

NOGUEIRA-PECÃ

Cultivo, benefícios e perspectivas

Carlos Roberto Martins

Marília Lazarotto

Marcelo Barbosa Malgarim

Editores Técnicos

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura e Pecuária*

NOGUEIRA-PECÃ
Cultivo, benefícios e perspectivas

*Carlos Roberto Martins
Marília Lazarotto
Marcelo Barbosa Malgarim*

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2024

Embrapa Clima Temperado

BR-392, Km 78, Caixa Postal 403

96010-971 Pelotas, RS

Fone: (53) 3275-8100

www.embrapa.br/clima-temperado

www.embrapa.br/fale-conosco

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Clima Temperado

Comitê Local de Publicações

Presidente

Luis Antônio Suita de Castro

Vice-presidente

Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

Ana Luíza B. Viegas, Fernando Jackson, Marilaine

Schaun Pelufê, Sonia Desimon

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Nathália Santos Fick

Foto de capa

Paulo Lanzetta

1ª edição

1ª impressão: 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 Clima Temperado

N778 Nogueira-pecã: cultivo, benefícios e perspectivas / Carlos Roberto Martins, Marília Lazarotto, Marcelo Barbosa Malgarim, editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2024. 423 p. : il. color. ; 29,7 x 21 cm

ISBN 978-65-5467-010-4

1. Noz pecã. 2. *Carya illinoensis*. I. Martins, Carlos Roberto. II. Lazarotto, Marília. III. Malgarim, Marcelo Barbosa. IV. Série.

CDD 634.52

Autores

Admir José Giachini

Engenheiro-agrônomo, doutor em Microbiologia, professor da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

Alexandre Hoffmann

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Ana Cristina Richter Krolow

Farmacêutica-bioquímica, doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

André da Rosa Ulguim

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitossanidade, professor da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Antônio Davi Vaz de Lima

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, estudante de doutorado da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Carla Thais Rodrigues Viera

Engenheira-agrônoma, mestre em Agronomia, autônoma, São Paulo, SP

Carlos Roberto Martins

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado Pelotas, RS

Caciara Gonzatto Maciel

Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal, professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS

Clair Walker

Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal, professora colaboradora da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR

Carina Marchezan

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pós-doutoranda da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Caroline Marques Castro

Engenheira-agrônoma, doutora em Genética, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Caroline Farias Barreto

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, professora do Instituto de Desenvolvimento Educacional de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS

Chirle de Oliveira Raphaelli

Nutricionista, doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, professora da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Cibele Medeiros dos Santos

Engenheira-agrônoma, mestre em Agronomia, consultora da empresa Medeiros Figueiredo Consultoria Agropecuária, Encruzilhada do Sul, RS

Claudia Farela Ribeiro Crosa

Engenheira-agrônoma, mestre em Agronomia, estudante de doutorado da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Claudimar Sidnei Fior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS

Cristiano Geremias Hellwig

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, estudante de doutorado da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Daniel Bernardi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Danielle Galvan Casagrande

Engenheira-agrônoma, mestre em Biotecnologia, estudante de doutorado da Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS

Dirceu Agostinetti

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Dori Edson Nava

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Edicarla Trentin

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pós-doutoranda da Universidade Federal de Santa Maria, RS

Edson Roberto Neto Ortiz

Biólogo, especialista em Tecnologia de Alimentos, diretor da empresa Divinut, Cachoeira do Sul, RS

Elisa dos Santos Pereira

Nutricionista, doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, professora da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Enrique Alberto Frusso

Engenheiro-agrônomo, mestre em Produção Vegetal, pesquisador do Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina

Ernestino de Souza Gomes Guarino

Engenheiro florestal, doutor em Botânica, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Eric Weller de Almeida

Agroecólogo, estudante de mestrado da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Ezequiel Helbig Pasa

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes, estudante de doutorado da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Flávio Gilberto Herter

Engenheiro-agrônomo, doutor em Botânica e Fisiologia Vegetal, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Horacy Fagundes da Rosa Júnior

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, técnico da Pecanera Brasil, Encruzilhada do Sul, RS

Gabriela Inés Díez-Rodríguez

Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, autônoma, Pelotas, RS

Gilmar Antônio Nava

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR

Gilberto Nava

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Glaucia de Figueiredo Nachtigal

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Gustavo Brunetto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Gustavo Heiden

Biólogo, doutor em Botânica, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Ícaro Borges Tavares

Engenheiro-agrônomo, autônomo, Rio Pardo, RS

Ivan Rodrigues de Almeida

Bacharel em Geografia, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Jaceguáy Inchausti de Barros

Engenheiro-agrônomo, técnico da Pecanita Agroindustrial, Cachoeira do Sul, RS

Jair Costa Nachtigal

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Jéssica Emilia Rabuske

Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal, técnica do colégio Belizário de Oliveira Carpes, Espumoso, RS

Jessica Fernanda Hoffmann

Tecnóloga em Alimentos, doutora em Ciencia e Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Unisinos, São Leopoldo, RS

Jessica Mengue Rolim

Engenheira florestal, mestre em Engenharia Florestal, estudante de doutorado da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Joice Aline Freiberg

Bióloga, doutora em Ciência do Solo, pós-doutoranda da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Jonas Janner Hamann

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, autônomo, Santa Maria, RS

Jorge Atílio Benati

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, autônomo, Pelotas, RS

José Maria Filippini Alba

Bacharel em Química, doutor em Geoquímica, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Juliana Vinholes

Bacharel e licenciada em Química, doutora em Química, química da Empresa Solt – Soluções Técnicas Ltda., Oliveira do Bairro, Aveiro, Portugal

Juliano Dalcin Martins

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, professor da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Julio Cesar Farias Medeiros

Engenheiro-agrônomo, mestre em Desenvolvimento Regional, consultor da empresa Nozes Pitol, Anta Gorda, RS

Luciano da Silva Alves

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitotecnia, biotecnologista da empresa Viveiros Biotecnia, Farroupilha, RS

Luis Miguel da Silva Correa

Estudante de Agronomia, da Universidade Federal de Pelotas, estagiário da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Leandro Vargas

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

Marcelo Aloisio Sulzbacher

Biólogo, doutor em Biologia de Fungos, pesquisador da empresa Terroir Sul, Santa Maria, RS

Marcelo Barbosa Malgarim

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Marcos Silveira Wrege

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

Márcio Alberto Hilgert

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitotecnia, estudante de doutorado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS

Marília Lazarotto

Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Márcia Vizzotto

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências da Horticultura, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Marines Batalha Moreno Kirinus

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, bolsista da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Mateus da Silveira Pasa

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Maurício Gonçalves Bilharva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, autônomo, Pelotas, RS

Meri Diana Strauss Foesch

Engenheira-florestal, mestre em Ciências Ambientais e Florestais, estudante de doutorado da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Mirta Teresinha Petry

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, professora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Natércia Lobato Pinheiro Lima

Química, mestre em Agronomia, analista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Paula Conde-Innamorato

Engenheira-agrônoma, mestre em Ciências Biológicas, pesquisadora do Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Canelones, Uruguai

Paulo Celso Mello-Farias

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Rafaela Schmidt de Souza

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, autônoma, Pelotas, RS

Renan Navroski

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal do Oeste do Pará, Juruti, PA

Renan Ricardo Zandoná

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitossanidade, pesquisador da empresa Exacta Agriscience Consultoria Agrônômica Ltda., Pelotas, RS

Roberto Zoppolo Goldschmidt

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador do Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Canelones, Uruguai

Rodrigo Josemar Seminoti Jacques

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Roseli de Mello Farias

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, professora da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, São Borja, RS

Rudinei De Marco

Engenheiro-agrônomo e florestal, doutor em Agronomia, autônomo, Santa Maria, RS

Samanta Zemnicahak

Estudante de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Pelotas, estagiária da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Taísa Dal Magro

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitossanidade, professora da Universidade de Caxias do Sul, Vacaria, RS

Taiane Mota Camargo

Química de alimentos, mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, estudante de doutorado da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Tiago Scheunemann

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitossanidade, pesquisador da empresa XP Centro de Distribuição, Pelotas, RS

Tine Grebenc

Biólogo, doutor em Biotecnologia, pesquisador do Instituto Florestal Esloveno, Liubliana, Eslovênia

Yasmin dos Santos Boeira

Tecnóloga em Gestão Ambiental, mestre em Manejo e Conservação do Solo e da Água, estudante de doutorado da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Vagner Brasil Costa

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Zaida Inês Antonioli

Bióloga, doutora em Ecologia de Aspectos Moleculares Micorrízicos, professora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

Apresentação

A noqueira-pecã é cultivada desde o estado do Rio Grande do Sul até Minas Gerais. O interesse por seu cultivo vem crescendo no Brasil, respaldado pelo aumento do consumo, seus efeitos benéficos à saúde e valor de mercado.

Na Embrapa Clima Temperado, unidade ecorregional de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, vários estudos são realizados com o objetivo de promover o desenvolvimento, a construção e o intercâmbio de conhecimentos sobre a pecanicultura nas regiões produtoras brasileiras.

Este livro organiza e disponibiliza informações sobre a evolução da noqueira-pecã, evidenciando e discutindo alguns gargalos produtivos, bem como aponta desafios e oportunidades que se configuram no cenário agrícola.

Espera-se que as informações sistematizadas nesta publicação contribuam para o desenvolvimento sustentável do cultivo da noqueira-pecã, com reflexos na melhoria da qualidade de vida dos produtores e dos demais componentes desse sistema produtivo.

As tecnologias apresentadas mostram vínculos fortes com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) preconizados pela Organização das Nações Unidas (ONU), e atendem a missão da Embrapa Clima Temperado. Nesse sentido, busca-se não apenas analisar fatos e tendências, mas, principalmente, vislumbrar soluções que possam contribuir para o desenvolvimento tecnológico dessa importante cadeia produtiva, disponibilizando à população um alimento de alta qualidade nutricional.

Roberto Pedroso de Oliveira
Chefe-Geral da
Embrapa Clima Temperado

Prefácio

Solicitamos ao pecanicultor Demian Segatto da Costa, presidente do Instituto Brasileiro de Pecanicultura (IBPecan) durante a gestão 2020-2022, período no qual foi estruturada esta publicação, que escrevesse algumas palavras sobre o livro ora disponibilizado às pessoas interessadas no cultivo da noqueira-pecã, à comunidade técnico-científica e aos produtores. Gentilmente, foi-nos enviado um expressivo texto, o qual transcrevemos a seguir.

“Esta obra vem ao encontro dos anseios daqueles que dedicam recursos financeiros e seu tempo pessoal para que a noqueira-pecã seja uma atividade lucrativa, saudável e de longo sucesso. A noqueira-pecã representa uma das frutíferas que mais crescem em área plantada no Sul do Brasil, atraindo investimentos e, conseqüentemente, o interesse e atenção de diversos setores do agronegócio e da academia. Nesse cenário de expansão da cultura, encontramos uma enorme lacuna pertinente a estudos científicos e formação técnica. Apesar de haver farta pesquisa e literatura, principalmente nos principais produtores mundiais, México e Estados Unidos, a verdade é que não temos acesso a material genético atualizado, considerando-se que nossas principais cultivares foram introduzidas há algumas décadas. A mesma defasagem científica pode ser percebida quanto às técnicas de manejo e condução, não sendo possível a aplicação direta das recomendações válidas em outros países, sem que haja prévia adequação à nossa realidade de clima e solo.

Por ser uma árvore que demanda muitos anos para atingir a maturidade, as pesquisas com foco no melhoramento genético, manejo de nutrição, pragas e doenças igualmente implicam essa mesma longa dedicação temporal por parte dos produtores, pesquisadores e técnicos envolvidos na exploração comercial da noqueira-pecã. O desafio de cultivar comercialmente a noqueira-pecã nos impõe muita paciência, um planejamento de longo prazo e organização financeira para suportar os primeiros anos, até que seja possível recuperar o investimento feito. Esse recurso – a paciência – é cada vez mais escasso na sociedade em que estamos inseridos, na qual os negócios e até mesmo nossas vidas pessoais são cada vez mais imediatistas. Para nós, produtores, a noqueira-pecã nunca foi um projeto de aposentadoria, mas tem potencial de constituir um planejamento sucessório, ao envolver nossas famílias em uma atividade que nos traz enorme satisfação

O papel da Embrapa é inexorável, materializado no trabalho apresentado neste livro de conteúdo complexo, intrigante e multidisciplinar, resultado da inquietação dos autores e incentivo dos produtores. Não é simples imaginar que uma pesquisa acadêmica ou uma publicação científica possa exigir alguns anos de estudos, em alguns casos décadas, pois é justamente essa a premissa imposta pela cultura da noqueira-pecã aos nossos pesquisadores. Não estamos falando somente de disponibilidade de verba para a pesquisa, mas também e especialmente de recursos humanos dedicados por longos períodos de tempo, para que, somente então, os

principais desafios impostos aos produtores sejam identificados, superados ou mitigados. Com o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva, o sucesso dos produtores gera uma demanda crescente por técnicos qualificados, nossos parceiros imprescindíveis no cotidiano dos pomares comerciais, possibilitando a esses profissionais um plano de carreira igualmente nobre, atraente e duradouro, tal como é a noqueira-pecã. Cabe-nos, como produtores de noz-pecã, ressaltar a importância da parceria entre o investimento privado, a academia e a pesquisa, essas principalmente fomentadas de forma estatal. Sem essa união de interesses e de esforços, qualquer atividade comercial corre riscos de estagnação e, eventualmente, até mesmo de inviabilidade.

No livro *Nogueira-pecã: Cultivo, benefícios e perspectivas*, a simples verificação da qualificação e da quantidade de autores envolvidos na realização desse projeto já comprova a importância e o reconhecimento que o cultivo da noqueira-pecã tem alcançado, assim como o comprometimento e a certeza de que estamos dedicados a uma atividade que nos trará realização econômica, profissional e pessoal. Toda a produção de conhecimento compilada e entregue nesta publicação visa atender demandas reais da cadeia produtiva, com aplicação direta no dia a dia e no planejamento do cultivo da noqueira-pecã. Certo de que esta obra constitui um marco significativo para a agricultura brasileira, há de se buscar sempre ainda mais, como maiores investimentos em pesquisas e a continuidade de diversos trabalhos em andamento, porque criar tantas outras perguntas é a sina de quem encontra uma resposta.”

Como colaboradores no desenvolvimento desta publicação, fica o nosso agradecimento a palavras tão gentis. Sentimo-nos honrados ao ler frases tão marcantes, que refletem literalmente o cenário que vivenciamos atualmente na cultura da noqueira-pecã. Permanecemos conscientes de que ainda há um longo caminho a percorrer, mas estamos fazendo o que é certo e sempre estaremos monitorados por pessoas que acompanham e respeitam o nosso trabalho.

Os Editores Técnicos

Sumário

PARTE I: Panorama da cultura

Capítulo 1 - Pecã no mundo	19
Capítulo 2 - Pecã no Brasil	37
Capítulo 3 - Pecã na Argentina	53
Capítulo 4 - Pecã no Uruguai	59
Capítulo 5 - Histórico no Brasil.....	65

PARTE II: Aspectos gerais

Capítulo 6 - Origem, botânica e morfologia	79
Capítulo 7 - Fenologia	89
Capítulo 8 - Atributos e aptidões dos solos	109
Capítulo 9 - Zoneamento agroclimático	117
Capítulo 10 - Zoneamento edafoclimático	123

PARTE III: Cultivo

Capítulo 11 - Cultivares	133
Capítulo 12 - Propagação	169
Capítulo 13 - Correção e adubação do solo	189
Capítulo 14 - Manejo da irrigação	207
Capítulo 15 - Poda	231
Capítulo 16 - Manejo das plantas daninhas	251

Capítulo 17 - Insetos-praga	269
Capítulo 18 - Doenças	293
Capítulo 19 - Colheita	311
Capítulo 20 - Pós-colheita e processamento	331

PARTE IV: Perspectivas

Capítulo 21 - Biotecnologia	359
Capítulo 22 - Fitorreguladores	365
Capítulo 23 - Microrganismos promotores do crescimento	369
Capítulo 24 - Sistema agroflorestal	377
Capítulo 25 - Trufas e noqueira-pecã	389

PARTE V: Saúde e usos

Capítulo 26 - Composição química e relevância para a saúde	399
Capítulo 27 - Produtos e usos	413

PARTE I

Panorama da cultura





Foto: Jeferson Diego Leideimer

Capítulo 1

Pecã no mundo

Carlos Roberto Martins
Edson Roberto Neto Ortiz
Jaceguáy Inchausti de Barros
Roseli de Mello Farias

Introdução

A noqueira-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] (Jugladaceae) é uma frutífera cultivada predominantemente nas regiões temperadas do Hemisfério Norte (Walker et al., 2016). É uma espécie caducifolia, de porte alto e de grande longevidade produtiva. *Carya illinoensis* é composta de oito gêneros botânicos, mais de 60 espécies, dependendo da classificação taxonômica, sendo as noqueiras dos gêneros *Carya* e *Juglans* as mais conhecidas em termos de cultivo como frutífera (Martins et al., 2019; Durmaz; Gokmem, 2019). A noqueira-pecã está no grupo de frutíferas que pertencem à categoria de frutos secos. Assim, reconhecidas por possuírem uma casca dura, consumidos no seu estado seco, com elevadas propriedades antioxidantes, alto teor de ácidos graxos monoinsaturados e ácidos graxos poli-insaturados e tocoferóis (Pelvan et al., 2018).

Nativa dos Estados Unidos e México, a noqueira-pecã se popularizou em nível mundial como uma frutífera capaz de trazer bons rendimentos àqueles que a cultivam e de produzir uma fruta que proporciona benefícios à saúde de quem as consome com frequência. Essa condição impulsionou o cultivo em vários países de diferentes continentes, como, por exemplo, na China, África do Sul, Austrália, inclusive na América do Sul, principalmente na Argentina, Uruguai, Chile, Peru e Brasil (Wells, 2017; Fronza et al., 2018). No Brasil, essa noqueira foi introduzida em 1870, no estado de São Paulo, pelos imigrantes norte-americanos, mas foi somente por volta de 1960-1970 que a cultura passou a ser explorada comercialmente, desde o estado de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (Bilharva et al., 2018).

O cultivo de noqueira-pecã vem aumentando em diversos países, baseado na demanda crescente pela fruta. Esse movimento também se observa no Brasil, onde muitos produtores vêm investindo na cultura, especialmente na região Sul do País. A produção se destina basicamente para ser consumida in natura ou processada, mediante a incorporação em outros alimentos. É comumente empregada em produtos de padarias, confeitarias, na decoração de bolos, doces, tortas, e tem uso difundido nas indústrias lácteas, em adição a iogurtes, bebidas lácteas e sorvetes, entre outros. Além de ser utilizada em uma grande variedade de produtos alimentícios, pode ser consumida crua, tostada, salgada ou revestida com açúcar, chocolate ou mel. Outro produto que merece destaque é o óleo extraído da pecã, que, apesar de pouco difundido, possui mercado consumidor promissor, devido às qualidades nutricionais e características sensoriais distintas de óleo em culinárias mais requintadas, como na gastronomia gourmet.

Produção de nozes no mundo

As nozes são mundialmente classificadas em agrupamento denominado de “frutos secos”. Os frutos desse agrupamento são reconhecidos pelas características organolépticas intrínsecas de cada espécie, pela forma de consumo e, principalmente, pelos efeitos nutracêuticos que seus frutos proporcionam naqueles que as consomem regularmente. Frutos, como a pecã (*Carya illinoensis*), amêndoa (*Prunus dulcis*), avelã (*Corylus avellana*), castanha-do-pará, também conhecida como castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), amendoim (*Arachis hypogaea*), castanha-de-caju (*Anacardium occidentale*), macadâmia (*Macadamia integrifolia*), noz-europeia, também conhecida como noz-chilena (*Juglans regia*), e pistache (*Pistacia vera*), têm características próprias, bem como diferentes origens, formas de cultivo e de uso em processamento para o respectivo consumo.

De acordo com a *International Nut and Dried Fruit Council Foundation* (INC, 2022), nos últimos anos, a produção de nozes evoluiu acentuadamente em todo mundo. No ano de 2004, a produção mundial de nozes era de aproximadamente 2,4 milhões de toneladas, alcançando em 2021 cerca de 5,35 milhões de toneladas, representando um acréscimo superior a 100% na produção (Figura 1).

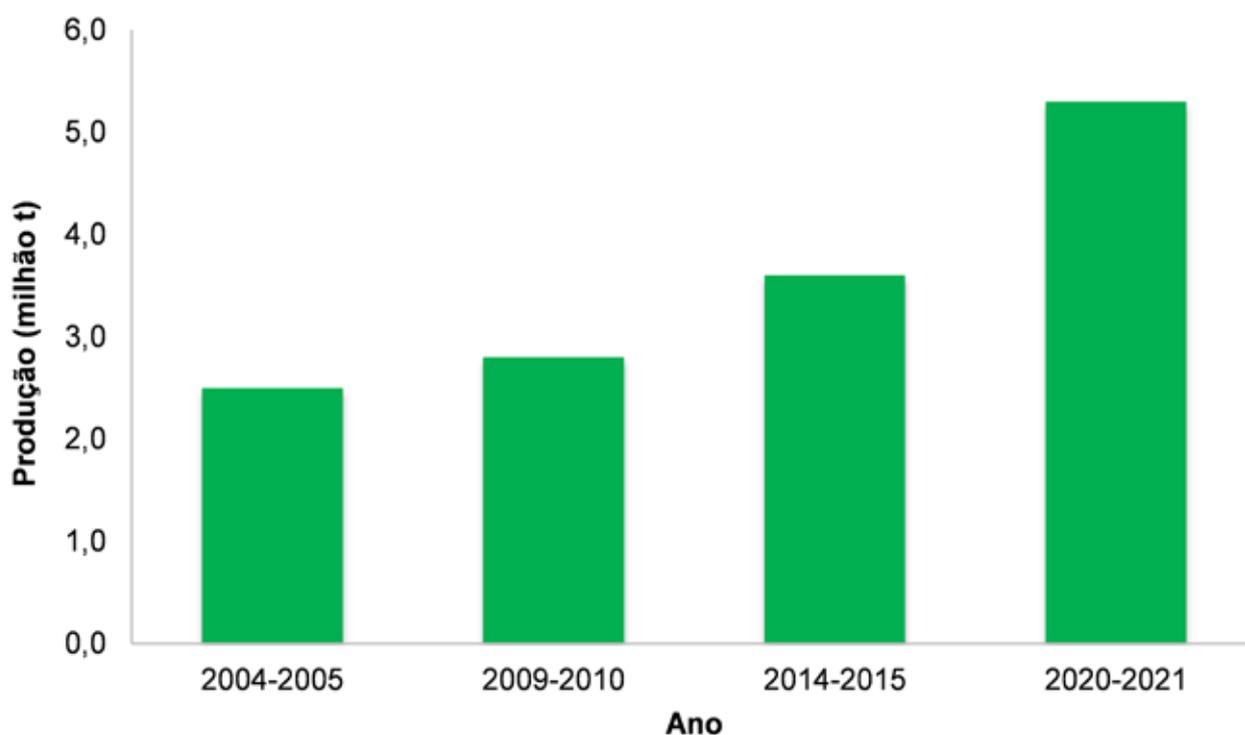


Figura 1. Evolução da produção mundial de nozes (amêndoa, noz-europeia, pistache, castanha-de-caju, avelã, pecã, macadâmia e castanha-do-brasil) no período de 2004 a 2021.

Fonte: adaptado de *Global Statistical Review* (2020-2021).

A evolução da produção pormenorizada de nozes nos últimos quinquênios, mais especificamente nos períodos de 2004-2005, 2009-2010, 2014-2015 e 2020-2021 é apresentada na Figura 2. A produção mundial de amêndoa aumentou de 550 mil toneladas em 2004 para 1,6 milhão de toneladas em 2021, enquanto, para o mesmo período, a noz-europeia passou de 350 mil toneladas para 1 milhão de toneladas, o pistache de 425 mil para 1 milhão de toneladas, a castanha-de-caju de 544 mil para 836 mil toneladas, a avelã de 325 mil para 512 mil toneladas, a macadâmia de 26 mil para 62 mil toneladas, a castanha-do-brasil de 27 mil toneladas para 28 mil toneladas, e a pecã evoluiu de 68 mil toneladas para 166 mil toneladas.

Cabe destacar, nesse cenário, que a pecã posicionou-se em terceiro lugar em termos de acréscimo de produção nesse período, com 144%, ficando atrás da noz-europeia, frutífera com a maior evolução em termos de produção, representando um acréscimo de 207% no período, seguida da produção de amêndoa com 200%. A produção de macadâmia, acrescida em 140%, ficou na quarta posição, logo após a noz-pecã. Todas as demais frutíferas também apresentaram evolução nos patamares de produção: o pistache com 130%, a castanha-de-caju com 60%, a avelã com 57%, e a castanha-do-brasil com 2%.

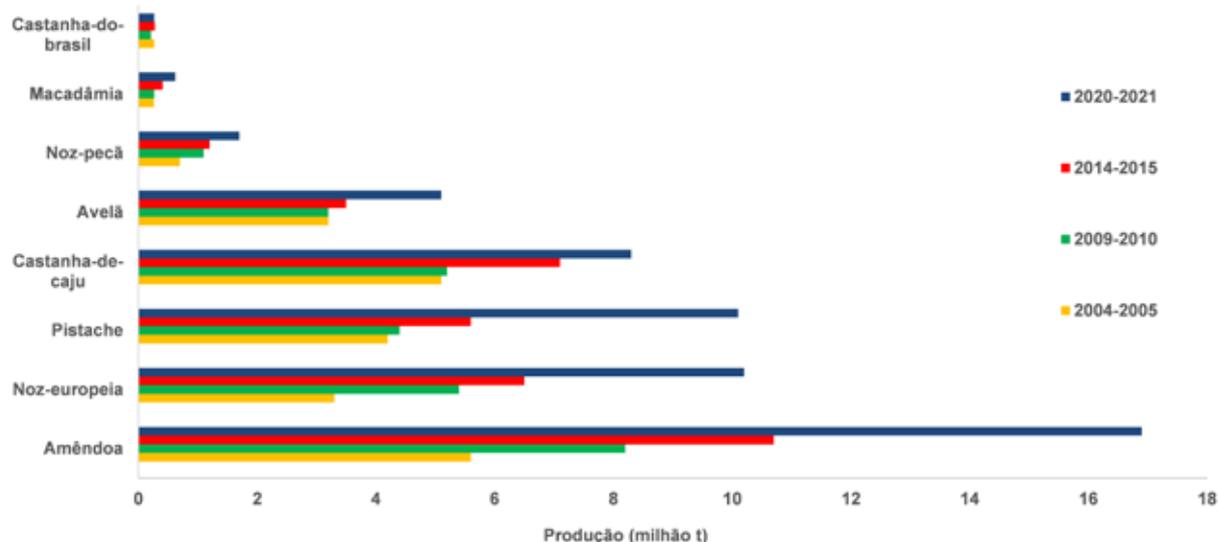


Figura 2. Evolução da produção mundial de amêndoa, noz-europeia, pistache, castanha-de-caju, avelã, pecã, macadâmia e castanha-do-brasil no período de 2004 a 2019.

Fonte: adaptado de *Global Statistical Review 2018-2019*.

Os principais países produtores de nozes no mundo, em porcentagem do volume de produção, são apresentados na Tabela 1. A produção mundial de amêndoas é liderada pelos Estados Unidos, com aproximadamente (78%) da produção, seguidos por Austrália (8%) e Espanha (7%). Esses três países concentram 93% da produção de amêndoas no mundo. A noz-europeia é produzida principalmente pela China (46%), Estados Unidos (29%) e Chile (7%), que, juntos, detêm mais de 82% do mercado mundial. Na América do Sul, Chile se destaca como principal produtor dessa frutífera. A produção mundial de pistache está concentrada principalmente nos Estados Unidos (67%), Irã (17%), e Turquia (11%), que, conjuntamente, detêm mais 95% da produção mundial. A castanha-de-caju é produzida principalmente na África Ocidental (48%), Índia (20%), Vietnã (10%) e Cambodja (8%), totalizando mais de 86% da produção. A produção mundial de avelã está concentrada basicamente na Turquia (72%), Estados Unidos (5%) e Itália (5%). A África do Sul (26%), Austrália (24%), China (14%), Quênia (12%), juntamente com Estados Unidos (5%), correspondem a mais de 80% da produção mundial de macadâmia. Com relação à castanha-do-brasil, existe um predomínio da Bolívia, com mais de 70% da produção, seguida por Peru (21%) e Brasil (6%); esses três países praticamente dominam o cenário mundial.

Tabela 1. Relação dos principais produtores de nozes (frutos secos) no mundo, em 2021/2022.

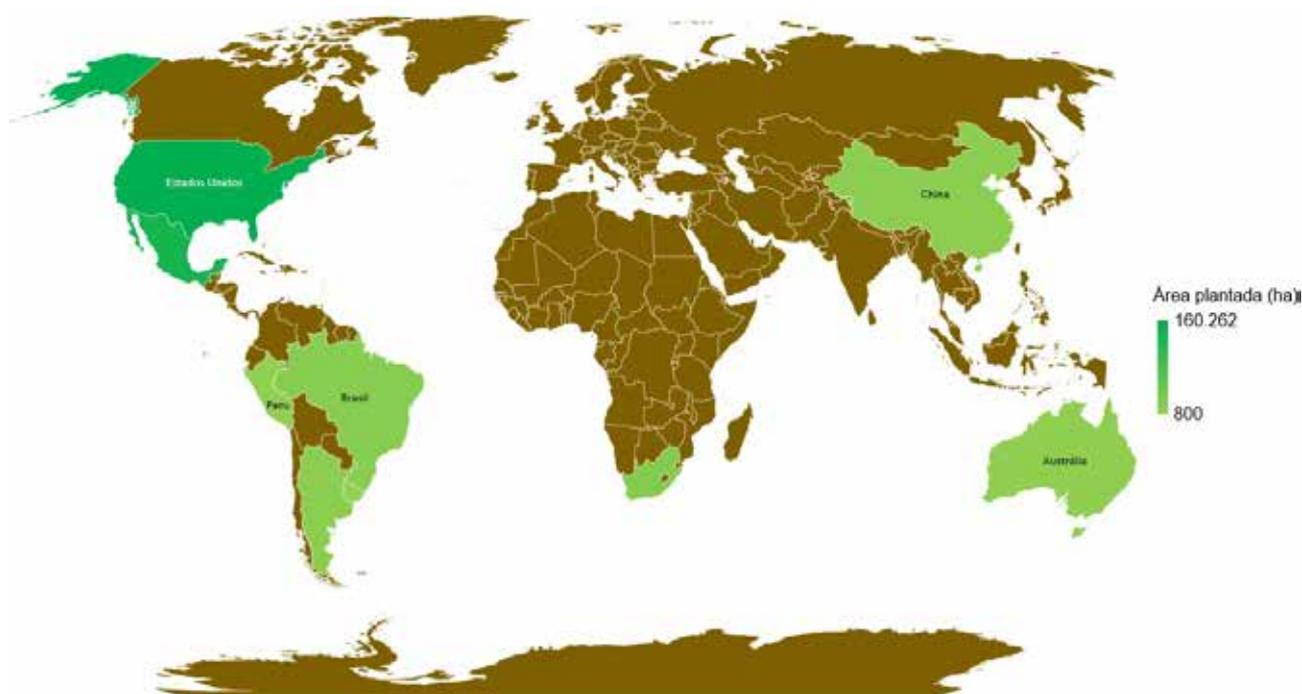
Posição	Amêndoas	Noz-europeia	Pistache	Castanha-de-caju	Avelã	Macadâmia	Castanha-do-brasil
1	EUA	China	EUA	África ocidental	Turquia	África do Sul	Bolívia
2	Austrália	EUA	Irã	Índia	EUA	Austrália	Peru
3	Espanha	Chile	Turquia	Vietnã	Itália	China	Brasil
4	Turquia	Ucrânia	Síria	Cambodja	Azerbaijão	Quênia	...
5	Tunísia	França	Grécia	África Oriental	Chile	EUA	...
6	...	Turquia	...	Brasil	Geórgia	Guatemala	...
7	Indonésia	Irã	Malauí	...

(...) Informação indisponível.

Fonte: adaptado de INC 2021/22.

Cultivo de noqueira-pecã no mundo

A pecã é produzida em mais de 57 países no mundo (Noperi-Mosqueda et al., 2020). A maior parte da área plantada com noqueira-pecã no mundo situa-se na América do Norte, principalmente nos Estados Unidos e México. O cultivo comercial vem sendo ampliado e ocorrendo em vários países de diferentes continentes, como África, Austrália, inclusive na América do Sul, principalmente no Uruguai, Argentina, Chile, Peru e Brasil, segundo dados de literatura (Zhang et al., 2015; USDA, 2020; SAPP, 2020; México, 2020.) (Figura 3).

**Figura 3.** Principais regiões com plantios comerciais de noqueira-pecã no mundo.

Fonte: adaptado de Zhang et al. (2015); USDA (2020); SAPP (2020); México (2020).

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) considera, em seus levantamentos sistemáticos de área e produção, um grupamento separado conhecido por “Nozes Não Especificadas”, devido a sua importância regionalizada e, até então, específica em alguns países, como é o caso da pecã. Além de *Carya illinoensis*, incluem-se nesse grupo o pequi (*Caryocar nucifera*) e suas variações; *pili nut* ou “oliveira chinesa” (*Canarium spp.*); sapucaia (*Lecythis zabucajo*); macadâmia (*Macadamia ternifolia*); e pinheiro-mansoso (*Pinus pinea*). Em consonância com os levantamentos da FAO, a produção mundial de nozes (nesse grupo de “Nozes Não Especificadas”), registrou acréscimo em termos de área de plantio e produção. De acordo com a FAO (2020), em 1993, a produção mundial foi ao redor de 541 mil toneladas, numa área colhida de 445 mil hectares. Com o passar dos anos, ocorreu um incremento considerável, alcançando no ano de 2000 a produção de 610 mil toneladas numa área de 529 mil hectares. Atualmente, a produção está em torno de 933 mil toneladas em uma área colhida ao redor de 714 mil hectares (Figura 4). Embora se perceba o acréscimo na área cultivada, o que se evidencia, principalmente a partir dos anos 1990-2000, é o incremento significativo em termos de produção, resultante do aprimoramento tecnológico dos sistemas de cultivo, refletindo no avanço da produtividade global.

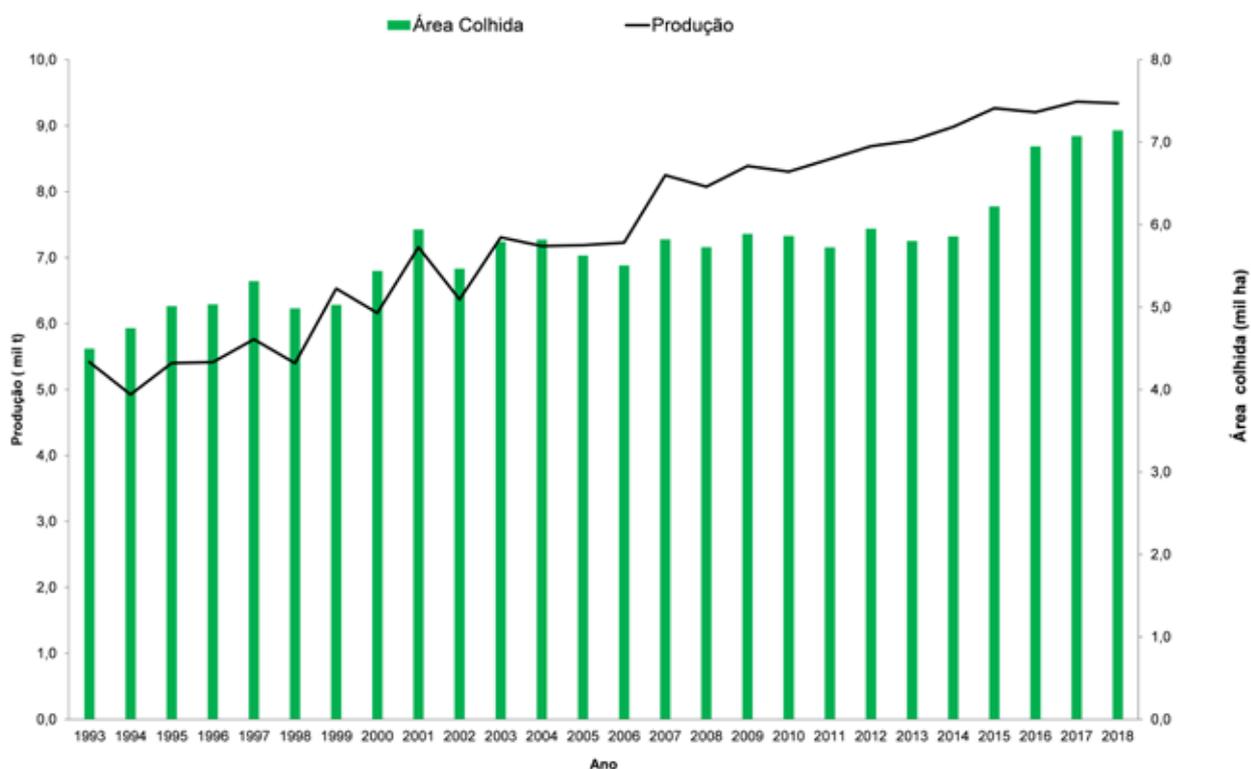


Figura 4. Evolução da produção (mil toneladas) e área cultivada (mil hectares) de nozes (não especificadas) no mundo, no período de 1993 a 2018.

Fonte: adaptado de FAO (2020).

Com base nas informações da *International Nut and Dried Fruit Council Foundation* (INC), a produção mundial de pecã vem crescendo ao longo dos anos. Em 2004, a produção era próxima de 68 mil toneladas, chegando em 2022 com produção acima de 120 mil toneladas, representando um acréscimo próximo de 100% (Figura 5). Apesar de haver flutuações produtivas de maneira mais evidente para essa frutífera, em virtude da alternância de produção (Bilharva et al., 2018), a produção de pecã é uma constância crescente nos últimos anos, com produções acima de 100 mil toneladas desde 2012.

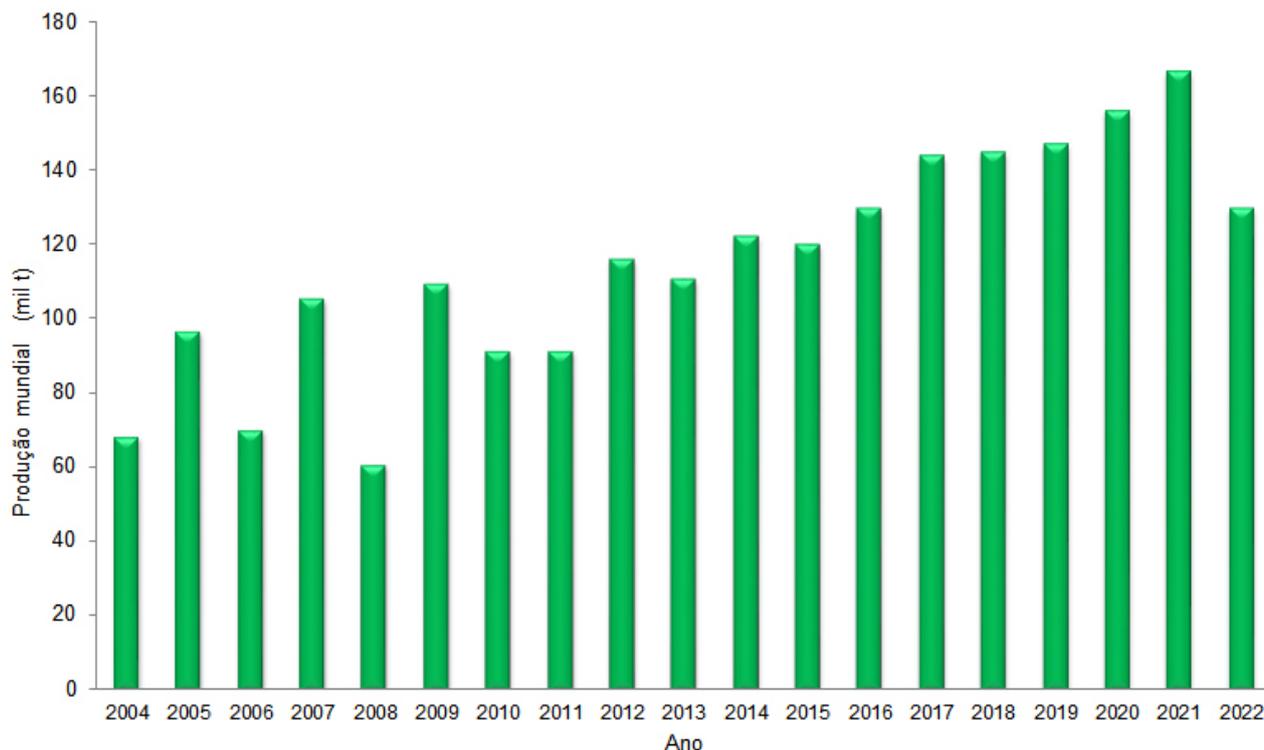


Figura 5. Evolução da produção mundial de pecã (mil toneladas) no período de 2004 a 2021.

