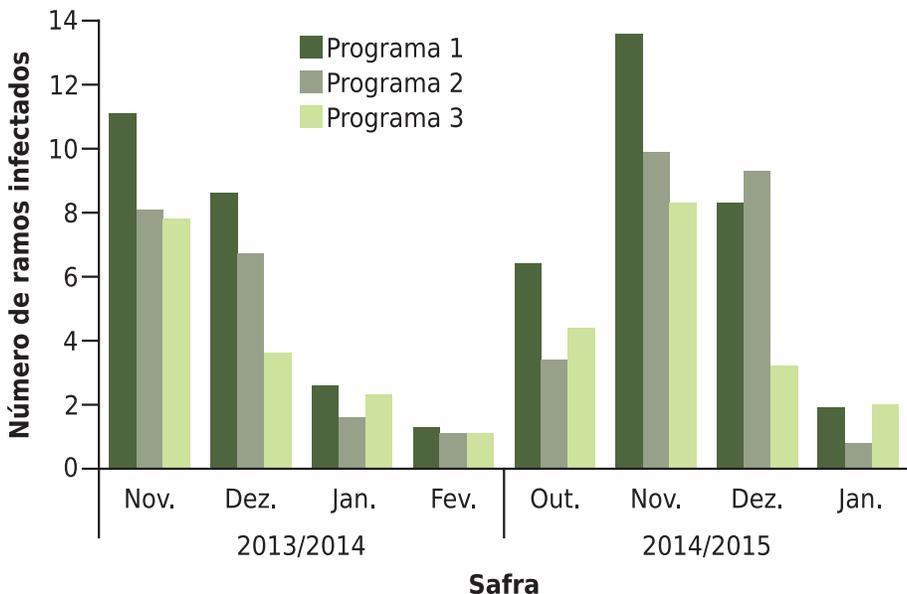


Figura 2. Avaliações mensais de *Neonectria ditissima* ao longo dos meses em duas safras agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, na cultivar Fuji associadas à retirada dos ramos infectados. Vacaria, RS.

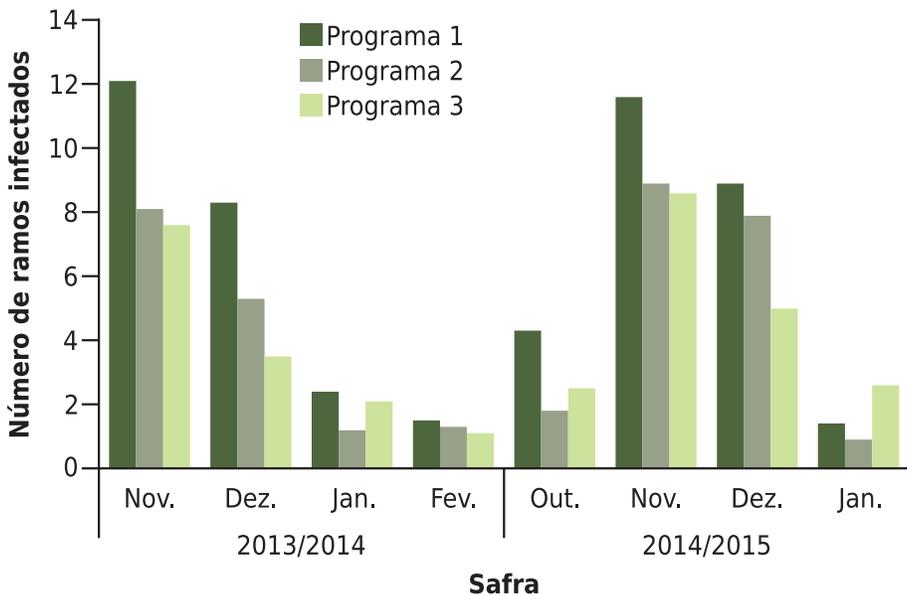


Figura 3. Avaliações mensais de *Neonectria ditissima* ao longo dos meses em duas safras agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, na cultivar Gala associadas à retirada dos ramos infectados. Vacaria, RS.

Os resultados apresentados são de grande importância no manejo da doença ao longo da safra. Variações climáticas podem ocorrer de um ano agrícola ao outro, fazendo com que os produtores monitorem o período de queda de folhas e, em alguns casos, realizem mais de três pulverizações nesse período, pois pode haver um atraso na queda de folhas das plantas conforme observado na primeira safra.

Podemos concluir que todos os programas de pulverização são eficientes no controle da doença, pois, para a primeira safra (2013/2014), não houve diferenças significativas entre eles. Vale

ressaltar que nessa safra foram feitas quatro pulverizações, o que pode ter auxiliado no controle.

Para a segunda safra (2014/2015) também não houve diferenças significativas entre os programas, mas o programa 2 (captana, pulverizado no início da queda de folhas; oxicleto de cobre, pulverizado com 50% e repetido com 90% da queda de folhas) destacou-se em relação aos demais programas de pulverização, pois apresentou a menor quantidade de ramos infectados ao final das safras, independentemente da cultivar de macieira avaliada.

Assim, temos uma estratégia importante no combate à evolução da doença, baseada em pulverizações com fungicidas durante a queda de folhas, associado à retirada de ramos mensalmente.

Fungicidas cúpricos, calda bordalesa e oxicleto de cobre aplicados no início da queda de folhas, e em 50% da queda de folhas, fornecem proteção para as novas lesões, e uma nova pulverização antes da brotação destina-se a proteger as rachaduras da brotação da primavera.

Em pomares com baixa incidência de cancro no outono, deve-se fazer a aplicação com cobre em 10% da queda das folhas e repetir em 50% da queda de folhas, pois o cobre acelera a queda das folhas e reduz o tempo em que as árvores são suscetíveis à infecção. Em pomares com moderada a alta incidência de cancro, deve-se aplicar tebuconazole antes do final da queda das folhas e, em seguida, tiofanato metílico.

Outras formas de cobre, calda bordalesa, ziram, captana ou ben-zimedazóis devem ser aplicadas nas doses recomendadas, para cada produto, durante a queda das folhas, e no estágio fenológico B (gema inchada, ponta de prata), no início da brotação.

Eficiência de produtos fungicidas e fertilizantes usados na queda das folhas no controle de *Neonectria ditissima* na macieira (safras 2014 e 2015)

O objetivo desta ação foi comparar na cv. Gala fungicidas de síntese e cúpricos (usados em baixas doses com o captana) no controle de *N. ditissima* quando utilizados durante a queda das folhas. As pulverizações foram feitas nas épocas de 10%, 50% e 90% de queda das folhas com volume de calda de 1.000 L ha⁻¹. O produto usado como padrão foi o captana. O método de avaliação consistiu na coleta de todos os ramos com cancrios de cada planta e contagem dos tipos de ramos no fim da primavera. O trabalho foi conduzido em uma área severamente infectada localizada em Vacaria, RS.

Comparação de protetores

Foram avaliados os fungicidas captana, ditianona, clorotalonil, óxido cuproso, hidróxido de cobre, oxiclureto de cobre e calda bordalesa. As avaliações foram feitas nos lançamentos do ano com sintomas de cancrios em dois ciclos. Foi verificado que todos os produtos avaliados apresentaram igual controle ao captana, fungicida considerado padrão. O controle variou de 42% a 61% no ciclo 2014/2015 e de 46% a 59% no ciclo 2015/2016. Esse controle documenta as limitações da proteção feita nesse período e também permite reconhecer que, se as infecções ocorreram antes ou após a queda de folhas (Tabela 3), não haverá efeito dessa proteção avaliada.

Na literatura é relatado o risco de fitotoxicidade que podem ter fungicidas cúpricos e o clorotalonil. Esse efeito não foi constatado nas doses utilizadas desses produtos nesses experimentos.

Tabela 3. Controle da incidência de cancos (%) em ramos de crescimento do ano tratados com fungicidas de contato durante o período da queda das folhas, coletados em macieiras da cv. Gala em Vacaria, RS, nas safras 2014/2015 e 2015/2016.

Fungicida	Dose pc 100 L ⁻¹	Controle dos cancos (%)	
		2014/2015	2015/2016
Captana	240	61,58 ^{ns}	59,87 ^{ns}
Ditianona	150	57,52	53,85
Clorotalonil	200	42,25	53,83
Óxido cuproso	50	50,13	46,15
Hidróxido cuproso	50	60,1	Não Avaliado
Oxicloreto de cobre	150	61,08	52,17
Calda bordalesa	75	65,52	59,87

Médias de quatro parcelas por tratamento e cada parcela constituída por seis plantas por parcela. Dados seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott e Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

Comparação de fungicidas curativos e produtos com potencial de indução de resistência

Os tratamentos comparados foram captana (usado como padrão), tiofanato metílico, tebuconazole, acibenzolar-S-metílico, fosetil-Al e o fertilizante fosfito de potássio nos ciclos 2014/2015 e 2015/2016. No pomar foi observada alta incidência da doença no ciclo de 2014, visto que em seis plantas da testemunha se contaram mais de 42 ramos com cancos, enquanto ela diminuiu em 2015 (um a quatro ramos por parcela). Quando se comparou o controle de *N. ditissima* no ciclo 2014/2015, não se detectaram diferenças entre os tratamentos com captana, tiofanato metílico e associação de fosetil-Al com captana. É importante ressaltar que nessa condição captana obteve controle de somente 61,58% (Tabela 4).

Tabela 4. Controle da incidência de cancos em ramos de crescimento anual tratados com fungicidas e fertilizantes com ação curativa e com potencial de indução de resistência durante o período da queda das folhas coletadas em macieiras da cv. Gala em Vacaria, RS, nos ciclos 2014 e 2015.

Fungicida	Dose	Controle (%)	
		2014	2015
Captana	240	61,6 a	59,87 ^{ns}
Tiofanato metílico	70	84,24 a	52,17
Tebuconazole	50	55,67 b	53,85
Acibenzolar-S-metílico + captana	30+240	49,14 b	61,54
Fosfito de potássio + captana	200+240	32,02 c	53,85
Fosetil-Al + captana	250+240	71,43 a	36,79

Médias de quatro parcelas por tratamento e cada parcela constituída por seis plantas por parcela. Dados seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott e Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

O efeito do tebuconazole foi igual ao do acibenzolar-S-metílico em 2014 e inferior ao padrão captana e intermediários entre a associação de fosfito de potássio com captana. Supõe-se que a absorção do fosetil-Al tenha sido maior que a do fosfito de potássio nas condições de outono, o que pode ter afetado a eficiência de controle do fertilizante. No ciclo 2015/2016, os produtos avaliados exerceram igual controle da infecção e reduziram a infecção entre 36% a 61%.

Eficiência de programas com fungicidas pulverizados durante a queda das folhas para o controle de *Neonectria ditissima* na macieira (safra 2015)

O trabalho foi conduzido num pomar da cv. Gala com histórico de alta incidência da doença em Vacaria, RS. Foram realizadas três pulverizações com nebulizador nos momentos em que havia 10%, 50%

e 90% de queda das folhas. O intervalo entre as aplicações foi ao redor de 10 a 15 dias. Os programas avaliados foram: 1. Tiofanato metílico + captana/ditianona/óxido cuproso; 2. Clorotalonil/tiofanato metílico + clorotalonil/óxido cuproso; 3. Ditianona/tiofanato metílico + captana/óxido cuproso; 4. Tiofanato metílico + captana/captana + trifloxistrobina/tebuconazole/óxido cuproso; 5. Fosetil-Al, 0,075%; 6. Clorotalonil/tiofanato metílico + clorotalonil/óxido cuproso.

O método de avaliação constou da coleta de todos os ramos com cancos de quatro parcelas de 100 plantas no fim da primavera. No início de fevereiro, nos tratamentos 5 (três aplicações de fosetil-Al) e 6 (clorotalonil/tiofanato metílico + clorotalonil/óxido cuproso), foram coletadas 100 maçãs em cinco parcelas de cinco plantas de cada tratamento para determinação de 'russetting' e da coloração vermelha, a fim de verificar se o fosetil-Al poderia estar agindo na nutrição das plantas.

Nesses programas (Tabela 5), verificou-se que ditianona foi igualmente eficiente para controle de *N. ditissima* quando utilizado antes de tiofanato metílico captana, e que o posicionamento de tiofanato metílico + captana obteve maior controle quando foi utilizado em 50% de desfolha. O fosetil-Al usado na dose de 75 g 100 L⁻¹ foi igual ao tratamento-padrão do produtor nesse ciclo (tratamento 6), incluindo-se no grupo dos programas mais eficientes para redução da infecção.

A qualidade das maçãs não diferiu entre os tratamentos 5 e 6 nesse ciclo, e nas análises foliares se verificou que plantas tratadas com fosetil-Al tinham uma relação N/K menor que as da área do produtor [1,77 no tratamento 5 (com Fosetil-Al) e 2,51 no tratamento 6]. Esse resultado sugere que um dos mecanismos de ação do fosetil-Al pode ser o estímulo à cicatrização dos ferimentos.

Tabela 5. Avaliação de programas com fungicidas utilizados no outono para redução da morte de ramos pela infecção por *Neonectria ditissima* em macieiras cv. Gala em Vacaria, RS (ciclo 2014/2015).

Programa	Sucessão dos fungicidas nos programas	Nº de ramos/ parcela ⁽¹⁾
Tratamento 1	Tiofanato metílico + captana/ditianona/óxido cuproso	79,5 a ⁽²⁾
Tratamento 2	Clorotalonil/tiofanato metílico + captana/óxido cuproso	48,2 b
Tratamento 3	Ditianona/tiofanato metílico + captana/óxido cuproso	30,7 b
Tratamento 4	Tiofanato metílico + captana/captana + trifloxistrobina/tebuconazole/óxido cuproso	97,0 a
Tratamento 5	Fosetil-Al	33,5 b ⁽³⁾
Tratamento 6	Clorotalonil/tiofanato metílico + clorotalonil/óxido cuproso	44,2 b ⁽³⁾
CV(%)		22,4

⁽¹⁾ Média de quatro parcelas de 100 plantas; ⁽²⁾ Dados seguidos da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, dados transformados para $1/\sqrt{x}$; ⁽³⁾ Tratamentos comparados pelo teste T, a 5% de probabilidade, dados transformados para $1/\sqrt{x}$.

Na área experimental, verificou-se alta incidência de cancrios nos ramos, mesmo em plantas tratadas. Se considerarmos que cada ramo pode produzir em média cinco maçãs (600 g) no tratamento 4 com a proteção de fungicidas, se deixaria de produzir 58 kg de maçãs em 100 plantas, e em uma área com 3.000 plantas se deixaria de colher a cada ano 1.746 kg.

Comparação da eficiência de doses e fontes de cobre no controle de *Neonectria ditissima* na macieira em Vacaria, RS (safra 2016/2017)

O ensaio foi estabelecido em pomar de macieiras da cultivar Gala, com histórico de alta incidência do cancro europeu. Os tratamentos comparados foram a testemunha, hidróxido de cobre PM; hidróxido de cobre SC em três doses; hidróxido de cobre + clorotalonil e oxicloreto de cobre. Foram realizadas um total de três pulverizações durante a queda das folhas por meio de pulverizador costal, com capacidade de 20 L, com bico universal. O produto usado como padrão foi o hidróxido de cobre PM. A avaliação dos tratamentos foi feita no mês de outubro, coletando-se todos os ramos com cancos de cada planta.

Foi observada alta incidência da doença, visto que, em quatro plantas avaliadas da testemunha, se coletaram entre 10 a 16 lançamentos do ano com cancos por parcela. Nessa condição, todos os tratamentos com cúpricos avaliados controlaram o patógeno. Nos tratamentos com hidróxido de cobre PM na dose de 50 g 100 L⁻¹, considerado como padrão dos cúpricos, no hidróxido de cobre na dose de 30 g e 50 g 100 L⁻¹, e no oxicloreto de cobre 100 g 100 L⁻¹ o número de ramos com cancos nas parcelas variou de 2 a 6; de 2 a 5; de 3 a 10 e de 3 a 7, respectivamente. Neles, as percentagens de controle foram de 71,70%, 75,47%, 60,38% e 60,38%, sendo considerados os mais eficazes (Tabela 6).

Os fungicidas utilizados nesse trabalho têm registros para uso na macieira para o controle de *Venturia inaequalis* nas doses de 250 g 100 L⁻¹ como produto de tratamento de inverno. No caso do uso na queda das folhas, necessariamente devem ser usados em doses menores para não causar lesões nos tecidos expostos da abscisão foliar.

Tabela 6. Incidência de cancro europeu causado por *Neonectria ditissima* em tratamentos com produtos para proteção das macieiras durante a queda das folhas em Vacaria RS, na safra 2015/2016.

Tratamento	Doses (g, p.c. 100 L ⁻¹)	Incidência	Controle
1. Hidróxido de cobre (PM)	70	3,75 a	71,70
2. Hidróxido de cobre (SC)	30	3,25 a	75,47
3. Hidróxido de cobre (SC)	50	5,25 a	60,38
4. Hidróxido de cobre (SC)	70	7,25 a	45,28
5. Hidróxido de cobre (SC) + clorotalonil	50 + 50	7,00 a	47,17
6. Oxicloreto de cobre	100	5,25 a	60,38
7. Testemunha sem tratamento	-	13,25 b	0,00

Médias de quatro parcelas por tratamento. Avaliação da incidência em quatro plantas por parcela. Dados seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. CV: 25,84%.

Os hidróxidos de cobre avaliados tinham diferentes concentrações de cobre metálico e formulação. As doses do cobre metálico por hectare dos tratamentos mais eficazes foram menores no hidróxido de cobre SC que no hidróxido de cobre PM e no oxicloreto de cobre. Essa maior eficiência pode ser atribuída às características de formulação SC.

É sabido que o uso de cobre na macieira deverá aumentar pela presença do patógeno *N. ditissima* na região produtora de maçãs no Sul do Brasil. É desejável que as doses de cobre metálico sejam as menores possíveis por ano para não se acumular no solo e não afetar as macieiras e o meio ambiente. Experimentos conduzidos na Nova Zelândia compararam em plantas com inoculação artificial somente

formulações pó molhável e usando 1.700 L ha⁻¹ de volume de calda e com uma ou quatro pulverizações. Eles concluíram que nas doses de 600 g ha⁻¹ de cobre metálico esses tipos de produtos não foram eficientes quando comparados com o captana. Esse resultado pode ter sido graças à fitotoxicidade apresentada pela alta quantidade de cobre metálico utilizada, porque, no trabalho ora relatado, nos tratamentos mais eficazes usou-se 175 g ha⁻¹. Ainda no experimento da Nova Zelândia, ficou demonstrado que, quando usado oxiclreto de cobre em dose alta (4,3 kg ha⁻¹) pulverizado somente em 5% de queda das folhas, pode se obter redução da incidência pelo fato de o fungicida ser redistribuído com as chuvas durante o outono. Essa estratégia ainda não foi testada no Brasil.

Literatura recomendada

BERTON, O.; MELZER, R. **Sistema de alerta para controle da sarna da macieira**. Florianópolis: Empasc, 1989. 75 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 20 de Junho de 2013. **Diário Oficial da União**, 21 jun. 2013c. Seção 1, p. 22.

COOKE, L. R. The influence of fungicide sprays on infection of apple cv. Bramley's seedling by *Nectria galligena*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 105, n. 8, p. 783-790, Nov. 1999. DOI: 10.1023/A:1008778900607.

DUBIN, H. J.; ENGLISH, H. Factors affecting apple Leaf scar infection by *Nectria galligena* conidia. **Phytopathology**, v. 64, p. 1201-1203, 1974. DOI: 10.1094/Phyto-64-1201.

McCRACKEN, A. R.; BERRIE, A.; BARBARA, D. J.; LOCKE, T.; COOKE, L. R.; PHELPS, K.; SWINBURNE, T. R.; BROWN, A. E.; ELLERKER, B.; LANGRELL, S. R. H. Relative significance of nursery infections and orchard inoculum in the development and spread of apple canker (*Nectria galligena*) in young orchards. **Plant Pathology**, v. 52, n. 5, p. 553-566, 2003. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2003.00924.x.

SANHUEZA, R. M. V.; BONETI, J. I. da S.; ALVES, S. A. M. Características e controle de *Nectria galligena* nos países que a doença é endêmica. **Informe Fitossanitário Cidasc e Epagri**, n. 1, p. 6, 2012.

SWINBURNE, T. R. European canker of apple (*Nectria galligena*). **Review of Plant Pathology**, v. 54, p. 789-799, 1975.

WALTER, M.; STEVENSON, O. D.; AMPONSAH, N. T.; SCHEPER, R. W. A.; RAINHAM, D.; HORNBLow, C. G.; KERER, U.; DRYDEN, G. H.; LATTER, I.; BUTLER, R. C. Control of *Neonectria ditissima* with copper based products in New Zealand. **New Zealand Plant Protection**, v. 68, p. 241-249, 2015.

Capítulo 10

Efeito de fungicidas biológicos no controle da infecção e produção de esporos de *Neonectria ditissima*¹

Monika Walter

Introdução

Esporos de *Neonectria ditissima* infectam ferimentos e causam lesões em macieiras. O controle do inóculo é crítico para conter o patógeno, mas nenhum fungicida químico ou biológico está atualmente disponível para proteger a infecção em ferimentos durante a colheita das frutas. O clima na região da Tasmânia da Nova Zelândia favorece o desenvolvimento da doença e apenas alguns esporos (10 ou menos) são necessários para a infecção em ferimento de colheita. Isso contrasta com as condições californianas, em que foram necessários 50 esporos para infecções de cicatrizes foliares. Na Nova Zelândia, descobrimos que quanto maior o número de esporos e maior o ferimento, menor o período de incubação (período de tempo entre a infecção e a expressão de sintomas), com um ciclo de doença tão curto quanto 6 semanas. No entanto, geralmente o período de incubação varia de 3 a 6 meses, sujeito ao tamanho da ferida, quantidade de inóculo, cultivar e clima.

1 Os dados aqui apresentados foram publicados na revista on-line gratuita *New Zealand Plant Protection 2017*, volume 70 (ver referências). Tabelas e gráficos foram reproduzidos total ou parcialmente com a permissão da revista.

A remoção frequente e oportuna dos cancos e a proteção dos ferimentos usando fungicidas são necessárias para o controle efetivo da doença. Na Nova Zelândia, os esporos estão disponíveis ao longo do ano e liberados após os eventos de chuva. Em abril há pico de produção de esporos, o que coincide com a colheita e a infecção nesse tipo de ferimento. Nenhum fungicida químico pode ser pulverizado durante o período de colheita para proteger os ferimentos devido aos resíduos. Os objetivos da pesquisa apresentada aqui foram avaliar a eficácia dos agentes de controle biológico (ACBs) comercialmente disponíveis como protetores de ferimentos para controlar as infecções e antiesporulantes para controlar o inóculo.

Descrição dos experimentos

Antiesporulantes

Nos experimentos de campo 1 (2015) e 2 (2016), lesões foram pintadas com produtos agroquímicos (Tabela 1). No experimento de campo 2, apenas os agentes de controle biológico foram testados. Estes foram aplicados em concentrações muito elevadas utilizando diluição do produto em água de 1:1 a 1:2 (Tabela 2). A liberação de esporos foi monitorada durante vários meses após cada evento de chuva usando lâminas de vidro fixadas debaixo da lesão. No experimento de laboratório (experimento 3, 2016), lesões cortadas foram pintadas como no experimento de campo 2, e em seguida incubadas sob condições ambientais controladas. A liberação de esporos foi monitorada semanalmente por 6 semanas, criando-se chuva artificial e quantificando os esporos na água coletada. No último experimento (experimento 4, 2016/2017), o produto código BP 6 contendo

Tabela 1. Experimento de campo 1, 2015, em macieira ‘Braeburn’: média do número de esporos contados (após o tratamento) em lâminas de vidro. Dados agrupados de 10 avaliações entre 15 de fevereiro (aplicação) a 7 de maio de 2015.