Fonte: adaptado de *Global Statistical Review* (2020-2021 e 2021-2022).

A maior parte da área plantada com noqueira-pecã no mundo situa-se na América do Norte, principalmente nos Estados Unidos e México (Figura 6), com aproximadamente 170 mil e 145 mil hectares plantados, respectivamente. Ambos correspondem a 91% da produção mundial, enquanto o valor remanescente se distribui nos continentes africano, australiano e sul-americano. O México é o maior produtor de pecã do mundo em base descascada (Arellano et al., 2019), entretanto, por quebra de safra, em 2021-2022 os EUA superaram em 6% a produção mexicana (INC 2021/2022). A produção de pecã em 2021-2022 foi de aproximadamente 58 mil toneladas no Estados Unidos e de 50 mil toneladas no México, enquanto na África do Sul foi de 10 mil toneladas, seguida por Brasil com 3 mil toneladas, China com 2 mil toneladas e Austrália com 1 mil toneladas. A importância da pecã na África do Sul vem crescendo de forma acelerada, à medida que novos plantios entram em produção. Para que se possa dimensionar essa evolução em termos produtivos, a safra sul-africana apresentou um acréscimo de 80% nos últimos anos. De acordo com dados da Associação Sul-Africana de Produtores de Nozes Pecã (Sappa), o cultivo de noqueira-pecã é realizado em alta densidade, em espaçamento médio de 8 m x 5 m, em um total aproximado de 16.100 ha plantados no período de 2011 a 2019 (SAPPA, 2020).

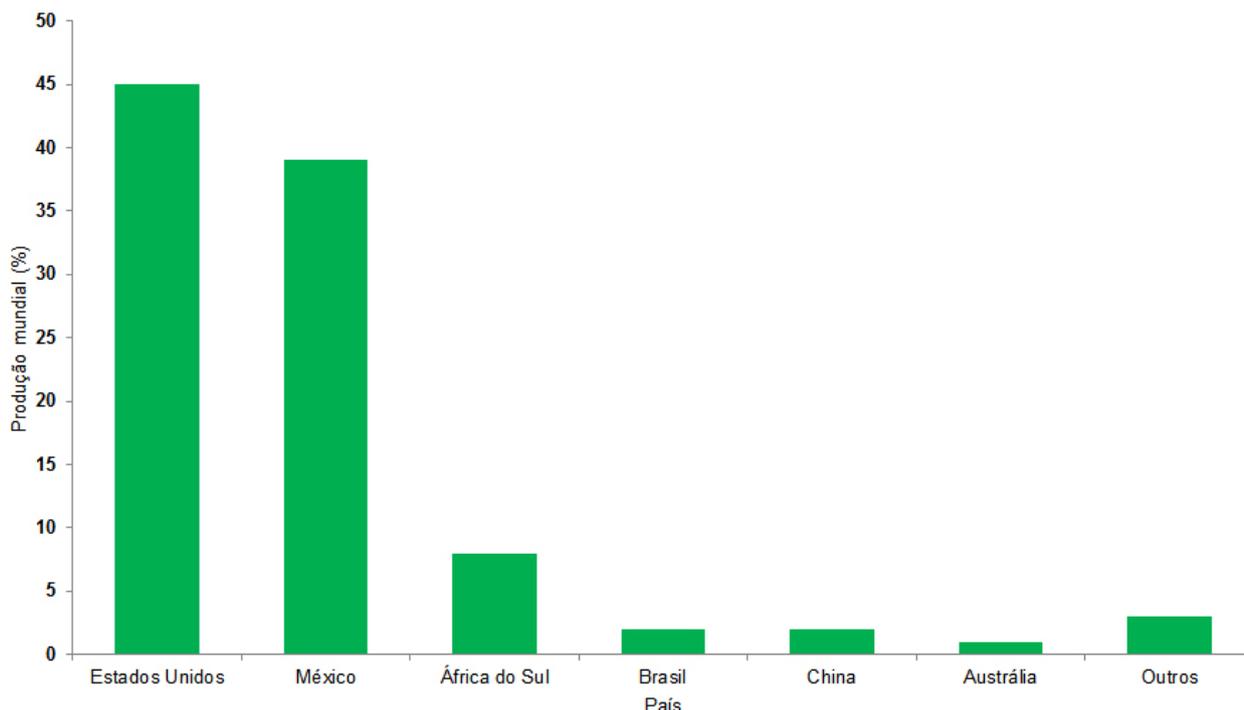


Figura 6. Principais países produtores de pecã no mundo, na safra de 2020/2021.

Fonte: adaptado de *Global Statistical Review* (2020-2021).

Outro ponto a se ressaltar é a presença da pecã na China, que vem se destacando no mercado mundial como um grande centro consumidor da fruta, a ponto de muitos investimentos em países do Hemisfério Sul estarem ocorrendo para suprir esse mercado. Os chineses já mantinham uma relação com uma noqueira nativa daquele país, conhecida como *hickory* (*Carya cathayensis* Sarg), muito utilizada na alimentação tradicional chinesa, devido às qualidades terapêuticas e efeitos benéficos à saúde (Zhu et al., 2008). A demanda por essa fruta nativa supera a oferta, sendo que a planta inicia a produzir frutos 15-20 anos após o plantio. Além da casca muito dura e espessa, necessita passar por processo de torrefação para ser utilizada (Zhang et al., 2019). Já a pecã vem sendo considerada um complemento e até mesmo substituição à *hickory*, essencialmente pelo sabor semelhante, com a vantagem da casca ser mais fina, tradicionalmente quebrada de forma manual, além da noqueira-pecã apresentar maior precocidade de produção. A China investe em pesquisas para aprimoramento do cultivo e manejo dos pomares adequados a sua condição climática e de solo. Zhang et al. (2015) relatam que, desde de 2008, mediante a boa aceitação pelos chineses, tanto as importações desse fruto aumentaram, como também as áreas de cultivo no interior do país. Os pomares mais antigos de noqueira-pecã, introduzidos há mais de 100 anos (Zhang et al., 2015), estão sendo substituídos por novos pomares, com cultivares selecionadas. Existem informações e estimativas que apontam na atualidade um crescimento da área com cultivo de noqueira-pecã superior a 60 mil hectares, distribuídos principalmente em nove províncias do leste, centro e sudoeste da China, com destaque para as províncias de Yunnan e Anhui, que, juntas, representam 80% de plantio, sendo o restante nas demais regiões: Jiangsu, Zhejiang, Jiangxi, Hunan, Henan, Shandong e Guangxi (Zhu, 2018; Kay, 2018). Mesmo esses pomares entrando em produção, ainda não se atenderia à demanda pela fruta. Um estudo de caso aponta que a produção de nozes na China, em franco crescimento, já ultrapassa as 100 t (Zhu, 2018).

Embora tenham ocorrido algumas iniciativas de cultivo de noqueira-pecã no século passado, somente agora as áreas de cultivo na América do Sul vêm obtendo maior expressão no cenário mundial. As maiores ações em prol do aumento da área de cultivo e da produção neste continente estão no Brasil e na Argentina (Figura 7). Na Argentina, estima-se que a área de cultivo supere os 8 mil hectares. No Brasil, existem estimativas ainda maiores, chegando nos próximos anos aos 10 mil hectares em plena produção. É importante frisar que, em ambos os países, a maioria dos pomares encontra-se em fase inicial de implantação e produção, ou seja, árvores jovens que não atingiram seu máximo potencial produtivo. No Uruguai e no Peru as áreas de cultivo estão próximas de mil hectares de cultivo com noqueira-pecã.



Figura 7. Principais países, em área de cultivo (ha) de noqueira-pecã na América do Sul, em 2020.

Ilustração: Carlos Roberto Martins.

Comércio internacional e nacional de pecã

O principal país importador de pecã, em nível mundial, são os Estados Unidos, com aproximadamente 62% do mercado, seguido do Canadá (9%), Países Baixos (9%), México (4,5%), Alemanha (3%) e Inglaterra (3%). Esses países representam mais de 86% do mercado importador mundial de pecã. Os dados referentes a importações nesses países constam na Tabela 2, sendo algo nitidamente mais acentuado nos Estados Unidos, mas havendo redução na quantidade importada nos últimos anos no México. Os demais países apresentaram aumento nas importações nos últimos 10 anos.

Tabela 2. Principais países importadores de noz-pecã de 2007 a 2019.

País	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2019
	Importação (t)										
África do Sul	0	2	0	21	77	66	23	44	24	12	22
Alemanha	35	0	39	11	46	214	189	657	453	833	2.732
Arábia Saudita	104	69	3	23	44	48	107	122	247	245	440
Austrália	3	0	2	85	65	77	31	60	27	12	309
Bélgica	1	18	104	110	239	152	123	161	227	306	933
Canadá	3.987	4.299	3.687	3.794	4.186	4.554	4.330	4.173	4.997	5.510	5.223
China	145	1.429	3.707	4.292	0	393	180	133	1.250	779	802
Coreia do Sul	36	128	50	132	166	145	284	406	889	2.155	773
Estados Unidos	18.792	26.489	22.634	29.089	20.441	22.636	18.448	22.972	35.252	38.397	53.592
Emirados Árabes	10	42	35	59	32	53	98	101	161	147	340
Espanha	40	43	30	31	73	44	72	73	130	191	737
França	869	931	673	846	1.065	813	837	645	825	999	1.099
Países Baixos	2.120	2.427	2.027	2.480	2.851	2.216	2.408	2.845	3.346	4.156	5.939
Inglaterra	1.299	1.716	1.388	1.263	1.898	2.445	2.235	2.478	1.186	833	2.455
Israel	795	1.352	989	978	1.197	949	1.572	1.571	1.316	1.531	2.383
Itália	86	109	102	67	155	119	115	209	184	135	248
Japão	195	225	154	147	198	153	153	141	228	373	302
México	699	933	667	1.195	2.046	3.165	2.238	1.649	2.974	2.560	2.718
Nova Zelândia	20	0	0	0	13	47	64	10	162	57	138
Suíça	48	55	12	18	78	60	109	213	168	231	271
Outros	314	684	989	685	826	512	1.825	1.232	1.307	1.324	896

Fonte: adaptado de *Global Statistical Review (2020-2021)*.

Com relação ao crescimento em importação dos principais países, considerando-se o ciclo de 2009-2019, destacam-se no cenário internacional com as maiores transações comerciais ao longo dos últimos anos: Estados Unidos, com crescimento de mais de 30 mil toneladas, Países Baixos (3,91 mil toneladas), Canadá (1,53 mil toneladas), México (2.051 mil toneladas), Israel (1.394 mil toneladas) e Reino Unido (1.067 mil toneladas). Há de se destacar, ainda, o desempenho do Canadá e Países Baixos, que mantêm uma constância na importação desses frutos. Os demais países praticamente dobraram suas importações de 2004 a 2019 (Figura 8).

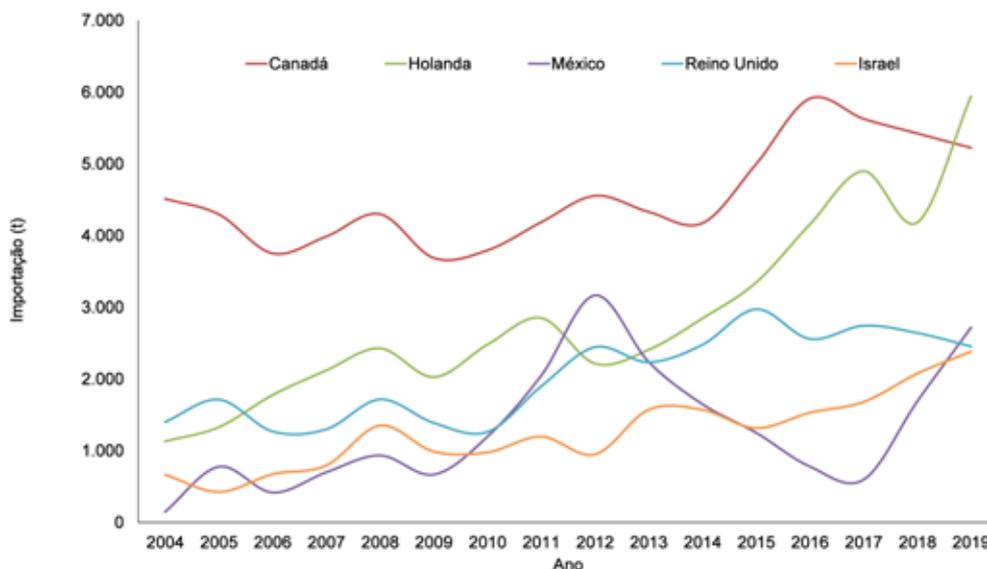


Figura 8. Evolução comercial de importação de pecã no Canadá, Países Baixos, México, Israel e Reino Unido, no período de 2004 a 2019.

Fonte: adaptado de *Global Statistical Review* (2018-2019 e 2020-2021).

Os volumes de pecã importados pelo Brasil não podem ser definidos com exatidão, porque estão contabilizados em conjunto com os de outras nozes no grupo “frutos secos”. Dentre as nozes importadas desse grupo destaca-se a noz-europeia (*Juglans regia*), a qual é mais conhecida no Brasil como “noz-chilena”, em razão dos grandes volumes tradicionalmente importados do Chile. Porém, em relação à pecã, os volumes importados cresceram significativamente nos últimos anos, destacando-se as importações da Argentina. Mesmo assim, o mercado interno da pecã tem uma forte concorrência com outras frutas do grupo “frutos secos”, particularmente com a noz-europeia importada. Isso se dá em razão dessa última ser mais conhecida, assim como das oscilações e relação de preço no mercado.

As nozes, nesse segmento de “frutos secos”, são os frutos importados em maiores quantidades pelo Brasil, seguidos majoritariamente pelas avelãs e amêndoas (Figura 9).

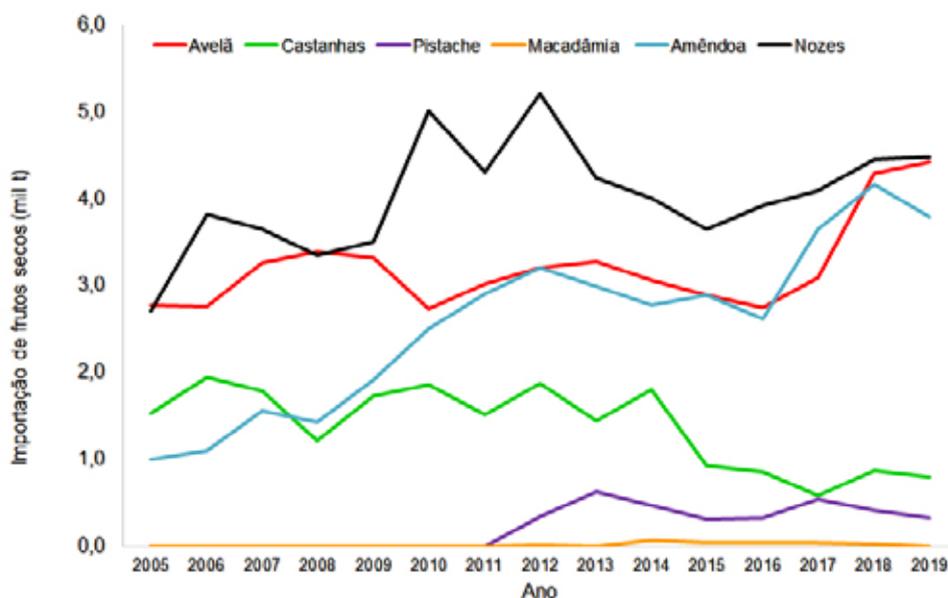


Figura 9. Evolução comercial brasileira de importação de frutos secos no período de 2005 a 2019.

Fonte: adaptado de SECEX (2020).

Os principais países dos quais o Brasil importa nozes são Chile, Argentina, China e Estados Unidos. A importação brasileira, que é representada por nozes com e sem casca, evoluiu em termos de volume de fruta no período de 2005 a 2019 (Figura 10). Sendo os maiores volumes de nozes importadas oriundas do Chile, conclui-se que os maiores volumes importados são de noz-europeia. No Chile, o cultivo se concentra basicamente na noqueira-chilena, com poucas iniciativas no cultivo de pecã.

O maior volume de pecã importada nesses últimos anos vem ocorrendo da Argentina. Em 2016, o volume importado foi de aproximadamente 128 t, alcançando, em 2019, o volume de 674 t de pecã, com e sem casca. Essa importação ficou favorecida pela Instrução Normativa n° 22, de 24 de julho de 2018, divulgada pelo Ministério da Agricultura e Pecuária, estabelecendo os requisitos fitossanitários para a importação de nozes-pecã (Categoria 2, Classe 10), produzidas na Argentina.

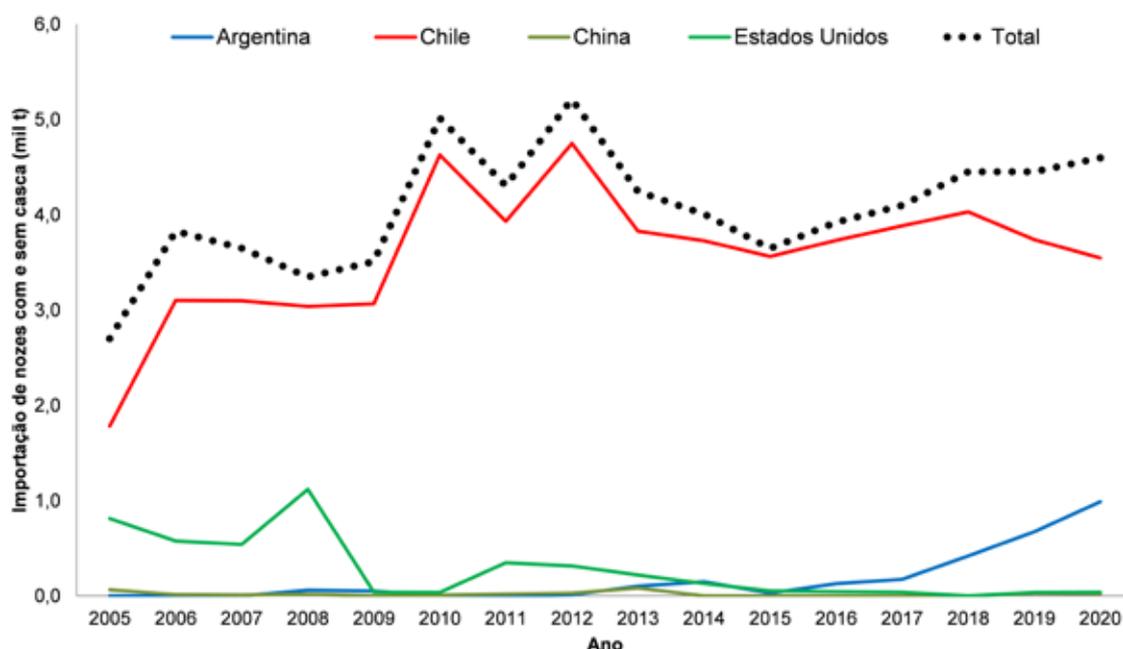


Figura 10. Procedência e evolução dos volumes de importação brasileira de nozes com e sem casca no período de 2005 a 2019.

Fonte: adaptado de SECEX (2020).

Embora o Brasil seja uma referência no cultivo de várias frutíferas, o que acaba destacando o País no cenário internacional, na produção de pecã está iniciando um processo de reestruturação da cadeia produtiva. Historicamente, o abastecimento do mercado brasileiro ocorre pela importação (Figura 11), representando, somente nesses últimos 10 anos, um acréscimo superior a 40% no volume de dólares gastos com a importação de nozes (Martins et al., 2018). Essa situação o mantém sujeito à flutuação direta dos preços internacionais, o que acaba onerando a economia brasileira não apenas pelo custo financeiro como também na geração de oportunidades sociais e renda de uma frutífera, que pode ser incentivada pelo trabalho técnico e científico para aprimoramento do cultivo, especialmente na região Sul do Brasil.

Com relação ao panorama da exportação de pecã, o que se constata é a supremacia do México e Estados Unidos, com mais de 98% do mercado exportador (Figura 12). Uma peculiaridade desse comércio acontece por conta de que os principais destinos das nozes exportadas pelo México são para os Estados Unidos. Por sua vez, 50% das exportações dos Estados Unidos foram destinadas à Europa e 25% ao Canadá, seguido por Israel (8%), China (3%) e Coreia do Sul (3%). Em 2017, as exportações de pecã sem casca somaram cerca de 61 milhões de toneladas. Além disso, mais de 117,35 milhões de toneladas de nozes com casca foram comercializadas em todo o mundo em 2017.

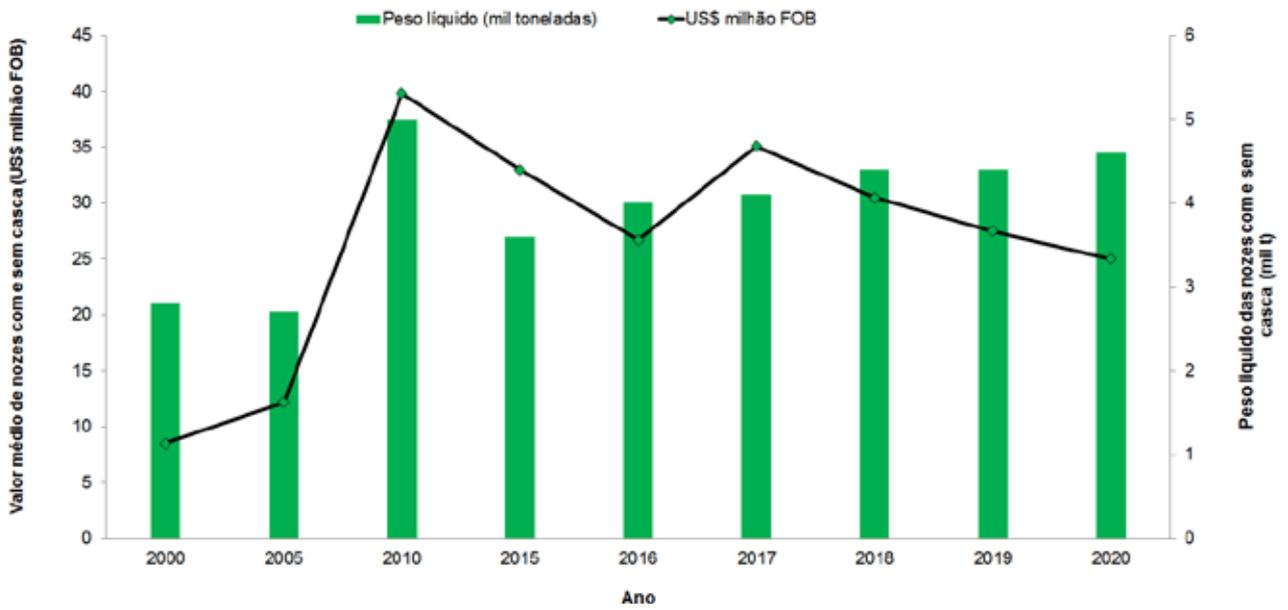


Figura 11. Valores médios e peso líquido de nozes com e sem casca importadas pelo mercado brasileiro no período de 2000 a 2019.

Fonte: adaptado de SECEX (2020).

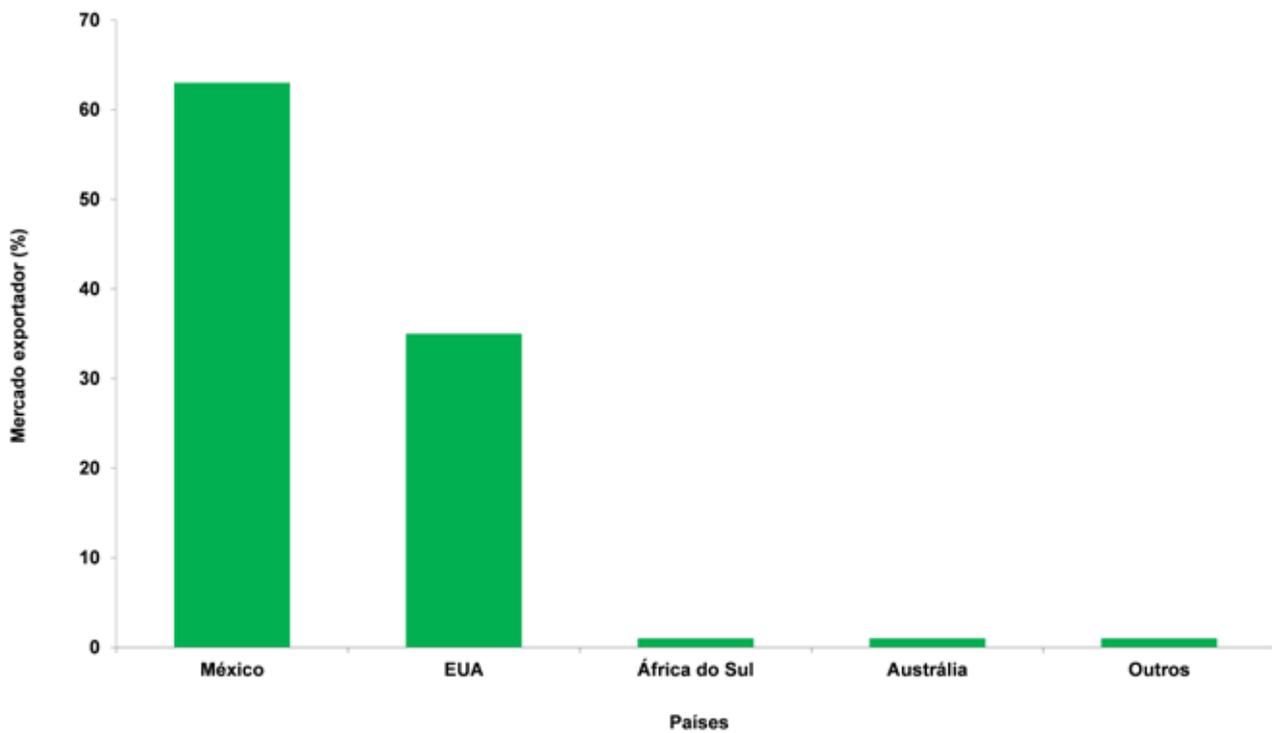


Figura 12. Maiores países exportadores de pecã no período de 2014 a 2019.

Fonte: adaptado de *Global Statistical Review* (2020-2021).

Tudo indica que o predomínio dos Estados Unidos e México no mercado exportador deva continuar por um longo tempo, pela estabilidade produtiva e pela diferenças em relação aos demais países (Figura 13). Outros países, como África do Sul, Austrália e China, participam de uma pequena porcentagem no mercado exportador de pecã.

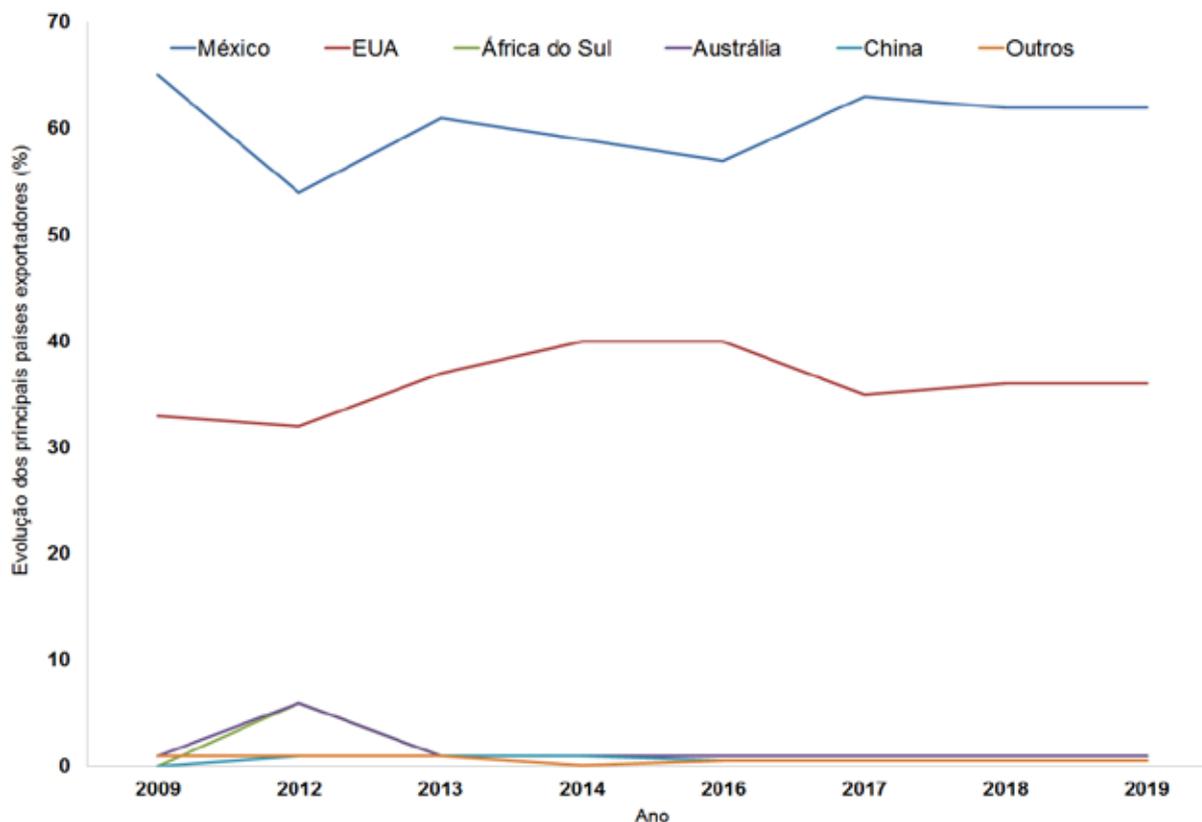


Figura 13. Evolução comercial de exportação de pecã nos principais países do mercado internacional no período de 2009 a 2019.

Fonte: adaptado de *Global Statistical Review* (2018-2019 e 2020-2021).

Apesar do Brasil importar nozes, essencialmente noz-chilena, existem algumas iniciativas pioneiras na exportação de nozes (Figura 14). Como ainda não há direcionamento da produção brasileira para a exportação de pecã, ocorre grande flutuação no nível de transações comerciais. Os destinos dessas exportações são muito variáveis conforme os anos, sendo os principais compradores das nozes, com e sem casca, países como os Estados Unidos, Hong Kong, França, Itália, Países Baixos, Inglaterra, Emirados Árabes, entre outros.

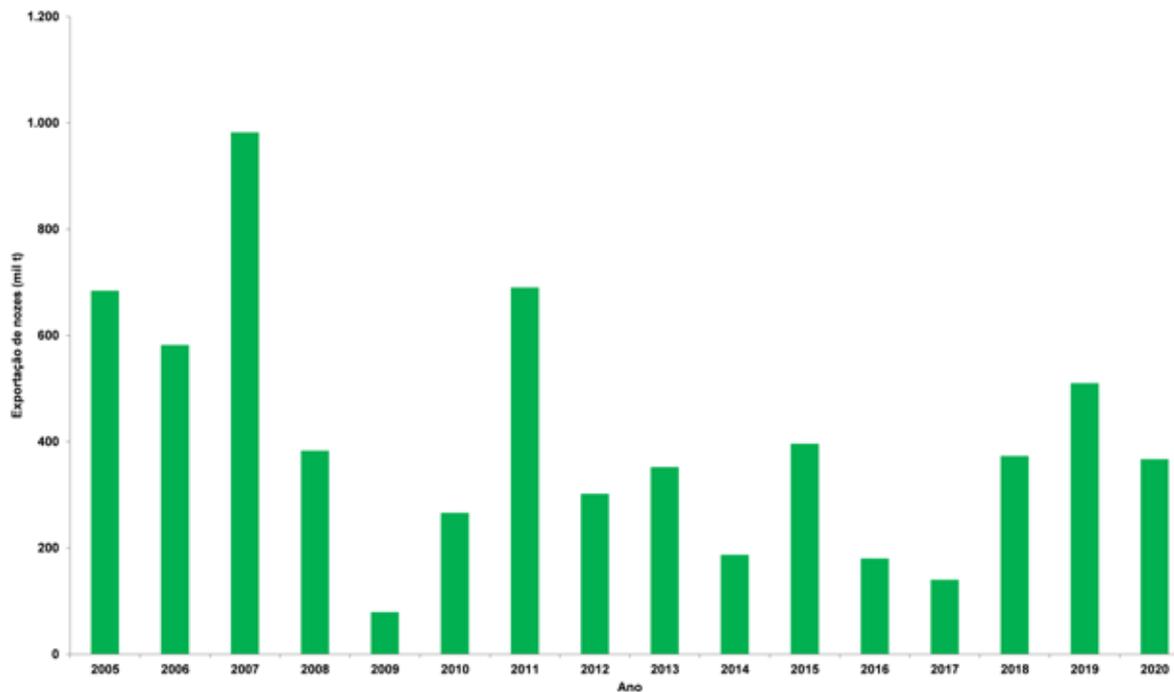


Figura 14. Volumes de exportação brasileira de nozes com e sem casca no período de 2005 a 2019.

Fonte: adaptado de SECEX (2020).

É evidente a grande lacuna existente no mercado brasileiro em relação à produção de pecã, consistindo em grandes oportunidades de avanço no segmento produtivo, como pode ser observado na Figura 15. No ano de 2019, as importações superaram 4,45 milhões de t de nozes, enquanto as exportações ficaram próximo das 510 t, indicando uma produção brasileira deficitária.

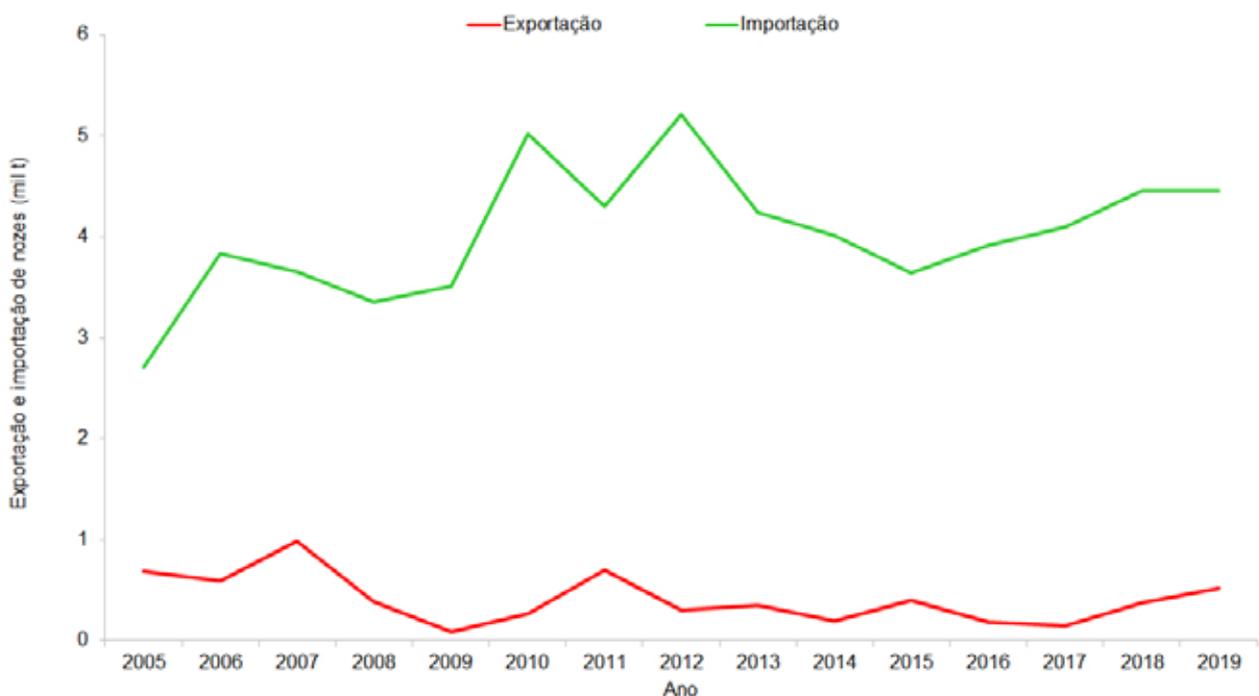


Figura 15. Relação de exportação e importação brasileira de nozes, com e sem casca, no período de 2005 a 2019.

Fonte: adaptado de SECEX (2020).

Consumo mundial de pecã e demais frutos secos

Atualmente, é muito forte na mídia mundial a recomendação de uma dieta equilibrada e mais saudável. O centro desse movimento está no consumo de alimentos com características que contribuam para a saúde e o bem-estar das pessoas. São os alimentos com características “funcionais” e “nutracêuticas”. De acordo com Moraes e Colla (2006), alimentos funcionais são os que produzem benefícios específicos à saúde, tais como a redução do risco de diversas doenças e a manutenção do bem-estar físico e mental; já os nutracêuticos são os alimentos que apresentam benefícios à saúde por meio da prevenção e ou tratamento de doenças. Sendo alimentos com essas duas características tão importantes, os frutos secos estão sempre relacionados nas dietas de hoje em dia, sendo recomendado o consumo diário. Por outro lado, o consumo de determinados alimentos nas dietas das pessoas também está ligado a fatores culturais e/ou tradicionais, bem como preço e disponibilidade nos mercados locais (Farias et al., 2014).

Nesse cenário, o consumo de frutos secos ocorre em maior escala em países da Ásia (25%), Europa (25%) e América do Norte (23%), como pode ser observado na Figura 16. Outra região de destaque no consumo é o Oriente Médio. O consumo de frutos secos nessa região está intimamente ligado à culinária mediterrânea. Por sua vez, os efeitos benéficos da dieta mediterrânea, amplamente divulgados e embasados em estudos científicos (Martinez Gonzales, et al., 2019), promovem o consumo de frutos em outras regiões do mundo.

É importante ressaltar que, na Europa, o consumo de nozes é muito superior à capacidade de produção. Essa situação se repete no Oriente Médio, ainda que em menor intensidade. Embora a Europa tenha produzido apenas 12% das nozes em 2018/2019, foi o segundo maior consumidor, com 25% de participação do consumo mundial. As avelãs, nozes-europeias e amêndoas representaram 96% das nozes consumidas no continente.

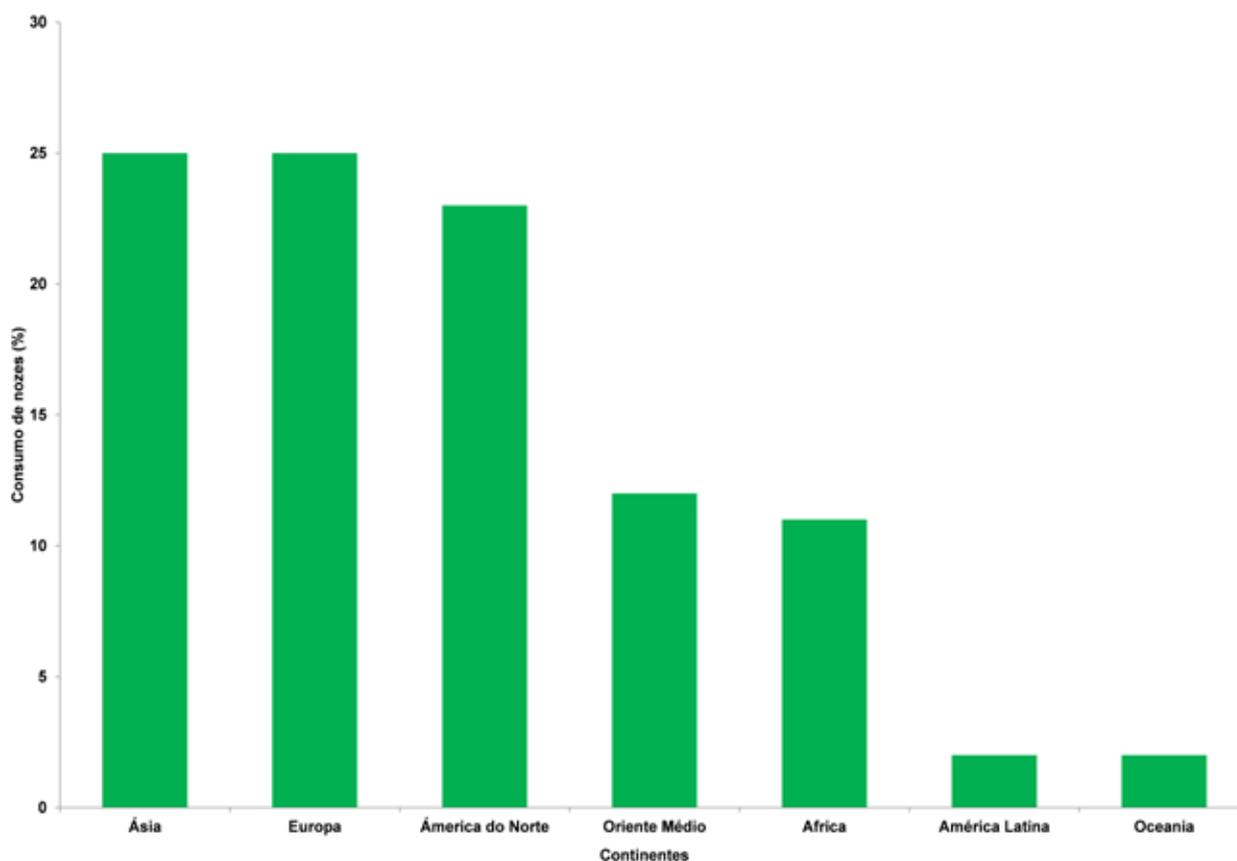


Figura 16. Distribuição geográfica do consumo de nozes no mundo no período de 2018-2019.

Fonte: adaptado de *Global Statistical Review* (2018-2019).

Na Figura 17 são apresentados, de forma ilustrativa no mapa mundial, os principais países consumidores de pecã tendo por base a estimativa de consumo per capita, na média de 2010 a 2017. Os maiores produtores mundiais de pecã são os Estados Unidos e o México, que também são os maiores consumidores per capita do fruto, com um consumo médio anual de 225 g e 279 g por habitante, respectivamente. Também têm consumo significativo de pecã países como Israel (202 g por habitante por ano) e Canadá (153 g por habitante por ano). Quando se trata do consumo específico de pecã, ou seja, da quantidade média daquelas pessoas que habitualmente consomem nozes, constata-se que os americanos consomem 900 g por habitante por ano, seguidos dos mexicanos (500 g por habitante por ano), israelenses (324 g por habitante por ano) e australianos (180 g por habitante por ano). Apesar de não haver dados oficiais de consumo de pecã no Brasil, a Associação Brasileira de Nozes e Castanhas (ABNC) estima um consumo próximo de 9 g por habitante por ano, o que representa o enorme potencial em termos de produção e consumo, condicionado, por sua vez, à popularização da cultura entre produtores e consumidores.

Existem estimativas de aumento da demanda mundial por pecã. Dessa demanda, projeta-se que os produtores mexicanos e americanos possam abastecer em parte o mercado. Entretanto, outra parte poderá ser suprida por países emergentes no cultivo, como Brasil, Argentina, Uruguai, África do Sul, Austrália, entre outros.

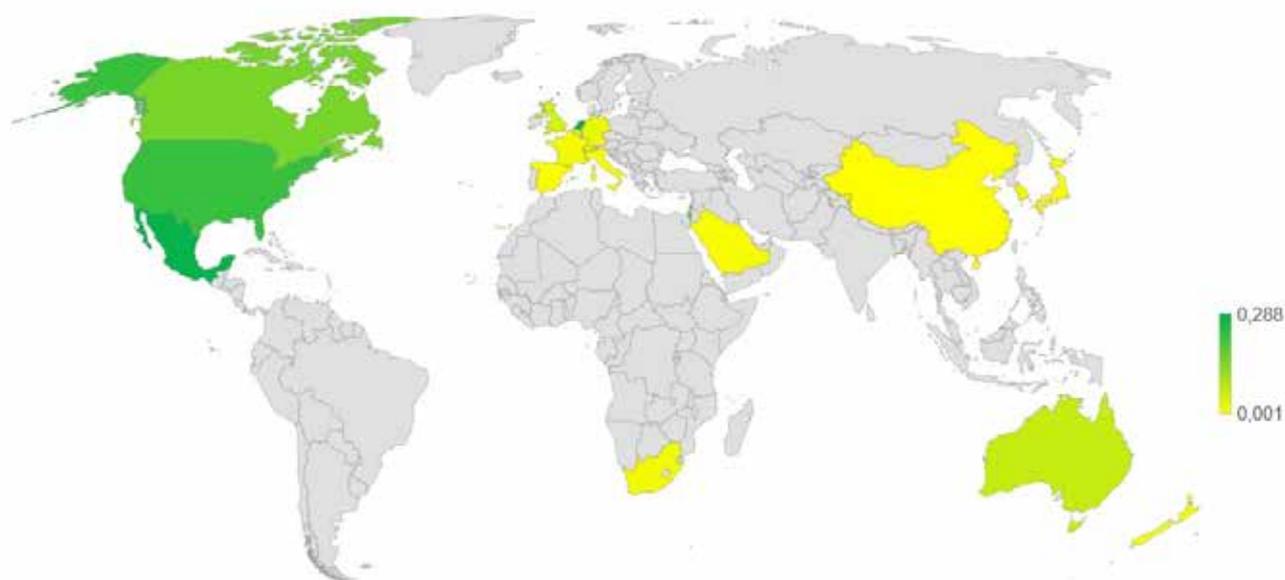


Figura 17. Principais países consumidores de noz-pecã, baseado na estimativa de consumo per capita (kg/ano), na média de 2010 a 2017. Dados obtidos da plataforma *Global Statistical Review 2018-2019*.

Ilustração: Carlos Roberto Martins.

Considerações finais

Em escala global, a produção está concentrada em poucos países, com aptidão edafoclimática e tecnológica, porém a demanda por nozes e castanhas cresce em todos os países. Tanto a produção quanto o consumo continuam a crescer em praticamente todos os países, o que ratifica o grande potencial da pecã. A supremacia no cultivo e na produção dessa fruta continuará sendo dos Estados Unidos e do México, sendo naturalmente de ambos a hegemonia do mercado internacional. Porém, ambos estão no Hemisfério Norte, onde a safra ocorre em outubro e novembro, enquanto o Brasil está no Hemisfério Sul, com colheita de abril a junho.

Por outro lado, a implantação de pomares e o cultivo de nogueira-pecã se encontra em franca expansão em países como a África do Sul, Brasil, Austrália, Argentina, Peru, China e Uruguai. Nesses países, existem

movimentos organizacionais dos produtores, de empresas e institucionais, por parte governamental, com formação de políticas públicas voltadas para o fomento da produção de nozes. Paralelamente, grupos de pesquisas vêm se formando e se consolidando na geração de tecnologias de cultivo e produção, promoção e conscientização pública do consumo benéfico de nozes.

Pelas características produtivas, proximidade geográfica e um trabalho que na prática já está integrado, vem-se consolidando oficialmente o Polo Sul-americano da Pecã, em que Argentina, Brasil e Uruguai têm suas pesquisas, eventos técnicos, divulgações técnicas e alinhamentos comerciais tratados em conjunto, como um bloco produtivo.

O alto nível de segurança no processamento, por parte das maiores processadoras brasileiras, associado a uma cadeia de frio eficiente, tem oportunizado cada vez mais uma distribuição uniforme ao longo do ano, com nozes com alto padrão de qualidade, estimulando cada vez mais o consumo interno direto, ou por meio de produtos industrializados que usam as nozes-pecãs como ingrediente.

Questões mercadológicas, desenvolvimento tecnológico e eventos climáticos, bem como a alternância de produção, afetam a escala produtiva e a comercialização de pecã, principalmente nos países emergentes. Os regulamentos sanitários, tarifas e os acordos comerciais são fatores que geram impactos positivos ou negativos nos mercados tanto de importação quanto no de exportação. Esse cenário desencadeia e reflete as ações locais de pesquisa, fomento, produção, comercialização e consumo de pecã.

Referências

- ARELLANO, J. J. E.; CERVANTES VÁZQUEZ, M. G.; ORONA CASTILLO, I.; MOLINA MOREJÓN, V. M.; GUERRERO RAMOS, L. A.; FABELA HERNÁNDEZ, A. M. Factores socioeconómicos para mejorar la producción y comercialización de la nuez pecanera en la Comarca Lagunera. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 10, n. 3, p. 551-561, 2019.
- BILHARVA, M. G.; MARTINS, C. R.; HAMANN, J. J.; FRONZA, D.; MARCO, R. D.; MALGARIM, M. B. Pecan: from Research to the Brazilian Reality. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1-16, 2018.
- DURMAZ, G.; GÖKMEN, V. Effect of refining on bioactive composition and oxidative stability of hazelnut oil. **Food Research International**, v. 116, n. 2, p. 586-591, 2019.
- FRONZA, D.; HAMANN, J. J.; BOTH, V.; ANESE, R. D. O.; MEYER, E. A. Pecan cultivation: general aspects. **Ciência Rural**, v. 48, n. 2, p. 1-9, 2018.
- FAO. **World production**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Acesso em: 1 mar. 2020.
- FARIAS, R. M.; BARRETO, C.; ZANDONA, R.; ROSADO, J.; MARTINS, C. Comportamento do consumidor de frutas na região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul com Argentina e Uruguai. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 872-883, 2014.
- INC (International Nut and Dried Fruit Council Foundation). **Nuts and Dried Fruits Global Statistical Review 2018/2019**. Disponível em: <https://www.nutfruit.org/>. Acesso em: 3 mar. 2020.
- INC (International Nut and Dried Fruit Council Foundation). **Nuts and Dried Fruits Global Statistical Review 2020/2021**. Disponível em: <https://www.nutfruit.org/>. Acesso em: 11 abr. 2022.
- KAY, C. H. CHK Trading, China-Hong Kong. China Market Review. In: WORLD NUT AND DRIED FRUIT CONGRESS, 37., 2018, Sevilla. Disponível em: https://nutfruitcongress.org/sevilla2018/files/pagina/1526986023_Pecans_Round_Table_Jeffrey_Sanfilippo.pdf. Acesso em: 30 mar. 2020.
- MARTINS, C.; CONTE, A.; FRONZA, D.; FILIPPINI ALBA, J. M.; HAMANN, J.; BILHARVA, M.; REIS, T. **Situação e perspectiva da nogueira-pecã no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 31 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 462).
- MARTINS, C.; FILIPPINI ALBA, J. M.; DE MARCO, R.; HAMANN, J. Noz-Pecã: produção no Brasil. **Revista Campo e Negócio Hortifruti**, p. 56-57, 2019.
- MÉXICO. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación). **Nuez pecanera mexicana: planeación agrícola nacional 2017-2030**. Ciudad do Mexico, 2017. 16 p. Disponível em: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257079/Potencial-Nuez_Pecanera.pdf. Acesso em: 7 mar. 2023.
- MORAES F.P.; COLLA, L.M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, n. 3, p. 109-122, 2006.

NOPERI-MOSQUEDA, L. C.; SOTO-PARRA, J. M.; SANCHEZ, E.; NAVARRO-LEÓN, E.; PÉREZ-LEAL, R.; FLORES-CORDOVA, M. A.; YÁÑEZ-MUÑOZ, R. M. Yield, quality, alternate bearing and long-term yield index in pecan, as a response to mineral and organic nutrition. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 48, n. 1, p. 342-353, 2020.

PELVAN, E.; OLGUN, E. Ö.; KARADAĞ, A.; ALASALVAR, C. Phenolic profiles and antioxidant activity of Turkish Tombul hazelnut samples (natural, roasted, and roasted hazelnut skin). **Food chemistry**, v. 244, n.4, p. 102-108, 2018.

SAPPA (South African Pecan Nut Producers Association). **Industry statistics**. Disponível em: <http://sappa.za.org/industry-statistics/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SECEX (Secretaria de Comércio Exterior). Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Sistema de análise das informações de comércio exterior (ALICEweb). Disponível em: <http://aliceweb.mdic.gov.br/>. Acesso: 19 mar. 2020.

USDA. National Agricultural Statistics Service. **Noncitrus Fruits and Nuts 2016: Summary**. Pecan Bearing Acreage, Yield, Production, Price, and Value: States and United States: 2014-2016. p. 103-105. Disponível em: https://www.nass.usda.gov/Publications/Todays_Reports/reports/ncit0617.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

ZHANG, J.; LI, X.; YING, Y.; YAO, X. Effect of *Carya cathayensis* Sarg Shell Substrate on Yield and Nutrient Amount of *Pleurotus geesteranus*. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, v. 7, n. 11, p. 11, 2019.

ZHANG, R.; PENG, F.; YONGRONG, LI. Pecan production in China. **Scientia Horticulturae**, n. 197, p. 719-727, 2015.

ZHU, C.; DENG, X.; SHI, F. Evaluation of the antioxidant activity of Chinese Hickory (*Carya cathayensis*) kernel ethanol extraction. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 13, p. 2169-2173, 2008.

ZHU, H. Challenges for the Expanding Pecan Industry in China. **Pecan South Magazine**, Nov. 2018. Disponível em: <https://www.pecansouthmagazine.com/magazine/article/challenges-for-the-expanding-pecan-industry-in-china/>. Acesso em: 12 jan. 2020.

WELLS, L. **Pecan**: america's native nut tree. Tuscaloosa: The University of Alabama Press, 2017. 264 p.

Capítulo 2

Pecã no Brasil

Carlos Roberto Martins
Jonas Janner Hamann
José Maria Filippini Alba
Roseli de Mello Farias

Introdução

O cultivo de noqueira-pecã no Brasil ressurgiu como uma realidade produtiva em muitas propriedades rurais do Sul do país. Apesar das possibilidades de exploração da cultura – madeira, ornamentação, sombra de ambientes, óleos, chá e material vegetal para substratos – sua finalidade principal é a produção de frutas. Essa importância se justifica pela demanda de mercados que impulsionam o consumo da pecã, baseada nos efeitos benéficos à saúde e na possibilidade de saborizar alimentos de diferentes formas.

A produção de pecã brasileira se destina basicamente para ser comercializada e consumida in natura, tostada, salgada ou revestida com açúcar, chocolate, mel, canela, entre outros. Além disso, pode ser processada e/ou integrando uma grande variedade de produtos alimentícios. É comumente empregada em produtos de padarias, confeitarias, na decoração de bolos, doces, tortas, e tem uso difundido nas indústrias lácteas, em adição a iogurtes, bebidas lácteas e sorvetes, entre outros. Outro produto que merece é o óleo extraído da pecã, com mercado promissor, pela qualidade nutricional e características sensoriais, com destaque ao alto teor de ácidos graxos monossaturados (Huang et al., 2019), um diferencial quanto aos seus benefícios à saúde.

A maioria dos plantios e cultivos de noqueira-pecã vem sendo realizado por pequenos e médios produtores, mas existem também investimentos mais robustos. Independentemente do porte, encontram nessa cultura uma possibilidade de inovação produtiva, de diversificação de renda e de alternativa de cultivo em suas propriedades rurais. Além disso, os produtores vêm identificando atrativos nesse cultivo, como a colheita fora da época tradicional de grãos e outras frutíferas, possibilidade de armazenar os frutos para alcançar melhores preços, e cultivos consorciados em integração lavoura-pecuária. Essas motivações proporcionaram não só a expansão do plantio de noqueira-pecã como a recuperação dos pomares abandonados e a possibilidade de cultivo consorciado com culturas anuais e pecuária.

A grande fase de evolução da noqueira-pecã no Brasil ocorreu por intermédio de políticas públicas de incentivo ao plantio de floresta nas décadas de 1960 e 1970. A Lei nº 5.106/66, regulamentada pelo Decreto nº 59.615/66, incentivou o plantio de florestas com isenção de impostos, possibilitando o plantio de algumas espécies frutíferas, entre elas a noqueira-pecã. Nessa época, a cultura passou a ser explorada comercialmente (Nakasu; Raseira, 1981), sendo cultivada desde o estado de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul. Nesse período, vários pomares foram implantados, alcançando cerca de 17 mil hectares (Baracuh, 1980), concentrados principalmente na região Sul do Brasil. Entretanto, sua continuidade foi comprometida principalmente por problemas fitossanitários, plantio de cultivares suscetíveis à sarna (principal doença fúngica da cultura), utilização de mudas de baixa qualidade, falta de preparo adequado do solo, ausência de sistema de irrigação, e falta de informações técnicas e de trabalhos de pesquisas que respaldassem os desafios de seu cultivo e manejo em solos e climas brasileiros (Raseira, 1990; Fronza; Hamann, 2016; Bilharva et al., 2018).

Desde o ano 2000, impulsionados pelo mercado promissor, diversos empreendimentos vêm ocorrendo, promovendo a expansão do cultivo e ampliação da cadeia produtiva da pecã. Atualmente, a experiência do passado ainda tem ocasionado reflexos em diversas instâncias da cadeia produtiva. A mobilização dos produtores, de entidades e de instituições de ensino e pesquisa tem promovido um movimento que busca, conjuntamente, nas articulações de políticas públicas, o apoio na geração de informações técnicas, a formação de profissionais e a capacitação de produtores, de modo a suprir as carências no cultivo, na produção e processamento.

Área cultivada e produção

Os pomares de noqueira-pecã que estão sendo implantados e conduzidos de forma mais expressiva estão na região Sul do Brasil. Contudo, também existem áreas de cultivo sendo exploradas comercialmente em São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Mato Grosso do Sul. As principais áreas de cultivo concentram-se nos estados do Rio Grande do Sul (RS), principal produtor, seguido de Santa Catarina e Paraná (Figura 1).

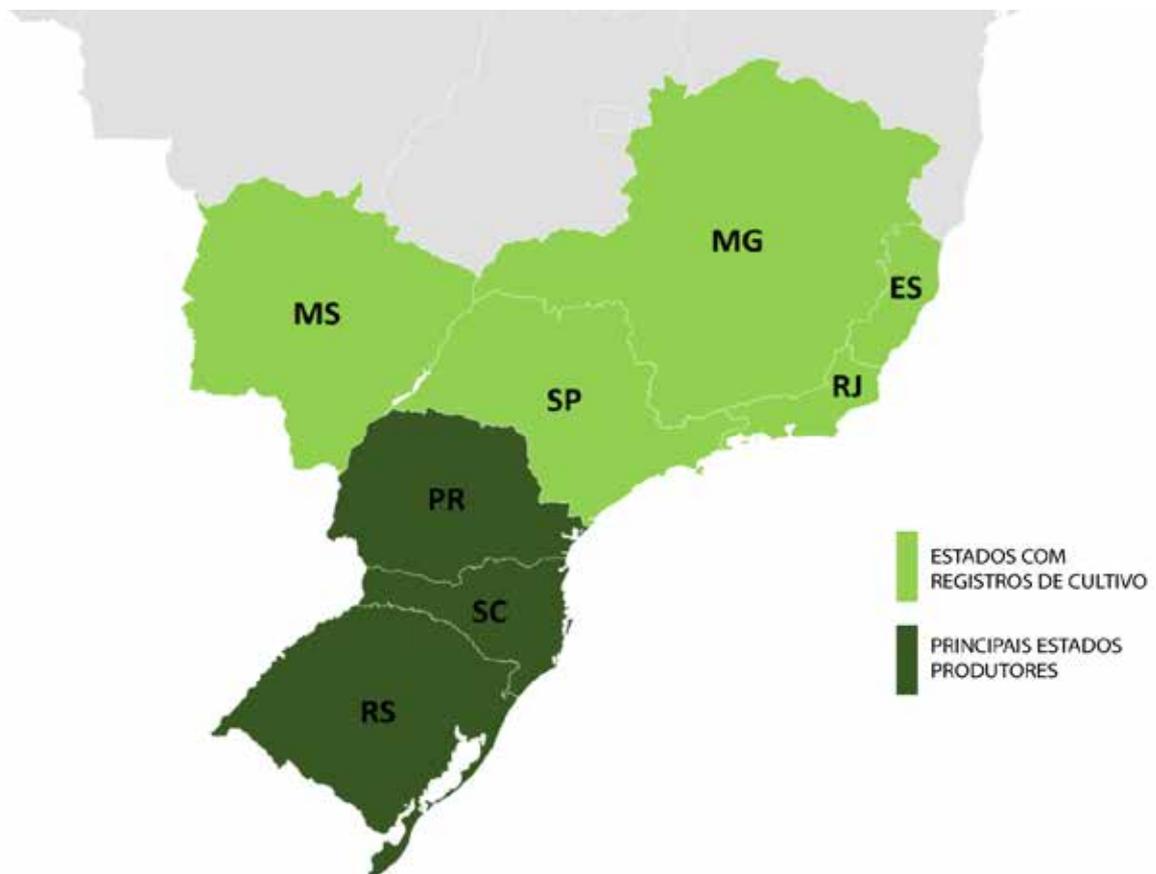


Figura 1. Principais estados brasileiros que cultivam noqueira-pecã: Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC) e Paraná (PR). Estados onde também há registros de cultivos de noqueira-pecã: Mato Grosso do Sul (MS), São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), Rio de Janeiro (RJ) e Espírito Santo (ES).

Fonte: adaptado de Martins et al. (2018).

A pecanicultura brasileira vem se consolidando ao longo dos anos como uma área da fruticultura estratégica no cenário nacional. Em meados do ano 2000, a área cultivada era próxima de mil hectares, alcançando em 2010 aproximadamente 3 mil hectares (Bilharva et al., 2018; Martins et al., 2018). Embora, não se tenha dados oficiais fundamentados, estima-se que atualmente haja ao redor de 8-12 mil hectares de noqueira-pecã plantados no País (Figura 2). Notoriamente, a grande maioria desses pomares são constituídos de árvores novas, com potencial produtivo nos próximos anos. Embora as informações estatísticas sejam contraditórias, uma forma de se estimar o crescimento do setor talvez seja pela comercialização de mudas. Somente em quatro anos (2017-2020) foram comercializadas 760 mil mudas pelos cinco principais viveiristas do setor, localizados no estado do RS (Figura 3). Considerando-se que, em média, empregam-se 100 mudas por hectare, pressupõe-se que mais de 4 mil hectares tenham sido implantados nos últimos três anos. Nesse cenário – e com as perspectivas de novos empreendimentos – a tendência é alcançar 25 mil hectares de noqueira-pecã até o ano de 2030 em todo o Brasil.

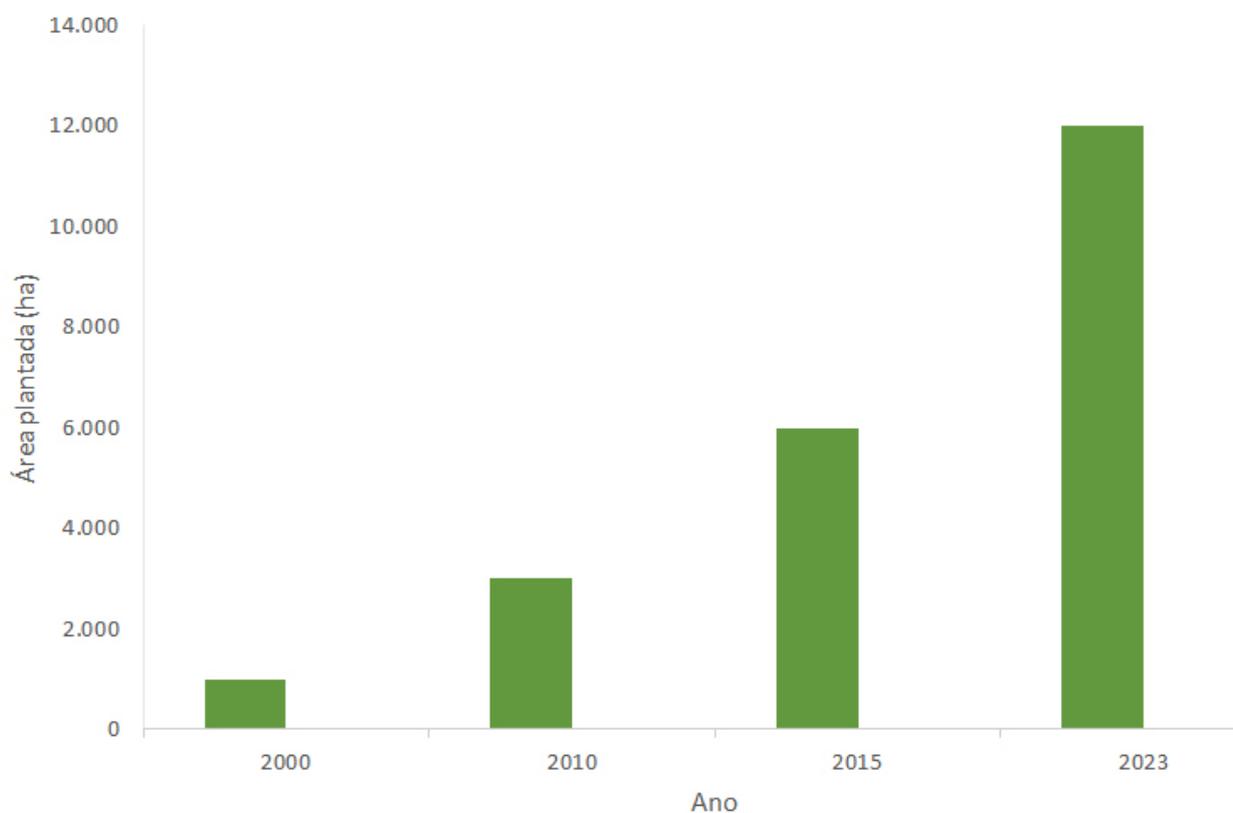


Figura 2. Área cultivada com noqueira-pecã no Brasil de 2000 a 2023.

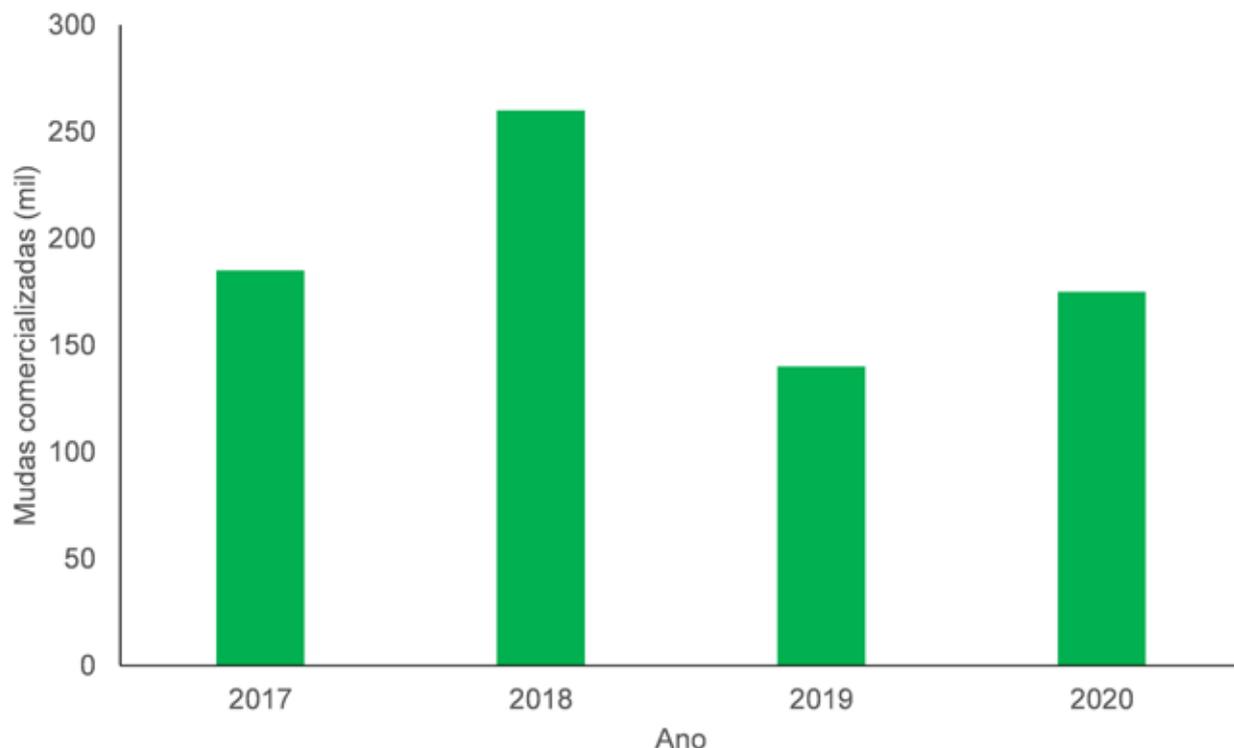


Figura 3. Número estimado de mudas de nogueira-pecã comercializadas pelos cinco viveiristas com registro no Pró-Pecã, Brasil, de 2017 a 2020.

Por consequência do aumento da área plantada, da incorporação tecnológica e da melhoria do manejo dos pomares, aliados à entrada em produção de pomares jovens, a produção de pecã, mesmo com uma flutuação cíclica, vem evoluindo nos últimos anos (Figura 4). Na safra de 2020/2021, a produção de pecã no Brasil foi a maior na série histórica, alcançando aproximadamente 5 mil toneladas (INC, 2020). No entanto, em 2022, que foi um ano *off*, atingiu-se algo próximo de 3 mil toneladas.

Como ocorre no mundo inteiro, a produção de pecã apresenta uma flutuação cíclica de uma safra para outra (Figura 4). O que ocorre com as nogueiras-pecãs, assim como em outras frutíferas, é conhecido como alternância de produção (Wood et al., 2004). Há pomares que reduzem aproximadamente 80% a produção em relação ao ano anterior. A alternância de produção configura um grande desafio a ser superado ou reduzido no Sul do Brasil, sendo necessário o desenvolvimento de ações de pesquisas visando estabelecer os procedimentos adequados às condições edafoclimáticas brasileiras.

Embora a produção alcançada esteja condicionada ao nível tecnológico empregado no sistema de produção, a produtividade média brasileira ainda está bem abaixo do seu potencial. Alguns autores (Brilharva et al., 2018; Fronza et al., 2018) estimam que a produtividade média brasileira esteja entre 500 kg/ha e 1.000 kg/ha. Isso é muito abaixo do potencial, considerando-se que é possível encontrar produtividades significativamente maiores em pomares com maior nível tecnológico. Mesmo com a expansão da noz-pecã no Brasil, a baixa produtividade dos pomares, principalmente dos implantados nas últimas décadas, tornou-se um impedimento para o aumento da produção e qualidade dos frutos. Em vários pomares de nogueira-pecã, a baixa produtividade está diretamente ligada ao fato de as plantas estarem na fase juvenil, o que significa que são improdutivas porque ainda não atingiram seu pico máximo de produção. Segundo Fronza e Hamann (2016), os pomares comerciais brasileiros implantados adequadamente – com tratamento e manejo adequados – têm potencial para produzir de 2.000 kg/ha a 3.000 kg/ha, quando adultos.

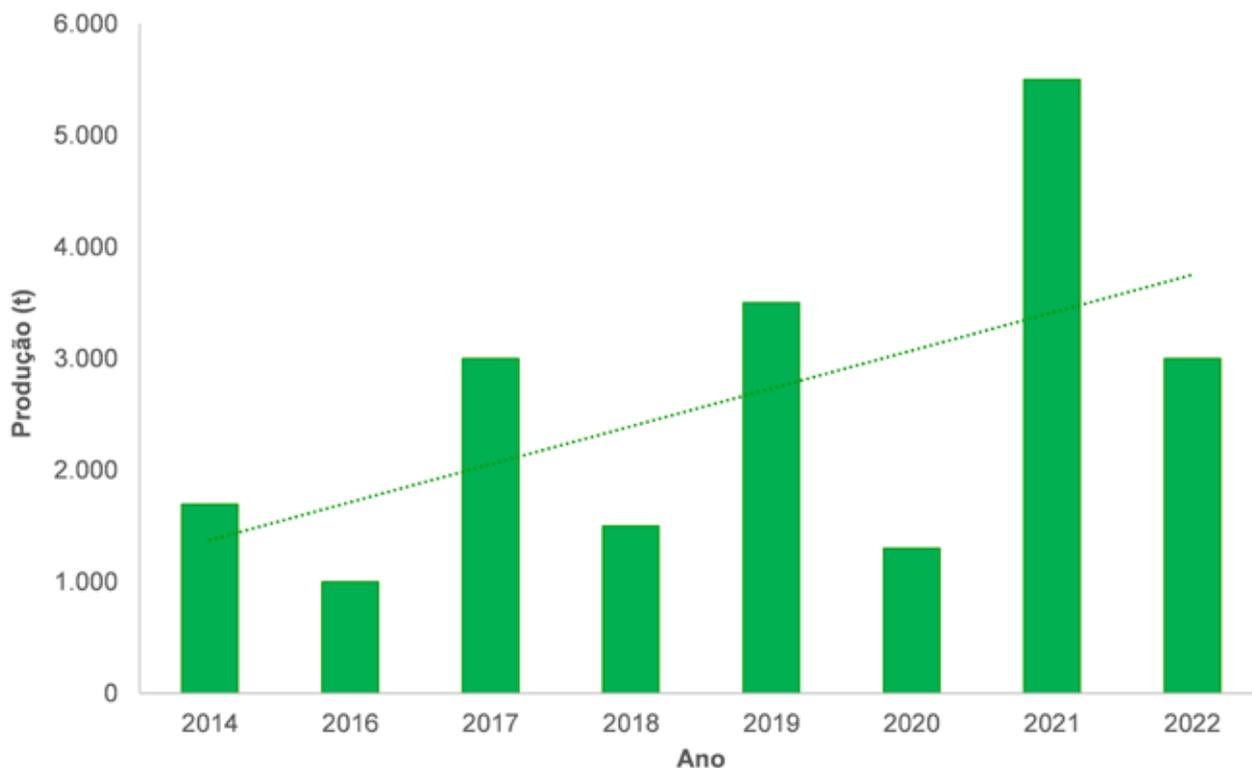


Figura 4. Produção brasileira de pecã de 2014 a 2022.

Cultivo na região Sul do Brasil

A noqueira-pecã é uma espécie arbórea, nativa de clima temperado do Hemisfério Norte. Devido a essa procedência, sua adaptação às condições ambientais de clima temperado, por vezes subtropicais de altitude, com presença de frio hibernal, condicionaram uma boa adaptação. Além dessa aclimatação, a tradição no cultivo de frutíferas caducifólias, com suas exigências de manejo e cuidados, proporcionaram a incorporação imediata da cultura às possibilidades de exploração na região Sul do Brasil.

A cadeia produtiva da noqueira-pecã vem se consolidando, não só pelo aumento de áreas de plantios, mas também pela crescente inserção de agricultores (pequenos, médios e grandes empreendimentos) e de empresas que fomentam a fabricação de equipamentos, pela assistência técnica especializada, pelo surgimento de pequenas agroindústrias e outras redes de incorporação e distribuição de alimentos. Soma-se a isso o apoio de entidades e instituições de caráter público, como a Embrapa, universidades, órgãos de assistência técnica e agências de fomento e promoção do empreendedorismo.

O Rio Grande do Sul se destaca no cultivo e na produção de pecã, com mais de 70% da área plantada no Brasil, seguido pelos estados de Santa Catarina e Paraná. Nesses estados, a cultura da noqueira-pecã vem sendo cultivada majoritariamente por agricultores de base familiar, que, em média, possuem áreas de até 15 ha com a cultura (Brilharva et al., 2018). Incontestavelmente, a rentabilidade que a cultura oferece está no centro da adesão dos produtores, aliada à compatibilidade de sua exploração com outras atividades agrícolas. Apesar de ser cultivada em monocultivo, comumente são encontrados cultivos consorciados e integrados com tabaco, soja, milho, feijão, mandioca, hortaliças e/ou em sistemas silvipastoris para produção de leite e carne (Martins et al., 2018).

A cultura da noqueira-pecã vem se expandindo significativamente nos últimos anos no RS. A área no estado passou de 930 ha, em 2000, para aproximadamente 7 mil hectares, em 2022 (Pró-Pecã, 2020; Rio Grande do Sul, 2022). De acordo com as informações do programa Pró-Pecã, do total da área plantada no estado, mais de 5 mil hectares já estão em plena produção. Atualmente, a noqueira-pecã está sendo cultivada comercialmente em mais de 148 municípios do RS, ou seja, cerca de 30% dos municípios (Figura 5), envolvendo mais de 1 mil produtores. O estado também se destaca pela presença das principais agroindústrias que beneficiam e comercializam pecã no Brasil, pelos viveiros especializados na produção de mudas de diferentes cultivares, pela presença de empresas destinadas à fabricação de máquinas e equipamentos, e pela formação de profissionais capacitados e especializados no cultivo e manejo da cultura.

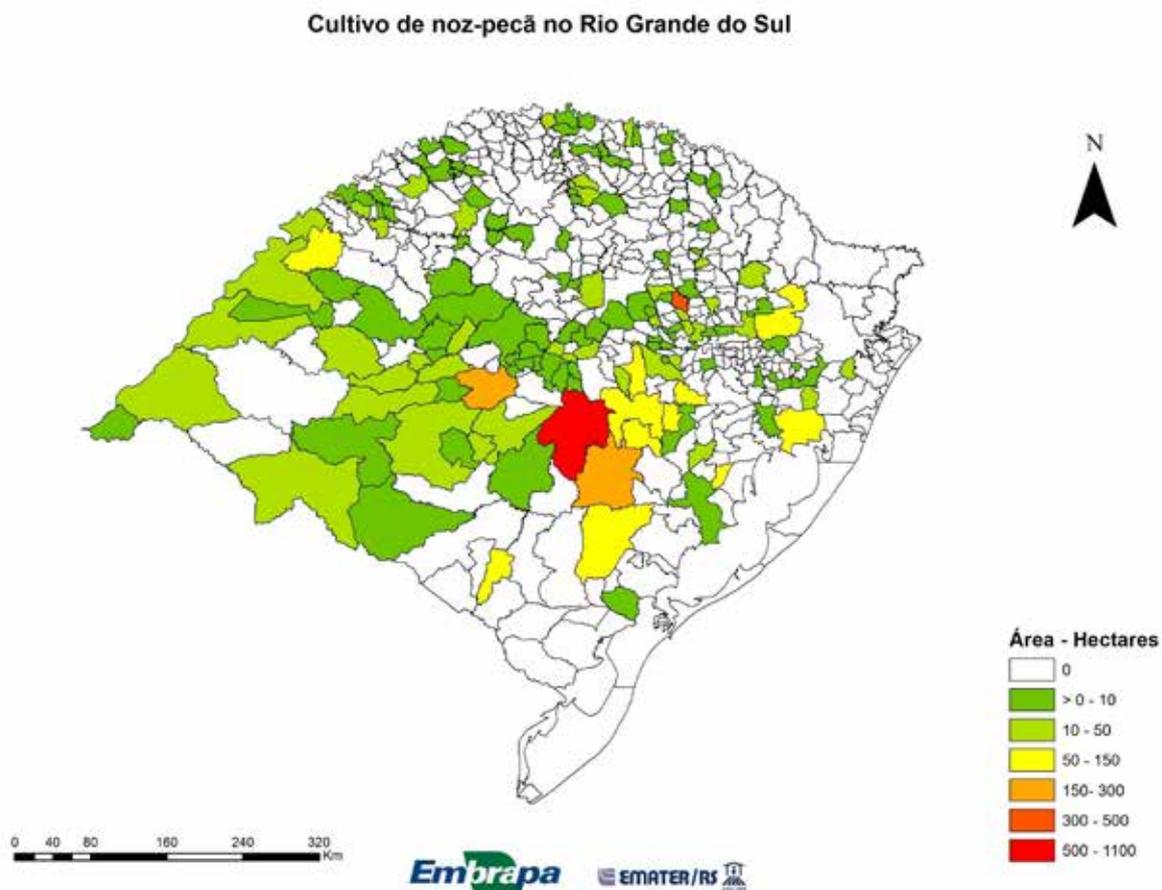


Figura 5. Municípios do Rio Grande do Sul que cultivam noqueira-pecã em pomares comerciais, considerando-se dados do levantamento da Emater – RS em 2017.