Ingrediente ativo	Esporo/cm ²
Tinta acrílica (AHP)	406,7 **
2,5 g L ⁻¹ cyproconazole + 1 g L ⁻¹ iodocarb	79,3
Sem pintura	60,9
Cola PVA + 500 g kg ⁻¹ oxicleto de cobre	37,0
AHP + 500 g kg ⁻¹ carbendazim	17,9 *
AHP + 10 g L ⁻¹ tebuconazole + 0,25% poliéter modificado trisiloxane	12,5 **
<i>Bacillus subtilis</i> + aminoácidos	10,2 **
Cola PVA	7,9 **
10 g L ⁻¹ tebuconazole + 17,5 g L ⁻¹ octhilinone	4,1 ***
10 g L ⁻¹ tebuconazole	1,9 ***

*, **, *** Significativamente diferente da testemunha a $P < 0,1$, $0,05$ e $0,01$, respectivamente.

Fonte: Walter et al. (2017b).

Tabela 2. Produtos e doses para pintura no experimento 2 (campo) e 3 (laboratório) e dose dos produtos usados para proteção de ferimentos por pulverização nos experimentos 4, 5 e 6.

Código do produto	Ingrediente ativo (i.a.)	Exp. 2 e 3 Produto : água	Exp. 4 e 5 Dose do produto
Controle água	Somente água	Somente água	-
Controle testemunha	Sem pintura	Sem pintura	Sem aplicação
BP 1	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Pseudomonas putida</i> <i>Trichoderma koningii</i> <i>Trichoderma harzianum</i>	1:2 (p/v)	1 g L ⁻¹

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Código do produto	Ingrediente ativo (i.a.)	Exp. 2 e 3 Produto : água	Exp. 4 e 5 Dose do produto
BP 2	<i>B. subtilis</i> MBI600	1:2 (p/v)	2 g L ⁻¹
BP 3	<i>B. subtilis</i> QST713	1:2 (p/v)	2 g L ⁻¹
BP 4	<i>B. subtilis</i> var. <i>amyloliquefaciens</i> D747	1:2 (p/v)	2 g L ⁻¹
BP 5	<i>B. subtilis</i> var. <i>amyloliquefaciens</i> D747	1:10 (p/v)	1 g L ⁻¹
BP 6	<i>Bacillus subtilis</i> + aminoácidos	1:1 (p/v)	2 g L ⁻¹
BP 7	<i>P. putida</i> Ps1	1:1 (v/v)	0,25 mL L ⁻¹
BP 8	<i>B. amyloliquefaciens</i> Bs1b	1:1 (v/v)	10 mL L ⁻¹
Controle captana	Captana	800 g kg ⁻¹	1,5 g L ⁻¹

Fonte: Walter et al. (2017b).

Bacillus subtilis foi pulverizado como uma névoa fina pelo produtor oito vezes de acordo com o rótulo e as recomendações de uso do produto (1 L ha⁻¹). Este experimento foi feito em quadras com macieiras adultas das cultivares Royal Gala e Granny Smith conduzidas em líder central.

Proteção de ferimentos

Houve duas experiências de campo adicionais (experimentos 5 e 6) no distrito de Tasman, Nova Zelândia, para testar a eficácia dos agentes de controle biológico para proteger os ferimentos de colheita e de raspagem (experimentos 5) e apenas ferimentos de raspagem (experimento 6, Tabela 2). O experimento 5 foi conduzido usando-se árvores de 'Royal Gala' de 3 anos no The New Zealand

Institute for Plant & Food (PFR) em Motueka, em 2016. No experimento 6, o efeito da concentração de patógenos em ferimentos artificiais pulverizadas com o ACB selecionado foi estudado usando-se árvores de 'Scilate'/Envy de 2 anos (PFR Motueka) tratadas na primavera (setembro) 2016. Nestes dois experimentos, os ferimentos foram pulverizados com borrifadores manuais aplicando-se aproximadamente 0,5 mL de solução de produto para cada ferimento. No dia seguinte, os ferimentos foram inoculados com o patógeno (inoculação de gotícula). No experimento 5, a concentração de esporos foi de 5×10^4 conídios mL^{-1} e, no experimento 6, as concentrações de esporos foram de 4×10^2 , 4×10^3 e 4×10^4 conídios mL^{-1} .

Resultados

Antiesporulantes

No experimento 1, as tintas de poda contendo tebuconazol ou carbendazim e o produto biológico código BP 6 reduziram a produção de esporos, assim como a cola PVA, mas não a tinta acrílica ou cola PVA contendo oxiclreto de cobre ou tinta para poda contendo ciproconazol + idiocarbe (Tabela 1). A capacidade dos produtos biológicos para reduzir a esporulação de *N. ditissima* quando aplicada em altas concentrações foi ainda validada nos experimentos 2 e 3, como mostrado na Tabela 3. No entanto, não foi observada redução na esporulação de lesões de cancro europeu quando o produto BP 6 foi pulverizado com a concentração comercial indicada (experimento 4, Figura 1). Não foi observada cicatrização de lesão em nenhum dos experimentos; na verdade, as lesões se expandiram em comprimento e largura - este resultando em muitos casos no estrangulamento dos ramos.

Tabela 3. Esporulação potencial (%) com base no controle não tratado de lesões de cancro europeu pintadas com produtos biológicos (BP) nos experimentos 1-3.

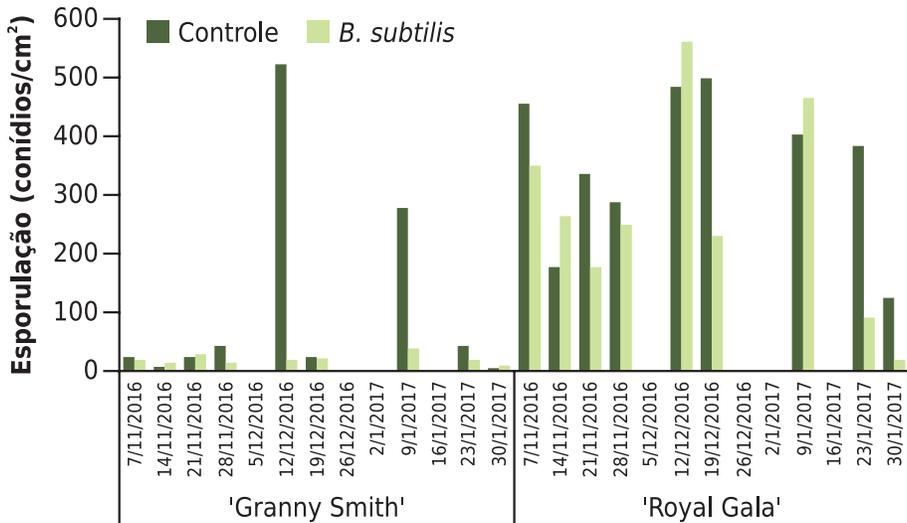
Código do tratamento	Exp. 1 % (esporos/cm ²)	Exp. 2 % (esporos/cm ²)	Exp. 3 % (esporos/lesão)
Testemunha	100,0 (60,9)	100,0 (2266,1)	100,0 (1454,4)
BP 1	-	15,3 (345,6)**	87,4 (1270,5)
BP 2	-	15,5 (351,2)**	27,8 (404,9)*
BP 3	-	24,4 (552,0)**	15,7 (228,9)**
BP 4	-	34,2 (774,6)*	57,2 (831,4)
BP 5	-	23,6 (535,4)**	62,1 (902,5)
BP 6	16,8 (10,2)**	36,9 (835,2)*	22,9 (332,7)*
BP 7	-	80,4 (1822,0)	25,1 (365,6)*
BP 8	-	67,0 (1519,2)	154,3 (2244,4)
Controle água	-	47,9 (1085,2)*	164,7 (2394,9)

- Não testado; *, **Significativamente diferente da testemunha ao nível de $P < 0,05$ e $P < 0,01$ respectivamente.

Fonte: Walter et al. (2017b).

Proteção dos ferimentos

No experimento 5, nenhuma infecção de ferimento de colheita nem ferimentos de raspagem foi controlada usando-se fungicidas biológicos (Figura 2). Somente o captana reduziu significativamente o desenvolvimento de infecções e sintomas em aproximadamente 50% em comparação com o controle não tratado. Até 100% das feridas raspadas desenvolveram lesões de cancro europeu nos tratamentos sem o captana em comparação com 60%80% dos ferimentos de colheita. O tamanho do ferimento afeta a infecção e o desenvolvimento de sintomas: quanto maior a ferida, mais rápido as lesões se desenvolveram. Infelizmente, no experimento 6, poucos



Cultivar e data das coletas

Figura 1. Média de conídios de *Neovectria ditissima* em lâminas de vidro (número médio de esporos/cm²) abaixo das lesões de cancro europeu em pomares comerciais de 'Granny Smith' e 'Royal Gala' na região de Waikato.

Nota: as árvores foram deixadas sem pulverização (Controle) ou pulverizadas oito vezes com *Bacillus subtilis* (código BP 6) na dose de 1 L ha⁻¹ e volume de calda de 2.000 L ha⁻¹.

Fonte: Walter et al. (2017b).

sintomas se desenvolveram, o que não permitiu avaliação consistente. Então, esse experimento será repetido futuramente.

Considerações finais

A pintura de lesões de cancro europeu com crescimento ativo com pinturas de poda e produtos biológicos pode fornecer controle de liberação de esporos, dependendo do produto usado. Os produtos biológicos precisam ser aplicados em concentrações muito altas e

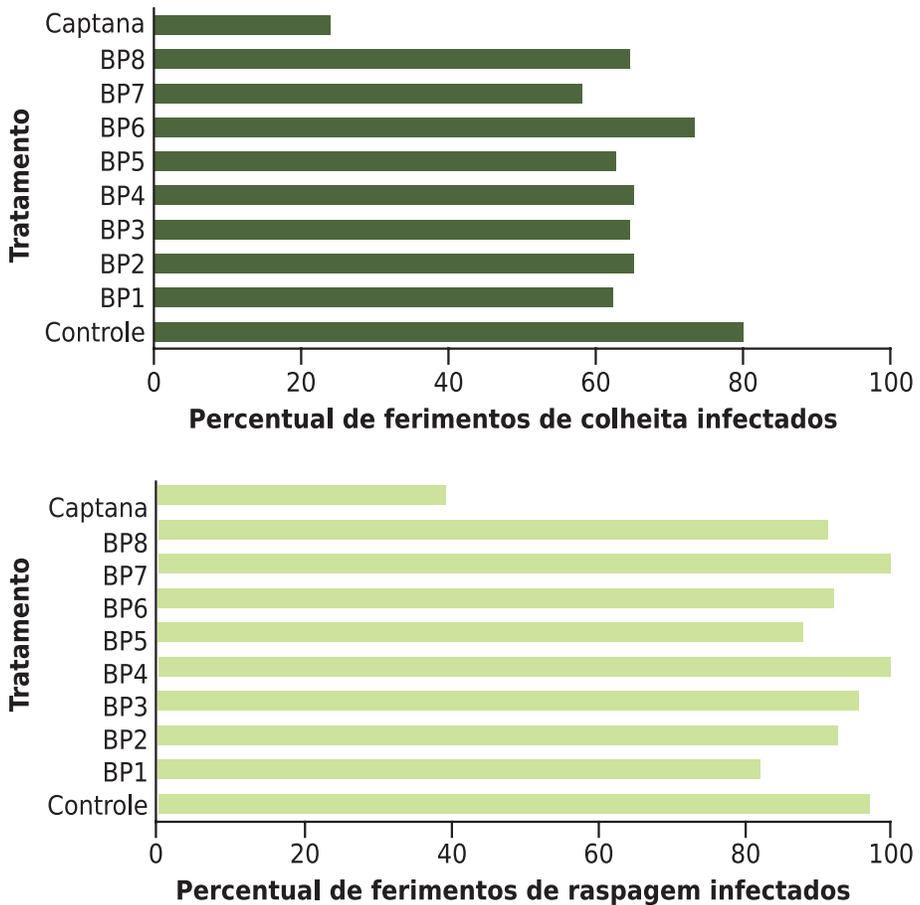


Figura 2. Percentagem de ferimentos de colheita (A) e de raspagem (B) em macieiras ‘Royal Gala’ que desenvolveram lesões de cancro europeu após pulverização com produtos biológicos e inoculação de desafio com *Neonectria ditissima*.