Ilustração: José Maria Fillippini Alba.

A pecanicultura está presente em vários municípios do RS, embora a maior concentração de pomares esteja na Depressão Central e no Vale do Taquari. Os principais polos de produção e industrialização encontram-se nos municípios de Anta Gorda e Cachoeira do Sul. Ambos os municípios são considerados pioneiros no cultivo dessa frutífera, Anta Gorda com maior número de produtores, e Cachoeira do Sul, com os maiores pomares. Além desses, destacam-se os municípios da região centro-sul do estado, como Santa Maria, Minas do Leão, Sentinela do Sul, Canguçu, Rio Pardo e General Câmara.

No estado de Santa Catarina (SC), a área de cultivo comercial está presente em 63 municípios, cerca de 21% dos municípios do estado. Embora o ritmo de crescimento seja menor que no RS, produtores vêm investindo na formação de pomares. Estima-se que já ocupem mais de 500 ha com a cultura (Figura 6). Destacam-se os municípios da região oeste, com cultivos mais antigos, e do Alto Vale do Itajaí, com plantios mais novos. Na região oeste de SC, apesar de também existirem novos investimentos, a maioria são integrados à pecuária na produção de leite e suínos, com uma área aproximada de 180 ha em 80 propriedades familiares. No Alto Vale do Itajaí, existem mais de 130 ha implantados desde ano de 2007, distribuídos em mais de 50 propriedades em 17 municípios da região (Freitas, 2019).

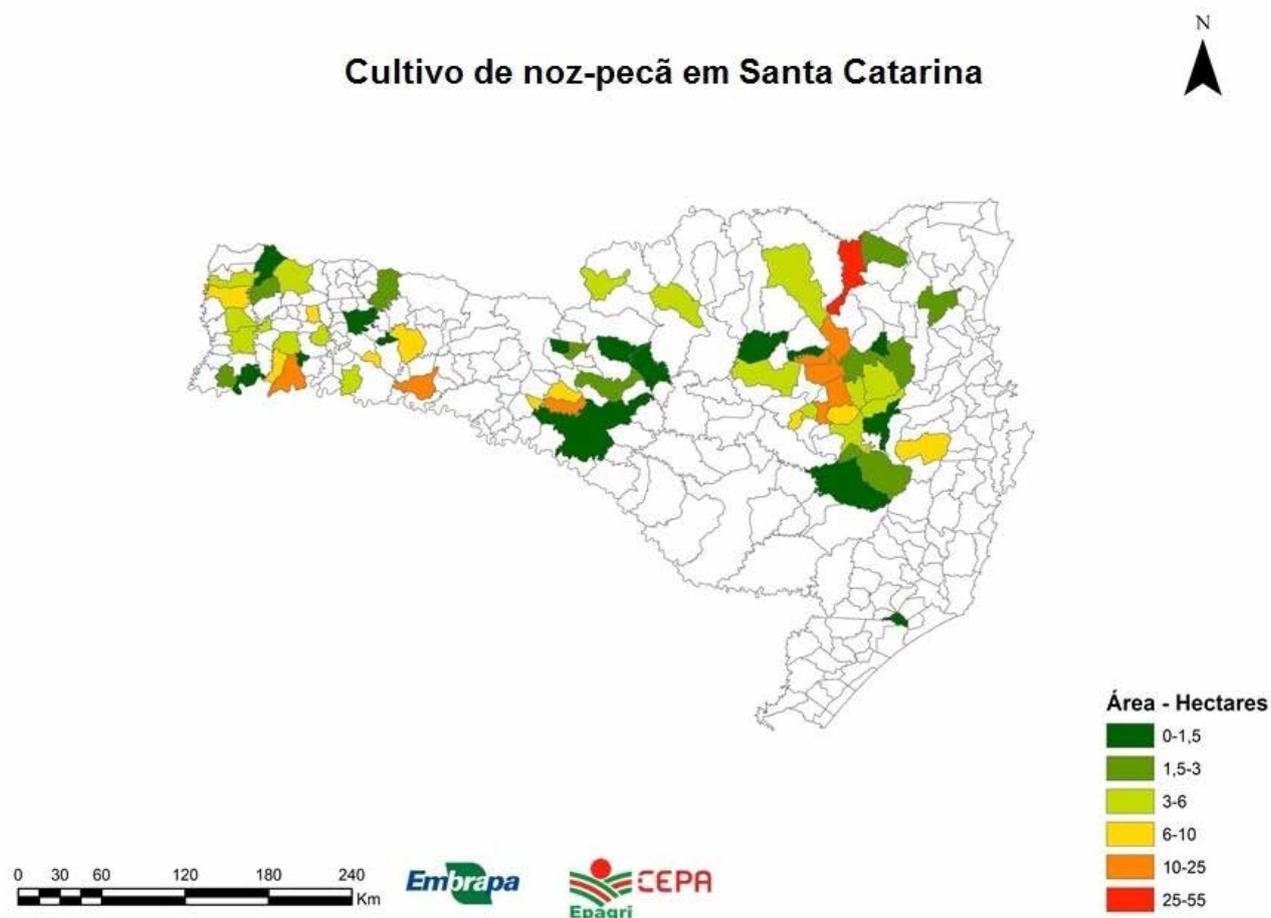


Figura 6. Municípios de Santa Catarina que cultivam nozeira-pecã em pomares comerciais, considerando-se dados do levantamento da Epagri em 2018.

Ilustração: por José Maria Fillippini Alba.

A exemplo dos demais estados da região Sul, o cultivo de nozeira-pecã no Paraná também está presente, com área aproximada de 300 ha. Alguns produtores de descendência japonesa foram pioneiros, juntamente com produtores do RS, no cultivo da frutífera no século passado. Atualmente, os pomares conduzidos de forma comercial estão distribuídos em 63 municípios, cerca de 16% dos municípios do estado, com destaque para maior número de municípios na região sudoeste-oeste do Paraná (Figura 7).

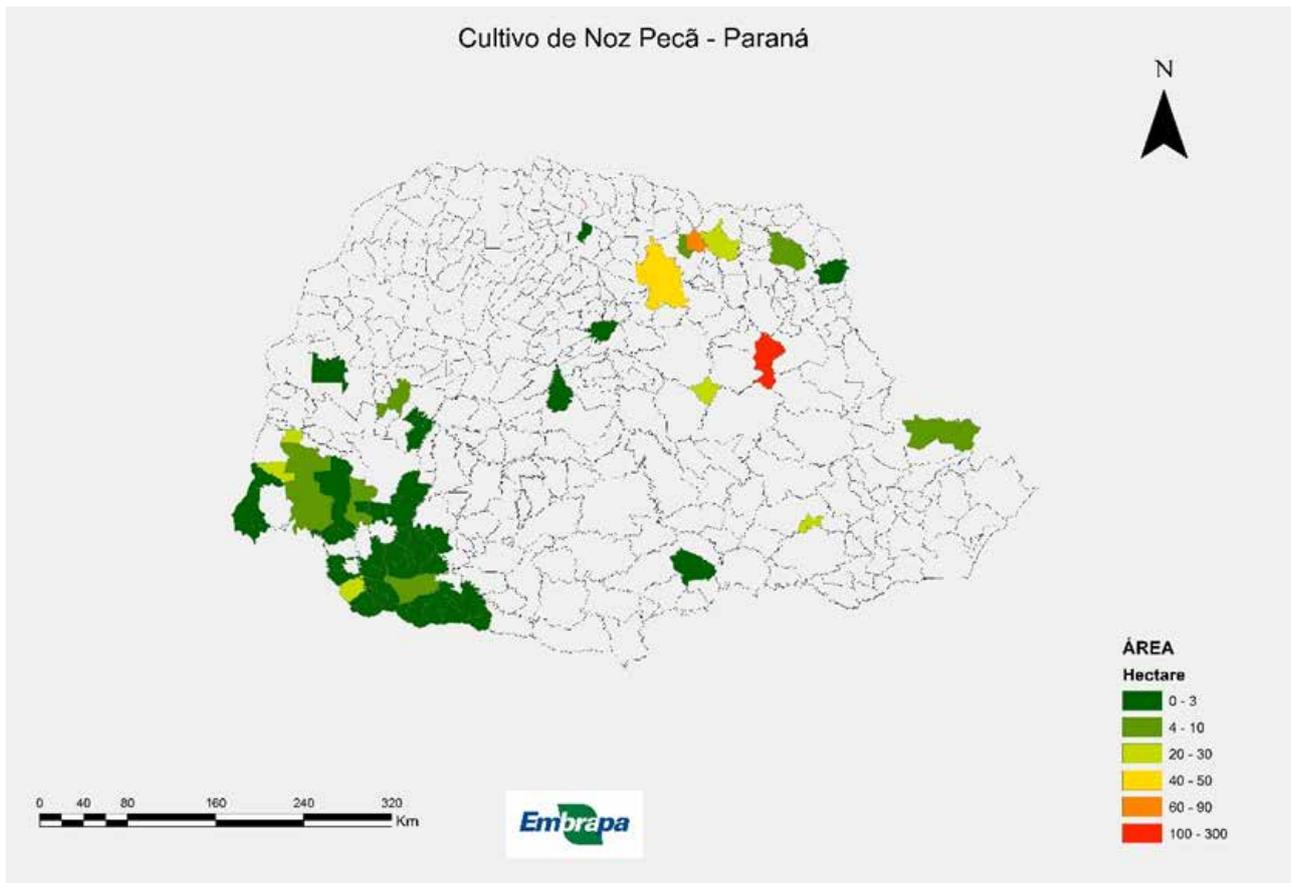


Figura 7. Municípios do Paraná que cultivam nozeira-pecã em pomares comerciais, considerando dados do levantamento da Seab/Deral-PR em 2017.

Ilustração: José Maria Fillippini Alba.

Valorização da pecã

No Brasil, o interesse por essa frutífera vem crescendo acentuadamente pela boa valorização do preço pago pelo fruto. A produção brasileira de pecã é insuficiente para abastecer o mercado interno, sendo necessário realizar a importação de outros países. Essa indisponibilidade acarreta o uso de frutos de menor qualidade para atender a demanda do mercado. Existe uma tendência, considerando-se o mercado internacional, de o preço da pecã oscilar ao redor dos US\$ 3,5 a 4,0 por quilo ao produtor. Embora a questão da qualidade do produto ainda seja tratada de forma superficial, e ocorra volatilidade dos preços, num futuro breve, os valores de comercialização estarão atrelados à capacidade de exportação e, principalmente, à qualidade das frutas. Entretanto, com base em informações dos maiores processadores de frutas do RS, observa-se, na Figura 8, que apesar do valor médio do quilo de pecã com casca, em reais, apresentar uma flutuação nos últimos anos, o preço da pecã em dólares tem se mantido ao redor de US\$ 4 por quilo.

Com a entrada em produção dos novos pomares e com maior nível tecnológico empregado na produção, certamente a competitividade entre os produtores será fortemente estabelecida. Indubitavelmente, em curto espaço de tempo, um condicionante à comercialização e obtenção de melhores valores pagos pela fruta será a sua qualidade.

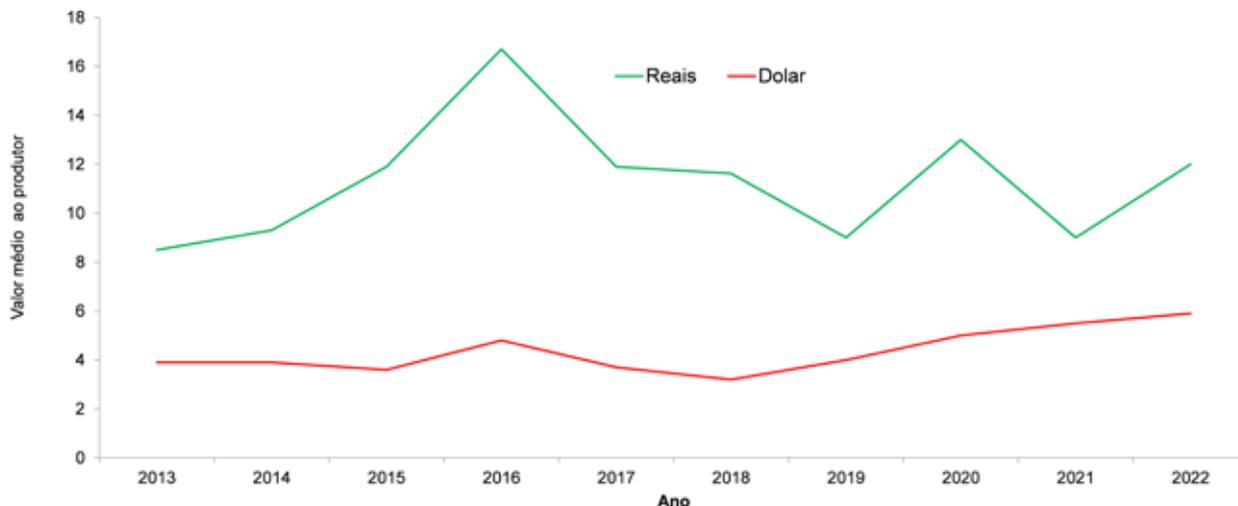


Figura 8. Preço médio pago por quilograma de pecã com casca ao produtor brasileiro, no período de 2013 a 2022.

Sistemas de cultivo

A maioria dos pomares de noqueira-pecã na região Sul do Brasil são implantados e manejados em propriedades de agricultura familiar (Martins et al., 2018). É comum encontrar árvores com mais de 40 anos de idade compondo os quintais e pomares, e integrando os arredores de casas e galpões, fornecendo, além das nozes, sombra e embelezamento paisagístico. Também é possível encontrar pomares nas mais diversas dimensões, desde pequena escala, 1 ha a 4 ha, a pomares com mais 700 ha, com diferentes níveis de produtividade, de 500 kg/ha a 4.000 kg/ha.

Os sistemas de cultivo das noqueiras-pecãs empregado pela grande maioria dos produtores são pomares conduzidos com os procedimentos convencionais de produção. Poucas iniciativas adotam a produção orgânica como forma de cultivar os pomares. No entanto, há uma diversidade de estratégias de cultivo e manejo dos pomares (Figura 9), que podem ser desde o sistema de monocultivo frutícola, em consorciação com culturas anuais, animais, em integração lavoura-pecuária-frutíferas (ILPFruti) até sistemas mais diversificados, como pomares conduzidos em agrofloresta. Embora em menor escala, alguns pomares são utilizados também de forma semiextrativista, com menor produção e qualidade.



Figura 9. Sistemas de cultivos adotados para a cultura da noqueira-pecã nas regiões produtoras brasileiras.

Ilustração: Carlos Roberto Martins

Dentre esses sistemas adotados, podem ser encontrados pomares caseiros, em processo de renovação, produtivos com mais de 40 anos e novos pomares. A seguir, são descritas as características desses pomares de pecã:

a) Noqueira-pecã em pomares caseiros

O plantio de noqueira-pecã ocorre nos arredores de casas e benfeitorias rurais, como galpões, aviários, curral, açudes, entre outros (Figura 10). Há um histórico afetivo em relação ao plantio dessas árvores, que, além de produzir as nozes, desempenham papel de embelezamento da paisagem e de conforto ambiental para a família e animais da propriedade rural. A noqueira-pecã é considerada pelos produtores como boa opção de diversificação para as propriedades agrícolas, pois, além de rentável, contribui para melhorar a qualidade da alimentação da família, com utilização da fruta in natura e industrializada (Martins et al., 2018). A produção excedente é comercializada em feiras locais, padarias, confeitarias ou diretamente aos consumidores, tornando-se fonte de renda extra para a família. Normalmente, são pomares de pé-franco e sem adoção de práticas culturais e/ou tecnológicas.

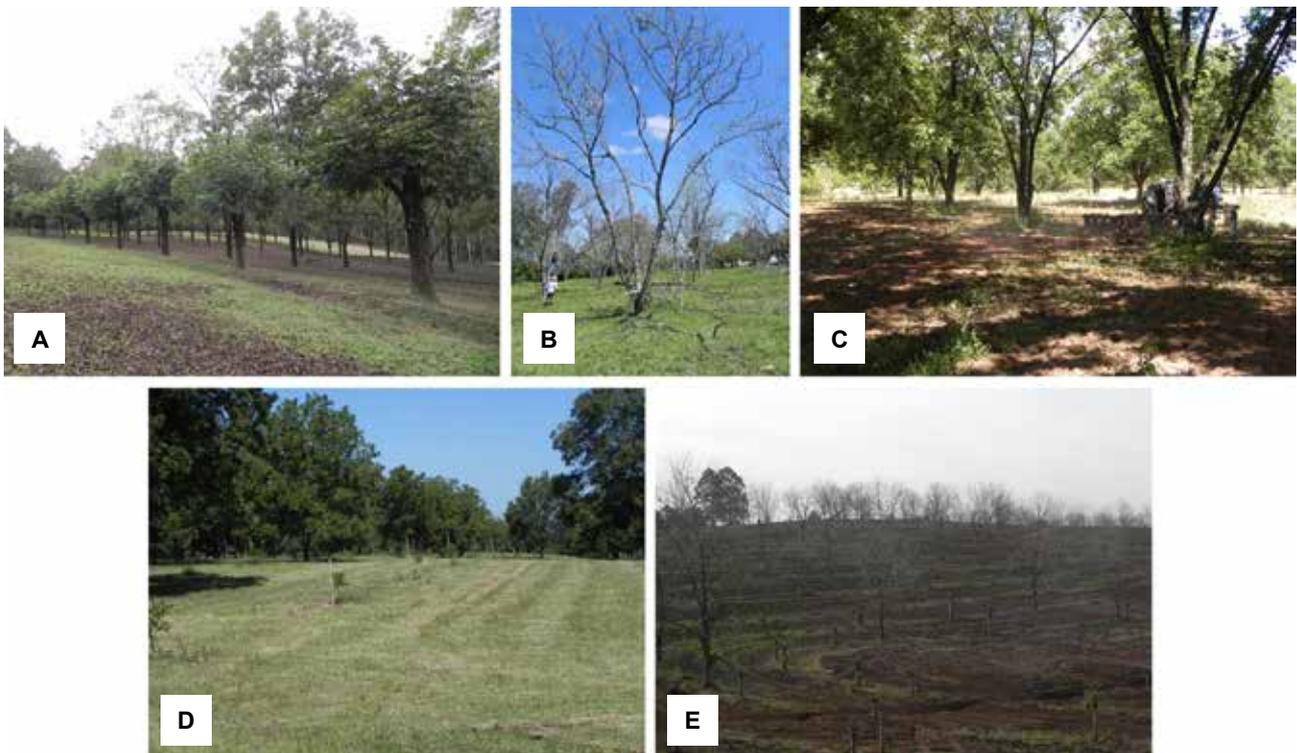


Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 10. Pomares caseiros de nogueira-pecã: próximo a galpões (A); embelezando jardins (B); próximo a residências para conforto ambiental (C).

b) Nogueira-pecã em pomares em processo de renovação

Esse tipo de pomar se caracteriza pelo período de implantação das nogueiras ter ocorrido entre 1940 a 1980, sendo conhecido como o primeiro ciclo de cultivo, tendo recebido incentivos fiscais ao seu plantio no Brasil. Esses pomares logo foram abandonados, mas alguns seguem sendo explorados em regime de semiextrativismo. A partir dos anos 2000, iniciou-se um processo de renovação, alicerçado nas perspectivas e demanda por pecã. Esse processo vem acontecendo mediante o emprego de técnicas que visam revitalizar as árvores, baseadas essencialmente na adubação via solo e foliar, poda das plantas, desbaste de plantas improdutivas, substituição de copa, sobre-enxertia e, até mesmo, implantação de novas árvores e cultivares (Figura 11).



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 11. Pomares de nogueiras-pecã em processo de renovação: por sobre-enxertia (A), poda (B), adubação do solo (C), implantação de novas cultivares (D) e substituição de copa (E).

c) Nogueira-pecã em pomares produtivos com mais de 40 anos

São os pomares pioneiros, implantados no primeiro ciclo de cultivo, sendo conduzidos e manejados com as informações disponíveis na época. Muitos pomares são constituídos de uma mistura de cultivares, alguns sem a identificação, com problemas de condução e com reflexos produtivos advindos da má implantação. Apesar disso, esses pomares vêm sendo conduzidos e mantidos em produção, alguns deles seguem com atividades e integração com a pecuária (Figura 12).

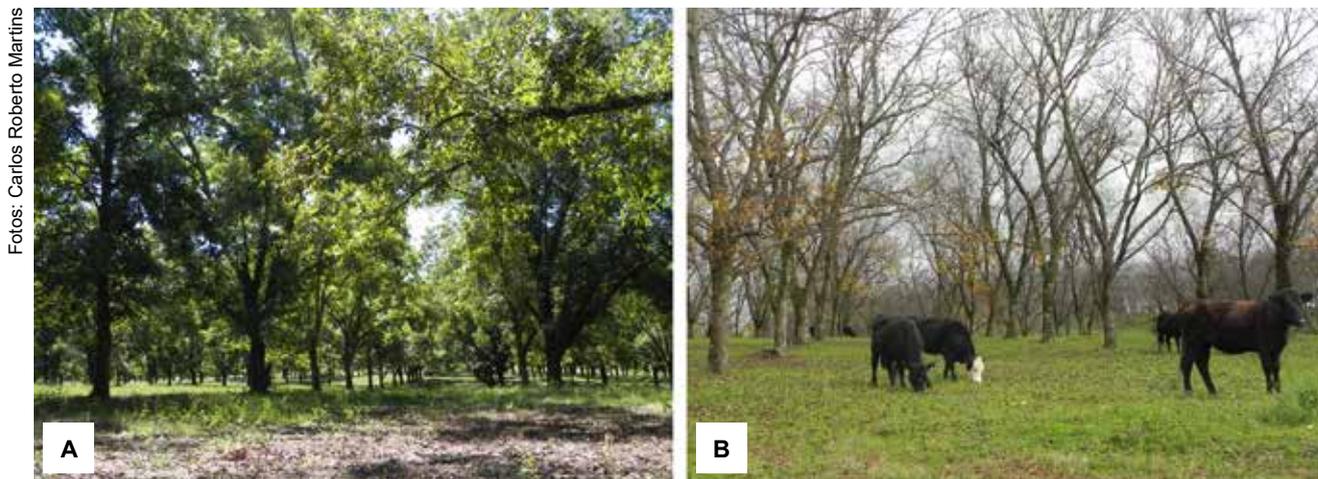


Figura 12. Pomares de noqueira-pecã com mais de 40 anos: em produção no verão (A); e em integrado com a pecuária no inverno (B).

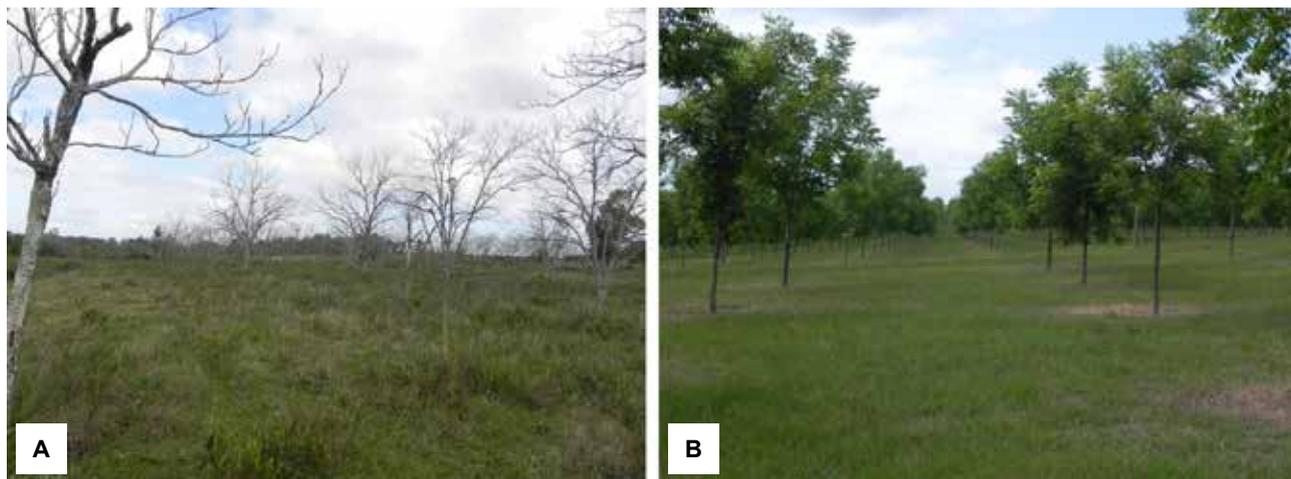
d) Nogueira-pecã em pomares novos

São os pomares implantados a partir do novo ciclo de cultivo, implantados desde início de 2000. Nesses pomares se encontra uma nova realidade de cultivo e de produção de pecãs. Há pomares jovens, recém-implantados e outros entrando em plena produção, com 10-15 anos (Figura 13). São pomares manejados e cultivados com informações e experiências daqueles cultivos mais antigos, adquiridas ao longo do tempo, aliadas aos estudos científicos que avançam no conhecimento e na adaptação da frutífera à realidade brasileira.



Figura 13. Pomares jovens de noqueira-pecã: com 6 anos de implantação (A); e com 10 anos de implantação (B).

Esses pomares se caracterizam pelo emprego de tecnologias sobre aspectos preponderantes de implantação, adubação corretiva do solo e utilização de mudas de maior qualidade genético-fitossanitária. Tipificam, ainda, o emprego de novas combinações de cultivares, algumas introduzidas mais recentemente, e a consciência acerca da necessidade de sincronização na polinização das nogueiras. Os pomares estão cada vez mais planejados quanto à integração e o consórcio de culturas/animais, ao emprego de adubação por análise do solo e foliar, poda e condução, e sistema de irrigação. Em geral, são pomares com maior potencial produtivo e qualitativo do que os dos demais sistemas, conforme pode ser observado na Figura 14.



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 14. Pomares de nogueira-pecã: pomar implantado sem planejamento e manejo adequados (A); pomar planejado, com uniformidade e condução adequada das plantas (B).

Políticas públicas e articulação institucional

Nos últimos anos, a organização da cadeia produtiva da nogueira-pecã tem se intensificado em vários segmentos. Cabe destacar, inicialmente, o processo de recondução das atividades de pesquisa sobre a cultura da nogueira-pecã na Embrapa Clima Temperado. No século passado, houve trabalhos de pesquisa, porém, assim como o cultivo dos pomares, as ações sofreram desestímulo e cessaram. Recentemente, a pesquisa foi retomada, mais precisamente a partir de 2014, com articulação de um grupo de pesquisadores que institucionalizaram o primeiro projeto nacional com a cultura da nogueira-pecã, intitulado Bases para a Produção Sustentável de Noz-Pecã no Brasil. Esse projeto procura mobilizar e articular uma equipe com o objetivo de promover o desenvolvimento, a construção e o intercâmbio de conhecimentos sobre a produção de pecã, buscando gerar novos conhecimentos científicos e, sobretudo, disponibilizar informações técnicas fundamentais ao desenvolvimento da cadeia produtiva da nogueira-pecã no Brasil.

A Embrapa Clima Temperado mobilizou-se junto à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater/RS), Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro/RS), produtores, viveiristas, agroindústrias, empresas de setor de equipamentos, agências bancárias e de financiamentos, entre outros, os quais, conjuntamente, articularam-se junto ao governo do Rio Grande do Sul, por meio da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação, na época Seapi, para a criação do Programa Estadual do Desenvolvimento da Pecanicultura (Pró-Pecã) e da Câmara Setorial da Pecã (Figura 15).

O Decreto Estadual nº 53.549, de 25 de maio de 2017, institui o Programa Estadual de Desenvolvimento da Pecanicultura (Pró-Pecã),

“com o propósito de incentivar, fomentar e de coordenar ações com vistas à expansão da produção de pecã e beneficiamento por meio de agroindústrias no estado do Rio Grande do Sul” (Art. 1º).

De acordo com o Decreto Estadual nº 53.550, de 25 de maio de 2017, cria-se a Câmara Setorial da Pecã, da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação do Estado do Rio Grande do Sul,

“com o propósito de aumentar a competitividade, traçar linhas harmônicas que desenvolvam toda a cadeia produtiva no que se refere à pecã e seus derivados, bem como estabelecer relações entre administração pública estadual e agricultores, trabalhadores, produtores, fornecedores, consumidores e empresários” (Art. 1º; Parágrafo único).” (Pró-pecã, 2020).

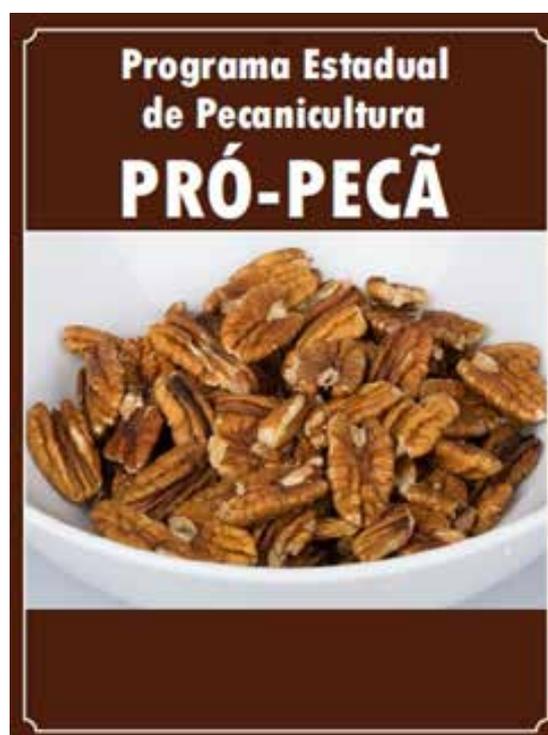


Figura 15. Cartaz de divulgação do Programa Estadual do Desenvolvimento da Pecanicultura no Rio Grande do Sul (Pró-Pecã).

Fonte: adaptado de Pró-Pecã (2020).

Essa articulação e o incentivo governamental proporcionaram ao setor maior visibilidade e conectividade entre os elos produtivos e, principalmente, espaço para buscar soluções para os problemas e oportunidades de forma conjunta. Essa união resultou na Criação do Instituto Brasileiro da Pecanicultura (IBPecan) em 2018. Soma-se a isso a criação, no mesmo ano, da Associação Brasileira de Nozes, Castanhas e Frutas Secas (ABNC), com sede na Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), em São Paulo.

Outro movimento importante foi obtido em 2018 e 2019, quando, de forma inédita, foram realizados em território brasileiro o I e II *Simpósio Sul-americano de pecã*, permitindo um espaço notório de compartilhamento da área técnica e científica entre os profissionais de diversas instituições, como o Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária (Inta) da Argentina, Instituto Nacional de Investigación do Uruguai (Inia/Uruguay),

Instituto de Investigaciones Agropecuarias do Chile (Inia/Chile) e pesquisadores renomados de instituições de ensino e pesquisa do México e Estados Unidos. Outro fato relevante foi a inclusão da noqueira-pecã ao grupo de culturas conhecidas como *minor crops*, partir de 2018, legalmente regulamentadas no arcabouço da legislação brasileira como Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI). Esse reconhecimento decorre da importância estratégica que a cultura da noqueira-pecã representa para a agricultura brasileira. Nesse contexto, em 31 de outubro de 2018, o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), alterou o Anexo I da Instrução Normativa Conjunta nº 1, de 16 de junho de 2014, em que consta a noqueira-pecã no grupo com casca não comestível.

Considerações finais

A noqueira-pecã é uma frutífera em expansão em termos de área e de produção no Brasil. A produção brasileira está evoluindo para reconhecimento mundial como polo de produção de pecã, principalmente pela colheita das nozes ocorrer na entressafra dos principais países produtores, Estados Unidos e México. Essa condição eleva a possibilidade de se atender mercados fora da época competitiva com esses grandes centros de produção.

A implantação de novos pomares, somados aos existentes, poderá colocar o Brasil como um potencial fornecedor da demanda global desse produto. As perspectivas para o futuro sugerem uma lacuna ainda maior entre oferta e demanda. Por isso, o Brasil poderá ser considerado fornecedor de pecã no curto e médio prazo. Isso sem ignorar o enorme potencial consumo interno brasileiro.

Atualmente, constata-se que a produtividade dos pomares vem aumentando, embora muito abaixo de sua potencialidade. As causas que geram a diferença entre o status presente e o potencial se devem a vários fatores. A falta de tecnologias mais apropriadas às condições de clima e solo brasileiro impera como fator primordial de avanço científico e tecnológico.

O investimento em pesquisa no setor da pecanicultura será necessário ao desenvolvimento de tecnologias adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras, para aumentar a produtividade e garantir estabilidade produtiva e consolidação da pecã como opção no agronegócio brasileiro.

Referências

- BARACUHY, J. B. C. **Determinação do período de floração e viabilidade do pólen de diferentes cultivares de noqueira-pecã *Carya illinoensis* (WANG) K. KOCH.** 1980. 53 f. Dissertação (Mestrado em Fruticultura de Clima Temperado) - Universidade Federal de Pelotas.
- BILHARVA, M. G.; MARTINS, C. R.; HAMANN, J. J.; FRONZA, D.; MARCO, R. D.; MALGARIM, M. B. Pecan: from Research to the Brazilian Reality. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1-16, 2018.
- FREITAS, C. A. O retorno da noqueira-pecã. **Agropecuária Catarinense**, v. 32, n. 3, p. 27-31, 2019.
- FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Técnicas para o cultivo da noqueira-pecã.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2016. 424 p.
- FRONZA, D.; HAMANN, J. J.; BOTH, V.; ANESE, R. D. O.; MEYER, E. A. Pecan cultivation: general aspects. **Ciência Rural**, v. 48, n. 2, 2018.
- INC (International Nut and Dried Fruit Council Foundation). **Nuts and Dried Fruits Global Statistical Review 2018/2019.** Disponível em: <https://www.nutfruit.org/>. Acesso em: 3 mar. 2020.
- HUANG, Y.; XIAO, L.; ZHANG, Z.; ZHANG, R.; WANG, Z.; HUANG, C.; SHEN, C. The genomes of pecan and Chinese hickory provide insights into *Carya* evolution and nut nutrition. **GigaScience**, v. 8, n. 5, p. giz036, 2019.
- MARTINS, C.; CONTE, A.; FRONZA, D.; FILIPPINI ALBA, J. M.; HAMANN, J.; BILHARVA, M.; REIS, T. **Situação e perspectiva da noqueira-pecã no Brasil.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 31 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 462).
- NAKASU, B. H.; RASEIRA, A. **Tratamento fitossanitário para noqueira pecã.** Pelotas: EMBRAPA-UEPAE de Cascata, 1981. 2 p. (EMBRAPA-UEPAE de Cascata. Comunicado Técnico, 13).

PRÓ-PECÃ. **Nota Técnica 2020**: noz pecã no RS. Disponível em <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202003/09152147-nota-tecnica-noz-peca-2020.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2022.

RASEIRA, A. **A cultura da noqueira pecã (*Carya illinoensis*)**. Pelotas: EMBRAPA-CNPFT, 1990. 3 p. (EMBRAPA-CNPFT. Comunicado Técnico, 63). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/743219>. Acesso em: 02 fev. 2023.

WOOD, B. W.; CONNER, P. J.; WORLEY, R. E. Insight into alternate bearing of pecan. **Acta Horticulturae**, 2004, v. 636, p. 617-629.

Capítulo 3

Pecã na Argentina

Enrique Alberto Frusso

Introdução

Na Argentina, a pecã foi introduzida no século XIX por meio de sementes trazidas por imigrantes e, possivelmente, essa seja a origem de algumas árvores centenárias que se encontram em fazendas das províncias de Buenos Aires, Entre Ríos e outras. Por outro lado, no Complexo de Pesquisa Castelar, onde atualmente está instalado o Centro de Pesquisa Agropecuária do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (Inta), há exemplares majestosos com mais de 55 anos. A Argentina possui ótimas condições agroecológicas para a produção de pecã de alta qualidade. Como a maior produção e consumo se concentram no Hemisfério Norte (Estados Unidos e México), a oferta fora de temporada é altamente valorizada para atender a demanda dos mercados consumidores.

O cultivo comercial da pecã no país tem crescido exponencialmente nos últimos anos. No triênio 2020-2022, foi alcançada uma taxa de implantação de 1,5 mil hectares por ano, distribuída na região Nordeste, Noroeste e, em menor medida, na região Centro-Sul do Argentina. Estima-se que atualmente sejam cultivados mais de 8 mil hectares de noqueira-pecã, a maior parte dos pomares com idades entre 1 e 5 anos (Figura 1) e médias de 6 a 12 anos, com produções ainda baixas ou médias. Uma das plantações mais antigas, com 25 anos de idade, está localizada em Suipacha, província de Buenos Aires (Figura 2).



Foto: Enrique Alberto Frusso

Figura 1. Nogueiras-pecãs com 4 anos de plantio em Trancas, Tucumán, Argentina.

Foto: Enrique Alberto Frusso



Figura 2. Nogueiras-pecãs: Pomar com 25 anos em Suipacha, Buenos Aires, Argentina.

As províncias de Entre Ríos e Buenos Aires concentram 64% da área plantada no país, com 6 mil ha, e 80% da produção, com 2,5 mil toneladas de pecã. Outras províncias que seguem, em ordem de importância, na área implantada são: Santa Fé, Corrientes e Catamarca (Figura 3). Os pomares são formados por mudas oriundas de diferentes locais de produção, empregando-se alta tecnologia de formação de mudas, conforme demonstra-se nas Figuras 4 e 5.

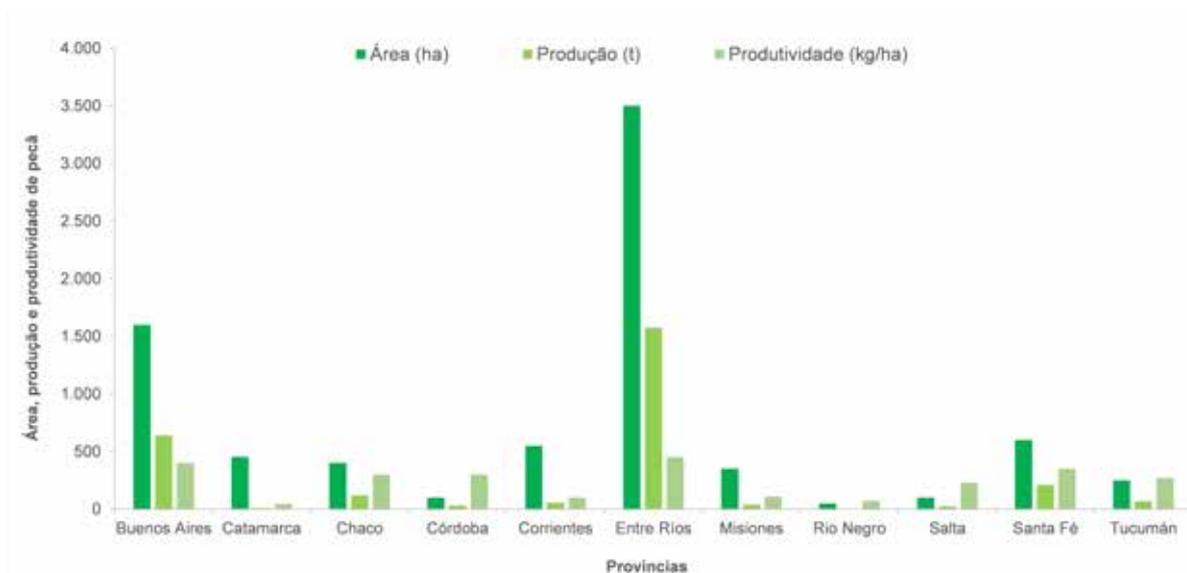


Figura 3. Área, produção e produtividade média de nogueira-pecã em pomares argentinos.



Foto: Enrique Alberto Frusso

Figura 4. Viveiro de nogueira-pecã, localizado em La Criolla, Concordia, Entre Ríos (Argentina).



Foto: Enrique Alberto Frusso

Figura 5. Viveiro de nogueira-pecã, localizado em Quebrada de Lules, Tucumán (Argentina).

Da mesma forma, existem atualmente vários projetos de pesquisa específicos no Inta. O Serviço Nacional de Saúde e Qualidade Agroalimentar (Senasa) e o Instituto Nacional de Sementes (Inase) autorizaram, em 2003, por meio de ações de um desses projetos, a entrada de material genético composto por ramos, com 1 ano de idade, de 29 cultivares, fornecido pelo Programa de Melhoramento de Nozes do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Essa introdução foi finalizada após quarentena realizada na Estação Experimental de Agropecuária do Delta do Paraná, do Inta, pelo período de 2 anos (Figura 6).

Foto: Enrique Alberto Frusso



Figura 6. Introdução de genótipos de noqueira-pecã na Argentina, mantidas em sistema de quarentena, em que pode ser observada a brotação do material após enxertia.

A essa coleção somam-se 10 cultivares introduzidas na década de 1970, oriundas de viveiros nos Estados Unidos e Uruguai. A coleção completa contém cultivares representativas de ambientes temperados úmidos (por exemplo: “Stuart”, “Desirable” e “Pawnee”), frios (por exemplo: “Lucas”, “Osage” e “Kanza”) e áridos (por exemplo: “Western” e “Wichita”). Com base nesses materiais, a Rede Nacional Inta 2007-2020 de cultivares de pecã foi estabelecida em 14 locais do país, abrangendo regiões temperadas úmidas, áridas e frias, incluindo informações genômicas para avaliação de grupos genéticos. A Tabela 1 apresenta a avaliação produtiva de oito cultivares na Estação Experimental Agrícola do Inta EEA San Pedro, na província de Buenos Aires, Argentina (Valentini, 2016).

Tabela 1. Porcentagem de rendimento de amêndoas de diferentes cultivares de pecã na Estação Experimental Agropecuária San Pedro, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Inta), Argentina, para os anos de 2014 e 2015.

Cultivar	Rendimento (%)		
	2014	2015	Média
Desirable	55	60	58
Harris Super	46	55	50
Kernodle	60	44	52
Mahan	40	50	45
Mohawk	58	35	46
Starking	50	50	50
Stuart	50	48	49
Success	49	47	48

Fonte: autor

Características da espécie na Argentina

Após a polinização, que na Argentina ocorre no início de novembro, inicia-se a fase de desenvolvimento do fruto. Seu crescimento é lento até os primeiros dias de dezembro, porém depois apresenta crescimento rápido, conhecido como rápido desenvolvimento da noz. Nesse estágio, o tamanho final do fruto está completo, mas não o do embrião (Frusso, 2007).

No final de janeiro, os cotilédones começam a se encher, passando do estado aquoso ao gel e, finalmente, em abril, ao pastoso. Quando os cotilédones são formados, há liberação de etileno, o que induz a abertura do fruto pelas suturas do epicarpo e do mesocarpo (Calcote et al., 1984).

Na região, a noqueira-pecã requer um período de crescimento entre 170 e 280 dias, que se estende desde a última geada de inverno até a primeira geada de outono (período livre de geadas). O fruto permanece na planta por um período de 6 a 7 meses. Essa espécie requer o acúmulo de cerca de 200 a 500 horas de frio no período vegetativo, de outubro a abril. A noqueira-pecã cresce quando a temperatura média do período de crescimento é alta, em torno de 23 °C. Suporta temperaturas máximas de 46 °C e temperaturas mínimas de -10 °C.

A aparência dos frutos de algumas cultivares de noqueira-pecã, descritas por observações fenológicas no EEA Inta Delta do Paraná e registradas no Inase, são mostradas na Figura 7.

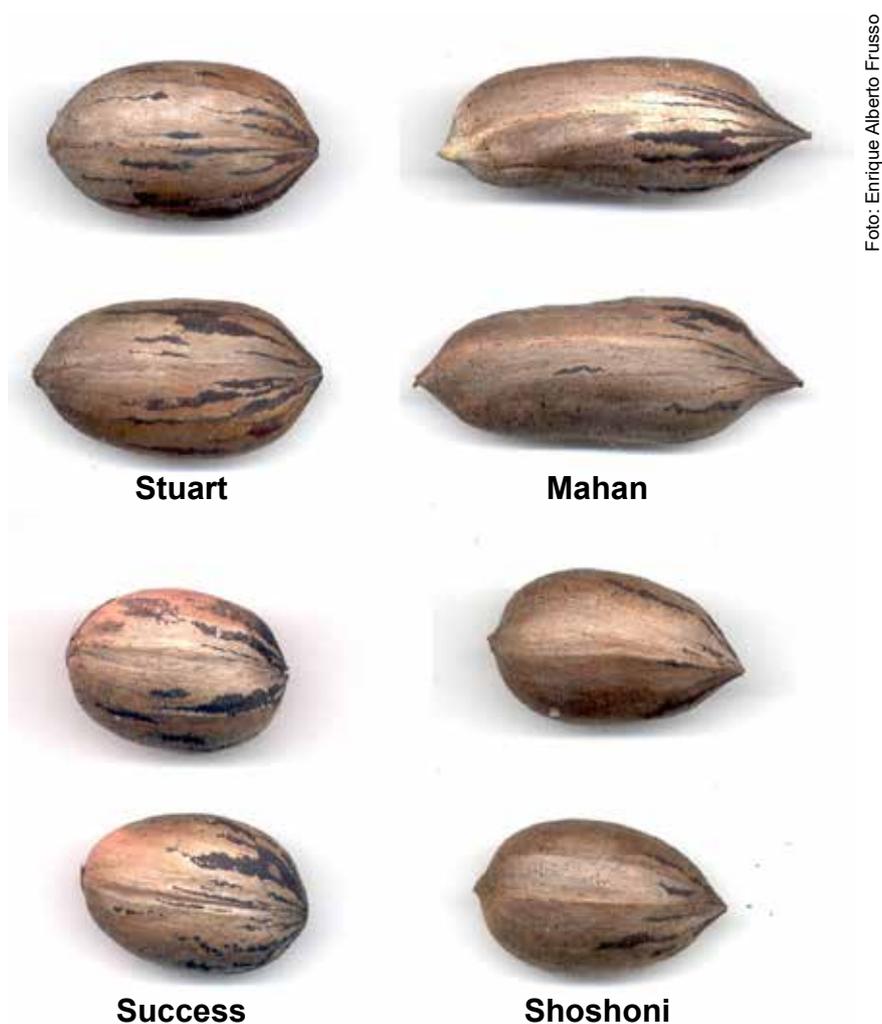


Figura 7. Diferenças dos frutos de algumas cultivares de noqueiras-pecã produzidas na Argentina.

Considerações finais

O Inta contribui para o desenvolvimento do cultivo da pecã na Argentina estudando a fenologia de diferentes cultivares e seu comportamento em diferentes ambientes (Rede Nacional Inta 2007-2020 de cultivares de pecã).

Estudos realizados em conjunto com a Faculdade de Agronomia da Universidade de Buenos Aires permitiram a elaboração de mapas de solos e mapas agroclimáticos que possibilitaram a identificação de áreas potencialmente aptas para o cultivo dessa espécie no país.

O desenvolvimento da tecnologia de produção de plantas enxertadas e sua transferência para o setor produtivo possibilitaram alto índice de implantação de pomares nos últimos 15 anos. Isso resultou no aumento significativo da área plantada, que atualmente corresponde a 8 mil hectares.

Por fim, diferentes linhas de trabalho, desenvolvidas nos Institutos de Recursos Biológicos, Biotecnologia e Tecnologia de Alimentos do Inta Castelar, Estações Experimentais do Inta e várias faculdades de Agronomia na Argentina, estão permitindo avançar nas áreas de genética, controle de pragas e doenças, condições de conservação e qualidade dos frutos.

Referências

CALCOTE, V. R.; HUNTER, R. E.; THOMPSON, T. E. Nutrient flow through the pecan shuck into the nut and disruption of this flow by hickory shuckworm. **Proceedings Southeastern Pecan Growers Association**, v. 77, p. 61-69, 1984.

FRUSSO, E. A. Características morfológicas y fenológicas del pecán. In: LAVADO, R. S.; FRUSSO, E. A. **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires: [edición del autor], 2007. 18 p.

VALENTINI G. Evaluación de 8 cultivares de pecán en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA, EEA San Pedro, provincia de Buenos Aires, Argentina. Trabajo presentado en la Red Nacional INTA 2007-2020 de Cultivares de Pecán, 2016.

Capítulo 4

Pecã no Uruguai

Roberto Zoppolo Goldschmidt

Paula Conde-Innamorato

Introdução

A introdução da cultura da noqueira-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] no Uruguai ocorreu na década de 1960, de duas formas distintas, desenvolvidas paralelamente. Por um lado, o produtor e empresário Robin Henderson trouxe inúmeras sementes, principalmente dos Estados Unidos e Argentina. Juntamente com o trabalho e dedicação do empregado e agricultor Eduardo Pall, ambos realizaram uma das primeiras plantações comerciais do país, localizada no departamento de San José (Figura 1). Henderson foi pioneiro e líder no desenvolvimento de gestão em toda a cadeia, do campo ao supermercado, com transformação de produtos e valor agregado.



Foto: Paula Conde

Figura 1. Colheita de pecã no departamento de San José, no Uruguai.

Por outro lado, foi Selmar Hugo Schlosser que conseguiu introduzir plantas e aclimatá-las em uma propriedade no departamento de Montevideu. Além dos esforços das gerações seguintes da família Josman Schlosser, o viveiro La Ardillita, iniciado por Selmar, era o fornecedor por excelência de plantas e a base genética para aqueles que se aventuravam nesse campo.

A partir de 2007, houve um novo impulso e interesse no plantio de noqueira-pecã, o que levou a um crescimento no fornecimento de plantas pelos viveiros locais já existentes e por novos viveiros que se instalaram no país devido a essa expansão, bem como no suprimento de plantas vindas de fora do país.

Importância econômica e social (área plantada e produção)

Atualmente, são mais de 550 ha plantados e 200 ha em processo de instalação (valor estimado pela demanda por novas mudas de viveiro). O crescente interesse no campo levou à criação, em 2018, da *Asociación de Productores de Pecán de Uruguay* (Appu), que agrupa cerca de 60% dos produtores. Embora os principais empreendimentos tenham sido instalados como fonte de renda direta, a maioria iniciou na pecanicultura enquanto diversificação ou investimento a longo prazo. Em geral, não são os fruticultores que desenvolvem as plantações, mas sim empreendedores que buscam uma renda complementar à de sua atividade principal ou mesmo já pensando no futuro, como uma fonte de renda adicional.

Os inúmeros empreendimentos que visam agregar valor ao produto final, ao optarem por não comercializar o produto in natura também geram numerosos empregos. Assim, além do pessoal vinculado ao cultivo e seus cuidados, é muito comum encontrar iniciativas que exijam mão de obra para processar, classificar, transformar e embalar nozes.

Áreas de cultivo no país

As plantações no Uruguai estão distribuídas nos departamentos de Canelones, Colônia, Flórida, Maldonado, Montevideu, Paisandu, Rivera, Rocha, Salto e San José. Existem ao menos 50 produtores locais de nozes, em que a maioria possui uma pequena área média (4 ha), e poucos grandes produtores, com áreas entre 50 ha e 150 ha. A maioria das plantações não estão instaladas no local ideal, porém a localização corresponde aos melhores sítios dentro de áreas já disponíveis pelos produtores ou investidores. A topografia do Uruguai não gera situações extremas, mas existe grande diversidade de solos, além de variação nas chuvas e no acúmulo de frio invernal entre o norte e o sul do país, que pode afetar o desempenho das noqueiras. De todas as formas, o cultivo da noqueira-pecã é viável em praticamente todo o país (Varela et al., 2015).

Solo e clima

As noqueiras-pecãs são capazes de se desenvolver adequadamente em uma ampla variedade de solos (Hume, 2010). A seleção de um solo adequado para alcançar um bom crescimento e produção de árvores é um fator fundamental. Suas necessidades de solo são semelhantes às de outras árvores frutíferas, dentre as quais se destacam texturas profundas, francas e não salinas, com aeração adequada, pois é uma espécie sensível à asfixia das raízes. Apesar disso, é uma espécie com alta demanda de água (Aldred et al., 2012). Em relação ao pH do solo, solos alcalinos com alto teor de cálcio (comuns no Texas) são considerados bons para a noqueira-pecã, embora as plantas possam apresentar problemas de desequilíbrio nutricional (Aldred et al., 2012). Os solos do Uruguai têm grande variabilidade nas diferentes regiões (Durán et al., 2006). As plantações de noqueira-pecã estão distribuídas por todo o país, razão pela qual estão localizadas em solos que variam de arenosos e profundos a solos argilosos e pouco profundos. Em geral, os solos do Uruguai não são salinos e são levemente ácidos a ácidos (pH 6,5 a menos que 5) (Docampo; Silva, 2013). A presença de alto teor de carbonato de cálcio no solo, como ocorre em algumas formações edáficas no país, pode causar fitotoxicidade nas folhas e sintomas de deficiência de ferro.

O clima do Uruguai é caracterizado por um clima temperado e úmido, com temperatura média anual de 17 °C, variando de 19,8 °C no noroeste a 16,6 °C no sul do país. Os meses mais quente e mais frio são janeiro e julho, respectivamente. Em janeiro, as temperaturas médias registradas são de 24 °C e em julho são de 11,6 °C. A precipitação média anual acumulada é de 1.200 mm, com distribuição desigual, sem estação seca ou chuvosa. A umidade relativa média anual está entre 70% e 78%. As geadas agrônômicas (assim referidas quando a temperatura mínima no nível do solo está abaixo de 0 °C) podem ocorrer entre 1º de maio e 31 de outubro (Giménez; Castaño, 2013).

Sistema de cultivo e manejo

A maioria das plantações antigas são originadas de sementes de frutas introduzidas dos EUA e Argentina e de um suprimento nacional de materiais de composição varietal variável, em parte de origem vegetativa (por enxerto), e em parte diretamente de sementes (Fasiolo; Zoppolo, 2014). Quase todas as plantas comercializadas atualmente são enxertadas, sendo que alguns viveiros começaram a oferecer mudas em recipientes para reduzir o estresse do transplante.

O preparo do solo antes do plantio é de suma importância, buscando garantir suporte adequado e bom crescimento das plantas (Hume, 2010). Recomenda-se realizar a escarificação nas linhas de plantio para melhorar as condições no período de estabelecimento da cultura. Para a maioria das situações no Uruguai, é importante realizar a fertilização com adubos fosfatados no momento da preparação do solo e ter água disponível para irrigação. O plantio geralmente é realizado no inverno, período de dormência da noqueira-pecã, com raízes nuas. Dado o grande tamanho, recomenda-se colocar a raiz principal em uma cova com aproximadamente 0,8 m de profundidade e 0,5 m de diâmetro (Aldred et al., 2012). No Inia Las Brujas, o primeiro teste comparativo de cultivares de origem norte-americana foi instalado em 2010, dada a necessidade de se identificar aquelas que melhor se adaptam às condições edafoclimáticas do Uruguai.

Algumas das cultivares que apresentaram satisfatório comportamento são 'Oconee', 'Kiowa', 'Success', 'Nacono', 'Maramec', em combinação com 'Pawnee' e 'Cape Fear', para melhorar a polinização. Recomenda-se não plantar mais de quatro ou cinco cultivares em um mesmo pomar (Hume, 2010). Dada a característica da planta (diclino-monoica, com dicogamia) (Aldred et al., 2012), o Inia priorizou a pesquisa no estudo fenológico de cultivares nas condições agroclimáticas do Uruguai, com o objetivo de conhecer os momentos de liberação do pólen e receptividade do estigma das diferentes cultivares, para poder combiná-las e obter uma boa polinização (Varela; Takata, 2013; Zoppolo et al., 2016; Pallante; Pérez Graña, 2019). Localmente, um processo de seleção de materiais foi iniciado em 2018 entre as árvores que se encontram em produção nos dias atuais. É possível identificar, a partir delas, novas plantas, com boa qualidade de nozes e com melhor adaptação às condições edafoclimáticas locais.

A estrutura de plantio comumente usada é de 10 m × 10 m, correspondendo a uma densidade de plantio de 100 plantas por hectare, com suas variantes de 70 a 200 plantas por hectare, dispostas em quadrado, retângulo ou escalonado. No momento do plantio, a poda do terço superior da planta é realizada, para equilibrar a perda de raízes, sofrida ao terem sido arrancadas do viveiro, e fortalecer o seu crescimento. A condução das árvores é em líder central, com tronco livre no num raio de 1,5 m, e ramos altos e laterais com ângulos de 70° a 90° (em relação ao tronco), com aproximadamente 30 cm de distância entre si. De qualquer forma, a grande maioria das plantas recebe pouca ou nenhuma poda, tanto na formação quanto no estágio produtivo. O desbaste de plantas é praticado em várias plantações já adultas, permitindo distâncias entre plantas de mais de 15 m.

Estima-se que 50% da área plantada no Uruguai possua um sistema de irrigação por gotejamento ou aspersão, sendo que o restante dos produtores irriga os pomares apenas em caso de extrema necessidade, sem ter equipamentos ou fontes de água adequados para atender aos requisitos completos da cultura. Apesar de se caracterizar a irrigação como suplementar, sua necessidade e importância crítica foram claramente evidenciadas no primeiro estudo realizado no país nesse sentido (De Marco et al., 2021).

Em relação à nutrição mineral, além da adubação nitrogenada e potássica, as aplicações de zinco são particularmente importantes na produção, com duas a quatro aplicações foliares sendo realizadas em outubro e novembro (Fasiolo; Zoppolo, 2014; Aldred et al., 2012). Posteriormente, com base nos resultados das análises de solo e foliar, eventuais deficiências nutricionais são corrigidas.

Uma das principais pragas que afeta as noqueiras desde os primeiros estágios do plantio são as formigas dos gêneros *Acromyrmex* e *Atta*, portanto, seu controle deve ser realizado antes, durante e após o plantio. Uma maneira de melhorar esse controle é proteger as plantas por meio de barreiras físicas (Figura 2).

Foto: Roberto Zoppolo



Figura 2. Sistema caseiro de barreira física para o controle de formigas, nos primeiros estágios de desenvolvimento das plantas de noqueira-pecã.

O percevejo-verde (*Nezara viridula* L.) é polifágico, e geralmente se comporta como uma praga secundária. Alimenta-se de seiva e injeta saliva tóxica, causando distúrbios fisiológicos e baixo desenvolvimento da planta e frutos, causando deformações, manchas e quedas prematuras dos frutos, sendo raramente relatado como um problema grave. Outra praga menor que pode se tornar economicamente importante é a filoxera (*Phylloxera notabilis* Pergande), que causa uma diminuição na área foliar e rendimentos (Aldred et al., 2012), sendo que a mesma ainda não foi identificada no país. Além disso, uma ave que está causando perdas cada vez mais importantes é a caturrita (*Myiopsitta monachus monachus*), pois, além de comer frutos, também causa danos em brotações novas e ramos.

Em relação às doenças, a sarna da pecã (*Venturia effusa*) é a principal doença da cultura, a qual afeta folhas e frutos, o que resulta em desfolhação e perda de produtividade e qualidade do fruto (Bock et al., 2017). Nem todas as cultivares são altamente suscetíveis a essa doença (Hume, 2010). Foi realizado um estudo no Inia Las Brujas sobre a suscetibilidade de 18 cultivares de pecã à sarna, em que se observou que “Wichita” e “Apache” são as cultivares mais suscetíveis, com índice de severidade da doença (ISE) maior que 4,44 em uma escala de 1 a 5, enquanto as demais cultivares avaliadas apresentam um ISE menor que 2,2 (Leoni et al., 2019). O controle químico representa um desafio significativo, dada a altura das árvores em torno de 20 m. São utilizadas estratégias culturais que visam à ventilação e iluminação das árvores.

Colheita e beneficiamento

A colheita pode ser manual, quando é aguardada a abertura da casca e a queda natural das nozes, sendo então rapidamente recolhidas com o uso de ancinhos. Também pode ser realizada de forma mecanizada, por meio de vibradores de tronco, deixando-se as nozes cair em uma malha de sombra que estendida, para facilitar a coleta e evitar o contato com o solo.

Atualmente, existem várias fábricas de craqueamento, limpeza e embalagem, com diferentes tecnologias e escalas. Existem desde equipamentos modernos, como máquinas importadas, capazes de processar mais de 400 castanhas por minuto, até artesanais e com tecnologia apropriada, desenvolvida por fabricantes locais especializados, adequada para pequenos produtores familiares (Figura 3).



Foto: Roberto Zoppolo

Figura 3. Máquina de processamento para classificação por tamanho (ao fundo), quebra e descascamento de nozes (à frente), fabricada em Salto, Uruguai.

Formas, perspectivas e tendências de marketing

As pecãs comercializadas no Uruguai destinam-se quase exclusivamente ao mercado interno. A venda ocorre por meio de grandes redes de supermercados, distribuidores de frutas e confeitarias, entre outros. Em alguns casos, o produtor agrega valor ao descascar e embalar, classificando as nozes descascadas de acordo com a homogeneidade da cultivar e do tamanho. Em outros casos, é feita uma transformação para agregar valor, como o preparo de lanches nutricionais com nozes-pecã como ingrediente-chave (Samuelle, 2019). Muitos produtos de confeitaria também usam pecãs como matéria-prima. A pecã foi incluída pela primeira vez em 2019 no Smart Basket (lista preparada quinzenalmente com os produtos em destaque anual pelo Mercado Modelo, atualmente Unidade Agroalimentar Metropolitana), sendo um dos nove itens da estação recomendados para a população, por seus valores nutricionais e por sua oferta abundante e de boa qualidade.

Considerações finais

Para os produtores uruguaios, as perspectivas de comercialização no mercado internacional são favoráveis e esse caminho está sendo consolidado. Atualmente, a pecã aparece como uma alternativa válida para a produção em condições agroecológicas uruguaias com um longo caminho a percorrer e desafios a serem superados.

Referências

- ALDRED, W. H.; BEGNAUD, J. E.; BLACK, M. C.; DREW, M.; MAC GILLIAT JUNIOR, A.; GRAUKE, L. J.; HANCOCK, B.; HARRIS, M.; HELMERS, S. G.; JOHNSON, J. D.; KNIFFEN, B.; KNUTSON, A.; LIPE, J. A.; LOMBARDINI, L.; MATHIES, Z.; MCEACHERN, G. R.; MIYAMOTO, S.; MUEGGE, M.; NEBITT, M.; PENA, J. G.; PITT, J. L.; PROVIN, T. L.; REE JUNIOR, W. B.; STEIN, L. A.; STOCKTON, A.; STOREY, J. B.; THOMPSON, T. E.; WAGNER, A. B.; WALZEM, R.; WOLSTENHOLME, B. N.; WORTHINGTON, J. W. **Texas Pecan Handbook**. Weslaco: Texas Agricultural Extension Service (Texas A&M University), 2012. 305 p.
- BOCK, C. H.; HOTCHKISS, M. W.; YOUNG, C. A.; CHARLTON, N. D.; CHAKRADHAR, M.; STEVENSON, K. L.; WOOD, B. W. Population genetic structure of *Venturia effusa*, cause of pecan scab, in the Southeastern United States. **Phytopathology**, v. 107, n. 5, 2017, p. 607-619.
- DE MARCO, R.; ZOPPOLO, R.; HERTER, F.; MARTINS, C.; MELLO-FARIAS, P.; UBERTI, A. The irrigation effect on nuts' growth and yield of *Carya illinoensis*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, p. e20181351 2, 2021.
- DOCAMPO, R.; SILVA, A. Suelos y su manejo. In: GROMPONE, M. A.; VILLAMIL, J. **Aceites de oliva: de la planta al consumidor**. Montevideo: INIA; Hemisferio Sur, 2013. p. 91-122.
- DURÁN, A.; CALIFRA, A.; MOLFINO, J. H.; LYNN, W. (ed.). **Keys to soil taxonomy for Uruguay**. Washington: USDA: Natural Resources Conservation Service (NRCS), 2006. 77 p.
- FASIOLO, C.; ZOPPOLO, R. Alternativa para la producción frutícola: nuez pecán. **Revista INIA**, n. 37, p. 37-42, 2014. Disponível em: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3552/1/Rev.INIA-2014-No38-p.37-42.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- GIMÉNEZ, A.; CASTAÑO, J. P. Características agroclimáticas del Uruguay. In: GROMPONE, M. A.; VILLAMIL, J. **Aceites de oliva: de la planta al consumidor**. Montevideo: INIA; Hemisferio Sur, 2013. p. 37-50.
- HUME, H. H. **The pecan and its culture**. Virginia: NABU Press, 2010. 162 p.
- LEONI, C.; ZOPPOLO, R.; VILLAMIL, J. J.; BIANCHI, D.; CONDE, P. Susceptibilidad de cultivares de nogal pecán a *Venturia effusa* en Uruguay. In: JORNADA URUGUAYA DE FITOPATOLOGÍA, 5.; JORNADA URUGUAYA DE PROTECCIÓN VEGETAL, 3., 2019, Montevideo. **Anais...** Montevideo: SUFIT, 2019. p. 58.
- PALLANTE, A.; PEREZ GRAÑA, A. **Estudio fenológico de nuevos cultivares de pecán "Carya illinoensis (Wangenh) K. Koch"**. 2019. (Trabalho de Conclusão) - Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo.
- SAMUELLE, J. Nuez Pecán: la reina de las frutas secas en Uruguay. **El Observador**, p. 13, 2019. Disponível em: <https://www.elobservador.com.uy/nota/nuez-pecan-la-reina-de-las-frutas-secas-despega-en-uruguay-201975161734>. Acesso em: 10 maio 2020.
- VARELA, V.; TAKATA, V. **Caracterización de la nuez pecán (Carya illinoensis) y sus perspectivas de comercialización en el Uruguay**. 2013. 135 p. (Trabalho de Conclusão) - Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo.
- VARELA, V.; TAKATA, V.; CAMUSSI, G.; ZOPPOLO, R. Pecan: viability of a new crop in Uruguay. **Acta Horticulturae**, n. 1070, p. 245-251, 2015.
- ZOPPOLO, R.; FASIOLO, C.; VILLAMIL, J. J. Estudio de la floración en cultivares de pecán. **Revista INIA**, n. 46, p. 28-31, 2016.

Capítulo 5

Histórico no Brasil

Jonas Janner Hamann
Carlos Roberto Martins
Ricardo Garcia Figueiredo
Cibele Medeiros dos Santos
Danielle Galvan Casagrande

Introdução

Aos poucos, a noqueira-pecã foi introduzida em solos brasileiros, sem a aparente pretensão econômica, inicialmente pelos americanos, que pela tradição e conexão com os Estados Unidos, iniciaram seu cultivo. Posteriormente, pelo pioneirismo desbravador de alguns brasileiros, aliado aos incentivos climáticos favoráveis, acabaram tornando uma ação despreziosa em uma realidade frutífera, com alto potencial de gerar riquezas em nosso país.

Nesse contexto, a história da noqueira-pecã é construída por fatos e por pessoas que plantaram árvores – ainda plantam – e que colheram nozes – ainda colhem. O que se relata neste capítulo é resultado de algumas pesquisas sobre fatos que ocorreram no passado, sem o intuito de esgotá-los, mas de resgatar acontecimentos que marcaram as fases da cultura em nosso país.

Fases da história da noqueira-pecã no Brasil

Fase I

A primeira fase da noqueira-pecã no Brasil iniciou com os imigrantes norte-americanos (confederados que participaram da Guerra da Secessão), em 1865, os quais migraram ao país porque o Imperador D. Pedro II tinha interesse em expandir o cultivo de algodão – esses imigrantes já produziam essa cultura nos Estados Unidos da América (Wells, 2017). O imperador brasileiro ofereceu aos confederados oportunidade de compra de terras a preço atrativo, concessão de terras e incentivos fiscais (Wells, 2017). Entre os anos de 1865 e 1875, cerca de 2 mil a 4 mil sulistas norte-americanos migraram para o Brasil, introduzindo, além do algodão, a cultura da melancia (*Citrullus lanatus*), pessegueiro (*Prunus persica*) e noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) (Wells, 2017). Nesse período, várias colônias foram estabelecidas, mas a maior e mais bem-sucedida localizava-se a 130 km da cidade de Santa Bárbara (SP), recebendo o nome de Vila Americana, posteriormente, chamada de Americana.

A colônia de Americana foi estabelecida sob a orientação de William Hutchinson Norris, advogado, senador do estado do Alabama e ex-soldado na Guerra Mexicano-Americana (onde lutou e recebeu a patente de Coronel). Chegou ao Brasil em 1865. Já em solo brasileiro, em sua propriedade, Norris semeou algumas nozes trazidas do Texas (EUA), as quais germinaram. Uma delas tornou-se uma planta vigorosa e imponente na região, a qual serviu de elo afetivo ao lugar que esses confederados deixaram para trás, em sua terra natal.

Fase II

A segunda fase da noqueira-pecã no Brasil teve início em 1900, no município de Santa Bárbara (SP), onde o soldado norte-americano Ezekiel Belton Pyles plantou algumas sementes, que originaram duas plantas, concomitantemente com o plantio, também de algumas sementes, realizado pelas famílias norte-americanas Jones e Mac Knight. Essas informações constam na publicação *ABC do Lavrador Prático*, de autoria de Paulo V. C. Bittencourt, que se destaca como uma das obras técnicas pioneiras sobre a cultura, de que se tenha registro. Pertencente à série *ABC do Lavrador Prático*, publicada pela Editora Melhoramento (Figura 1). Ressalta-se que não é possível precisar o período exato da publicação, constando apenas como “Bittercourt, 19--”.

Em 1910, a professora Miss Mac Intyre, do Colégio Americano de Piracicaba, trouxe sementes dos EUA e presenteou-as ao engenheiro-agrônomo Dr. Luís Teixeira Mendes. As sementes foram plantadas, e as mudas transplantadas, dentre as quais uma foi plantada na cidade de Piracicaba, no quintal de um familiar de Luís Teixeira Mendes, tornando-se uma árvore frondosa. Mais tarde, quando essa planta iniciou a produção, Teixeira Mendes, deparando-se com nozes com boas características, selecionou gemas e começou a propagá-las, dando origem à variedade Piracicaba (Bittencourt, 19--). Esse exemplar viveu por cerca de 30 anos e serviu como planta-matriz para diversos viveiros do Instituto Agrônomo. Transcorridas as três décadas em que essa árvore produziu e serviu como fornecedora de gemas, o terreno onde estava plantada foi vendido, e o novo proprietário eliminou-a (Bittencourt, 19--).

Em 1915, já com intuito de formar um pomar com viés comercial, Mário Veiga de Moraes adquiriu algumas mudas de noqueira-pecã, num total de três variedades, as quais foram plantadas na Fazenda Canteiro, próximo a Nova Fraiburgo, RJ. (Murayama, 1973).



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 1. Capa da publicação de Paulo V.C. Bittencourt sobre a cultura da noqueira-pecã, distribuída em meados do século passado pela Editora Melhoramentos.

Fase III

A terceira fase da noqueira-pecã no Brasil iniciou por 1929-1934; esse novo ciclo da pecanicultura no país iniciou com a importação de mudas enxertadas de cultivares norte-americanas. Esse movimento de importação foi realizado por órgãos oficiais (Instituto Agrônomo) e por empresas privadas (Viveiro Dierberger, o qual passou a produzir comercialmente mudas de noqueira-pecã).

Em 1943, a então Estação Experimental de Pelotas passou a fazer parte da rede de experimentação agrícola do Instituto Agrônomo do Sul, do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas do Ministério da Agricultura. No ano de 1945, iniciaram-se os primeiros trabalhos de pesquisas da instituição, chefiados pelo engenheiro-agrônomo Joaquim Ignácio Silveira da Mata. Esse trabalho inicial teve grande foco sobre a cultura da videira, sendo que, na época, a coleção chegava a 69 cultivares de uva para mesa e vinho. Juntamente com a videira, priorizou-se nesses estudos outras espécies frutícolas, dentre as quais a noqueira-pecã, com estudos sobre aspectos de adaptação, tratamentos fitossanitários e tratos culturais, visando atender uma demanda de diversificação de culturas que existia na região (Carvalho, 1988).

Fase IV

A quarta fase da noqueira-pecã no Brasil, o período de ouro, reuniu um conjunto de acontecimentos que proporcionaram a expansão da pecanicultura comercial em alguns estados brasileiros (RS, SC, PR, MG, SP). O principal fato que incentivou a implantação de pomares de noqueira-pecã no país está associado à promulgação da Lei nº 5.106, de 2 de setembro de 1966, que dispunha sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. Constava no Art. 1º: “As importâncias empregadas em florestamento e reflorestamento poderão ser abatidas ou descontadas nas declarações de rendimento das pessoas físicas e jurídicas, residentes ou domiciliados no Brasil, atendidas as condições estabelecidas na presente Lei”.

No entanto, o que viria a incentivar a implantação de grandes pomares de noqueira-pecã no Brasil, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, foi o texto que constava no § 3º: “As pessoas jurídicas poderão descontar do imposto de renda que devam pagar, até 50% (cinquenta por cento) do valor do imposto, as importâncias comprovadamente aplicadas em florestamento ou reflorestamento, que poderá ser feito com essências florestais, árvores frutíferas, árvores de grande porte e relativas ao ano-base do exercício financeiro em que o imposto for devido.”

A promulgação da referida lei não foi o único fator que permitiu o surgimento de novos pomares. Indissociavelmente disso, tem-se o fato que já havia uma produção de mudas no estado de São Paulo, principalmente pelo pioneirismo do Viveiro Dierberger. Isso também aconteceu no estado do Rio Grande do Sul, segundo os registros constantes na *Cartilha do Agricultor* (Rio Grande do Sul, 1970), com os viveiros então produzindo mudas, a maioria pé-franco, destacando-se: João Grendene, Nelson Vicente Feltrin e Granja São João, no município de Farroupilha; Eugenio Zibetti, em Passo Fundo; Nogal Jodeka Ltda., em Caxias do Sul; e Armínio Miotto, no município de Anta Gorda. Esse último, o de maior referência, acabou por desencadear outras iniciativas de produção de mudas e de formação de pomares, em 1966 e 1968, em Anta Gorda. Essas iniciativas partiram de material vegetativo das primeiras plantas de noqueira-pecã, implantadas por Armínio Miotto, em 1943, através de anúncios de um viveirista de São Paulo, divulgando a existência de mudas de noqueira-pecã importadas de Kentucky (EUA). Miotto adquiriu quatro mudas e as plantou na cidade.

Outra referência importante na história da pecã é a família Pitol. Em 1951, Antônio Pitol e seu filho, Luizinho Pitol, na época com 8 anos de idade, plantaram as primeiras mudas enxertadas de noqueiras-pecã em sua propriedade, na cidade de Anta Gorda. Em 1960, o prefeito de Anta Gorda, Armínio Miotto, designou um grupo de agricultores enxertadores para realizar a enxertia da noqueira-pecã nos pomares da cidade, com objetivo de melhorar a precocidade e a produção de frutos. O primeiro grupo de enxertadores foi formado pelo Luizinho Pitol, Alfeu Miotto e Volmar Dalla Vechia. Posteriormente, outros grupos de enxertadores foram formados; na época, mais de 60 agricultores enxertaram plantas de pé franco e instalaram viveiros no Sul do Brasil.

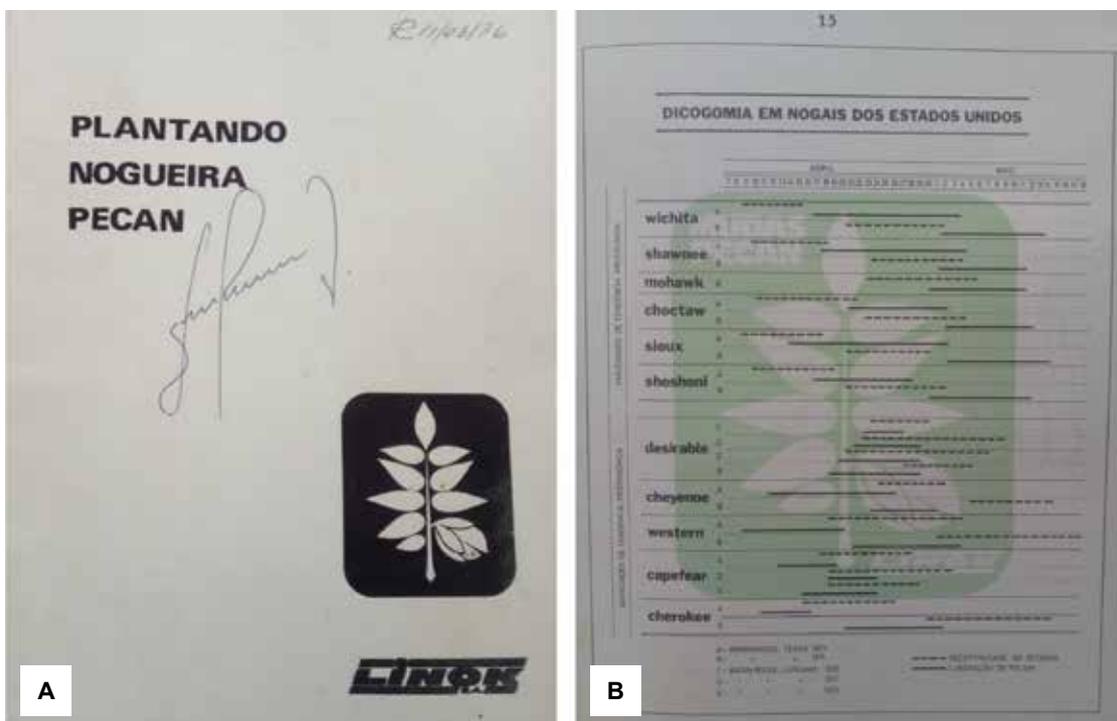
Em 1965, o Sr. Luizinho começou a comercializar mudas, iniciando o viveiro da família Pitol. Um dos primeiros materiais enxertados foi a cultivar Melhorada, registrada como 'Pitol 1', proveniente da propriedade de Armínio Miotto. Com o passar dos anos e viagens a locais onde havia plantas antigas de noqueira-pecã, essas eram selecionadas e coletadas plantas para enxertia. Isso aconteceu com a cultivar Imperial, por exemplo, que foi coletada na região de Passo Fundo. As cultivares coletadas eram enxertadas em plantas antigas e observadas, para depois se fazer a enxertia em massa e a posterior comercialização. Das mudas selecionadas, surgiu o primeiro pomar da família que segue no ramo até os dias de hoje (Figura 2). Um fato interessante sobre esse primeiro pomar é que iniciou a partir de uma plantação de tungue (*Aleurites fordii*), quando o Sr. Luizinho cortou as plantas de tungue e plantou, entre os troncos, sementes de pecã que serviram como cavalo para enxertia desse pomar, que atualmente tem aproximadamente 60 anos. Em 1985, acreditando no mercado promissor, o Sr. Luizinho e seus filhos, Lenio e Leandro, constituíram uma empresa familiar. Em 2008, o pomar da família aumentou de 1 ha para 20 ha. Atualmente, a fusão do viveiro, do pomar, da assessoria e a produção de cosméticos gerou o Grupo Pitol.



Figura 2. Nozes produzidas pelo primeiro pomar de noqueira-pecã da família Pitol, no início do processo produtivo das plantas.

Como exemplo desse período de expansão da pecanicultura, cita-se também o estabelecimento de um grande pomar (com mais de 650 ha), no município de Cachoeira do Sul, RS, a partir de 1968. O empresário Geraldo Linck (1927-1998), que já conhecia a cultura da noqueira-pecã de suas viagens particulares aos Estados Unidos, importou as primeiras mudas, que dariam origem ao seu pomar. Na elaboração do projeto, houve a contribuição do Dr. Harry Amling (Auburn University). Originalmente, o espaçamento de plantio utilizado foi de 9 m x 9 m, tendo sido implantadas mais de 30 cultivares, incluindo 'Desirable', 'Cape Fear', 'Elliot', 'Barton', 'Shoshoni', 'Chickasaw', 'Shawnee', 'Western Schley' e 'Wichita'. Esse pomar é considerado o primeiro pomar empresarial instalado no Brasil e pertenceu à família Linck até 2006. Inclusive, baseados em informações dos Estados Unidos, os Linck tinham na época uma cartilha técnica sobre a noqueira-pecã (Figura 3). Atualmente, o pomar pertence à empresa Pecanita, administrada pela família Wallauer, que, além de dar continuidade ao pomar e à produção de nozes, possui ainda um complexo agroindustrial de processamento de nozes e o viveiro com a produção de mudas. Esse pomar, nos dias de hoje, é uma referência

em termos de conhecimento sobre as cultivares e manejo da cultura, sendo inclusive referenciado no livro *Pecan. America's Native Nut Tree* escrito pelo professor Leny Wells, da Universidade da Geórgia dos Estados Unidos, berço da pecã no mundo.