Nota: os códigos de produto são descritos adicionalmente na Tabela 2: Controle = Não Pulverizado; BP 1 = *B. subtilis* + *P. putida* + *Trichoderma koningii* + *T. harzianum*; BP 2 = *B. subtilis* MBI600; BP 3 = *B. subtilis* QST713; BP 4 = *B. subtilis* var. *amyloliquefaciens* D747 (alta dose); BP 5 = *B. subtilis* var. *amyloliquefaciens* D747 (dose baixa); BP 6 = *B. subtilis* + aminoácidos; BP 7 = *Pseudomonas putida* + folacina; BP 8 = *Bacillus amyloliquefaciens* Bs1b; Captana = controle de captana.

Fonte: Walter et al. (2017a).

nesses experimentos foram diluídos apenas para fazer uma pasta viscosa, adequada para a aplicação com pincel. A pintura de lesões, no entanto, é apenas uma solução em curto prazo. As lesões de *N. ditissima* continuaram a expandir-se e ultrapassaram a área tratada, estrangulando o ramo. Onde a poda não é possível, as lesões de pintura podem ser eficazes para o controle do inóculo, pelo menos inicialmente. O risco de contaminação de frutas com tintas químicas deve ser considerado e as tintas à base de fungicida não devem ser usadas durante a estação de frutificação por causa do risco de resíduos. Na Nova Zelândia as tintas de poda contendo fungicida não são registradas para o uso durante a estação de crescimento.

A aplicação por pulverização de produtos biológicos a taxas comerciais não teve nenhum ou pouco benefício no controle de esporulação ou proteção de ferimento. Os produtos biológicos testados, portanto, não são recomendados para a proteção de ferimentos durante a colheita e a queda das folhas, particularmente em pomares com altos níveis de inóculo. Atualmente, estamos investigando se os produtos biológicos fornecem alguma proteção a ferimentos com menor risco de infecção (com base na concentração do inóculo do patógeno).

Referências

WALTER, M.; CAMPBELL, R. E.; AMPONSAH, N. T.; TURNER, L.; RAINHAM, D.; KERER, U.; BUTLER, R. C. Can biological products control *Neonectria ditissima* picking wound and leaf scar infections in apples? **New Zealand Plant Protection**, v. 70, p. 63-72, 2017a. DOI: 10.30843/nzpp.2017.70.29.

WALTER, M.; CAMPBELL, R. E.; AMPONSAH, N. T.; TURNER, L.; SCHEPER, R. W. A.; BUTLER, R. C. Evaluation of biological and agrichemical products for control of *Neonectria ditissima* conidia production. **New Zealand Plant Protection**, v. 70, p. 87-96, 2017b. DOI: 10.30843/nzpp.2017.70.33.

Capítulo 11

Depósito de pulverização em ferimentos de colheita de maçã

Monika Walter
David Manktelow

Introdução

Na Nova Zelândia, os ferimentos de colheita, seguidas das cicatrizes de folhas são as vias mais importantes na infecção e disseminação de *Neonectria ditissima* em macieiras. Atualmente, não há opções de controle químico ou biológico durante a colheita, portanto, a prevenção de infecções através dos ferimentos de colheita depende do controle de inóculo por remoção física das lesões do cancro europeu do pomar. Além disso, fungicidas como captana ou cobre são usados imediatamente após a colheita para proteger, pelo menos, alguns dos ferimentos. Aqui descrevemos nossos resultados na determinação da deposição por pulverização em ferimentos de colheita usando diferentes pulverizadores, volumes de calda e padrões de condução. O corante de alimento azul brilhante (2 g L^{-1}) foi usado em substituição ao produto químico para permitir uma avaliação imediata em campo (sem restrições de reentrada no pomar após a pulverização) e para visualizar depósitos de pulverização nos ferimentos de colheita.

Abordagem

A suposição era que as cicatrizes de colheita são alvos difíceis de pulverização porque a sua forma física e a localização dos ferimentos

de colheita limitam a redistribuição de fungicidas na superfície da cicatriz (a redistribuição de fungicidas é comum nas superfícies das folhas). As observações foram realizadas em macieiras adultas ‘Smitten’ em porta-enxertos M9, em dois locais de cultivo usando-se pulverizadores do produtor e seus motoristas. Foram utilizados os pulverizadores axial com ventilador de 920 mm, em torre e em torre sobre a linha (Figura 1).

Os volumes de pulverização testados foram de aproximadamente 3x concentrado (600 L ha^{-1}), 2x concentrado (900 L ha^{-1}), padrão (1.200 L ha^{-1}) e 2x diluído (2.000 ha^{-1} – 2.400 L ha^{-1}). Os pulverizadores foram conduzidos pelas linhas, com uma passagem única, uma passagem dupla e as direções de deslocamento iguais ou opostas nos lados da linha. Os esporões foram avaliados na parte inferior, no meio e no topo das árvores, escolhendo ramos aleatórios e marcando todos os esporões nesse ramo. Ambos os lados de uma árvore foram

Fotos: Monika Walter



Figura 1. Pulverizadores axial (A), de torre (B) e torre sobre a linha (C) utilizados em pomar de macieira ‘Smitten’, altura de copa de 3,5 m.

Nota: no segundo local, a copa tinha altura de 4,5 m. A velocidade média de deslocamento foi de aproximadamente 7 km/h, mas variou de 5,3 km/h a 8,2 km/h. Foi aplicado apenas água com 2 g L^{-1} de corante azul brilhante.

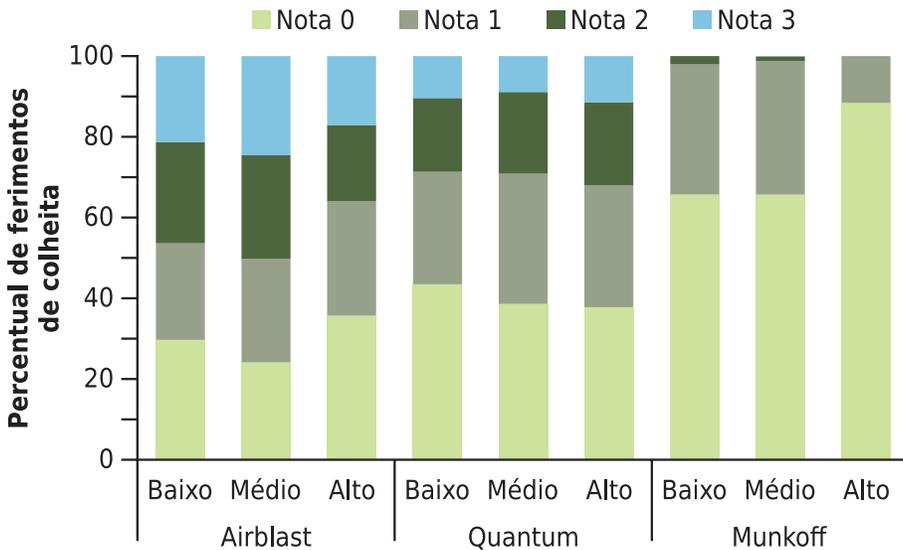
monitorados com múltiplas árvores para qualquer combinação de tratamento, com não menos de quatro árvores por tratamento marcado por local de teste. Um total de 8.095 cicatrizes de colheita foi avaliado com base na deposição de corantes com a seguinte escala: 0 = sem corante na cicatriz ou no próprio esporão; 1 = corante no esporão, mas não na superfície da cicatriz; 2 = corante no esporão e algum corante na superfície da cicatriz, mas menos do que 50% de cobertura de cicatriz; 3 = pelo menos 50% da cicatriz de colheita coberta por corante (Figura 2).



Figura 2. Depósito de corante alimentício azul brilhante em ferimentos de colheita de maçã usando-se a seguinte escala: 0 = sem corante no esporão; 1 = corante no esporão, mas não no ferimento de colheita; 2 = corante no esporão e nas cicatrizes de colheita (mas menos de 50% da cobertura); 3 = corante no esporão e em mais que 50% da cicatriz de colheita.

Resultados

Uma vez que a posição do ramo na árvore não apresentou efeito diferenciado para os três tipos de pulverizadores (Figura 3), este fator não foi considerado nas análises subsequentes. Os dados



Modelo de pulverizador e posição do ramo na árvore

Figura 3. Cobertura do ferimento de colheita (%) das práticas atuais de pulverização usando pulverizadores axial, de torre ou de torre sobre a linha por posição nas árvores (baixa, média, superior).

Nota: os dados foram agrupados em dois locais, todos os volumes de pulverização, incluindo passes simples e duplos em cada lado da linha. Pontuação: 0 = sem corante no esporão; 1 = corante no esporão, mas não no ferimento de colheita; 2 = corante no esporão e nas cicatrizes de colheita (mas menos de 50% da cobertura da cicatriz); 3 = corante no esporão e em mais que 50% da cicatriz de colheita.

relativos aos dois pulverizadores mais eficientes – axial e de torre – foram agrupados na avaliação dos demais fatores volume de calda (Figura 4) e caminho do trator na linha (Figuras 5 e 6).

No geral, a cobertura do ferimento foi fraca, em que apenas 19% dos ferimentos de colheita mostraram corante na cicatriz. A deposição da solução de corante em cicatrizes de colheita foi maior pelo

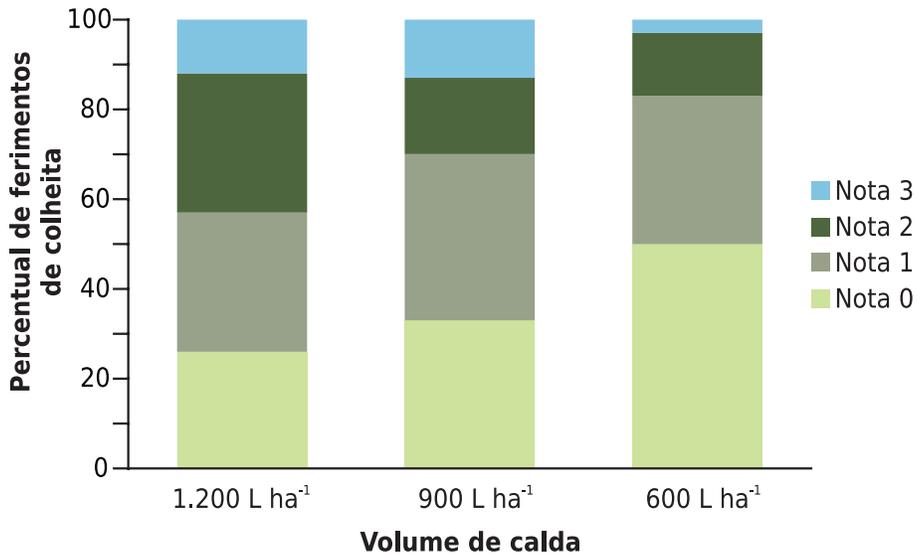


Figura 4. Aumento do volume de calda/ha aumentou a deposição de corantes em cicatrizes de colheita. Os dados foram reunidos para os pulverizadores axial e de torre.

Nota: foi usado aproximadamente 1.200 L ha⁻¹ para o padrão, 900 L ha⁻¹ para concentrado 2× e 600 L ha⁻¹ para concentrado 3×. Pontuação: 0 = sem corante no esporão; 1 = corante no esporão, mas não no fermento de colheita; 2 = corante no esporão e nas cicatrizes de colheita (mas menos de 50% da cobertura da cicatriz); 3 = corante no esporão e em mais que 50% da cicatriz de colheita.

pulverizador axial, seguido pelos pulverizadores de torre e torre sobre a linha (Figura 3). O último não depositou nenhum corante visível em nenhum dos ferimentos de colheita avaliados (Figura 3). Por isso, foram realizados ensaios adicionais utilizando-se apenas os pulverizadores axial e de torre.