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 3. Publicação sobre noqueira-pecã: cartilha técnica disponibilizada pela família Link em 1976 (A), contendo recomendações utilizadas nos pomares dos Estados Unidos da América (B).

Uma boa fonte de consulta, para se entender o momento histórico pelo qual passava a pecanicultura brasileira, refere-se aos dados que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) () reuniu durante os anos 1970 e 1980. Na Figura 4, constam os registros das informações iniciais, em 1974, com uma propriedade onde a área de colheita de noqueira-pecã era de 740 ha.

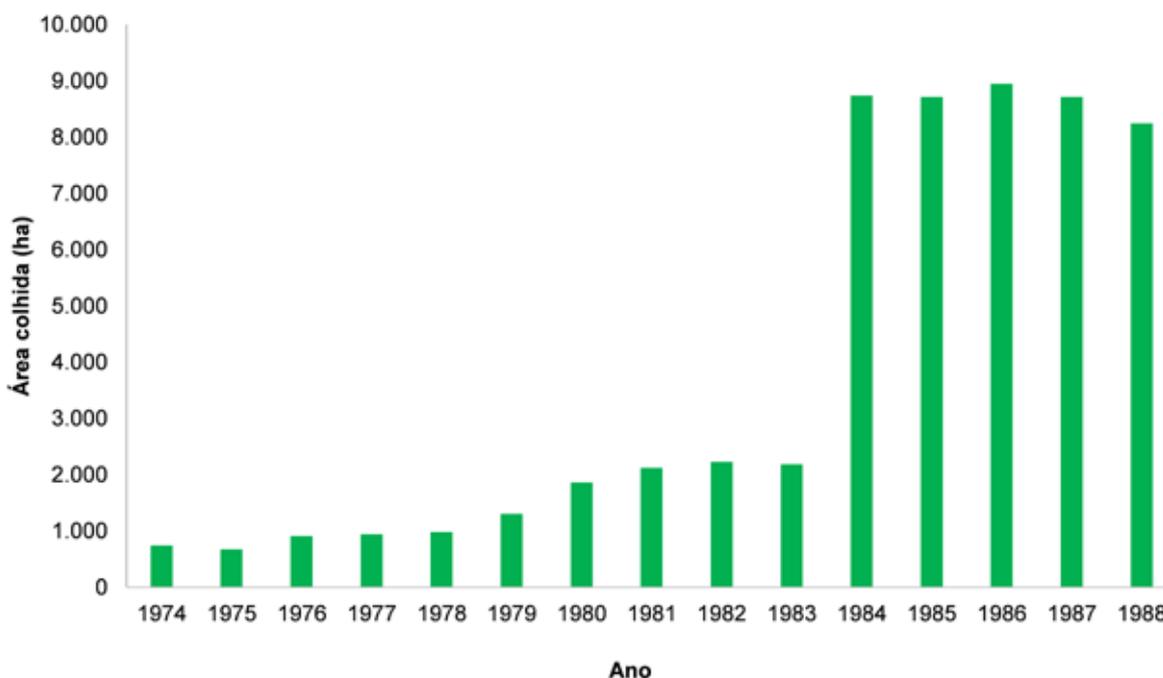


Figura 4. Área colhida de noqueira-pecã no Brasil, entre 1974 e 1988.

Fonte: adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020).

Estimulados pelo incentivo fiscal, vários foram os novos pomares implantados no Brasil, partindo-se de uma área de praticamente inexistente, conforme registrado pelos dados do IBGE. Subitamente, atinge-se 8.252 ha, no ano de 1988 (Figura 5), 22 anos após promulgada a lei que dispunha sobre os incentivos fiscais.

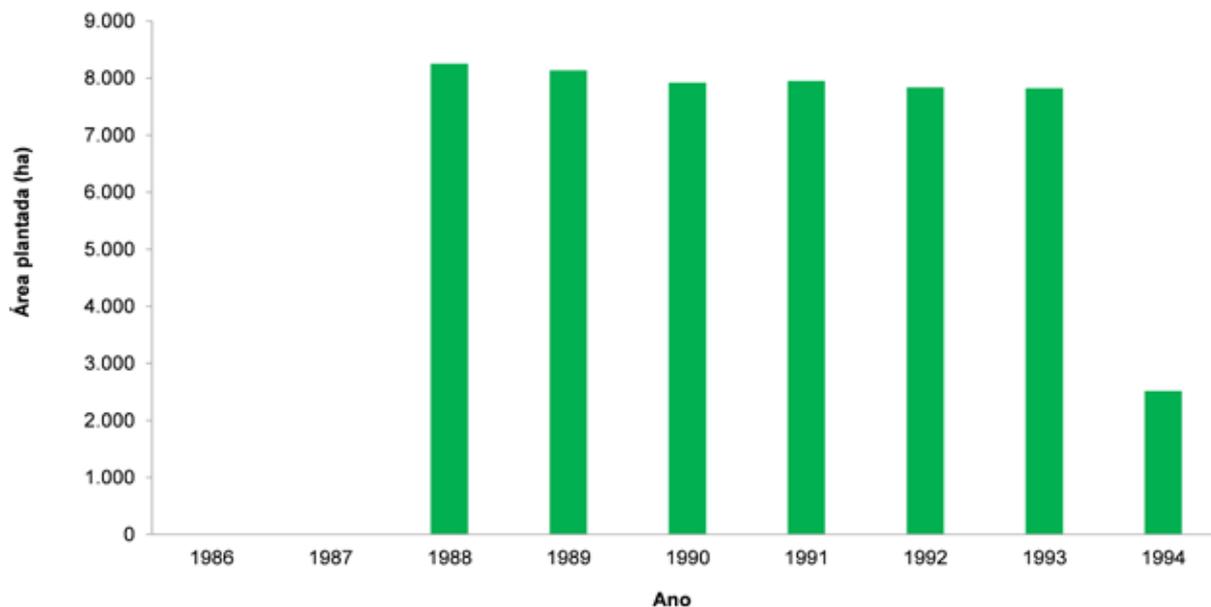


Figura 5. Área plantada com noqueira-pecã no Brasil, entre 1986 e 1994.

Fonte: adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020).

O otimismo e as boas colheitas de pecã no estado do Rio Grande do Sul viabilizaram a 1ª Festa Estadual da Noz-pecã, realizada de 19 a 27 de julho de 1975, no município de Anta Gorda. No evento, houve exposição de mudas, nozes produzidas naquela região, inclusive distribuição de *souvenirs*, como chaveiros. Registros fotográficos da época mostram faixas nessa até então inédita feira dedicada à noz-pecã (Figura 6).

Foto: Luizinho Pitoi



Figura 6. Registro fotográfico da primeira Festa Estadual da Noz-pecã, realizada no município de Anta Gorda, no Rio Grande do Sul, em 1975.

Acompanhando a fenomenal expansão da pecanicultura no Brasil, surgem as primeiras pesquisas sobre noqueira-pecã em território nacional, de 1978 a 1980, orientadas por Bonifácio Nakasu (pesquisador da Embrapa). Nesse contexto, o engenheiro-agrônomo José Bismarck da Costa Baracuchy (Universidade Federal de Pelotas) adquire o título de mestre, após realizar a pesquisa intitulada *Determinação do período de floração e viabilidade do pólen de diferentes cultivares de noqueira-pecã *Carya illinoensis* (Wang.) K. Koch.*

Um dos primeiros materiais técnicos – de que se tem registro – publicados no Rio Grande do Sul e referente à cultura da noqueira-pecã é a *Cartilha do Agricultor*, volume 3, publicada pela Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, em 1970 (Figura 7). Nessa publicação, são abordadas as necessidades da cultura e as condições iniciais para uma boa produção. Consta ainda, que, na época, as principais zonas produtoras de nozes no estado eram Guaporé, Encantado, Anta Gorda, Erechim, Nova Prata, Casca, Farroupilha, Bento Gonçalves, Garibaldi e Caxias do Sul. Também destaca os grandes produtores de noqueira-pecã, sendo assim descritos:

“São Grandes plantadores:

- 1) Empresa Ibirajaras, em André da Rocha, município de Lagoa Vermelha, com mais de 12.000 mudas bem cultivadas.
- 2) Nogal Jodeka Ltda., município de Caxias do Sul. Mantém atualmente em cultivo mais de 12.000 mudas.
- 3) Dr. Brenno Luiz Winckler, Caxias do Sul, com aproximadamente 7.000 mudas cultivadas em boas condições técnicas.
- 4) Empresa Lunardi, em Nova Prata. Possui grande plantação, tecnicamente bem conduzida.
- 5) Sr. Carlos Waldemar Fett, em Anta Gorda, com plantação tecnicamente conduzida, consociada com trigo.
- 6) Sr. Armínio Miotto, em Anta Gorda, com mais de 4.000 mudas cultivadas, e muitos outros agricultores, na região colonial italiana e outros municípios, com noqueirais que vão de 1.000 a 3.000 árvores.
- 7) A Empresa Linch S.A. planeja instalar em Cachoeira do Sul pomares de pecã enxertada, numa área aproximada de 900 ha. Inicialmente vão cultivar 12.000 mudas.”

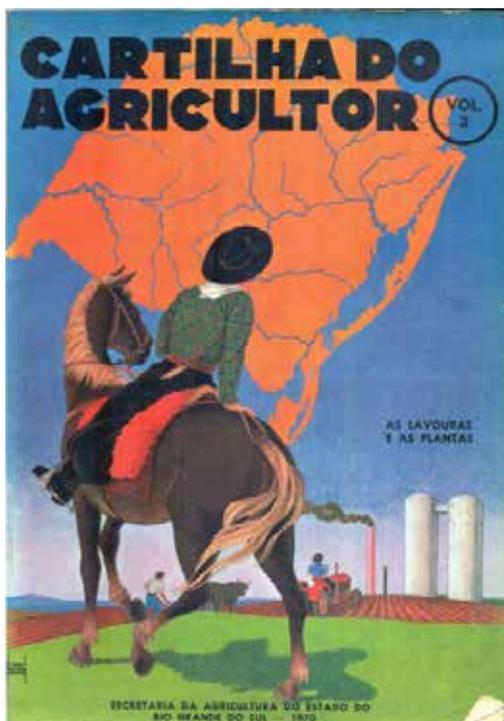


Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 7. Capa da publicação *Cartilha do Agricultor*, disponibilizada em de 1970, editada pela Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, em que são apresentadas as primeiras informações técnicas sobre a cultura da pecã.

A Embrapa de Clima Temperado, na época conhecida como Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Cascata (Uepae Cascata – 1975/1982), localizada no município de Pelotas, RS, também desenvolvia trabalhos de pesquisa sobre a cultura da noqueira-pecã. Os pesquisadores Bonifácio Nakasu e Airton Raseira publicaram, em abril de 1981, o Comunicado Técnico nº 13, intitulado *Tratamentos fitossanitários da noqueira-pecã*. Outra referência da época é a publicação do Comunicado Técnico nº 63, *A cultura da noqueira-pecã*, organizado e escrito em 1990 pelo engenheiro-agrônomo Ailton Raseira. Em 1993, as atividades de pesquisa sobre noqueira-pecã foram encerradas na Embrapa Clima Temperado, por falta de perspectiva de plantios comerciais na época, como consta nos relatórios do projeto de pesquisas Coleção de Cultivares de Fruteiras Diversas de Clima Temperado, mantendo-se apenas coleções de cultivares.

Um dos pioneiros e grande incentivador da cultura na região de Pelotas foi o empresário José Raphael Gomes Lopes, que plantou grandes áreas com noqueiras, mais de 200 ha, intercalando com espécies tradicionais, como o pessegueiro e a figueira, que produziam mais cedo. Esse empresário proporcionou a vinda de consultores internacionais e viagens de pesquisadores da Uepae Cascata a diversos países produtores. José Raphael visitou instituições de pesquisa e produtores de pecã nos Estados Unidos, em Illinois, Flórida, Louisiana, Texas e Mississippi.

É importante registrar também as experiências de cultivo de noqueira-pecã no estado do Paraná, onde, por volta das décadas de 1950-1970, houve implantação de pomares. Esse movimento teve como pioneiros pequenos agricultores de origem japonesa, que acreditaram no potencial dessa frutífera. Na região de Assaí, o agricultor Kokishi Yamaue cultivava noqueira-pecã, na época chamada de “noz pekan”, em áreas onde não era possível cultivar cereais. Algumas variedades foram selecionadas por Yamaue e distribuídas a outros produtores, como Takujo Fujita, da região de Assaí, que utilizou no meio do pasto as variedades selecionadas. Em uma entrevista ao jornal *Folha Rural*, de 15 de março de 1986, Kokishi Yamanue, foi considerado um visionário, “um sonhador”, conforme ênfase do jornalista às palavras do produtor:

“Quero mostrar que não é só de cereais que o homem pode viver, tirar seus lucros. Os técnicos e os produtores precisam pensar em plantar árvores, que quase se perpetuam na terra pela resistência que elas têm, seja ao excesso de sol, seja às chuvas.”

Outro exemplo de pioneirismo no cultivo de noqueira-pecã no Paraná é o da família Terabe. Em 1954, Massayuki Terabe, depois de muita procura, encontrou mudas de noqueira-pecã no Orquidário Catarinense, de onde adquiriu 12 plantas de pé franco para iniciar seu pomar em Uraí, PR. Dessas, apenas três plantas produziram, após 12 anos de plantio. Posteriormente, o pomar foi ampliado, ainda de pé franco, no meio do cafezal. Com o surgimento do Viveiro Dieberger, mudas de ‘Mahan’ e ‘Burket’ foram adquiridas, e o pomar foi enxertado no campo. Nessa época, em 1970, o agricultor Paulo Terabe, filho de Massayuki Terabe, já trabalhava junto ao pomar de noqueira-pecã, cultivando 10 alqueires (24 ha) dos 15 totais de sua propriedade. Após um período de 6 meses nos Estados Unidos, Paulo se especializou na enxertia de noqueira-pecã, quando se iniciaram os trabalhos com viveiros de mudas. Muitos pomares do Paraná e São Paulo foram formados com mudas da família Terabe. O pomar foi baseado inicialmente em quatro cultivares: ‘Mahan’ (era predominante até a ocorrência do fungo que causa a doença conhecida como sarna da noqueira-pecã), ‘Burket’, ‘MoneyMaker’ e uma variedade híbrida, conhecida como Morokowa (implantada em seu pomar por volta dos anos de 1995). Ainda hoje, o pomar de Paulo Terabe produz nozes (Figura 8).



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 8. Pomar de nogueira-pecã da família Terabe, ainda hoje em produção, enxertado a campo em 1970, em Uraí, PR.

O avanço extraordinário da cultura no Brasil permitiu o alcance de quase 17 mil hectares (Barcuhy, 1980), com o surgimento de novos pomares de nogueira-pecã, principalmente nos estados da região Sul, juntamente com áreas em Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Após esse período, documentado pelos números do IBGE, houve redução drástica do cultivo. A partir de 1995, grande parte dos pomares foram abandonados, sendo colhidos apenas 2.514 ha, enquanto em 1993 a área colhida havia sido de 7.235 ha, uma redução de 4.721 ha, como ilustrado na Figura 9.

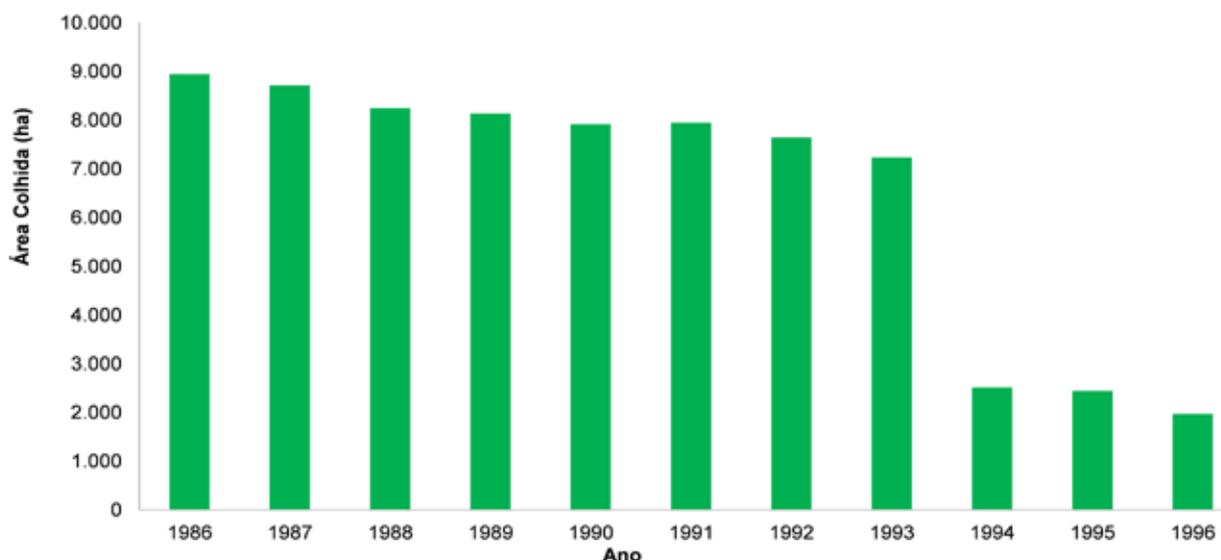


Figura 9. Área colhida de nogueira-pecã no Brasil, entre 1986 e 1996.

Fonte: adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020).

Essa drástica redução da área colhida de noqueira-pecã foi reflexo do abandono dos pomares pelos produtores, desencadeado por uma série de fatores, entre eles, o fato de que os pomares eram constituídos, em grande parte, de cultivares sensíveis à sarna, como 'Mahan' e 'Moneymaker' (Secretaria da Agricultura do Estado do RS, 1970), sendo a principal doença fúngica da noqueira-pecã até os dias atuais. Associado à escassez de informações e baixo nível tecnológico implementado nos pomares, o surgimento da sarna fez com que houvesse uma redução de 65% da área colhida, de um ano para o outro. Grande parte dos pomares implantados entre 1960-1980 foram abandonados ou erradicados alguns anos depois.

Fase V

A quinta fase da noqueira-pecã no Brasil corresponde ao ressurgimento da cultura. Depois da grande queda nos anos 1990, a cadeia produtiva da noqueira-pecã iniciou um processo de recuperação a partir do início deste século, mais expressivo a partir de 2010.

O Rio Grande do Sul foi o estado que promoveu uma nova investida na cultura. As agroindústrias, processando as nozes e, os viveiros, produzindo as mudas, foram pilares fundamentais no fomento à produção de pecã. Nessa fase reimpulsionou do cultivo de pecã, continuam a se destacar a pioneira família Pitol, em Anta Gorda, e a empresa Pecanita, em Cachoeira do Sul, com os viveiros e as agroindústrias de processamento; também em Cachoeira do Sul, a empresa Divinut, uma das primeiras a produzir mudas embaladas, comandada pela Família Ortiz, com os proprietários Edson e Marucia Ortiz, que, desde 2000, vêm produzindo mudas e processando nozes na agroindústria; ainda em Cachoeira do Sul, a empresa Paralelo 30, idealizada por um grupo de investidores, iniciou seu pomar em 2009, contando também com viveiro de mudas. Destaca-se, ainda, o viveiro de mudas Spezia, conduzido por Raul Goldoni, Elmir José Lampert e Mario Cauzzi, em Anta Gorda, que, desde 2010, se dedicam à produção de mudas na região de Anta Gorda.

Em meados de 2013, a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) começou a intensificar suas atividades de pesquisas e extensão, especificamente com a cultura da noqueira. Primeiras pesquisas são executadas a campo e em laboratórios, aliando, ainda, a orientação técnica, por meio de cursos de extensão sobre o cultivo de noqueira-pecã, promovidos pelo Colégio Politécnico da UFSM, por Diniz Fronza, Tales Poletto e Jonas Janner Hamann, os quais elaboraram a primeira literatura técnica brasileira atualizada sobre a cultura (Figura 10), em que são abordados assuntos como implantação do pomar, cultivares, polinização, podas, adubação, manejo de pragas e doenças, colheita, etc.

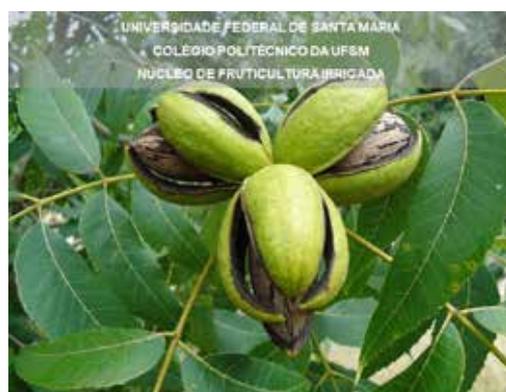


Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 10. Capa do primeiro livro brasileiro com informações técnicas sobre a cultura da noqueira-pecã, publicado em 2014.

Com a retomada da implantação de novos pomares no estado do RS, produtores, empresas privadas do segmento e entidades públicas (Embrapa Clima Temperado, UFSM, UFRGS, UFPel, Uergs, Emater-RS, Fepagro-RS), em um trabalho conjunto, articularam-se ao governo do estado do Rio Grande do Sul, por intermédio da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação (Seapi) e mediante o Decreto nº 53.549, de 25 de maio de 2017, que instituiu o Programa Estadual de Desenvolvimento da Pecanicultura “Pró-Pecã”, coordenado pela Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação, com o propósito de incentivar, fomentar e coordenar ações com vistas à expansão da produção de pecã e beneficiamento por meio de agroindústrias no Rio Grande do Sul. Impulsionado pela relevância econômica que cultura estava adquirindo, foi também publicado na mesma data o Decreto nº 53.550, que criou a Câmara Setorial da Pecã, da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação do estado do Rio Grande do Sul.

Ainda em 2017, no mês de julho, a Embrapa Clima Temperado institucionalizou o primeiro projeto nacional sobre a cultura da noqueira-pecã: Bases para a Produção Sustentável da Pecã no Brasil. O projeto possibilitou articular e mobilizar uma equipe para desenvolver trabalhos de pesquisa voltados para o ressurgimento da cultura da noqueira-pecã no Sul do Brasil.

Já em 2018, mais precisamente nos dias 25 e 26 de abril, aconteceu no município de Anta Gorda, RS, o I Simpósio Sul-Americano da Cultura da Pecã e V Seminário da Cultura da Pecã, quando, juntamente a esses eventos, no dia 26/04/2018, ocorreu a solenidade da primeira Abertura Oficial da Colheita da Noz-pecã, realizada na propriedade da família Pitol (Figura 11A).

Também em 2018, no mês de outubro, foi realizada assembleia de Fundação do Instituto Brasileiro de Pecanicultura (IBPecan), a primeira associação de produtores de noqueira-pecã do Brasil. O objetivo era de oferecer ao produtor um instrumento efetivamente de apoio, disseminando informações técnicas, cursos, oportunizando a troca de conhecimento, qualificação de trabalhadores e encaminhamento de pleitos do setor. Nesse mesmo ano, foi criada a Associação Brasileira de Nozes, Castanhas e Frutas Secas (ABNC), com sede na Fiesp, em São Paulo, que também desempenha papel de representatividade da noqueira-pecã.

Em 31 de outubro de 2018, a cultura da noqueira-pecã recebeu do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) o reconhecimento e o registro de cultura com suporte fitossanitário insuficiente (CSFI), também chamado de *minor crops*, que regulamenta o uso de agrotóxicos para aquelas culturas cujo custo para a realização dos ensaios necessários visando o registro de agrotóxicos é inviável economicamente. A inexistência de produtos registrados para a cultura no Mapa era um entrave para o desenvolvimento da cadeia produtiva, pois, até então, era ilegal a recomendação técnica de defensivos químicos para o controle de pragas e doenças da noqueira-pecã.

Também cabe destacar, em 2019, a realização em Cachoeira do Sul, do II Simpósio Sul-Americano de Pecã e a II Abertura Oficial da Colheita da Pecã no RS (Figura 11B). O evento consolidou outro marco da cultura no Brasil, permitindo engajamento técnico-científico entre as universidades e as instituições de pesquisa como Embrapa, Inta – Argentina, Inia – Uruguai, Inta – Chile e instituições de pesquisa e ensino do México e Estados Unidos. Inclusive, houve a apresentação de trabalhos científicos desenvolvidos por pesquisadores desses países, disponibilizados pela primeira vez na América do Sul, nos *Anais do II Simpósio Sul-Americano de Pecã*.



Figura 11. Abertura Oficial da Colheita da Noz-pecã no Brasil, realizada nos municípios de Anta Gorda em 2018 (A) e Cachoeira do Sul em 2019 (B).

Considerações finais

O cenário atual do cultivo da noqueira pecã delineado na linha do tempo, traz consigo muitos fatos e avanços. A demanda pela fruta e a possibilidade de bons ganhos financeiros têm sido o grande incentivador à adesão dos produtores. Por consequência, o aumento de área e de produção são evidenciados à medida que a mobilização e o engajamento nas causas emergentes da cultura são amparados por associações, universidades, instituições de ensino e pesquisa e, ainda, por políticas públicas que possam subsidiar os anseios da cadeia produtiva.

Provavelmente, o futuro mostrará que o grande diferencial dessa nova fase da cultura seja o fato de considerar o passado, com seus erros e acertos, como forma de encorajar a busca pelo conhecimento técnico e o avanço tecnológico necessários à consolidação do cultivo da noqueira-pecã em nosso país.

Referências

- BITTENCOURT, P. V. C. **A cultura da noqueira-pecã**. São Paulo: Edições Melhoramentos, [19--]. 30 p. (ABC do lavrador prático, 54).
- CARVALHO, E. V. **Cascata**: 50 anos de pesquisa. Pelotas: EMBRAPA-CNPFT, 1988. 28 p. (EMBRAPA-CNPFT. Documentos, 26).
- IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA)**: banco de dados agregados. Sistema produção da extração vegetal e da silvicultura. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 fev. 2020.
- MURAYAMA, S. **Horticultura**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 317 p.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura do Estado. **Cartilha do Agricultor**. Porto Alegre, 1970. v. 3.
- WELLS, L. **Pecan**. America's Native Nut tree. Tuscaloosa: University of Alabama Press, 2017. 264 p.

PARTE II

Aspectos gerais





Foto: Carlos Roberto Martins

Capítulo 6

Origem, botânica e morfologia

Gustavo Heiden

Introdução

A noqueira-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] pertence à família Juglandaceae, que abrange 8 gêneros e 60 espécies de árvores ou arbustos polinizados pelo vento e nativos das Américas, Ásia e Europa (Manos; Stone, 2001), sendo uma das 18 espécies atualmente reconhecidas no gênero *Carya* Nutt. (Stone, 2020).

Origem

A noqueira-pecã em seu habitat natural ocorre ao longo de barrancos nas margens de córregos, na planície de inundação de rios ou em solos bem drenados, geralmente em regiões desde o nível do mar até 600 m de elevação, podendo alcançar às vezes áreas de até 1.000 m. Nos Estados Unidos, é nativa do Arkansas, Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Kentucky, Louisiana, Mississippi, Missouri, Oklahoma, Tennessee e Texas (Stone, 2020). No México, ocorre como espécie nativa ou cultivada em Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luís Potosí, Tamaulipas e Veracruz (Villaseñor, 2016). Os povos nativos da América do Norte usavam a pecã medicinalmente para tratamentos dermatológicos e como um remédio para a tuberculose, sendo que é atualmente considerada a árvore estadual do Texas (Moerman, 1986).

No Brasil, a planta é cultivada nas regiões Sul e Sudeste, onde foi introduzida por volta de 1910, tanto em plantios comerciais como em pomares domésticos, destinados à produção de nozes (sementes) que são consumidas in natura, diretamente, ou em bolos, tortas e doces (Lorenzi et al., 2015).

Botânica

Família Juglandaceae

Muitas espécies da família possuem importância econômica como produtoras de nozes (várias espécies de *Carya* e *Juglans*), madeireiras (especialmente os gêneros *Carya*, *Engelhardtia* e *Juglans*), ou ornamentais (diversas espécies de *Carya*, *Juglans*, *Pterocarya* e *Platycarya*) (Simpson, 2010; Stone, 2020). Ao longo da história, várias espécies de Juglandaceae têm sido colhidas, exploradas, manejadas, cultivadas, domesticadas e mesmo melhoradas pela espécie humana (Grauke et al., 2016). Os dois gêneros mais conhecidos são *Juglans* e *Carya* e a maioria das espécies desses dois gêneros produzem nozes comestíveis, muito apreciadas e altamente nutritivas, além de também serem exploradas por conta da madeira durável e resistente à deterioração (Chen et al., 2019). A noqueira (*Juglans regia* L.), a noqueira-pecã (*C. illinoensis*) e a noqueira-chinesa (*C. cathayensis* Sarg.) são as três espécies produtoras de nozes mais consumidas da família

(Manos; Stone, 2001). Em comparação com outras nozes comercializadas, a pecã e a noz-chinesa contêm altos conteúdos de fibra alimentar, minerais e vitaminas (Zhu et al., 2008). No habitat de origem, as nozes também são uma fonte importante de alimento de alta qualidade para a fauna (Stone, 2020). O uso da madeira das espécies de *Carya* é substancial, sendo considerada uma matéria-prima incomparável na manufatura de cabos de ferramentas, devido à combinação de força e resistência ao choque, sendo que espécies como *C. cordiformis* (Wangenh.) K.Koch, *C. glabra* (Mill.) Sweet e *C. ovata* (Mill.) K.Koch são amplamente cultivadas na Europa com essa finalidade (Stone, 2020).

O advento da era genômica tem acelerado sobremaneira o sequenciamento de espécies de Juglandaceae, e uma enorme quantidade de novos dados têm sido gerados, acelerando o entendimento acerca das relações de parentesco e o desenvolvimento de novas abordagens para a pesquisa, conservação, melhoramento genético e uso econômico das espécies dessa família (Guo et al., 2020).

Gênero *Carya*

O gênero *Carya* era amplamente distribuído no período Terciário, desde 65 milhões de anos até 2,6 milhões de anos atrás. Há fósseis conhecidos de diversas localidades, como nos estados de Colorado e Washington, no oeste dos Estados Unidos, China, Japão, Europa e oeste da Sibéria, na Rússia (Stone, 2020; Wen, 1999; Zhang et al. 2013). Atualmente, *Carya* compreende 18 espécies com ocorrência disjunta intercontinental no leste da América do Norte (Canadá, Estados Unidos da América e México) e sudeste da Ásia (China, Índia e Vietnã) (Grauke et al., 2011; Stone, 2020). A noqueira-pecã (*C. illinoensis*) e a noqueira-chinesa (*C. cathayensis* Sarg.) são as únicas duas espécies do gênero cultivadas comercialmente para a produção de nozes, sendo oriundas do leste da América do Norte e sudeste da Ásia, respectivamente (Sun; He, 1982).

As espécies do gênero podem ser reconhecidas em campo pelas folhas alternas e compostas, flores sem peças do perianto (ou seja, sem sépalas nem pétalas), androceu composto por quatro estames e fruto drupáceo deiscente (Milliken et al., 2009). Em língua inglesa, o fruto é tecnicamente chamado de *tryma*, não sendo considerado uma drupa propriamente dita, devido à concreção de partes do perianto ao epicarpo, e cujo envoltório estriado externo (pericarpo e mesocarpo concrecidos, popularmente chamado de *schuck* em língua inglesa) possui uma textura carnosa ou coriácea e abre por conta própria, expondo a noz (*pecan nut*), formada por um endocarpo bivalvar e duro, que envolve a semente propriamente dita, para dispersão (Merriam-Webster, 2020).

Números cromossômicos diploides ($2n=32$ cromossomos) e tetraploides ($2n=64$ cromossomos) são conhecidos no gênero, porém tetraploides ocorrem apenas em *Carya* sect. *Carya*. A maior parte da variação fenotípica resulta, sem dúvida, de adaptações a condições locais e regionais, mas hibridização e introgressão gênica também, provavelmente, possuem um papel, mesmo que sutil, pois a simpatria entre duas ou mais espécies é comum. Polinizações artificiais sugerem que, mesmo eventos de cruzamento entre espécies diploides e tetraploides, podem resultar em sementes viáveis. Além disso, o cultivo extenso e a naturalização em diversas áreas têm confundido a interpretação da área de distribuição natural original de *Carya illinoensis*, sendo que a espécie hibridiza com *C. aquatica* Nutt. (*C. × lecontei* Little), *C. cordiformis* (Wangenh.) K.Koch (*C. × brownii* Sargent), *C. laciniosa* (F.Michx.) Loudon (*C. × nussbaumeri* Sargent), e *C. ovata* (Mill.) K.Koch, e – supostamente – até mesmo com a espécie tetraploide *C. tomentosa* (Lam.) Nutt. (*C. × schneckii* Sargent) (Stone, 2020). Botanicamente, a noqueira-pecã corresponde à espécie *Carya illinoensis* (Wangenheim 1787) Koch (1869).

Morfologia

As nogueiras-pecã (Figura 1) são árvores decíduais, medindo até 44 m de altura. Embora seja uma espécie monoica com flores unissexuadas, a maioria das cultivares são de fato conduzidas como dioicas, evitando a autopolinização, de forma a incrementar a variabilidade genética (Thompson, 1985).



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 1. Aparência de uma planta adulta de nogueira-pecã (*Carya illinoensis*).

Tronco e ramos

Tronco cinza-claro ou amarronzado, estriado com escamas adpressas ou esfoliantes na forma de pequenas placas (Figura 2). Galhos de coloração bronze a marrom-avermelhado, delgados, hirsutos, conspicuamente escamosos, às vezes glabrescentes. Gemas terminais marrom-amareladas, oblongas, 6 mm-12 mm de comprimento, hirsutas, escamosas; escamas da gema valvares; gemas axilares protegidas por bractéolas fundidas e formando um capuz.



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 2. Tronco de noqueira-pecã, em que é possível observar as escamas na forma de pequenas placas.

Folhas

Folhas compostas (Figura 3) com 40 cm a 70 cm de comprimento, pecíolos com 4 mm a 8 cm de comprimento, glabros a pilosos, nervura central geralmente glabra na face adaxial, raramente hirsuta próximo à base, tricomas simples e curtos ou esparsos e agrupados em fascículos. Folíolos raramente medindo de 7 cm a 9 cm, normalmente medindo de 9 cm a 13 cm, e raramente maiores que 13 cm a 17 cm, cartáceos, peciólulos laterais com 0 a 7 mm de comprimento, peciólulo terminal com 5 mm a 25 mm de comprimento; limbo ovado-lanceolado, frequentemente falcado, com 2 mm a 16 cm de comprimento, 1 cm a 7 cm de largura, margens finamente a grosseiramente serradas, ápice acuminado; face abaxial hirsuta ou com tricomas unicelulares esparsos e bisseriados, escamoso, com escamas peltadas grandes e escamas peltadas pequenas e redondas, indumento denso na primavera, tornando-se moderado a esparsos no outono, face adaxial glabra ou raramente hirsuta, com tricomas unicelulares ao longo da nervura central e tricomas bisseriados a multisseriados esparsos, moderadamente escamosas na primavera.



Foto: Gustavo Heiden

Figura 3. Nogueira-pecã: ramos, folhas compostas e frutos.

Inflorescências e flores

Flores unissexuais, as masculinas em ramos do ano anterior e as femininas no ápice dos ramos novos. Inflorescências masculinas do tipo amentilho, dispostas em fascículos (Figura 4). Amentilhos estaminados sésseis, até 18 cm de comprimento, pedicelos com tricomas glandular-capitados; anteras esparsamente pilosas. Flores femininas sésseis e agrupadas em glomérulos (Figura 5).

Foto: Carlos Roberto Martins



Figura 4. Nogueira-pecã: fascículos de inflorescências do tipo amentilho, apenas com flores estaminadas (produtoras de pólen).

Foto: Carlos Roberto Martins



Figura 5. Nogueira-pecã: inflorescências do tipo glomérulo, apenas com flores pistiladas (portadoras de óvulos).

Frutos e sementes

Os frutos jovens (Figura 6) e imaturos são verdes (Figuras 7 e 8). Os frutos maduros são marrom-escuros (Figura 9), ovoides a elipsoides, com 2,5 cm a 6 cm de comprimento e 1,5 cm a 3 cm de largura; exocarpo com superfície áspera com 3 mm-4 mm de espessura, deiscente do ápice à base (Figura 7), suturas aladas. Nozes com tegumento bronze a marrom e ornamentadas com manchas nigrescentes (Figuras 10 e 11), ovoides a elipsoides, e superfície suave. Casca fina, dura e quebradiça. Sementes comestíveis (Figura 11).



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 6. Nogueira-pecã: frutos imaturos em estádios iniciais de desenvolvimento.



Foto: Gustavo Heiden

Figura 7. Nogueira-pecã: frutos imaturos em estádios finais de desenvolvimento, em que se observa o pericarpo.

Foto: Carlos Roberto Martins



Figura 8. Nogueira-pecã: deiscência do epicarpo (*shuck* em língua inglesa), formado pela concreção de partes do perianto ao pericarpo e mesocarpo concrecidos, indicando o início da maturação, ao expor a noz para dispersão.

Foto: Gustavo Heiden



Figura 9. Nogueira-pecã: deiscência completa do epicarpo, indicando o término da maturação, ao expor totalmente a noz para dispersão.



Foto: Gustavo Heiden

Figura 10. Nogueira-pecã: aparência do endocarpo, que protege a semente, a qual corresponde à porção comestível.



Foto: Gustavo Heiden

Figura 11. Noz-pecã com o endocarpo bivalvar íntegro (A), parcialmente (B) e totalmente removido (C), expondo a semente propriamente dita, que corresponde à porção comestível.

Considerações finais

A imponência da árvore de noqueira-pecã destaca-se na paisagem e mostra uma beleza inconfundível, variando magicamente sua aparência com o decorrer das estações. As flores, que normalmente passam despercebidas ao misturarem-se com o verde do entorno, são deslumbrantes, quando apreciados seus detalhes diretamente na planta ou mesmo fixados em uma imagem fotográfica. Seus frutos são discretos e só quem presencia seu desprendimento da planta pode escutar o som característico de sua trajetória no ar e chegada ao solo, normalmente escondendo-se entre as plantas rasteiras. No Brasil, essa magnífica planta normalmente é cultivada nas regiões de clima mais ameno, tanto em plantios comerciais como em pomares domésticos, permitindo que as nozes (sementes) produzidas sejam consumidas in natura, como uma iguaria única, ou de várias outras formas, como por exemplo em bolos, tortas, diversos outros doces e até em pratos salgados. É interessante observar o ciclo vegetativo dessa espécie. Vê-la cobrindo-se de delicadas brotações verdes no início da primavera, amarelecer no início do outono e praticamente desaparecer da paisagem durante o inverno após a queda das folhas, tendo a certeza de que um novo recomeço em breve ocorrerá.