O aumento dos volumes de água ajudou na cobertura e na deposição de corante azul em cicatrizes de colheita, aumentando (dobrando) o número de esporões com as notas 2 e 3, pela duplicação

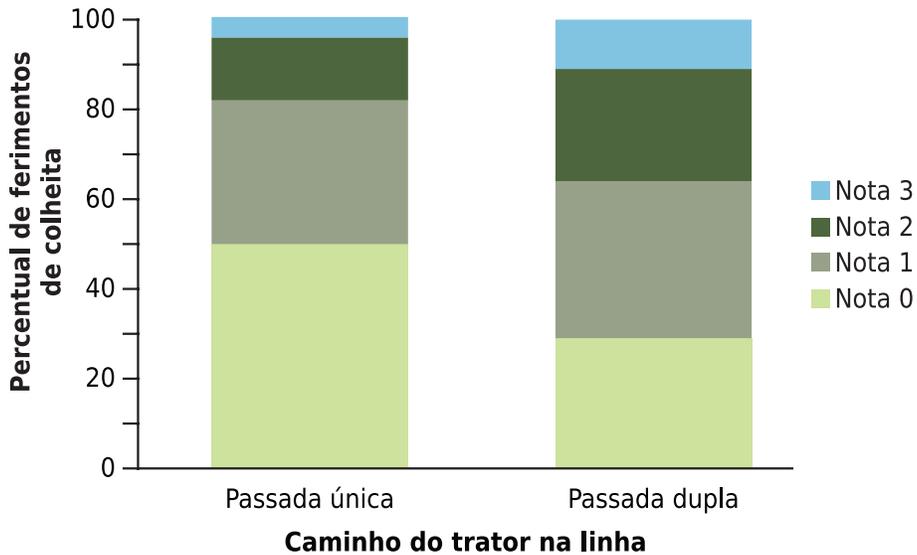


Figura 5. A dupla passagem melhora a cobertura do ferimento de colheita em comparação com uma única passagem em cada lado de uma fila de árvore. Os dados foram reunidos para os pulverizadores axial e de torre.

Nota: os volumes de água utilizados em uma única passagem foram 600 L ha^{-1} e 900 L ha^{-1} . Passagem dupla, é claro, também duplica o volume de calda por hectare. Pontuação: 0 = sem corante no esporão; 1 = corante no esporão, mas não no ferimento de colheita; 2 = corante no esporão e nas cicatrizes de colheita (mas menos de 50% da cobertura da cicatriz); 3 = corante no esporão e em mais que 50% da cicatriz de colheita.

do volume de calda (Figura 4). Um efeito semelhante foi observado pela dupla passagem versus uma única passagem na linha (Figura 5). Uma dupla passagem, é claro, também duplica o volume de calda por hectare aplicado às árvores. O padrão alternado de condução também melhorou a cobertura e a deposição na linha da árvore em comparação com a condução paralela (Figura 6).

Os experimentos foram repetidos em árvores adultas de macieira 'Eve' com porta-enxerto anão M9, nas quais foram aplicadas a

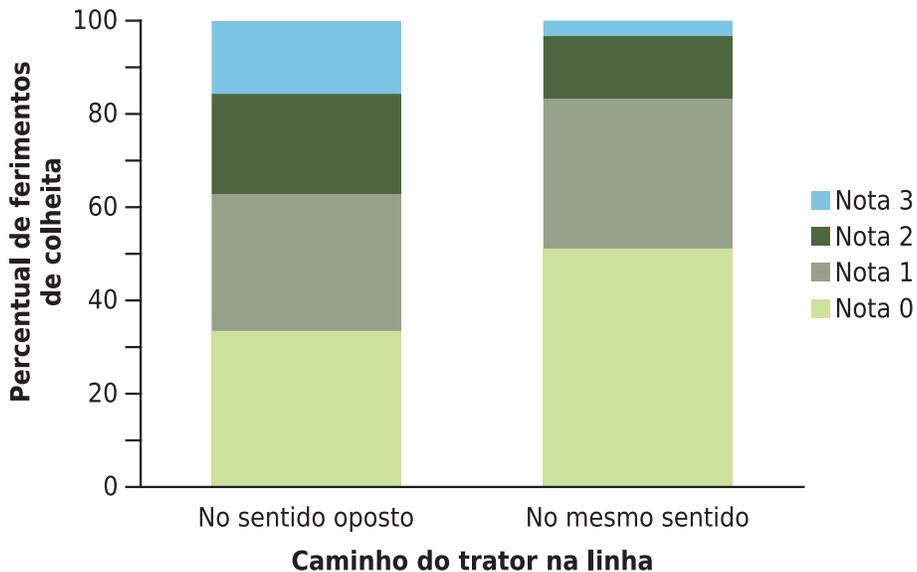


Figura 6. A condução oposta (alternada) de cada lado das fileiras das árvores melhora a cobertura do ferimento de colheita em comparação com a condução em paralelo. Os dados foram agrupados para os pulverizadores axial e de torre e todos os volumes de calda. Pontuação: 0 = sem corante no esporão; 1 = corante no esporão, mas não no ferimento de colheita; 2 = corante no esporão e nas cicatrizes de colheita (mas menos de 50% da cobertura da cicatriz); 3 = corante no esporão e em mais que 50% da cicatriz de colheita.

mistura de 2 kg ha⁻¹ de captana (ingrediente ativo) na mistura água-corante. Após a secagem, os esporões ainda no campo foram classificados de acordo com a escala mencionada anteriormente. Em seguida, esses esporões foram coletados e levados ao laboratório. Cada uma das classes 0, 1, 2 e 3 foi enviada para análise de resíduos de captana. Foi obtida uma boa correlação entre a deposição de corante e o resíduo captana (Figura 7). O produtor aplicou o captana 5 dias antes dos testes, o que explica as concentrações de captana obtidas na classe 0.

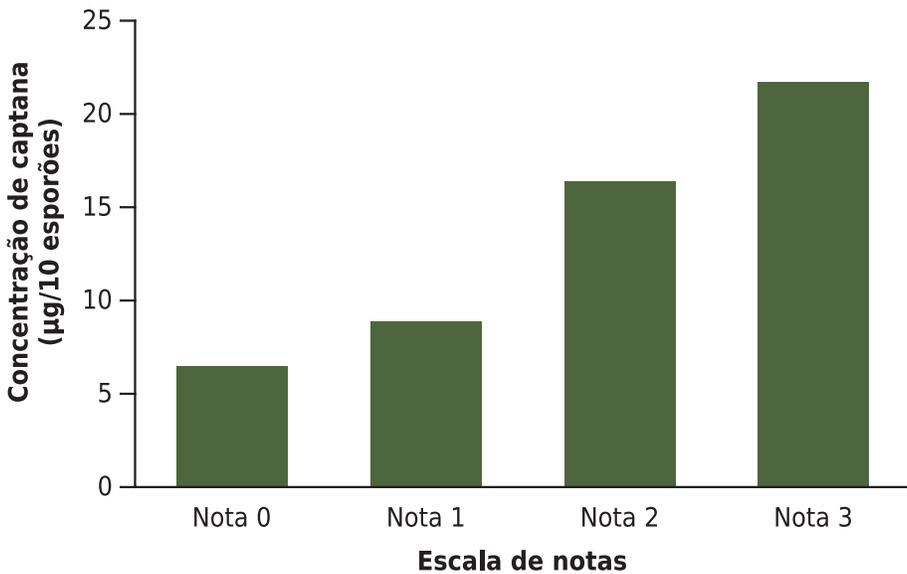


Figura 7. Deposição de corante avaliada por escala e concentração de resíduos de captana em ferimentos de colheita com base em um tamanho de amostra de 10 esporões/amostra ($n=8$ para as amostras de pontuação 0, 1 e 2 e $n=16$ para as de pontuação 3). Pontuação: 0 = sem corante no esporão; 1 = corante no esporão, mas não no ferimento de colheita; 2 = corante no esporão e nas cicatrizes de colheita (mas menos de 50% da cobertura da cicatriz); 3 = corante no esporão e em mais que 50% da cicatriz de colheita.

Considerações finais

As atuais práticas de pulverização com fungicidas não são adequadas para proteção das cicatrizes de colheita.

As melhorias aditivas e incrementais podem ser alcançadas por meio de: a) aumento do volume de calda por aplicação; b) fazendo-se múltiplas aplicações; c) pulverizações de dupla passagem em ambos os lados da linha; d) dirigindo em direções opostas em lados opostos das linhas.

A cadeia produtiva da maçã precisa desenvolver protocolos de configuração de pulverizador para atingir os ferimentos de colheita.

O corante azul brilhante é uma excelente ferramenta para medir a deposição e cobertura de fungicidas.

São necessários mais trabalhos para alcançar a real eficácia de controle da doença a partir das observações de depósitos e coberturas em esporões e cicatrizes de colheita.

Literatura recomendada

AMPONSAH, N. T.; WALTER, M.; BERESFORD, R. M.; SCHEPER, R. W. A. Seasonal wound presence and susceptibility to *Neonectria ditissima* infection in New Zealand apple trees. **New Zealand Plant Protection**, v. 68, p. 250-256, 2015.

GASKIN, R. E.; MANKTELOW, D. W. L.; NORTHCOTT, G. L. Effects of adjuvants on distribution and rainfastness of captan sprays on apple leaf scars to control European canker. **New Zealand Plant Protection**, v. 67, p. 139-144, Jan. 2014.

WALTER, M.; STEVENSON, O. D.; AMPONSAH, N. T.; SCHEPER, R. W. A.; RAINHAM, D.; HORNBLow, C. G.; KERER, U.; DRYDEN, G. H.; LATTER, I.; BUTLER, R. C. Control of *Neonectria ditissima* with copper based products in New Zealand. **New Zealand Plant Protection**, v. 68, p. 241-249, 2015.

Capítulo 12

Podridão de *Neonectria ditissima* em frutos

Jhulia Gelain

Louise Larissa May De Mio

Introdução

A macieira está entre as espécies frutíferas de clima temperado de maior importância econômica no Brasil, mas algumas doenças têm limitado a expansão e manutenção da cultura. Dentre elas, destaca-se o cancro europeu causado pelo fungo ascomiceto *Neonectria ditissima* (fase imperfeita *Cylindrocarpon heteronema*), que ocorre em regiões produtoras de maçãs do mundo todo, como Europa, América do Norte, Chile, Austrália, Nova Zelândia, Japão e África do Sul, causando sérios prejuízos em condições climáticas favoráveis.

Na cultura da macieira, a doença afeta principalmente as partes lenhosas, como os ramos do ano, os galhos e o tronco principal da planta. Entretanto, pode infectar também os frutos causando sintoma de podridão, provocando danos significativos em certas estações. A podridão de frutos causada por *Neonectria ditissima* tem sido relatada em regiões produtoras da Irlanda do Norte, Inglaterra, Holanda, Dinamarca e também tem sido observada no Brasil. Apesar da importância crescente do patógeno na cultura, há ainda pouco estudo sobre a doença em frutos no Brasil.

No ano de 2012, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) confirmou casos de cancro europeu nos

estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (somente região de Palmas) e em 2014 foi oficialmente reconhecida como praga quarentenária A2 no Brasil. Na região da grande Curitiba, a doença ainda não foi oficialmente reportada, não tendo sido detectada em pomares de Porto Amazonas e Campo Largo em coletas realizadas na safra 2015/2016. Já em Palmas, PR, em dois pomares avaliados na mesma época, a incidência da doença foi alta mesmo após os tratamentos de inverno (Figura 1).