Referências

- CHEN, F.; CHEN, J.; WANG, Z.; ZHANG, J.; LI, X.; LIN, M.; SONG, Y.; ZHANG, L. Genomics: cracking the mysteries of walnuts. **Journal of Genetics**, v. 98, n. 2, June 2019.
- GRAUKE, L. J.; MENDOZA-HERRERA, M.; MILLER, A.; WOOD, B. W. Geographic patterns of genetic variation in native pecans. **Tree Genetics and Genomes**, v. 7, n. 5, p. 917-932, 2011.
- GRAUKE, L.; WOOD, B.; HARRIS, M. Crop vulnerability: *Carya*. **HortScience**, v. 51, p. 653-663, 2016.
- LORENZI, L.; LACERDA, M. T. C.; BACHER, L. B. **Frutas no Brasil: nativas e exóticas (de consumo in natura)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2015. 768 p.
- MANOS, P. S.; STONE, D. E. Evolution, Phylogeny, and Systematics of the Juglandaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 88, n. 2, p. 231-269, 2001.
- MERRIAM-WEBSTER. **Tryma**. 2020. Disponível em: <https://www.merriam-webster.com/help/citing-the-dictionary>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- MILLIKEN, W.; KLITGÅRD, B.; BARACAT, A. **Neotropikey** - Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics. 2009. Disponível em www.kew.org/neotropikey. Acesso em: 10 nov. 2020.
- MOERMAN, D. E. **Medicinal Plants of Native America**. Ann Arbor: University of Michigan Museum of Anthropology, 1986. v. 2. (Technical Reports, 19).
- SIMPSON, M. G. **Plant systematics**. Cambridge: Academic Press, 2010. 602 p.
- STONE, D. E. Juglandaceae. In: FLORA of North America. v. 3. Disponível em: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=10460. Acesso em: 02 nov. 2020.
- SUN, Z. J.; HE, S. A. The history, present and prospect of pecan in China. **Pecan South**, v. 9, n. 5, p. 18-23, 1982.
- THOMPSON, T. E.; ROMBERG, L. D. Inheritance of heterodichogamy in pecan. **J. Hered.**, v. 76, p. 456-458, 1985.
- THOMPSON, T. E.; GRAUKE, L. J. Pecans and other hickories (*Carya*). **Acta Horticulturae**, v. 290, p. 839-904, 1991.
- VILLASEÑOR, J. L. Checklist of the native vascular plants of Mexico. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 87, n. 3 p. 559-902, jul. 2016.
- WEN, J. Evolution of eastern Asian and eastern North American disjunct distributions of flowering plants. **Annu Rev Ecol Syst**, v. 30, p. 421-455, 1999.
- ZHANG, J. B.; LI, R. Q.; XIANG, X. G.; MANCHESTER, S. R. ; LIN, L.; WANG, W.; WEN, J.; CHEN, Z. D. Integrated fossil and molecular data reveal the biogeographic diversification of the Eastern Asian-Eastern North American disjunct hickory genus (*Carya* Nutt.). **PLoSOne**, v. 8, n. 7, e70449, 2013.
- ZHU, C.; DENG, X.; SHI, F. Evaluation of the antioxidant activity of Chinese Hickory (*Carya cathayensis*) kernel ethanol extraction. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 13, p. 2169-2173, 2008.

Capítulo 7

Fenologia

Rudinei De Marco
Carlos Roberto Martins
Claudia Farela Ribeiro Crosa
Gilmar Antônio Nava
Flávio Gilberto Herter

Introdução

A fenologia se torna indispensável ao manejo das plantas no pomar, uma vez que estuda a ocorrência das fases ou atividades do ciclo vital das plantas e sua ocorrência temporal e espacial ao longo do ano (Morellato, 1995). A fenologia determina os momentos em que os vegetais diferenciam seus tecidos para expressar modificações fisiológicas ou exteriorizam suas estruturas, produzidas sob interferência de fatores bióticos e abióticos (Rêgo et al., 2006; Souza et al., 2014), ou seja, são observações das mudanças exteriores visíveis ao longo do ciclo da planta.

Os estudos fenológicos são baseados no monitoramento das plantas a campo, caracterizando os estádios de desenvolvimento das culturas e, conseqüentemente, a duração das fases fenológicas. O conhecimento prévio da fenologia constitui uma ferramenta eficaz de manejo, pois permite identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, o momento fisiológico ao qual se encontram associadas às necessidades edafoclimáticas de cada espécie/cultivar. Conhecidos os parâmetros, será possível definir os períodos propícios para o planejamento e realização dos tratamentos culturais, da poda, da aplicação de fertilizantes, do manejo da irrigação, da definição de estratégias de convivência com pragas, doenças e plantas espontâneas, entre outras atividades, possibilitando melhorar o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, aumentar a produtividade.

Nesse contexto, apresenta-se e descreve-se neste capítulo uma escala fenológica, baseada na escala BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry*) estendida e adaptada de Finn et al. (2007) e Han et al. (2018), indicando as características dos principais estádios fenológicos da noqueira-pecã no Sul do Brasil.

Escala fenológica

Os métodos de avaliação e as escalas fenológicas utilizadas para noqueira-pecã, como para várias outras culturas, variam na literatura (Frusso, 2007; INIA, 2016; Han et al., 2018) e podem influenciar os padrões relatados, dificultando comparações em diferentes regiões do mundo. Assim, a utilização de uma escala fenológica padrão, estabelecida de acordo com os critérios definidos, é fundamental para a elucidação melhor entendimento e compreensão do comportamento adaptativo da espécie no Brasil.

Para solucionar esse problema, um grupo de pesquisadores desenvolveram um sistema de codificação unificada para descrever estádios fenológicos de monocotiledôneas e dicotiledôneas, denominado de escala BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry*) (Hack et al., 1992). Essa escala, com abordagem precisa e simplificada, permite a identificação de estádios fenológicos, em que o mesmo código é aplicado ao mesmo estágio em plantas de diferentes espécies (Flemmer et al., 2014).

A escala BBCH é uma proposta que descreve os estádios completos de desenvolvimento de plantas, compreendendo 10 fases principais, claramente reconhecíveis e distinguíveis, sendo os estádios fenológicos das plantas codificados de 0-9, em ordem crescente. Cada fase principal é subdividida em mais 10 subfases, enumeradas também de 0-9 (Figura 1).



Figura 1. Ciclo de desenvolvimento de plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas, dividido em estádios de desenvolvimento principais e secundários, de acordo com a escala BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry*).

Fonte: adaptado de Meier (2001).

Assim, foram utilizados, para a nogueira-pecã, oito estádios principais de desenvolvimento da escala original BBCH, sendo: 0: desenvolvimento das gemas; 1: desenvolvimento das folhas; 3: desenvolvimento dos brotos; 5: surgimento das inflorescências; 6: floração; 7: desenvolvimento dos frutos; 8: maturação dos frutos; e 9: início de dormência. Os estádios 2 (formação de brotos laterais) e 4 (desenvolvimento de órgãos vegetativos ou propagados de plantas) não foram utilizados, pois não foram considerados relevantes para a nogueira-pecã (Tabela 1).

Os estádios secundários (0 a 9) utilizados na presente escala variaram dentro de cada estágio de crescimento principal, ou seja, nem todos foram descritos, sendo abordados conforme a importância de cada estágio, considerando-se as principais atividades de manejo realizadas na cultura, especialmente em pomares brasileiros.

Como a cultura da noqueira-pecã apresenta dois períodos de desenvolvimento vegetativo em cada ciclo, nos estádios principais 1 (desenvolvimento das folhas) e 3 (desenvolvimento dos brotos), foi adicionado um zero (0) entre o algarismo que representa o código principal e o algarismo que representa o código secundário, de forma a representar o segundo período (Tabela 1).

Tabela 1. Código e descrição do estágio principal proposto para a escala fenológica BBCH para noqueira-pecã.

Código do estágio		Descrição do estágio principal
Principal	Secundário	
0	00 - 09	Desenvolvimento das gemas
1	10 - 19; (100 - 109) ⁽¹⁾	Desenvolvimento das folhas
2	20 - 29	Formação de brotos laterais
3	30 - 39; (300 - 309) ⁽¹⁾	Desenvolvimento dos brotos
4	40 - 49	Desenvolvimento de órgãos vegetativos ou propagados de plantas
5	50 - 59	Surgimento das inflorescências
6	60 - 69	Floração
7	70 - 79	Desenvolvimento dos frutos
8	80 - 89	Maturação dos frutos
9	90 - 99	Início da dormência

⁽¹⁾ Zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário indica o segundo período de desenvolvimento do ciclo.

Fonte: adaptado de Marco et al. (2021).

De acordo com o intervalo de tempo, ou seja, a velocidade em que acontece cada estágio de desenvolvimento, foram também sugeridas observações, que variam de intervalos de dois dias no período de floração a uma vez por mês no período de dormência (Tabela 2). Esses intervalos são importantes de serem seguidos, principalmente no período de desenvolvimento reprodutivo, quando as mudanças ocorrem rapidamente.

Tabela 2. Períodos de observações fenológicas para noqueira-pecã sugeridas de acordo com o estágio fenológico.

Estádio	Descrição	Cronograma	Mês do ano ⁽¹⁾
00 - 09	Final da dormência, período que compreende as gemas dormentes, gemas inchadas até gemas abertas.	Do estágio 99 ao 00 observar a cada 30 dias	Mai a agosto/setembro
		A partir de gemas inchadas observar a cada 3-5 dias	Agosto a outubro
11 - 19 101 - 109 ⁽²⁾	Desenvolvimento de folhas, com as primeiras folhas separadas até todas as folhas abertas e maduras.	Observar a cada 3-5 dias	Setembro a dezembro
31 - 39 301 - 309 ⁽²⁾	Desenvolvimento de brotos, com os eixos dos brotos visíveis até seu desenvolvimento em comprimento final.		Dezembro a abril ⁽¹⁾
51E - 59E; 51P - 59P	Surgimento das inflorescências (estaminadas – E; pistiladas - P) até seu tamanho final, conforme a cultivar.	Observar a cada 2 dias	Setembro a outubro/novembro
60E - 69E; 60P - 69P	Floração, que compreende desde a primeira antera aberta (E) e o primeiro estigma receptivo (P) até que os amentos (E) sequem e os estigmas (P) fiquem escuros/necrosados.		Setembro a novembro
70 - 79	Desenvolvimento dos frutos: período posterior à floração até o crescimento padrão da cultivar.	Observar a cada 7 dias	Novembro a março
81 - 89	Maturação dos frutos: período com o desenvolvimento do embrião completo, descoloração e abertura da cápsula até o início de queda de frutos.	Observar a cada 3-5 dias	Março a junho
93 - 99	Início da dormência, com início da descoloração foliar até o final de senescência.	Observar a cada 15 dias	Mai a junho

⁽¹⁾ Dados médios, podendo variar entre regiões, cultivares e os anos de observação.

⁽²⁾ Zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário indica o segundo período de desenvolvimento do ciclo.

E = estames; P = pistilos.

Fonte: adaptado de Marco et al. (2021).

Com base na escala descritiva, propôs-se também uma escala ilustrativa, que representa os estádios de desenvolvimento de maior relevância da noqueira-pecã, sendo possível a visualização a partir de fotografias. Para a escala descritiva, foram incluídos 34 estádios, considerando-se os principais e os secundários (Tabelas 2; 3; 4; 5 e 6), enquanto para a escala ilustrativa foram propostos 22 dos principais estádios fenológicos considerados da cultura (Figura 3). Portanto, serão abordadas as seguintes etapas: desenvolvimento vegetativo; reprodutivo; desenvolvimento dos frutos; e dormência.

Desenvolvimento vegetativo

Em frutíferas de clima temperado, o desenvolvimento vegetativo – considerado uma das fases mais importantes do cultivo – compreende três etapas principais, as quais referem-se ao desenvolvimento das gemas, das folhas e dos brotos. É nesse período que as plantas produzem e armazenam fotoassimilados para serem utilizados na fase inicial do crescimento e, posteriormente, na frutificação e no desenvolvimento dos frutos (Webster, 2005).

Desenvolvimento das gemas (BBCH 00-09)

Ao final do ciclo anual de desenvolvimento da noqueira-pecã, que ocorre entre os meses de maio e início de junho no Hemisfério Sul, a planta apresenta senescência das folhas e posterior entrada em dormência. Durante o período invernal (junho a agosto), ocorre redução do desenvolvimento da gema como forma de sobrevivência às condições ambientais desfavoráveis ao crescimento, devido às baixas temperaturas (Marafon et al., 2011). Durante esse período, do início ao final da dormência, importantes processos metabólicos ocorrem, como a translocação de água e carboidratos. A água transloca-se das gemas, mobilizando os carboidratos durante a fase de repouso hibernar para os tecidos adjacentes (ramos, tronco e principalmente raízes), fazendo com que as gemas se desidratem (BBCH 00). Ao final do mês de agosto e início de setembro, quando da sinalização da superação da dormência, ocorre a reidratação das gemas, sendo um indicativo fisiológico para a retomada do crescimento, característica essa comumente encontrada nas espécies frutíferas de clima temperado (Yamamoto et al., 2010; Marafon et al., 2011; Simões, 2011). Nesse período, ocorre a fase de inchamento das gemas (BBCH 01) e, posteriormente, o início da brotação (BBCH 07). Nessa fase, é possível observar as escamas exteriores, que recobrem as gemas, deslocarem-se para que ocorra a abertura das gemas.

O último estágio do desenvolvimento das gemas, proposto nessa escala, ocorre quando é possível observar a separação das escamas internas, de coloração verde (BBCH 09 – gema aberta) (Tabela 3).

Tabela 3. Estádios de desenvolvimento vegetativo com o respectivo código numérico e descrição do estágio fenológico proposto para a cultura da noqueira-pecã, com base na escala BBCH.

Código	Estádio	Descrição
Estádio de crescimento principal 0: desenvolvimento das gemas		
00	Gema dormente	Gemas estão fechadas e cobertas por escamas de coloração castanha.
01	Gema inchada	As gemas começam a hidratar (inchar).
07	Início da brotação	As gemas começam a abrir e brotar, e as pontas das folhas verdes tornam-se visíveis.
09	Gema aberta	Escamas de coloração castanha não são mais visíveis e ocorre a separação das escamas internas (verdes).
Estádio de crescimento principal 1: desenvolvimento das folhas		
11 (101 ⁽¹⁾)	Primeiras folhas visíveis	Primeiras folhas começam a surgir e abrem-se.
15 (105)	Primeiras folhas totalmente expandidas/abertas	Todos os folíolos da folha estão abertos e visíveis.
17 (107)	Todas as folhas expandidas/abertas	
19 (109)	Folhas maduras	A cor das folhas mudam de verde-claro para verde-escuro.

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Código	Estádio	Descrição
Estádio de crescimento principal 3: desenvolvimento dos brotos		
31 (301)	Brotos em crescimento inicial	Eixos dos brotos tornam-se visíveis.
32 (302)	Brotos com 20 cm de crescimento	Brotos atingem aproximadamente 20 cm de comprimento.
33 (303)	Brotos com 30 cm de crescimento	Brotos atingem aproximadamente 30 cm de comprimento.
35 (305)	Brotos com 50 cm de crescimento	Brotos atingem aproximadamente 50 cm de comprimento.
37 (307)	Brotos com mais de 70 cm de crescimento	Brotos atingem 70 cm ou mais de comprimento.
38 (308)	Brotos lignificados	Ocorre a mudança de coloração do eixo do broto, passando de verde para marrom. Os brotos passam de herbáceos para semilenhosos a lenhosos e reduzem a pilosidade do eixo.
39 (309)	Tamanho final dos brotos	O crescimento dos brotos cessa.

⁽¹⁾ Zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário indica o segundo período de desenvolvimento do ciclo.

Fonte: adaptado de Marco et al. (2021).

Em cada entrenó, normalmente são encontrados duas, três, ou até quatro gemas, sendo que a gema mais próxima da extremidade terminal do ramo é a mais proeminente e a que geralmente irá brotar. As demais gemas, de acordo com Herrera (1999), são gemas de reserva e dificilmente brotam, a não ser que a gema primária seja danificada (insetos, danos físicos e/ou mecânicos) ou devido à realização de podas.

Como descrito acima, a noqueira-pecã passa por um período de suspensão temporária do crescimento visível e com drástica redução de suas atividades metabólicas durante o inverno, denominado de dormência, sendo que, para superá-la e iniciar um novo ciclo de crescimento, necessita de acúmulo de horas de frio (geralmente considerado com temperaturas iguais ou inferiores a 7,2 °C) que é variável e ainda não bem elucidado entre as cultivares (Raseira, 1990; Fronza; Hamann, 2016). Contudo, anos agrícolas com um total de horas inferior ao mínimo exigido pode gerar distúrbios fisiológicos, baixa porcentagem e irregularidade da brotação e, conseqüentemente, redução da produção (Wells, 2017). Dessa forma, em regiões onde o acúmulo de frio é insuficiente, é necessário o uso de alternativas que visam a indução da brotação (quebra artificial de dormência). Alguns produtos, como a cianamida hidrogenada, óleo mineral, nitratos de cálcio e potássio, extrato de alho, entre outros, têm sido utilizados para esse fim em outras frutíferas de clima temperado. No entanto, no Brasil, a superação da dormência na cultura da noqueira-pecã não é uma prática comum, pois se carece de estudos com diferentes produtos, dosagens, época e forma de aplicação, e exigência de cada uma das cultivares. Portanto, a quebra artificial da dormência deve ser melhor estudada e considerada importante, especialmente em anos com invernos atípicos (baixo acúmulo de horas de frio) ou em regiões brasileiras com invernos mais amenos.

Desenvolvimento das folhas (BBCH 11-19) e dos brotos (BBCH 31-39)

Os próximos estádios da escala do desenvolvimento vegetativo correspondem ao desenvolvimento das folhas e dos brotos (Tabela 3). Nesses estádios são observados dois ciclos de desenvolvimento, sendo que o primeiro ocorre entre final de setembro e início de outubro, enquanto o segundo inicia em novembro/dezembro e vai até meados de março. Nesse caso, propôs-se o acréscimo de um zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário para representar o segundo período de desenvolvimento do ciclo.

Normalmente, observa-se diferentes estádios de desenvolvimento no mesmo momento de avaliação. Dessa forma, os códigos de cada estágio podem ser anotados para a mesma data separando-se ambos por uma barra, por exemplo: no dia 20 de outubro foi observado o estágio BBCH 11 – primeiras folhas visíveis, nessa mesma data foi possível verificar também o crescimento inicial dos brotos – BBCH 31, sendo registrado então 11/31.

A noqueira-pecã possui folhas compostas imparipinadas, com folíolos de margens serradas. O número de folíolos em cada folha é variável entre as cultivares, podendo ter de 9 a 17 (Koeser et al., 2015), sendo que só podem ser observados quando a folha estiver expandida/aberta. Nesse contexto, foram propostos quatro estádios de desenvolvimento das folhas: primeiras folhas visíveis (BBCH 11), mas ainda não é possível observar todos os folíolos; primeiras folhas expandidas/abertas (BBCH 15), sendo que são observados todos os folíolos; quando todas as folhas estão expandidas/abertas (BBCH 17), e folhas maduras (BBCH 19), quando as folhas mudam de coloração verde-claro para verde-escuro.

O conhecimento sobre o desenvolvimento das folhas é importante e pode auxiliar nos processos de manejo do pomar, pois é por meio delas que a planta realiza fotossíntese, que é a conversão de dióxido de carbono da atmosfera em carbono orgânico, necessário para o seu desenvolvimento (Taiz et al., 2017). No entanto, segundo Moreno (2018b), quando uma folha está na fase de crescimento, a energia é drenada para elas a partir de outros órgãos, como folhas desenvolvidas e/ou de órgãos de reserva. Isso é um indicativo de que, para ocorrer bom desenvolvimento inicial de folhas, em cada ciclo de desenvolvimento, a planta necessita ter acumulado reservas no ciclo anterior, antes da senescência das folhas.

Uma prática que busca avaliar como estão as plantas nutricionalmente é por meio da análise química foliar, recomendada normalmente no mês de fevereiro, mediante a coleta do par de folíolos das folhas localizadas na porção média dos ramos de crescimento da estação atual, nos quatro quadrantes (N, S, L, O) da planta. Para isso é necessário amostrar aproximadamente dez plantas aleatórias no pomar por meio de caminhada em zigue-zague. No entanto, fazer a análise química foliar em uma única época do ano não permite ao produtor realizar ajustes nutricionais no ciclo atual. Assim, sugere-se, a partir do mês de novembro até o mês de março, realizar mensalmente a amostragem foliar para análise química, interpretação dos resultados e ajustes nutricionais nas plantas.

O desenvolvimento dos brotos inicia-se quando é possível observar o eixo dos brotos (BBCH 31 – Tabela 3) e vai até o final do crescimento desse (BBCH 39). Em cada ciclo da cultura, o crescimento de brotos é variável de acordo com a idade das plantas e entre as cultivares, mas, principalmente, em função do manejo nutricional, acúmulo de frio no inverno e de irrigação do pomar, sendo que, para se manter uma produção estável, são desejáveis brotos com 25 cm a 30 cm de comprimento (Arreola-Ávila et al., 2010), com 8 a 10 folhas saudáveis para a produção de uma única noz (Moreno, 2019).

O monitoramento do desenvolvimento dos ramos faz-se necessário por vários motivos, entre eles: para o início do controle preventivo de doenças, que deve ocorrer a partir do momento em que os ramos atingirem próximo a 5 cm de comprimento; para a realização da poda verde em plantas em formação (do segundo ao quarto/quinto ano pós-plantio); para determinar o momento da enxertia; para monitorar o seu vigor, ou seja, para manter boa produção, os brotos devem medir entre 25 cm e 30 cm. O produtor deve equilibrar a adubação, principalmente a nitrogenada, além de fazer uso de reguladores de crescimento, os quais ainda necessitam ser mais estudados para a noqueira-pecã.

Desenvolvimento reprodutivo

O desenvolvimento reprodutivo é marcado pela capacidade da planta em produzir flores e resultante de mudanças que ocorrem no meristema das gemas (Larcher, 2000). Para tanto, será considerado nessa escala o surgimento das inflorescências (BBCH 51-59) e a floração (BBCH 60-69) (Tabela 4).

Tabela 4. Estádios de desenvolvimento reprodutivo com os códigos numéricos e a descrição das fases fenológicas propostas para a cultura da noqueira-pecã, baseadas na escala BBCH.

Código	Estádio	Descrição
Estádio de desenvolvimento principal 5: surgimento das inflorescências		
51(E); 51(P)	Surgimento das inflorescências estaminadas (E) e pistiladas (P)	Órgãos florais visíveis; inicia o surgimento dos amentos (E) e racimos (P) das gemas, os quais ainda permanecem fechados.
55(E); 55(P)	Inflorescências com cerca de 50% do comprimento final padrão da cultivar	Brácteas das inflorescências masculinas visíveis e separadas da antera, sendo possível visualizar os pedúnculos dos amentos (E). Estigma das flores femininas visíveis (P).
59(E); 59(P)	Fim do crescimento das inflorescências estaminadas (E) e pistiladas (P)	Estames e pistilos visivelmente separados da ráquis, atingindo o tamanho final da cultivar antes da polinização.
Estádio de desenvolvimento principal 6: floração		
60(E); 60(P)	Início da floração	1% das flores estaminadas (E) liberando pólen e 1% das flores pistiladas (P) com estigma receptivo.
65(E); 65(P)	Plena floração	50% das flores estaminadas (E) liberando pólen e 50% das flores pistiladas (P) com estigma receptivo.
69(E); 69(P)	Final da floração	99% das flores estaminadas (E) já liberaram pólen, os amentos secam e caem; 99% das flores pistiladas (P) já foram polinizadas, estigmas sem brilho e necrosados.

Fonte: adaptado de Marco et al. (2021).

A noqueira-pecã é uma espécie frutífera monoica com inflorescências masculinas (estaminadas) e femininas (pistiladas) em locais diferentes, mas na mesma planta. À medida que inicia o crescimento na primavera (setembro/outubro), as inflorescências masculinas (amentos) são originadas a partir de gemas mistas em “ramos de ano”, ou seja, de um ano de idade. Normalmente, em cada gema são produzidos dois grupos de três amentos em lados opostos da gema, interligados por um pedúnculo. As inflorescências femininas (racimos) podem surgir no ápice da brotação de “ramos do ano”, ou seja, em ramos que brotaram no ciclo atual. O número de flores pistiladas em cada racimo é variável entre as cultivares e sofre influência do vigor do broto, ficando, em média, entre três e sete (Herrera, 1999).

Diversos resultados de pesquisa indicam que a diferenciação da flor feminina (pistilada) da noqueira-pecã ocorre na época do início do crescimento (Wetzstein; Sparks, 1989) (agosto/setembro, no Hemisfério Sul), período que corresponde ao final da gema inchada e após a divisão das escamas externas da gema, mas antes da divisão das escamas internas (Wetzstein; Sparks, 1983). Isso contrasta com a maioria das outras espécies de árvores caducifólias, em que a diferenciação ocorre durante a estação de crescimento anterior (Kramer; Kozlowski, 1979).

De acordo com Herrera (1999), as flores pistiladas se diferenciarão a partir do tecido vegetativo (predominante em gemas apicais) e se formarão se houver acúmulo de carboidratos suficientes para tal. Essa fase ocorre nos estádios iniciais de crescimento, mas o surgimento das flores só vai ocorrer entre 4 e 6 semanas depois. Nesse contexto, sob a ótica de manejo, essa informação é extremamente importante, pois o acúmulo de reservas no ciclo anterior irá influenciar diretamente no ciclo seguinte para obtenção de uma satisfatória floração.

No Hemisfério Norte, Woodroof e Woodroof (1926) descreveram que a diferenciação das flores pistiladas só ocorre nos últimos 10 dias do mês de fevereiro, até a primeira semana de março (o que corresponderia ao final de agosto e início de setembro no Hemisfério Sul). Os mesmos autores destacam que, se houver algum dano nas gemas apicais ou a retirada através de podas antes do momento da diferenciação, as gemas laterais são forçadas a diferenciar e formarão flores pistiladas, mas, caso isso ocorra posteriormente a essa data, não haverá flores pistiladas nesse ciclo. Nesse contexto, a data da realização da poda de inverno deve ser considerada, pois, quando realizada muito tarde, pode influenciar na formação de flores pistiladas. Assim, estudos que abordam diferentes datas da realização da poda na formação de flores pistiladas de gemas laterais devem ser realizados nas condições brasileiras.

Observa-se na Tabela 4 a proposta de três estádios para caracterizar o surgimento das inflorescências masculinas ou estaminadas (E) e femininas ou pistiladas (P), iniciando com o surgimento das mesmas, ou seja, quando inicia o surgimento dos órgãos florais (amentos e racimos) das gemas, mas as estruturas florais ainda permanecem fechadas – BBCH 51 (E); 51 (P). O segundo estágio ocorre quando as inflorescências estão com aproximadamente 50 % do crescimento final, e é possível visualizar os pedúnculos dos amentos e o momento em que os estigmas das flores femininas tornam-se visíveis – BBCH 55 (E); 55 (P). O terceiro estágio corresponde ao final do crescimento das inflorescências, porém antes da polinização, sendo possível observar os estames e pistilos visivelmente separados da ráquis (eixo da inflorescência) – BBCH 59 (E); 59 (P).

Para o estágio de desenvolvimento principal 6, correspondente à floração, foram propostos mais três subestádios (Tabela 4), sendo considerado como início da floração quando aproximadamente 1% das inflorescências estaminadas e pistiladas estão liberando pólen (BBCH 60 E) ou com estigma receptivo (BBCH 60 P). A plena floração é obtida quando 50% das inflorescências estaminadas estão liberando pólen (BBCH 65 E) e as pistiladas com estigmas receptivos (BBCH 65 P). Já o final da floração foi considerado quando os amentos apresentam coloração marrom-escura, secam e caem (BBCH 69 E), e os estigmas ficam desidratados, com aspecto necrosado, de coloração escura (BBCH 69 P).

A liberação do pólen ocorre quando as anteras são abertas e o mesmo é transportado pelo vento, ou seja, a polinização é anemófila para a nogueira-pecã (Wetzstein; Sparks, 1986; Herrera, 1999; Wells, 2017). Esses autores ressaltam que o pólen só é transportado quando a umidade relativa do ar for menor que 85%. De acordo com Simão (1971); Han et al., (2018), períodos quentes e secos e com ventos fortes durante esse período podem antecipar e encurtar a liberação do pólen, enquanto períodos frios e úmidos podem retardar e alongar a liberação do pólen.

Embora, frequentemente, seja possível encontrar a presença de abelhas visitando os amentos e coletando pólen (Figura 2), isso ainda não foi observado nos estigmas das inflorescências femininas. Ou seja, parece que as abelhas não contribuem para a polinização da nogueira-pecã.

Foto: Rudinei de Marco



Figura 2. Abelha coletando pólen das inflorescências masculinas (amentos) em noqueira-pecã.

Já a receptividade do estigma é relativamente difícil de se observar com precisão, devido à grande variação das formas e tamanhos das flores pistiladas e superfícies estigmáticas entre as cultivares. À medida que as flores pistiladas amadurecem, a superfície estigmática se torna mais proeminente e avermelhada em algumas cultivares, enquanto em outras a cor permanece verde, rosa, entre outras cores, ou seja, a cor não significa que a flor está receptiva, o que dificulta a determinação desse evento. Como forma de determinação, alguns autores descrevem que a receptividade do estigma pode ser avaliada pela presença de um líquido viscoso e brilhante na superfície estigmática (Zhang, 2015; Ajamgard et al., 2017), bem como pela aderência do pólen, que pode ser aplicado artificialmente à superfície estigmática (Smith; Romberg, 1940; Madden; Brown, 1973).

Em condições de vento seco, superfícies estigmáticas podem ser rapidamente dessecadas, com períodos efetivos de receptividade consideravelmente reduzidos. Se o estigma receber pólen nessas condições, as células estigmáticas colapsam e secam após a hidratação e germinação do pólen (Wetzstein; Sparks, 1989), fazendo com que o estigma seja necrosado, apresentando coloração escura.

Além de ser uma planta monoica, a noqueira-pecã possui também dicogamia, apresentando períodos de liberação do pólen distintos da receptividade do estigma. Ou seja, uma mesma cultivar atinge amadurecimento das flores masculinas e femininas em períodos distintos. A dicogamia pode variar entre cultivares e até mesmo entre locais e anos de cultivo, podendo apresentar dicogamia completa, quando não há sobreposição da liberação do pólen com a receptividade do estigma, ou incompleta, quando há alguma sobreposição (Tabela 5). De acordo com Sparks (1992), geralmente a dicogamia é completa em climas mais frios e muitas vezes incompleta em climas quentes.

Considerando-se a dicogamia, as cultivares de noqueira-pecã são classificadas predominantemente em dois grupos, conforme apresentado na Figura 3 (Wetzstein; Sparks, 1986; Herrera, 1999). No Grupo I (ou Tipo I), as cultivares possuem tendência de serem protândricas (órgão masculino amadurece e libera o pólen antes do estigma da flor feminina estar receptivo). Enquanto no Grupo II (ou Tipo II), as cultivares têm tendência

de serem protogínicas (o estigma da flor feminina está apto para receber o pólen antes que a flor masculina esteja apta a liberar o pólen). No entanto, Stuckey (1916) sugeriu um terceiro grupo, chamado de cultivares flutuantes, ou seja, cultivares que podem variar entre os anos de avaliação, podendo ser em determinado ano protândrica e em outro protogínica.

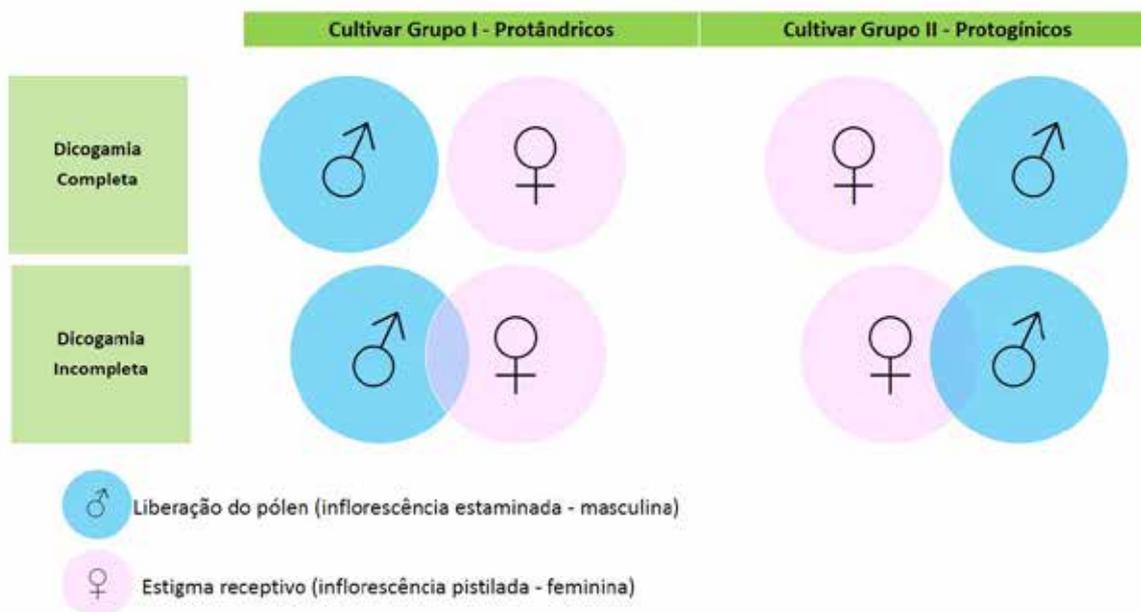


Figura 3. Formas predominantes de dicogamia em cultivares de noqueira-pecã.

Ilustração: Carlos Roberto Martins.

Desenvolvimento dos frutos

Após a polinização e fertilização do óvulo, inicia-se a formação da semente (embrião/amêndoa), que ocorre nas duas a quatro semanas depois (Moreno, 2018a). No entanto, o desenvolvimento dos frutos (nozes), com código 70 até o 79 (Tabela 5), passa por duas fases: primeiramente, ocorre o crescimento em tamanho (crescimento padrão da cultivar); posteriormente, ocorre o preenchimento das nozes (crescimento da amêndoa) (Herrera, 2005).

O crescimento padrão da cultivar também pode ser dividido em dois períodos: primeiramente, logo após a polinização, o crescimento da noz é lento – BBCH 70 a 72 (segunda metade de novembro a início de dezembro); posteriormente, apresenta um período de crescimento mais rápido (final de dezembro a fevereiro/março), até atingir as dimensões padrões da cultivar – BBCH – 73 a 78.

O crescimento das amêndoas (preenchimento das nozes), que normalmente ocorre de final de janeiro a março, também passa por diferentes fases. Esse processo inicia com o endurecimento da casca (início na ponta posterior à região ligada à planta) e início do estágio aquoso do endosperma (BBCH 77), até o endurecimento total da casca, final do estágio aquoso e início do estágio de gel/pastoso (BBCH 78). Nessa fase, embora ocorra aumento das dimensões dos frutos posteriormente, não ocorre aumento expressivo no tamanho das nozes, pois o endurecimento da casca impede esse crescimento (Herrera, 2005). Esse aumento das nozes é devido à expansão da espessura da cápsula (epicarpo). No último estágio do desenvolvimento dos frutos, as amêndoas passam do estágio de gel/pastoso até o desenvolvimento completo das amêndoas (BBCH 79).

Tabela 5. Estádios de desenvolvimento dos frutos com os códigos numéricos e a descrição das fases fenológicas propostas para a noqueira-pecã, baseados na escala BBCH.

Código	Estádio	Descrição
Estádio de desenvolvimento principal 7: desenvolvimento dos frutos		
70	Aparecimento de frutos	Primeiros frutos visíveis, estigmas necrosados começam a desaparecer
72	Crescimento lento dos frutos	Frutos começam a crescer
73	Crescimento rápido dos frutos	Início do crescimento rápido das nozes, mas não ocorre o desenvolvimento da parte comestível (amêndoa).
75	50% do tamanho final do fruto	Os frutos atingem 50% do tamanho final (padrão da cultivar)
77	Final do crescimento rápido dos frutos	Final do crescimento rápido das dimensões das nozes. Nessa fase ocorre o início do estágio aquoso do endosperma, que mais tarde se torna amêndoa, e também ocorre o início do endurecimento da casca (na ponta da noz).
78	Início do preenchimento das amêndoas	Atinge-se as dimensões do fruto padrão da cultivar. Toda casca endurecida. Final do estágio aquoso e início do estágio de gel pastoso.
79	Desenvolvimento completo dos frutos	Final do estágio pastoso, desenvolvimento completo da amêndoa.
Estádio de desenvolvimento principal 8: maturação dos frutos		
81	Início do amadurecimento: 10% dos frutos com cápsulas (epicarpo) abertas.	Ocorre aumento no volume dos frutos (cápsulas); a cor verde das cápsulas começa a ficar mais clara (verde-oliva); começam a abrir em quatro partes.
85	50% de frutos totalmente maduros (cápsulas abertas)	Cápsulas abrem naturalmente e/ou as nozes são facilmente desprendidas.
89	Frutos totalmente maduros	Cápsulas começam a secar, as nozes ficam levemente pendentes para fora da cápsula e as primeiras nozes começam a cair.

Fonte: adaptado de Marco et al. (2021).

O estágio de desenvolvimento pode ser crucial para a utilização de produtos com potencial de aumentar as dimensões e a qualidade dos frutos. No entanto, não somente a determinação do momento ideal de aplicação como a utilização de bioestimulantes e doses devem ainda ser elucidadas para a noqueira-pecã.

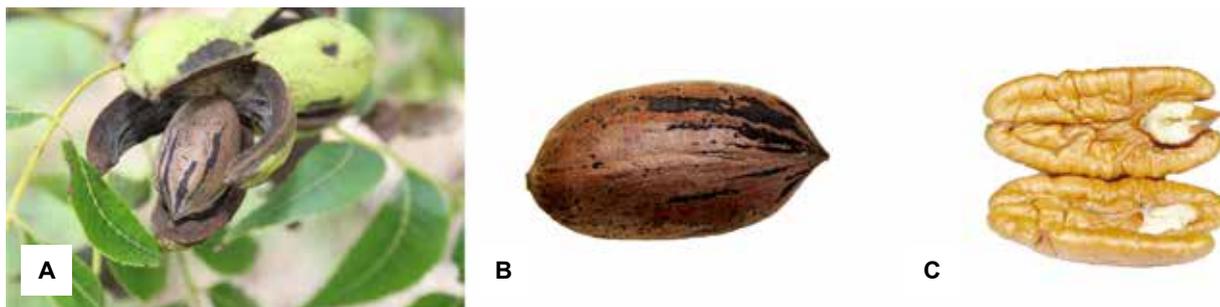
O período (data) em que ocorre cada fase é variável entre as cultivares e entre regiões de cultivo e deve ser monitorado, uma vez que a definição de cada fase (data ou período) é ferramenta importante para a tomada de decisão nas atividades que devem ser realizadas no pomar. Segundo Herrera (1999), nessa fase de desenvolvimento, ocorre severa drenagem, às vezes exaustiva, de reservas das folhas e brotos para as nozes. Essa informação é importante sobre o aspecto de manejo dos pomares, uma vez que problemas como a disponibilidade de umidade do solo, plantas com deficiência nutricional ou problemas fitossanitários podem afetar as dimensões finais da noz na primeira fase do desenvolvimento dos frutos.

Na segunda fase, isso pode afetar o desenvolvimento das amêndoas, produzindo nozes chochas ou com amêndoas mal preenchidas. Além disso, segundo Amling e Amling (1983), é justamente nessa fase (mês de agosto no Hemisfério Norte) que ocorre a indução floral das flores femininas (aproximadamente no mês de fevereiro no Hemisfério Sul) e o acúmulo de reservas para o próximo ciclo, ou seja, o manejo inadequado nessa fase de desenvolvimento compromete a produção de nozes com qualidade do ciclo atual, bem como

a produção do próximo ciclo. O fornecimento ideal de nutrientes, dentre eles o potássio, é fator fundamental para enchimento da amêndoa e muito negligenciado pelos produtores, que, na maioria das vezes, utilizam esse nutriente somente no início do ciclo.

O fruto da noqueira-pecã é a noz-pecã (Figura 4), classificada como uma drupa seca (fruto seco oleaginoso). A noz-pecã está inserida numa cápsula (epicarpo) carnosa de coloração verde, que se abre em quatro partes quando madura (Figura 4A). A amêndoa (parte comestível) está envolvida por uma casca lisa, dura e lignificada, de coloração castanho-acinzentada, com manchas longitudinais escuras (Figura 4B). O formato, tamanho e coloração da noz-pecã é variável entre as cultivares. A amêndoa (Figura 4C), que é a parte comestível, apresenta-se na forma de dois septos até dois terços do seu comprimento, sendo a parte final unida e o local onde o embrião permanece (Sparks, 1992).

A maturação dos frutos (código 81 a 89, Tabela 5) acontece aproximadamente sete meses posteriores ao florescimento. Para esse estágio de desenvolvimento, considerou-se frutos maduros quando a cápsula, de coloração verde, que envolve a noz, começa a abrir em quatro partes (Figura 4A). Para tal, três estádios foram propostos: BBCH 81 – início do amadurecimento, com 10% dos frutos com cápsulas abertas; BBCH 85 – 50% dos frutos com cápsulas abertas; e BBCH 89 – quando as cápsulas começam a secar, as nozes ficam levemente pendentes para fora da cápsula e as primeiras nozes começam a cair. Foram observadas variações no período de amadurecimento entre as cultivares, mas, de modo geral, podem iniciar essa fase no mês de março até o mês de junho, dependendo também da região de cultivo.



Fotos: Rudinei De Marco

Figura 4. Frutos de noz-pecã: abertura da cápsula quando a noz-pecã está madura (A); coloração e manchas longitudinais escuras na casca lisa e lignificada (B), que envolve a parte comestível, denominada amêndoa (C).