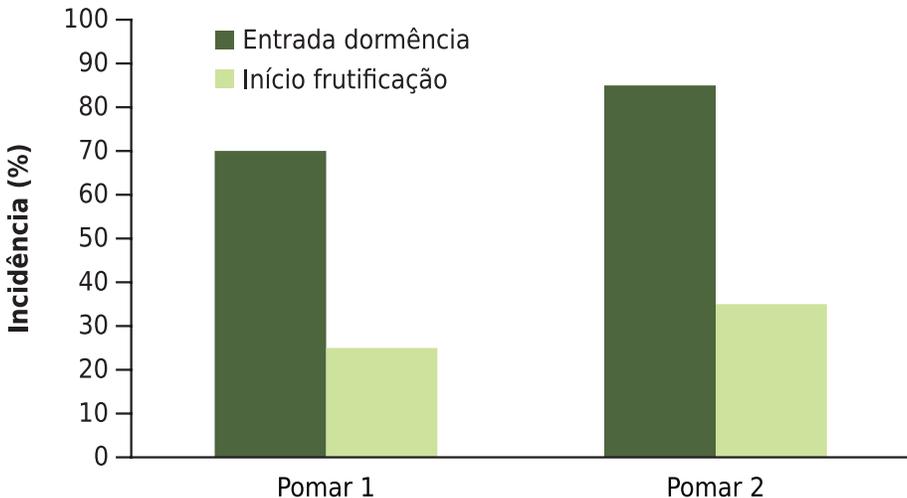


Figura 1. Incidência de *Neonectria ditissima* em ramos de macieira em dois pomares do município de Palmas, PR, safra 2015/2016 nas épocas de coleta entrada da dormência e início da floração.

Sintomatologia

Os sintomas nos frutos são normalmente originários de infecções na floração que levam a uma lesão no cálice do fruto em

desenvolvimento (Figura 2A). As lesões normalmente tornam-se visíveis no início do verão, quando o fruto atinge metade de seu tamanho máximo e continua a se expandir lentamente na superfície e também em direção à parte mais interna. Uma vez que o micélio atinge o centro, podem ser induzidos sintomas de amadurecimento prematuro do fruto, tal como superfície cerosa ou pigmentação brilhante. Em casos raros, a infecção é iniciada no centro do fruto jovem (podridão carpelar), caso em que não são visíveis sintomas externos, além de uma indução prematura da maturação. Um segundo tipo de podridão de frutos causado por *N. ditissima* torna-se evidente na colheita ou, mais comumente, após armazenamento em longo prazo. Este tipo de sintoma foi reproduzido com inoculações ex vivo em laboratório (Figura 2B). Como essas lesões são devidas a infecções por ferimentos ou lenticelas, podem aparecer em qualquer lugar da



Foto: Jhulia Gelain

Figura 2. Sintomas de podridão em maçãs 'Gala' causada por *Neonectria ditissima*. Lesão no cálice do fruto, causado por infecção natural (A) e lesão com ampla esporulação na superfície do fruto, causado por inoculação de 40 μ L de suspensão de conídios da fase imperfeita de *N. ditissima* (10^5 conídios mL^{-1}) em ferimento (B).

maçã. As podridões são do tipo moles, levemente abauladas, normalmente circulares, marrons e com os centros marrom-claros, mas a cor depende da cultivar e das condições de armazenamento dos frutos; em condições de baixa concentração de oxigênio, as lesões tendem a ser esverdeadas e com pouca esporulação, enquanto em armazenamento em concentrações maiores de oxigênio tendem a ser amarronzadas e com pústulas esporulantes brancas a creme. Uma característica da doença é que o tecido infectado pode ser facilmente separado do tecido saudável, usando-se uma espátula ou uma colher.

Essas podridões pós-colheita são normalmente iniciadas dentro de 2 a 4 semanas antes da colheita quando o fruto gradualmente se torna mais suscetível a infecções fúngicas. Nesse caso, o monitoramento do desenvolvimento dessa doença, comparando-se sintomas originários de infecções pela flor e sintomas provenientes de infecções tardias na época da colheita ou mesmo pós-colheita, são muito importantes. Na colheita, o declínio gradual da capacidade das frutas para produzir ácido benzoico, um importante metabólito antifúngico, se correlaciona com a crescente suscetibilidade dos frutos a *N. ditissima* e outros patógenos pós-colheita.

Ciclo de relação patógeno hospedeiro e condições favoráveis

A infecção de frutos de maçã por *N. ditissima* depende da presença de cancos esporulantes próximos aos frutos e de períodos de molhamento de no mínimo 6 horas de duração. Pomares com incidência de cancro em ramos e condições climáticas favoráveis, como

intervalos de temperatura de 11 °C a 16 °C durante no mínimo 8 horas diárias e chuvas em 30% ou mais dos dias do mês durante vários meses que coincidem com as épocas de florada e colheita, estão propensos a ter problemas com podridão pré e pós-colheita.

A podridão de *Neonectria* pode causar danos severos em maçãs em diferentes partes do mundo, sendo um sério problema na Irlanda do Norte, norte da Europa e Inglaterra. Segundo estudos conduzidos pela Embrapa Uva e Vinho, nas condições brasileiras, tem sido observada a incidência de podridão em frutos, que pode ser explicada pelas condições climáticas favoráveis e/ou pela maior quantidade de inóculo nos pomares, graças à inexperiência no manejo da doença.

De acordo com estudos realizados na Inglaterra, o patógeno infecta frutos de maçã resultando em podridão em pré-colheita (no pomar) ou, mais comumente, em pós-colheita (armazenamento). O ponto mais comum de infecção é no cálice, principalmente em cultivares com cálice aberto, tais como as do grupo 'Red Delicious'. Outros pontos de infecção são lenticelas, lesões de sarna e ferimentos.

Em frutos de 'Red Delicious' e 'Red Fuji' são observadas maior abertura calicinar e maior incidência de podridão carpelar causada por outros gêneros fúngicos. Já as cultivares Golden Delicious, Pink Lady, Granny Smith e Braeburn apresentam baixa incidência de podridão carpelar e menor abertura calicinar. Correlação significativa entre incidência de podridão carpelar e abertura calicinar dos frutos também foi relatada para clones de 'Fuji'.

Períodos secos no final da primavera e início do verão, seguidos de períodos chuvosos no final do verão, aumentam a abertura calicinar dos frutos, por causa do rápido crescimento. Além disso, a

ocorrência de períodos secos na primavera pode evitar o fechamento da base do estilo, ocasionando o aumento da abertura calicinar nos frutos. Se essas condições ocorrerem em pomares com cancrios esporulantes de *N. ditissima*, a infecção de frutos pode ser facilitada.

A podridão de frutos causada por *N. ditissima* ocorre em locais com temperaturas amenas e alta umidade no verão, sendo de comum ocorrência em áreas produtoras localizadas em altas latitudes (>50°). Alguns autores sugerem que a suscetibilidade de maçãs a *N. ditissima* é baixa inicialmente, e aumenta com a maturidade do fruto. Os frutos são mais suscetíveis à infecção até 4 semanas após a polinização e mais resistentes à infecção quando atingem cerca de 2 meses de idade, tornando-se mais suscetíveis novamente quanto mais maduros. Estudos dessa natureza não foram conduzidos nas condições brasileiras. Alguns autores acreditam que os conídios entram em frutos de maçã apenas por lenticelas, mas não há consenso, pois as lenticelas podem não ter se formado ainda nos frutos jovens no momento da inoculação precoce, sugerindo outros locais de entrada para os conídios. Outra possível estrutura de entrada são os estômatos, uma vez que estes são formados muito cedo no desenvolvimento do fruto e mais tarde tornam-se lenticelas. A infecção de frutos pelo patógeno nos pomares é provavelmente restrita àqueles mais próximos dos cancrios de ramos esporulantes que liberam conídios ou ascósporos ao longo do ano, sendo essa produção e liberação dependentes da precipitação.

Em pesquisas conduzidas na Universidade Federal do Paraná (UFPR), observou-se que frutos de 'Eva' e 'Gala' apresentaram suscetibilidade semelhante à podridão por *N. ditissima*, o que representa um risco para a região metropolitana de Curitiba. O aparecimento da doença após inoculação em frutos foi em torno de 22 dias.

Também não foi evidenciada diferença entre as duas cultivares para o tempo de aparecimento dos sinais, sendo, portanto, necessárias medidas de controle para ambas. Frutos maduros sem ferimentos inoculados com suspensão de conídios não foram suscetíveis à infecção, indicando a necessidade de ferimentos para que ocorra a doença, para as duas cultivares avaliadas, 'Eva' e 'Gala'. De fato, outros autores descrevem que infecções pós-colheita ocorrem apenas na presença de ferimentos em frutos.

A maçã é armazenada durante vários meses em câmaras frias e o contato entre frutos com lesões esporulantes e frutos sadios com ferimentos tem potencial de causar aumento na frequência de podridão por *N. ditissima*. Tendo isso em vista, o rigoroso controle de qualidade de frutos que vão para as câmaras frias deve ser efetuado. Esse controle deve começar em campo, para evitar que frutos com lesões esporulantes sejam colocados em caixas de transporte. Muitas vezes, as caixas são utilizadas por mais de uma propriedade, podendo inclusive transportar o patógeno aderido à sua superfície para propriedades que ainda não possuem a doença. Estudos que comprovem a presença e viabilidade de esporos em caixas de transporte de maçãs devem ser realizados para melhor orientação dos produtores e para evitar a entrada do patógeno em regiões ainda livres da doença.

Além da macieira, *N. ditissima* tem uma ampla gama de hospedeiros, de acordo com a Instrução Normativa nº 12, de 23 de maio de 2014 (Mapa), que inclui a pereira (*Pyrus* sp.). Inoculações com suspensão de conídios do patógeno demonstraram sua capacidade de causar sintomas de podridão em pera das cultivares Rocha, D'Anjou, Williams e Hosui (Figura 3).

Foto: Jhulia Gelain

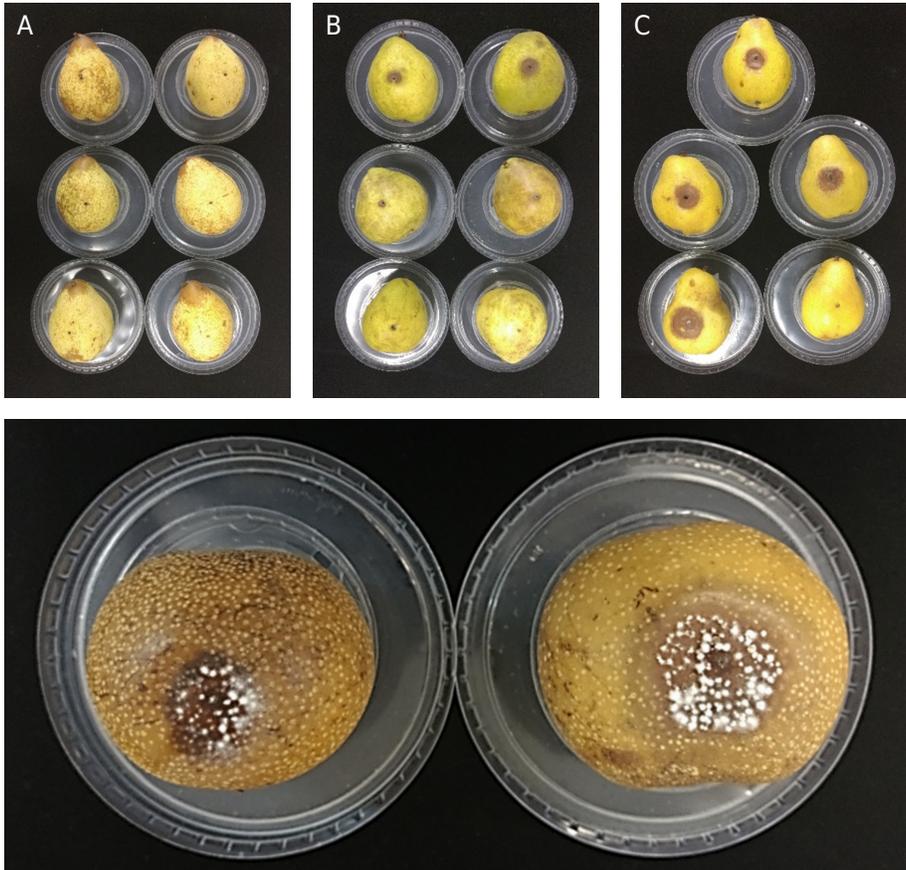


Figura 3. Frutos inoculados com 40 μL de suspensão de conídios da fase imperfeita de *Neonectria ditissima* (10^5 conídios mL^{-1}) em fermentos, em diferentes cultivares de pera: Rocha (A); D'Anjou (B); Williams (C), 10 dias após a inoculação. Frutos do canto inferior direito = testemunhas, inoculadas com 40 μL de água destilada. Em destaque pera 'Hosui' 14 dias após a inoculação em fermentos.

Controle da doença

As medidas de controle da podridão de frutos causada por *N. ditissima* devem ser orientadas na fase inicial do crescimento dos frutos. O risco de podridão aumenta quando há um período úmido desencadeado pela chuva de pelo menos 6 horas de duração, quando os frutos estão próximos a lesões esporulantes. Assim, o controle deve ser direcionado para reduzir a esporulação, como recomendado no Reino Unido. Nestes países, nos pomares com baixa incidência de cancro, a aplicação de fungicida especificamente para o controle da podridão por *N. ditissima* pode não ser necessária. Para pomares com um nível médio de cancos esporulantes, o controle durante o desenvolvimento precoce do fruto é essencial durante os períodos de condições climáticas favoráveis. E, para pomares com alta incidência de cancos esporulantes, é necessária uma análise cuidadosa para decidir se, além das medidas de controle precoces, uma aplicação de pré-colheita também é necessária, pois pode resultar em um nível inaceitável de resíduos de fungicidas nos frutos. No entanto, é questionável continuar a produção de maçã em pomares com alta incidência de cancos. No Brasil é recomendada a aplicação de fungicida à base de tiofanato metílico no período de queda de pétalas, podendo-se fazer uma nova aplicação até no máximo 4 semanas após.

O papel importante da fisiologia de frutos na contenção de doenças é evidenciado por experimentos bem-sucedidos com tratamento com calor, que já foi estudado como alternativa ao controle de podridões pós-colheita, especialmente no setor de produção orgânica. Em experimentos conduzidos na Alemanha, podridões causadas por *Neonectria ditissima* em maçãs foram significativamente reduzidas por temperaturas de imersão em torno de 50 °C.

Temperaturas acima de 52 °C causaram danos na superfície do fruto e, conseqüentemente, contribuíram para o aumento na incidência de podridão causada por esse patógeno.

Literatura recomendada

ALVES, S. A. M.; CZERMAINSKI, A. B. C. **Controle do cancro europeu das pomáceas com base no novo ciclo *Neonectria ditissima* - macieira, nas condições do Brasil**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2015. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado técnico, 178).

BERESFORD, R. M.; KIM, K. S. Identification of regional climatic conditions favorable for development of European canker of apple. **Phytopathology**, v. 101, n. 1, p. 135-146, Jan. 2011. DOI: 10.1094/PHYTO-05-10-0137.

BERRIE, A. M. Storage rots of apple and pear in South East England 1980-88: incidence and fungicide resistance. In: BUTT, D. J.; GESSLER, C.; KOLLER, B. (Ed.). **Integrated control of pome fruit diseases**: vol. II: Proceedings of the Workshop Held October 30th-November 4th, 1988, in Brissago, Switzerland. [S.l.]: WPRS, 1989. p. 229-239. (IOBC Bulletin, 1989, v. 12, n. 6).

BROWN, A. E.; SWINBURNE, T. R. Benzoic acid: an antifungal compound formed in Bramley's Seedling apple fruits following infection by *Nectria galligena* Bres. **Physiological Plant Pathology**, v. 1, n. 4, p. 469-475, Oct. 1971. DOI: 10.1016/0048-4059(71)90009-9.

COOKE, L. R. The influence of fungicide sprays on infection of apple cv. Bramley's seedling by *Nectria galligena*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 105, n. 8, p. 783-790, Nov. 1999. DOI: 10.1023/A:1008778900607.

GROVE, G. G. Nectria canker. In: JONES, A. L.; ALDWINCKLE, H. S. (Ed.). **Compendium of apple and pear diseases**. Saint Paul: American Phytopathological Society, 1990. p. 35-36.

IBGE. **Produção agrícola municipal**: lavouras temporárias e permanentes. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2012/default_temp_perm_xls.shtm>. Acesso em: 29 out. 2015.

MAXIN, P.; FIEGER-METAG, N.; BENDUHN, B.; KRUSE, P.; HEYNE, P. Hot-water dipping in Northern Germany on farm results after four years of scientific work. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CULTIVATION TECHNIQUE AND PHYTOPATHOLOGICAL PROBLEMS IN ORGANIC FRUIT-GROWING, 12., 2006, Weinsberg. **Proceedings...** Weinsberg: Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau, 2006. p. 118-120.

MAXIN, P.; WEBER, R. W. S.; LINDHARD PEDERSEN, H.; WILLIAMS, M. Hot-water dipping of apples to control *Penicillium expansum*, *Neonectria galligena* and *Botrytis cinerea*: effects of temperature on spore germination and fruit rots. **European Journal of Horticultural Science**, v. 77, n. 1, p. 1-9, 2012.

MAXIN, P.; WILLIAMS, M.; WEBER, R. W. S. Control of fungal storage rots of apples by hot-water treatments: a Northern European perspective. **Erwerbs-Obstbau**, v. 56, n. 1, p. 25-34, Mar. 2014. DOI: 10.1007/s10341-014-0200-z.

MILLER, P. M. Open calyx tubes as a factor contributing to carpel discoloration and decay of apples. **Phytopathology**, v. 49, p. 520-523, 1959.

OGAWA, J. M.; ENGLISH, H. **Diseases of temperate zone tree fruit and nut crops**. Oakland, CA: University of California, Agriculture & Natural Resources, 1991. 461 p.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; COUTO, M.; FRANCESCATTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 48-56, out. 2011. Volume especial. DOI: 10.1590/S0100-29452011000500007.

SCHIEWE, A.; MENDGEN, K. Identification of antagonists for biological control of the post-harvest pathogens *Pezizula malicorticis* and *Nectria galligena* on apples. **Journal of Phytopathology**, v. 134, n. 3, p. 229-237, Mar. 1992. DOI: 10.1111/j.1439-0434.1992.tb01231.x.

SENG, J. M.; SAINDRENAN, P.; BOMPEIX, G. Induction of *Nectria galligena* mutants resistant to benzoic acid and study of their aggressiveness towards immature apples. **Journal of General Microbiology**, v. 131, n. 8, p. 1863-1866, Aug. 1985. DOI: 10.1099/00221287-131-8-1863.

SILVEIRA, F. N.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; BOGO, A.; FIORAVANÇO, J. C. Relação entre características morfológicas de frutos e incidência de podridão carpelar em clones de macieira 'Gala' e 'Fuji' sobre diferentes porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 75-85, 2013. DOI: 10.1590/S0100-29452013000100010.

SWINBURNE, T. R. European canker of apple (*Nectria galligena*). **Review of Plant Pathology**, v. 54, p. 789-799, 1975.

SWINBURNE, T. R. The effect of store conditions on the rotting of apples, cv. Bramley's seedling, by *Nectria galligena*. **Annals of Applied Biology**, v. 78, n. 1, p. 39-48, Sept. 1974.

TETLEY, U. A study of the anatomical development of the apple and some observations on the "pectic constituents" of the cell-walls. **Journal of Pomology and Horticultural Science**, v. 8, n. 2, p. 153-172, 1930. DOI: 10.1080/03683621.1930.11513356.

WEBER, R. W. S. Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. **Erwerbs-Obstbau**, v. 56, n. 3, p. 95-107, Sept. 2014. DOI: 10.1007/s10341-014-0210-x.

XU, X.-M.; RIDOUT, M. S. The effects of inoculum dose, duration of wet period, temperature and wound age on infection by *Nectria galligena* of pruning wounds on apple. **European Journal of Plant Pathology**, v. 104, n. 5, p. 511-519, July 1998. DOI: 10.1023/A:1008689406350.

XU, X.-M.; ROBINSON, J. D. Effects of fruit maturity and wetness on the infection of apple fruit by *Neonectria galligena*. **Plant Pathology**, v. 59, n. 3, p. 542-547, May 2010. DOI:10.1111/j.1365-3059.2009.02232.x.

Capítulo 13

Cenários econômicos e financeiros associados à ocorrência do cancro europeu em sistemas de produção de maçã

Joelsio José Lazzarotto

Silvio André Meirelles Alves

Introdução

O cancro europeu (*Neonectria ditissima*) é uma doença que traz grandes prejuízos à cadeia produtiva da maçã em várias regiões do mundo. Para as condições brasileiras, em especial na região dos Campos de Cima da Serra do estado do Rio Grande do Sul, pode-se afirmar que a doença tem se manifestado de maneira bastante agressiva, ocasionando, entre outros efeitos, aumento significativo na demanda de mão de obra operacional e nos tratamentos fitossanitários, bem como diminuição da produção e da longevidade dos pomares.

Partindo desse contexto e considerando-se que há escassez de estudos técnico-científicos que tratam de perdas econômicas e financeiras associadas com a ocorrência do cancro europeu em pomares de macieira, foram estimados impactos econômicos e financeiros frente a distintos cenários de incidência e de controle da doença em sistemas de produção de maçã.

Cenários associados com a incidência e o controle do cancro europeu

Para estimar os impactos econômicos e financeiros do cancro europeu, foram estabelecidos cinco cenários, com base em informações obtidas com o setor produtivo da maçã localizado na região dos Campos de Cima da Serra do estado do Rio Grande do Sul (Tabela 1). Em termos mais específicos, para o levantamento dessas informações, foram enviados questionários para 22 técnicos que atuam diretamente na produção agrícola de maçã dessa região.

Tabela 1. Cenários associados à incidência e ao controle do cancro europeu em sistemas de produção de maçã (unidade de referência: 1 ha).

Variável relativa à presença ou controle de cancro europeu	Cenário de incidência do cancro europeu				
	Cenário 1 (sem cancro)	Cenário 2 (menos de 10%)	Cenário 3 (10% a 20%)	Cenário 4 (20% a 50%)	Cenário 5 (acima de 50%)
Demanda adicional de mão de obra [D/H (*)]	0	9	17	30	35
Número médio de aplicações adicionais de fungicidas (nº/ano)	0	7	7	7	7
Gasto médio de tinta ou cola (litros/ano)	0	3	7	11	13
Vida útil do pomar (anos)	20	20	18	15	12
Redução da produção devido ao cancro (%)	0	2	4	8	15
Produtividade (kg ha ⁻¹)	50.000	49.000	48.000	46.000	42.500

(*) D/H = dias-homem, que corresponde ao número de dias, por ano, que 1 homem levaria para, sozinho, realizar determinada operação manual em um hectare.

Esses técnicos responderam questões relacionadas, principalmente, com medidas de avaliação e de controle utilizadas no manejo da doença, bem como de riscos e perdas técnicas associadas com a presença do cancro europeu.

Nesses cenários, assumiu-se que a magnitude dos prejuízos aos sistemas de produção da fruta depende do nível de incidência¹ de plantas infectadas e do grau de adoção de medidas de controle. É importante destacar que, para os distintos cenários, não foram consideradas perdas de qualidade da maçã decorrentes da presença da doença.

Além dos cenários citados, utilizando-se como referência a safra agrícola de 2016/2017, foram levantadas informações fundamentais para realizar análises econômico-financeiras da produção de maçã. Nessa perspectiva, a partir de entrevistas com pomicultores representativos² na exploração de maçã do município de Vacaria, RS, foram construídos e analisados, por meio da ferramenta GestFrut_Maçã³, sistemas de produção da fruta. Quantitativamente, além de dados de produtividade e de preços pagos e recebidos, foram

1 Nível de incidência corresponde ao percentual de plantas do pomar que apresentam, pelo menos, um ponto de infecção associado com o fungo *Neonectria ditissima*.

2 Neste estudo, assumiu-se que pomicultor representativo corresponde a um produtor que apresenta perfil socioeconômico-cultural muito representativo de grupos de produtores de maçã do município de Vacaria, RS. Assim, considera-se que pomicultores representativos são aqueles que exprimem a combinação mais frequente das classes em que se decompõem certos indicadores, como dimensão da produção da fruta e disponibilidade e valor dos recursos produtivos empregados nessa produção.

3 A ferramenta GestFrut_Maçã foi desenvolvida pela Embrapa Uva e Vinho, possibilitando efetuar estimativas e análises econômicas e financeiras de diferentes sistemas de produção de maçã, incluindo as fases de produção do pomar e de pós-colheita.

obtidas informações relacionadas com as etapas de implantação, formação e manutenção desses sistemas, contemplando, assim, os investimentos em máquinas, equipamentos, benfeitorias, mudas e estrutura de sustentação (espaldeira) dos pomares, bem como os coeficientes e componentes tecnológicos vinculados com preparo e manejo do solo, plantio, condução das plantas, controles fitossanitários, colheita e comercialização da produção.

Para analisar a eficiência econômica, vinculada a aspectos de curto prazo, foram mensuradas variáveis de receita, custo e lucro. A respeito dessas variáveis, salienta-se que a receita total foi resultante da multiplicação do preço médio de venda (R\$ kg⁻¹) pela produção de maçã. O custo total de produção foi formado pelos custos fixo (CF) e variável (CV). O CF ficou representado pelos valores associados com custo anualizado de formação do pomar, depreciação, manutenção e seguro de máquinas, equipamentos, benfeitorias e da estrutura de sustentação (espaldeira) e custos do capital imobilizado e de oportunidade da terra. O CV foi formado pelos gastos no período de manutenção do pomar, envolvendo os seguintes itens: insumos, operações agrícolas, outras operações (transporte, comercialização, administração, seguro agrícola, etc.), assistência técnica e custo do capital mobilizado. E o lucro correspondeu a diferença entre a receita total e o custo total.

Quanto à análise financeira, que envolve um horizonte de planejamento de longo prazo, avaliou-se a viabilidade de se implantar determinado sistema de produção da fruta. Para isso, partindo-se de fluxos físicos (insumos e produtos) e preços de mercado, foram obtidos fluxos anuais de caixa (entradas e saídas), mediante os quais foram gerados importantes indicadores financeiros, como: a) *renda líquida total*, que representa o somatório dos valores finais de caixa

(entradas-saídas) ao longo de todo o período analisado; b) *tempo de recuperação do capital*, que indica o tempo, em anos, necessário para recuperar o investimento inicial feito no sistema produtivo; c) *taxa interna de retorno*, que indica a taxa de juros que torna igual a zero o valor presente líquido do investimento analisado; d) *relação benefício/custo*, que compara entradas e saídas de caixa atualizadas durante certo período de tempo. Importante ressaltar que o horizonte de planejamento foi definido conforme a perspectiva de longevidade de produção, em anos, de determinado pomar de maçã.

Eficiência econômica e viabilidade financeira dos sistemas de produção

Na Tabela 2, são apresentadas as estimativas de indicadores de eficiência econômica da produção de maçã frente aos distintos cenários de incidência e de controle do cancro europeu. Com base nesses resultados, pode-se observar que, frente a um cenário de baixa incidência (menos de 10% de plantas infectadas), a adoção de medidas de controle (manejos manuais e tratamentos adicionais com produtos químicos) resultaria em um aumento próximo de 6% no custo total de produção. Por sua vez, no cenário com a mais alta incidência (acima de 50% de plantas infectadas), graças à adoção de medidas de controle e aos impactos negativos expressivos na produtividade e na vida útil do pomar, o custo total do quilo de maçã seria em torno de 39% superior ao observado no pomar sem a ocorrência da doença.

Diante desses cenários, em termos econômicos, pode-se afirmar que pomares com condições parecidas às descritas nos cenários

Tabela 2. Indicadores de eficiência econômica de um hectare frente a distintos cenários de incidência e de controle do cancro europeu em sistemas de produção de maçã ‘Gala’.

Variável/ indicador	Cenário 1 (sem cancro)	Cenário 2 (menos de 10%)	Cenário 3 (10% a 20%)	Cenário 4 (20% a 50%)	Cenário 5 (acima de 50%)
Vida útil do pomar (anos)	20	20	18	15	12
Produtividade (kg ha ⁻¹)	50.000	49.000	48.000	46.000	42.500
Preço de venda (R\$ kg ⁻¹) (A)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Custo total (R\$ kg ⁻¹)	0,69	0,73	0,78	0,86	0,96
Lucro total (R\$ kg ⁻¹) (B)	0,19	0,15	0,10	0,02	-0,08
Lucratividade (%) (B/A)	21,31	16,97	11,84	2,51	-8,59
Custo do cancro (R\$ kg ⁻¹) ⁽¹⁾	0,00	0,04	0,08	0,17	0,26

⁽¹⁾ Em relação ao sistema sem a incidência do cancro. Na composição desse custo, estão embutidos os gastos diretos (ex.: operações manuais e insumos) e as perdas de produção decorrentes da doença.

quatro e *cinco* tendem a apresentar dificuldades de viabilização, evidenciadas pelos valores de lucratividade, já no curto prazo.

A Tabela 2 mostra ainda que, isoladamente, o patógeno pode responder por significativa parcela do custo total de produção de maçã. Tomando-se como referência os resultados obtidos para o pomar sem incidência da doença, nota-se que o custo total atribuído ao cancro variou de R\$ 0,04 kg⁻¹ (cenário 2) a R\$ 0,26 kg⁻¹ (cenário 5).

Pela visão de longo prazo, os resultados dispostos na Tabela 3 evidenciam que a ocorrência do cancro pode reduzir, de forma acentuada, a viabilidade financeira da produção de maçã. Analisando-se apenas o indicador *renda líquida total*, que representa o acumulado dos valores finais de caixa (entradas-saídas), sem correção do capital ao longo de toda a vida útil do pomar, verifica-se uma queda expressiva nos quatro cenários com a incidência da doença: -19,74%, -49,54%, -88,36% e -115,91% nos cenários 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

Tabela 3. Indicadores de viabilidade financeira de um hectare frente a distintos cenários de ocorrência e de controle do cancro europeu em sistemas de produção de maçã ‘Gala’.

Variável/ indicador	Cenário 1 (sem cancro)	Cenário 2 (menos de 10%)	Cenário 3 (10% a 20%)	Cenário 4 (20% a 50%)	Cenário 5 (acima de 50%)
Vida útil do pomar (anos)	20	20	18	15	12
Produtividade (kg ha ⁻¹)	50.000	49.000	48.000	46.000	42.500
Investimento total ⁽¹⁾ (A) (R\$)	80.295	80.295	80.295	80.295	80.295
Desp. operacionais ⁽²⁾ (B) (R\$)	70.371	70.974	71.548	72.309	72.148
Capital total (A+B) (R\$)	150.666	151.269	151.843	152.604	152.444
Renda líquida total (R\$)	175.543	140.890	88.576	20.430	-27.936

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Variável/ indicador	Cenário 1 (sem cancro)	Cenário 2 (menos de 10%)	Cenário 3 (10% a 20%)	Cenário 4 (20% a 50%)	Cenário 5 (acima de 50%)
Tempo de recuperação do capital (s/ custo do capital)	8,7 anos	9,6 anos	10,8 anos	14,5 anos	> 12 anos
Tempo de recuperação do capital (c/ custo do capital ⁽³⁾)	14 anos	16,8 anos	> 18 anos	> 15 anos	> 12 anos
Taxa interna de retorno (%)	9,88	8,31	6,16	1,89	-3,53
Relação benefício/custo (c/ custo do capital ⁽³⁾)	1,09	1,04	0,99	0,91	0,83
Redução na renda líquida total devido ao cancro ⁽⁴⁾	0,00	-19,74	-49,54	-88,36	-115,91

⁽¹⁾ Inclui máquinas, equipamentos, benfeitorias, mudas e estrutura de sustentação (espaldeira) do pomar. ⁽²⁾ Despesas operacionais nos primeiros anos de formação do pomar, relativas a insumos, mão de obra, máquinas, equipamentos, benfeitorias, estrutura de sustentação e despesas comerciais e administrativas. ⁽³⁾ Custo do capital considerado: 6,5% a.a. ⁽⁴⁾ Em relação ao sistema sem a incidência do cancro.

Ao se avaliar a taxa interna de retorno nos cenários 3, 4 e 5, os valores estimados para esse indicador mostram que, no longo prazo, o produtor teria uma rentabilidade anual, respectivamente, de 6,16%, 1,89% e -3,53%. Portanto, nesses três cenários, a taxa de

retorno anual seria inferior à taxa mínima de atratividade⁴, estabelecida, neste estudo, em apenas 6,5%.

Nos três cenários citados, a partir dos resultados da Tabela 3 e da Figura 1, percebe-se que o tempo de recuperação do capital investido, levando-se em conta o custo do capital ao longo do tempo, remunerado a uma taxa de 6,5% a.a., seria superior à vida útil do pomar. Nessas três situações, o benefício resultante seria inferior ao valor aplicado no sistema de produção.

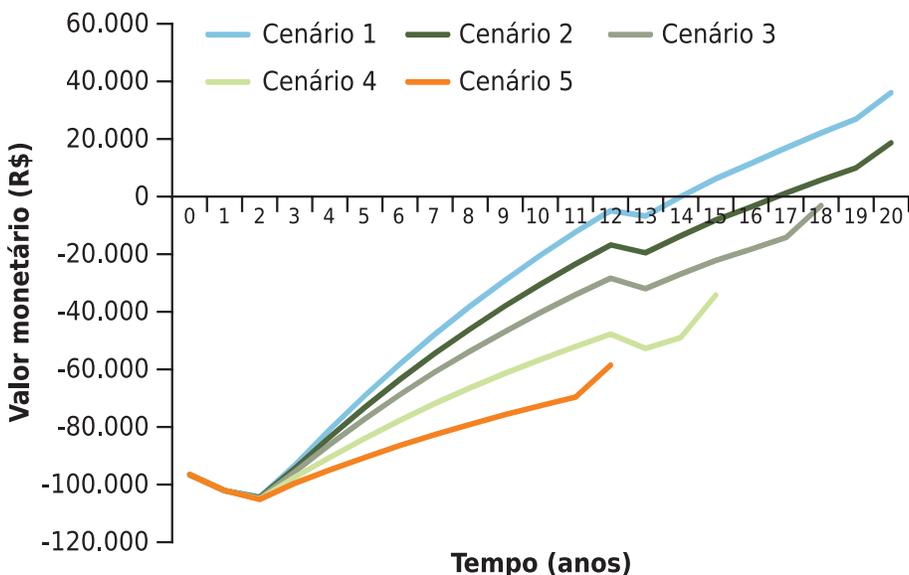


Figura 1. Evolução do tempo de recuperação do capital em sistemas de produção de maçã frente a distintos cenários de incidência e de controle do cancro europeu.

4 Taxa de referência usada como parâmetro para a tomada de decisão visando realizar ou não determinado investimento, ou seja, é a taxa mínima de retorno que o investidor espera obter ao fazer um investimento.

Considerações finais

Existe uma série de prejuízos que podem ser decorrentes do cancro europeu em pomares de macieira. Esses prejuízos, que envolvem questões de curto e longo prazos, dependendo do nível de incidência e do grau de exigência de ações de controle da doença, podem inviabilizar, econômica e financeiramente, a produção de maçã.

Eliminar completamente a incidência de *N. ditissima* em pomares já infectados é muito difícil. No entanto, a adoção de medidas de controle é imprescindível, especialmente para minimizar riscos de expansão da doença, tanto no próprio pomar como em pomares vizinhos, cujo montante de recursos para implantação e formação tende a ser bastante elevado, requerendo, pelo menos, uma década para a recuperação de todo o capital investido.

Literatura recomendada

LAZZAROTTO, J. J.; ALVES, S. A. M. **Prejuízos econômicos e financeiros associados ao cancro europeu em sistemas de produção de maçã de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2015. 8 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado técnico, 169).

LAZZAROTTO, J. J.; FIORAVANÇO, J. C. **GestFruT_Maçã**: sistema para avaliações econômico-financeiras da produção de maçãs. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. 16 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 108).