É importante destacar que a cultura da noqueira-pecã possui naturalmente característica de alternância de produção, ou seja, geralmente um ciclo de elevada produção seguido por outro de baixa ou nula. Embora a alternância de produção seja comum na maioria das espécies frutíferas, na noqueira-pecã é ainda mais significativa, principalmente por dois motivos. Primeiro, por possuir o amadurecimento dos frutos no final do ciclo, pouco antes da senescência das folhas. Isso faz com que a planta não tenha muito tempo para o armazenamento de reservas (carboidratos) necessário para a produção de flores e frutos para o próximo ciclo. Por isso, é importante manter as folhas ativas, bem nutridas e livres de doenças até aproximadamente final de maio, mesmo após a colheita dos frutos. De acordo com Moreno (2018a), a amêndoa possui 70% de óleo, e para cada 1 g de óleo é necessário 9 calorias, o que representa pouco mais que o dobro de energia necessária para produzir 1 g de açúcar (cada 1 g de açúcar tem 4 calorias). Ou seja, em uma colheita grande ocorre intenso desgaste na planta, influenciando diretamente no próximo ciclo, quando o pomar não é manejado adequadamente.

Início da dormência

A noqueira-pecã é uma espécie característica de clima temperado, passando por um período de dormência vegetativa durante o inverno. Esse mecanismo adaptativo permite que as plantas sobrevivam a baixas temperaturas hibernais e posteriormente iniciem um novo ciclo de crescimento (Hawerth et al., 2010). Para tanto, posteriormente à maturação dos frutos, ocorre o início da dormência (Tabela 6) com o amarelecimento e, em seguida, a senescência (queda) das folhas. Nesse estágio, foram propostas três fases: BBCH 93 – início da descoloração das folhas e da queda; BBCH 95 – 50% de queda das folhas; e BBCH 99 – queda de 100% das folhas.

Tabela 6. Estádios do início da dormência com o código numérico e a descrição das fases fenológicas propostas para a noqueira-pecã, baseadas na escala BBCH.

Código	Estádio	Descrição
Estádio de desenvolvimento principal 9: início da dormência		
93	Início da descoloração foliar e queda das folhas	Esses estádios começam com o amarelecimento e posteriormente há a queda das folhas
95	50% das folhas caídas	
99	Fim da queda de folhas	Todas as folhas caídas

Fonte: adaptado de Marco et al. (2021).

Normalmente, recomenda-se a manutenção de folhas fotossinteticamente ativas (bem nutridas, livres de pragas e doenças) até final do mês de maio, para que a planta acumule reservas. Após essa data, deve-se induzir a derrubada das folhas, utilizando ureia, calda sulfocálcica, entre outros, em pulverização foliar.

Escala ilustrativa

Com base nas informações da escala descritiva e melhor detalhada, elaborou-se uma escala ilustrativa e simplificada, com os principais estádios fenológicos e respectivas imagens das modificações morfológicas externas da planta, de modo a facilitar a identificação e auxiliar no reconhecimento dos principais estádios fenológicos da cultura, tendo sido propostos 22 estádios (Figuras 5, 6 e 7).

ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA NOGUEIRA-PECÃ – ESCALA BBCH
 (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt e Chemische Industrie)



Fotos: Rudinei De Marco

Estádio BBCH 00:
gema dormente

Estádio BBCH 01:
gema inchada

Estádio BBCH 07:
início da brotação

Estádio BBCH 09:
gema aberta



Estádio BBCH 11 (101):
primeiras folhas visíveis



Estádio BBCH 17 (107):
todas as folhas abertas



Estádio BBCH 31 (301):
brotos em crescimento inicial



Estádio BBCH 38 (308):
brotos lignificados



Estádio BBCH 51 (E):
surgimento das inflorescências
estaminadas (masculinas)



Estádio BBCH 51 (P):
surgimento das inflorescências
pistiladas (femininas)

Figura 5. Estádios fenológicos da noqueira-pecã (fase vegetativa) considerando a escala ilustrativa BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt e Chemische Industrie*).

ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA NOGUEIRA-PECÃ – ESCALA BBCH
(Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt e Chemische Industrie)

Fotos: Rucinei De Marco



Estádio BBCH 60 (E):
início da floração (1% das flores masculinas abertas)

Estádio BBCH 65 (E):
plena floração (50% das flores masculinas abertas)



Estádio BBCH 60 (P):
início da floração (1% das flores femininas com estigma receptivo)

Estádio BBCH 65 (P):
plena floração (50% das flores femininas com estigma receptivo)



Estádio BBCH 69 (E):
fim da floração
(amentos secam e caem)



Estádio BBCH 69 (P):
fim da floração (estigmas ficam necrosados com coloração escura – frutos visíveis)



Estádio BBCH 72:
crescimento lento do fruto



Estádio BBCH 73:
crescimento rápido do fruto

Figura 6. Estádios fenológicos da noqueira-pecã (fase de floração) considerando a escala ilustrativa BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt e Chemische Industrie*).

ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA NOGUEIRA-PECÃ – ESCALA BBCH
(Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt e Chemische Industrie)



Estádio BBCH 77:
final do crescimento rápido
(início do estágio de água)



Estádio BBCH 78:
fruto no tamanho padrão da cultivar
(início do preenchimento das amêndoas – estágio de gel pastoso)



Estádio BBCH 79:
desenvolvimento dos frutos completos
(amêndoa formada)



Estádio BBCH 85:
50% dos frutos maduros
(cápsula rachada/aberta)



Estádio BBCH 89:
frutos totalmente maduros



Estádio BBCH 95:
folhas descoloridas e início da queda

Fotos: Rudinei De Marco

Figura 7. Estádios fenológicos da noqueira-pecã (fase de frutificação) considerando a escala ilustrativa BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt e Chemische Industrie*).

Considerações finais

A noqueira-pecã é uma espécie frutífera de clima temperado caducifólia que passa por períodos de dormência vegetativa, sinalizados pela queda das folhas durante o inverno como detalhadamente descritos em várias publicações (Sparks, 1992, 2005; Wells, 2017), retomando seu ciclo de crescimento e desenvolvimento vegetativo na primavera, em meados de setembro, nas condições do Hemisfério Sul.

A descrição da escala fenológica BBCH fornece uma abordagem precisa e simplificada dos principais estádios de desenvolvimento da noqueira-pecã. Os 34 estádios descritos permitem identificar as principais fases do desenvolvimento da noqueira-pecã e permitem, através da codificação utilizada, padronizar e uniformizar os estudos sobre a cultura.

Durante o ciclo de desenvolvimento, a cultura da noqueira-pecã passa por distintas fases. O conhecimento das fases e suas características são fundamentais para o entendimento do que ocorre com as plantas e sua interação com as condições agroclimáticas. O monitoramento dos estágios da noqueira-pecã torna-se estratégico para compreensão dos acontecimentos ecofisiológicos e suas necessidades e, conseqüentemente, no manejo das plantas no pomar.

Referências

- AJAMGARD, F.; RAHEMI, M.; VAHDATI, K. Determining the Pollinizer for Pecan Cultivars. **Journal of Nuts**, v. 8, n. 1, p. 41-48, 2017.
- AMLING, H. J.; AMLING, K. A. Physiological differentiation of pistillate flower of pecan and cold requirements for their initiation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 108, p. 195-198, 1983.
- ARREOLA-AVILA, J. G.; MURRIETA, A. L.; DE LA ROSA, A. B. Inducción de crecimiento lateral en nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch): Mediante despunte de brotes en primavera. **Revista Chapingo**, Serie Horticultura, v. 16, n. 1, p. 31-36, 2010.
- DE MARCO, R.; MARTINS, R.C.; HERTER, F.; CROSA, C.F.R.; NAVA, G.A. Ciclo de desenvolvimento da nogueira-pecã –Escala fenológica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 20, n.4, p.260-270, 2021.
- FINN, G. A.; STRASZEWSKI, A. E.; PETERSON, V. A general growth stage key for describing trees and woody plants. **Annals of Applied Biology**, v. 151, p. 127-131, 2007.
- FLEMMER, A. C.; FRANCHINI, M. C.; LINDSTROM, L. I. Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. **Annals of Applied Biology**, v. 166, p. 331-339, 2014.
- FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Técnicas para o cultivo da nogueira-pecã**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2016. 424 p.
- FRUSSO, E. Características morfológicas y fenológicas del pecán. In: LAVADO, R.; FRUSSO, E. (ed.). **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires: INTA Delta del Paraná, 2007. Cap. 2, 18 f.
- HACK, V. H.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; MEIER, U.; SCHNOCK-FRICKE, U.; WEBER, E.; WITZENBERGER, A. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono-und dikotyler Pflanzen. - Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. **Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes**, v. 44, n. 12, p. 265-270, 1992.
- HAWERROTH, F. J.; HERTER, F. G.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; PEREIRA, J. F. M. **Dormência em frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 56 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 310).
- HERRERA, E. **Flowering Habits of Pecan Trees**. Las Cruces: New Mexico State University, 1999. (Guide H-622).
- HERRERA, E. **Growth and Development of Pecan Nuts**. Las Cruces: New Mexico State University, 2005. (Guide H-618).
- INIA (Intstituto Nacional de Investigación Agropecuaria). **Descripción de estados fenológicos de pecán**. Uruguay, 2016. (Cartilla, 67). Disponível em: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6339/1/067-PECAN.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- KOESER, A. K.; HASING, G.; FRIEDMAN, M.; IRVING, R. **Trees**: North & Central Florida. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, 2015. 204 p.
- KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 811 p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- MADDEN, G. D.; BROWN, E. J. Blossom dates of selected pecans. **Pecan Quarterly**, v. 7, n. 1, p. 17-19, 1973.
- MARAFON, A. C.; HERTER, F. G.; HAWERROTH, F. J. Umidade ponderal em tecidos de pereira durante o período de dormência sob condições de inverno ameno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 9, p. 1006-1012, 2011.
- MEIER, U. **Growth stages of Mono- and Dicotyledonous Plants**. Berlin: Blackwell Wissenschafts Verlag, 2001. 158 p. (BBCH Monograph).
- MORELLATO, L. P. C. As estações do ano na floresta. In: LEITÃO FILHO, H. F.; MORELLATO, L. P. C. **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**: Reserva de Santa Genebra. Campinas: UNICAMP, 1995. p. 187-192.
- MORENO, J. H. N. El llenado de la Nuez Parte I. **Revista Pacana**, v. 4, n. 18, p. 34-36, 2018a.
- MORENO, J. H. N. El llenado de la Nuez Parte II. **Revista Pacana**, v. 4, n. 19, p. 14-15, 2018b.
- MORENO, J. H. N. Factores que afectan el "llenado" de la nuez. **Revista Pacana**, v. 5, n. 24 p. 12-13, 2019.
- RASEIRA, A. **A cultura da nogueira-pecã (*Carya illinoensis*)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1990. 3 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 63).
- RÊGO, G. M.; LAVARONTI, O. J.; ASSUMPCÃO NETO, A. **Caracterização morfológica da fenofase reprodutiva da imbuia**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 173).
- SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: Editora Ceres, 1971. 530 p.
- SIMÕES, F. **Parâmetros hídricos em angiospermas lenhosas de clima temperado durante estádios de repouso e crescimento**. 2011. 73 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas.
- SMITH, C. L.; ROMBERG, L. D. Stigma receptivity and pollen shedding in some pecan varieties. **Journal of Agricultural Research**, v. 60, p. 551-564, 1940.

- SOUZA, D. N. N.; CAMACHO, R. G. V.; MELO, J. I. M. de; ROCHA, L. N. G. da; SILVA, N. F. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 31-42, 2014.
- SPARKS, D. Adaptability of Pecan as a Species. **HortScience**, Ohio, v. 40, n. 5, p. 1175–1189, 2005.
- SPARKS, D. **Pecan cultivars**: the orchard's foundation. Watkinsville: Pecan Productions Innovations, 1992. 446 p.
- STUCKEY, H. P. **The two groups of varieties of the Hicoria pecan and their relation to self-sterility**. Athens: University of Georgia, 1916. 28 p. (Georgia Agricultural Experiment Station Bulletin, n. 124).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- WEBSTER, A. D. Shoot growth. In: TROMP, J.; WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J. **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys Publishers, 2005. p. 120-135.
- WELLS, L. **Southeastern Pecan Grower's Handbook**. Athens: University of Georgia, 2017. 236 p.
- WETZSTEIN, H. Y.; SPARKS, D. L. Flowering in Pecan. In: JANICK, J. **Horticultural Reviews**. Connecticut: Editorial Board, 1986. v. 8, p. 217-251.
- WETZSTEIN, H. Y.; SPARKS, D. L. Morphology of pistillate flower differentiation in pecan. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 108, p. 997-1003, 1983.
- WETZSTEIN, H. Y.; SPARKS, D. L. Stigma: pollen interactions in pecan. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 114, n. 2, p. 355-359, 1989.
- WOODROOF, J. G.; WOODROOF, N. C. Fruit-bud differentiation and subsequent development of the flowers in the hicoria pecan. **Journal of Agricultural Research**, v. 33, n. 7, p. 677-685, 1926.
- YAMAMOTO, R. R.; KATSUMI-HORIGANE, A.; YOSHIDA, M.; SEKOZAWA, Y.; SUGAYA, S.; GEMMA, H. "Floral primordia necrosis" incidence in mixed buds of japanese pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nakai var. culta) 'Housui' grown under mild winter conditions and the possible relation with water dynamics. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 79, n. 3, p. 246-257, 2010.
- ZHANG, R.; PENG, F.; YONGRONG, L. Pecan production in China. **Scientia Horticulturae**, n. 197, p. 719-727, 2015.

Capítulo 8

Atributos e aptidões dos solos

José Maria Filippini Alba

Gilberto Nava

Introdução

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) considera o solo associado ao ambiente, à sustentabilidade e ao combate à fome (Silva, 2018), pois o aprimoramento da saúde dos solos, no contexto mundial, é um dos caminhos para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, incluindo “Fome Zero e Agricultura Sustentável” (ODS 2) e a “Ação Contra a Mudança Global do Clima” (ODS 13) e seus impactos é o. A degradação do solo afeta a produção de alimentos, causando fome e desnutrição, alterando os preços dos alimentos, forçando o abandono da terra e levando a milhões de migrantes involuntários à pobreza. Assim, a erosão, o desequilíbrio de nutrientes, as perdas de carbono e da biodiversidade do solo, a acidificação, a contaminação, a salinização e a compactação do solo representam grandes ameaças para o desenvolvimento do planeta.

As características físicas, químicas e biológicas do solo representam, junto com as exigências climáticas para as variedades, os principais requerimentos para o estabelecimento de qualquer tipo de cultivo (Flores; Filippini-Alba, 2013). Esse conceito pode ser sintetizado por dois aspectos: (1) a estreita relação clima-solo-planta; (2) a necessidade de classificar os solos conforme suas características.

No contexto brasileiro, o *Soil Taxonomy – U.S.*, a *World Reference Base for Soil Resources* (WRF), da FAO, e o Sistema Brasileiro de Ciência do Solo (SBCiS) representam as principais referências pedológicas (Santos et al., 2018). Esses sistemas não são perfeitamente equivalentes. O *Soil Taxonomy* e o SBCiS consideram Ordem, Subordem, Grande Grupo, Subgrupo, Família e Série; porém, no SBCiS, a Ordem depende da presença ou ausência de horizontes diagnósticos de superfície e subsuperfície. Já o *Soil Taxonomy* adiciona também o regime hídrico (Prado, 2007). A WRB/FAO classifica em primeiro e segundo nível, colocando mais ênfase nos processos pedogenéticos.

Neste capítulo são analisadas as classes de solos que ocorrem na região Sul do Brasil, conforme o SBCiS, na perspectiva da sua aptidão para o cultivo da noqueira-pecã, porém de maneira genérica, sem especificar cultivares, em função da falta de conhecimentos nesse sentido. Inicia com a caracterização do relevo sulino, dada sua importância em relação ao clima e ao solo e, posteriormente, aborda os principais solos da região Sul, bem como sua aptidão para o cultivo da noqueira-pecã.

Aptidão edáfica para produção de noz-pecã

Como a legenda dos mapas de solos é sistematizada conforme os critérios do SBCiS ou equivalente, é possível extrair informações das propriedades dos solos, como drenagem, grupamento textural, profundidade efetiva, relevo, pedregosidade/rochiosidade e fertilidade, que são organizadas e classificadas conforme os requerimentos da planta de noqueira-pecã (Tabela 1).

Tabela 1. Guia de avaliação da aptidão edáfica para o cultivo de nogueira-pecã (*Carya illinoensis* K.) na região Sul.

Parâmetros edáficos	Classes de aptidão edáfica			
	P	R	PR	NR
Drenagem	Fortemente, acentuadamente ou bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Profundidade efetiva	>100 cm	100 – 50 cm	-	< 50 cm
Grupamento textural	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1), ou siltosa	Areia, areia franca ou orgânica
Relevo (declividade)	0-13%	13-20%	20-45%	>45%
Pedregosidade/rochosidade	0-3%	3-15%	15-50%	>50%
Fertilidade	Eutrófico ou a Distrófico	Distrófico ou Tb Distrófico	Alítico ou alumínico	Presença de sais

P = Preferencial; R = Recomendável; PR = Pouco Recomendável; NR= Não Recomendável. Ta/b = presença de argila de alta/baixa atividade.

Fonte: adaptado de Flores; Filippini-Alba (2015).

A produção vegetal é afetada pela drenagem deficiente do solo, pois provoca excesso de água e, principalmente, aeração inadequada às raízes da planta, devido ao aumento da resistência à difusão dos gases do solo para a atmosfera e vice-versa. Nessa condição, o oxigênio necessário na respiração metabólica é rapidamente consumido pelos microrganismos e plantas, inibindo o crescimento do sistema radicular. Isso acarreta a diminuição da absorção de água, podendo em casos extremos ocorrer até o murchamento das plantas (Willey, 1970). Se a falta de oxigênio é muito acentuada, compostos como o etanol, etileno e metano podem acumular-se, resultando em toxicidade por teores elevados. O mesmo acontece com o ferro e o manganês: uma vez reduzidos para as formas bivalentes, podem provocar toxidez, principalmente o manganês. Esse somatório de fenômenos limita bastante o uso de solos com horizonte glei (Gleissolos) e/ou caracteres como: gleico, plíntico, abrupático, lítico, litoplíntico. É importante ressaltar que a nogueira requer solos bem drenados (Wells, 2017); portanto, solos com excesso de umidade devem ser evitados. Eventuais problemas de drenagem devem ser solucionados no estabelecimento do nogueiral, antes do plantio das mudas.

A profundidade efetiva refere-se às profundidades máximas de penetração do solo pelas raízes em número razoável, sem impedimento de qualquer natureza, proporcionando às plantas suporte físico e meio para absorção de água e nutrientes, além de ar. Trata-se de um parâmetro importante para fruticultura. Solos demasiadamente rasos devem ser evitados, uma vez que causam impedimento ao crescimento radicular, bem como à sustentação da planta. Já o grupamento textural refere-se às classes de textura, ou seja, ao tamanho e relacionamento das partículas do solo (Sistema Brasileiro de Ciência do Solo, 2013). Solos de textura arenosa (com teores de areia superiores a 70% e de argila inferior a 15%; permeáveis, leves, de baixa capacidade de retenção de água e de baixo teor de matéria orgânica), solos com textura média (equilíbrio entre as percentuais de areia, silte e argila) e solos de textura argilosa (argila acima de 35%) apresentam baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água.

A pedregosidade/rochosidade refere a fragmentos ou afloramentos de rochas, cuja presença interfere na ação dos implementos e máquinas agrícolas. Além disso, a pedregosidade/rochosidade limita o volume de solo a ser explorado pelas raízes, o que reduz a disponibilidade de água e nutrientes para as mesmas. Finalmente, a fertilidade é o único parâmetro puramente químico considerado e que pode ser corrigido via tecnologias. Solos alíticos ou alumínicos possuem saturação de alumínio acima de 50%, saturação de bases inferior a 50%, e argila de alta e baixa atividade, respectivamente, o que afeta o desenvolvimento das raízes. Eutrófico significa saturação por bases igual ou maior que 50%, e distrófico saturação por bases inferior a 50%, ou seja, solos férteis e inférteis.

Efetuada-se uma síntese para a região Sul, com base no exposto sobre a aptidão edáfica, verifica-se que os Argissolos, Chernossolos, Latossolos e Nitossolos ocupam 28,5 milhões de hectares, 51,7% do território, tendo potencial para aptidão Preferencial ou Recomendada para noqueira-pecã. Já os Cambissolos, Espodossolos, Neossolos e Vertissolos, que ocupam 19,7 milhões de hectares, 35,7% do território, apresentam problemas de textura, profundidade efetiva ou pedregosidade/rochiosidade, com tendência à aptidão Pouco Recomendada. Os Gleissolos, Planossolos, Plintossolos e Organossolo são mal drenados, o que os limita em potencial produtivo. Argissolos, Latossolos e Nitossolos podem apresentar caráter alítico ou alumínico, limitando seu potencial, porém podem ser utilizados desde que corretamente corrigidos na implantação, na fase de pré-plantio. Já os Cambissolos com profundidade efetiva superior aos 50 cm poderão ter aptidão Recomendada.

Por se tratar de uma cultura perene, o estabelecimento de um novo noqueiral é uma das decisões mais importantes que o produtor deve tomar. Um noqueiral bem planejado e organizado será mais eficiente e propiciará maior retorno de produção. Nesse sentido, a escolha do tipo de solo que propicie boas condições para o desenvolvimento radicular é crucial para o sucesso da atividade agrícola.

Influência do relevo

Em escala macroscópica, o relevo do Sul do Brasil é caracterizado pela ocorrência de planaltos, planícies e serras, sendo os primeiros as estruturas dominantes, que ocupam praticamente 75% do território (Moreira; Lima, 1977). O Planalto Uruguaio-rio-grandense localiza-se na zona sul do RS, atingindo elevação de aproximadamente 500 m (bege-claro na Figura 1). A Depressão Central divide o Rio Grande do Sul, sendo que na parte norte acontece uma sequência de planaltos praticamente contínua, que se estende além do território paranaense (em tons claros, bege), alternados por algumas serras (em vermelho) ou, nas bordas, pelas terras baixas derivadas dos principais corpos d'água, com destaque para a Planície Litorânea a leste (em azul) e a bacia do Rio Uruguai a oeste. Na escala local, o relevo é um parâmetro extremamente importante relacionado à gênese do solo, cuja influência afeta a dinâmica da água e o microclima (posição solar, características das vertentes, declividade, etc.). Prado (2007) ilustra diversos exemplos da relação solo-paisagem, realçando a importância do relevo nesse contexto. Streck et al. (2002) descrevem uma topossequência de unidades de solo típica da Depressão Central, RS, conforme a ordem Argissolo, Plintossolo, Planossolo e Gleissolo, à medida que se perde altitude e declividade.

Os movimentos da água ao longo da vertente são regulados pelo relevo, tanto na superfície como no interior do solo, agindo sobre seu regime hídrico e, conseqüentemente, sobre os fenômenos de percolação interna e ações correlatas – lixiviação de solutos, transporte de partículas coloidais em suspensão no meio líquido – e ainda naqueles fenômenos em que a presença da água é imprescindível – hidrólise, hidratação, dissolução (Flores et al., 2009).

Quanto mais íngreme for o terreno, menor a possibilidade de infiltração da água no solo e, conseqüentemente, do fluxo interno dela, e maior a quantidade de água que escoar na superfície (enxurrada) e a energia cinética produzida, potencializando o processo erosivo. Solos situados em relevo íngreme geralmente são menos profundos e mais secos que outros situados em uma mesma situação climática, porém em declive menos acentuado.

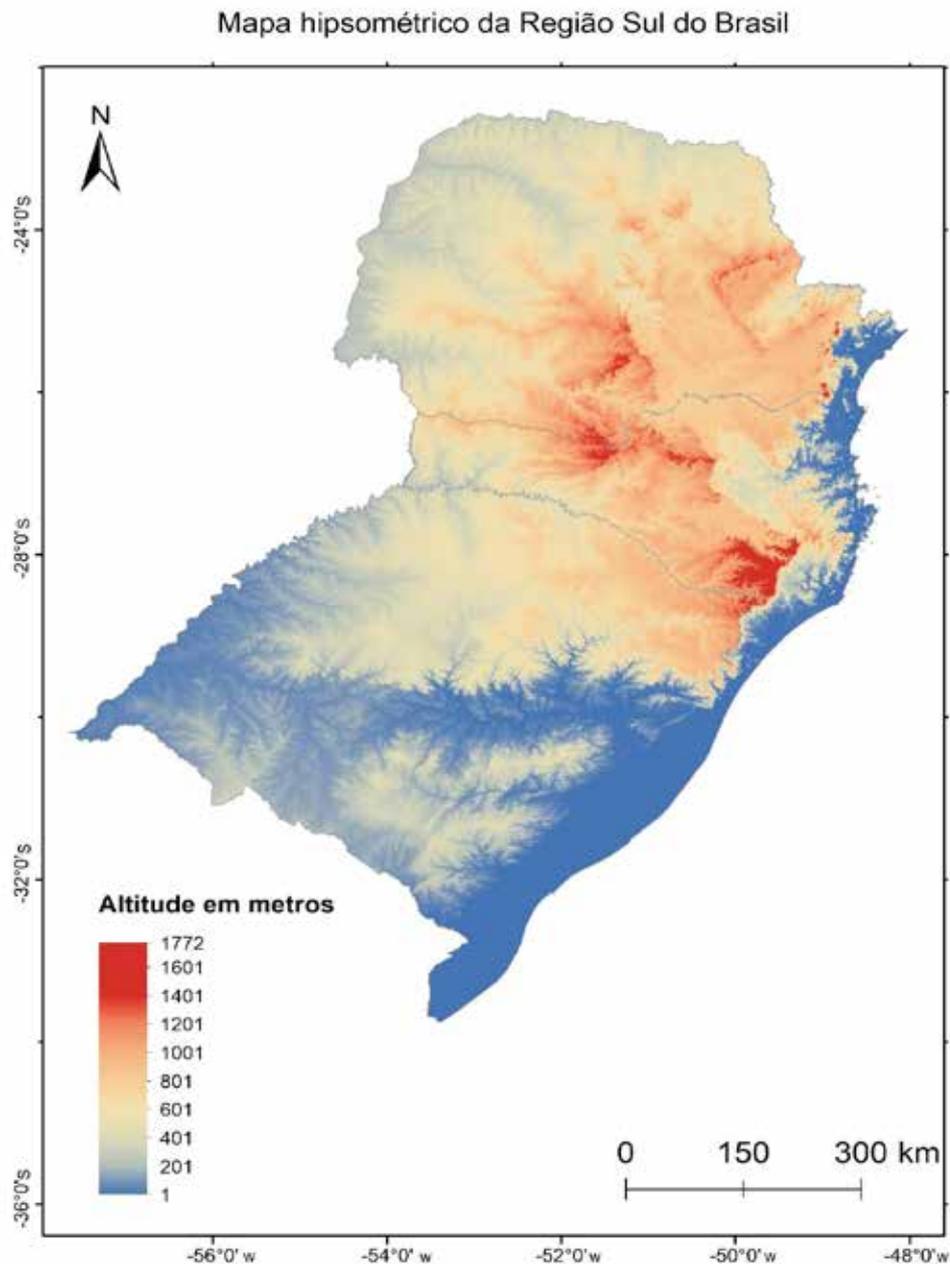


Figura 1. Mapa de altitude da região Sul do Brasil.

Fonte: adaptado de U.S. Geological Survey (2020).

Principais solos da região Sul

A região Sul possui espécimes de 11 das 13 ordens de solos consideradas pelo SBCiS (Tabela 2). Gleissolo, Organossolo e Planossolo são solos de áreas baixas, mal drenados, que, juntos, ocupam aproximadamente 6,5% de todo o território. Não são recomendados para fruticultura. Da mesma forma os Espodossolos, que são solos ácidos, distróficos, de textura arenosa, geralmente associados a locais úmidos, e os Vertissolos, que apresentam textura argilosa ou muito argilosa, de pouca permeabilidade e alta pegajosidade e plasticidade.

Tabela 2. Classes de solo e ocupação na região Sul do Brasil.

Solo ou ocupação	PR ⁽³⁾	RS ⁽¹⁾	SC ⁽²⁾	Área total	
		km ²		km ²	%
Argissolo	30.893,8	58.008,4	7.627,7	96.529,9	16,7
Cambissolo	21.924,6	17.730,0	44.335,9	83.990,5	14,6
Chernossolo	0,0	10.647,0	0,0	10.647,0	1,8
Espodossolo	996,6	0,0	0,0	996,6	0,2
Gleissolo	1.993,2	5159	4.290,6	11.442,7	2,0
Latossolo	61.787,6	44.503,4	5.816,1	112.107,2	19,4
Neossolo	43.849,3	46.659,3	17.257,6	107.766,2	18,7
Nitossolo	29.897,2	29.006,1	13.157,7	72.061,1	12,5
Organossolo	996,6	916	858,1	2.770,7	0,5
Planossolo	0,0	23.234,8	0,0	23.234,8	4,0
Vertissolo	0,0	1.813,7	0,0	1.813,7	0,3
Água	2.192,5	16.360,4	1.048,8	19.601,7	3,4
Urbano	2.591,1	810,4	190,7	3.592,2	0,6
Dunas e AR	0,0	3.474,9	286,0	3.760,9	0,7
Indiscriminado	2.192,5	23.434,7	476,0	26.103,2	4,5
UF	199.315,0	281.758,1	95.345,3	576.418,4	100,0

Fonte: adaptado de IBGE (1986)⁽¹⁾, Potter et al. (2004)⁽²⁾ e Lima et al. (2012)⁽³⁾.

Dos solos com ocupação inferior a 5% do território restam os Chernossolos, que possuem horizonte escuro, rico em matéria orgânica, teor de cálcio significativo, baixa acidez, alta fertilidade e elevado potencial agrícola.

Os Neossolos ocupam aproximadamente quase 108 mil quilômetros quadrados, o que representa 18,7% do território sulino. São solos pouco evoluídos, minerais, sem horizonte B. As subordens são Neossolo Litólico, Flúvico, Regolítico ou Quartzarênico. Os Neossolos Litólicos e Regolíticos derivam da rocha sã ou do manto de intemperismo, respectivamente. São solos usualmente pouco profundos, associados a relevo ondulado a montanhoso, sendo pedregosos ou rochosos, não apresentando aptidão para fruticultura, ou então aptidão pouco recomendada. Os Neossolos Flúvicos ocorrem em áreas planas, relacionados a formações geológicas sedimentares e podem ser eutróficos e profundos com potencial agrícola significativo. No entanto, estão associados a regiões de várzea, com potencial para inundação, o que restringe seu uso para espécies arbóreas ou com dificuldades de desenvolvimento em ambientes úmidos. Os Neossolos Quartzarênicos possuem textura arenosa ou muito arenosa, conferindo pouca capacidade de retenção de água, limitando seu potencial agrícola.

Associados aos Neossolos em terrenos declivosos, os Cambissolos (Figura 2) ocorrem em 84 mil quilômetros quadrados, ocupando 14,6% do território da região Sul. São solos pouco evoluídos, com horizonte B incipiente, ou seja, em condição inicial de formação. No nível de subordem, dividem-se em: Húmicos, isto é, com teor significativo de substância húmicas no horizonte A; Flúvicos, conceito mencionado anteriormente; e,

Háplicos, conceito que se aplica para aqueles Cambissolos não enquadrados nas classes anteriores. Podem apresentar espessura mediana, de 50 cm a 100 cm de profundidade, sem restrição de drenagem, em relevo pouco movimentado, sendo eutróficos ou distróficos e, assim, com bom potencial agrícola, podendo apresentar aptidão Recomendada para o cultivo da noqueira-pecã.

Os Argissolos ocupam mais de 96 mil quilômetros quadrados, o equivalente a 16,7% do território da região Sul, ocorrendo de forma predominante no Rio Grande do Sul (Figura 2). São solos minerais, antigamente conhecidos como solos podzólicos, com diferenciação nítida de horizontes, sendo o horizonte B textural, caracterizado pelo enriquecimento de argila em profundidade. A textura do horizonte superficial pode ser arenosa, média ou argilosa. As subordens são definidas pela cor: acinzentado, amarelo, bruno-acinzentado, vermelho e vermelho-amarelo. Em geral, a aptidão para noqueira-pecã varia de Preferencial a Recomendada, com potencial limitação no caso de enriquecimento em alumínio, mas passível de correção via calagem.

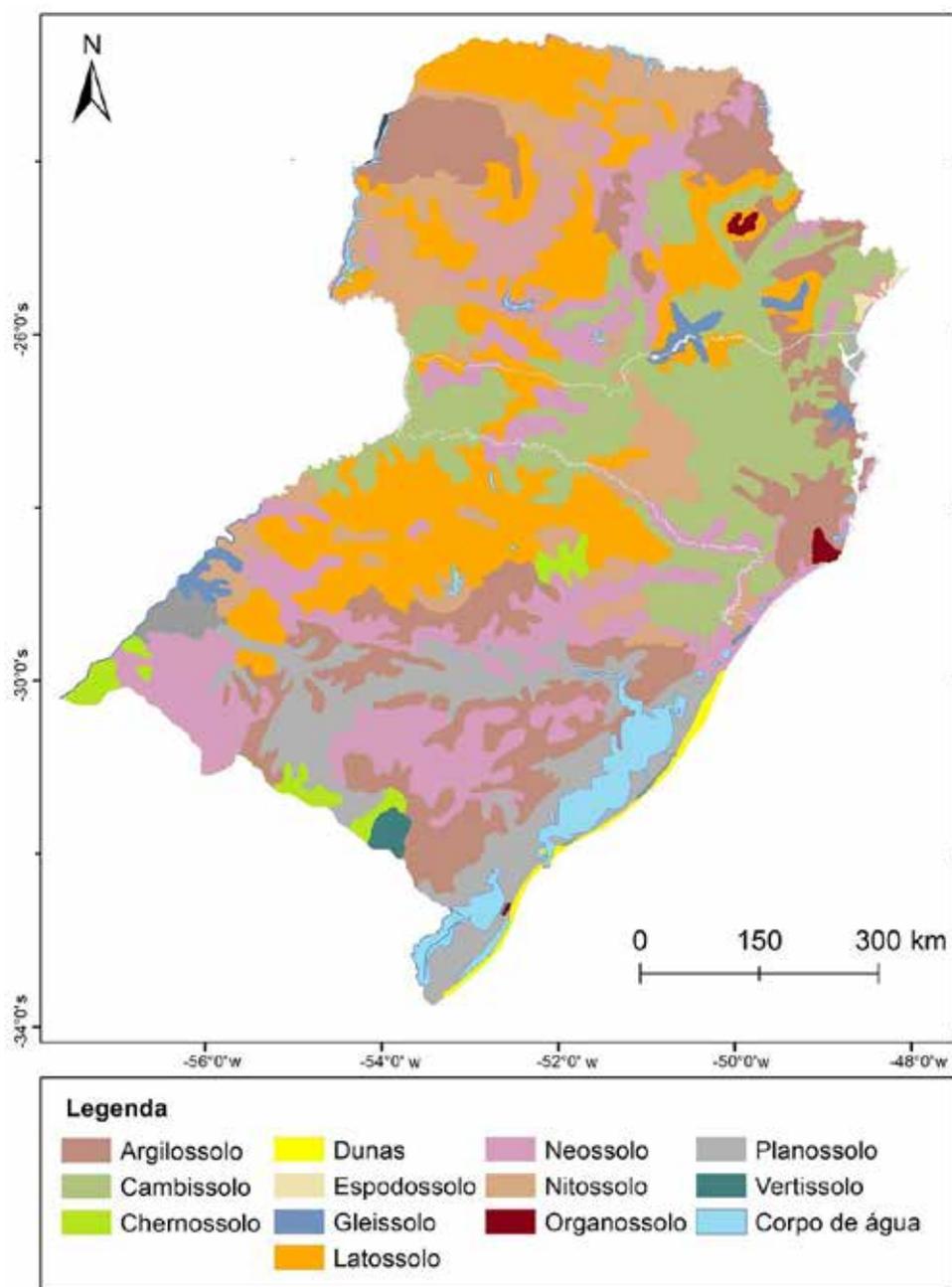


Figura 2. Mapa de solos da região Sul do Brasil.

Fonte: adaptado de IBGE (1986).

Uma das diferenças dos Latossolos com os Argissolos relaciona-se a condições de intemperismo mais rigorosas na gênese dos primeiros. Isso explica o predomínio de Latossolos no estado de Paraná, onde ocupam quase 31 mil quilômetros quadrados. No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde as condições climáticas predominantes são subtropical e temperado, o percentual de ocupação cai um pouco, com menos de 50 mil quilômetros quadrados. Os Latossolos são solos evoluídos, profundos com desenvolvimento intenso do horizonte B. As subordens também são sistematizadas pela cor, amarelo, bruno, vermelho e vermelho-amarelo. De maneira semelhante aos Argissolos, a aptidão para noqueira varia de Preferencial a Recomendada, com potencial limitação, no caso de enriquecimento em alumínio. Entretanto, por meio da calagem realizada antes do plantio, os teores tóxicos de alumínio são eliminados quando se eleva o pH para 6,0 (CQFS – RS/SC, 2016).

Em relação aos Nitossolos, são solos minerais, não hidromórficos, associados a terrenos basálticos, definidos pela ocorrência de horizonte A qualquer, seguido por horizonte B nítico, ou seja, bem estruturado e com desenvolvimento de cerosidade, que lhe confere superfícies brilhantes (o prefixo “nito” deriva de *nitidus*, brilhante). Ocupam 72 mil quilômetros quadrados na região Sul do Brasil, ou seja, 12,5% do território. Em termos de subordem, são divididos em Bruno, Vermelho e Háplico. Podem ser considerados aptos para cultivo de noqueira-pecã, com limitações associadas ao relevo, presença de alumínio e possível pedregosidade.

Considerações finais

De acordo com Streck et al. (2002), o solo é um recurso natural, lentamente renovável, encontrado em diferentes posições na paisagem, formado pela ação do clima e dos organismos vivos sobre o material de origem, o qual, ao longo do tempo, vem sendo modificado pela ação humana. Nesse sentido, é possível dizer que variações de clima, relevo e geologia originam uma grande variedade de tipos de solos, com mudanças em curta distância, decorrentes dos efeitos do relevo, condicionados aos fluxos de água, seja pela lixiviação, drenagem e/ou oxirredução, assim como pela ação humana, por meio do manejo dos solos e da água. Sabe-se que a aptidão para cultivos depende da interação com a espécie e, considerando-se a noqueira-pecã, cada vez mais observa-se sua adaptação aos solos da regiões Sul e Sudeste do território nacional.

Referências

CQFS-RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS-NRS: 2016. 376 p.

IBGE. **Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796 p. (Continuação do extinto projeto RADAMBRASIL).

FLORES, C. A.; FILIPPINI ALBA, J. M. (ed.). **Zoneamento edáfico de culturas para o município de Santa Maria - RS, visando o ordenamento territorial**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 309 p.

FLORES, C. A.; FILIPPINI-ALBA, J. M. Zoneamento edáfico da olivicultura. In: FILIPPINI ALBA, J. M.; FLORES, C. A.; WREGGE, M. S. (ed.). **Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 70 p.

FLORES, C. A.; GARRASTAZU, M. C.; FILIPPINI ALBA, J. M. **Metodologia de zoneamento edáfico de culturas para o Estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 45 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 261).

LIMA, V.; LIMA, M. R. de; MELO, V. de F. **Conhecendo os principais solos do Paraná**. Curitiba: SBCIS/UFPR, 2012. 18 p. Acesso em: 18 jun. 2020. Disponível em: escola.agrarias.ufpr.br/arquivos.pdf/cartilha_solos_pr.pdf.

MOREIRA, A. A. N.; LIMA, G. R. Relevo. In: IBGE. Diretoria Técnica. **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: SERGRAF, 1977. v. 5, p. 1-34.

PRADO, H. do. **Pedologia fácil**. Piracicaba: ESALQ, 2007. 105 p. Disponível em: <https://www.pedologiafacil.com.br/index.php>. Acesso em: 12 jun. 2020.

POTTER, R. O.; CARVALHO, A. P. de; FLORES, C. A.; BOGNOLA, I. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2004. 719 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. e-book. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/solos/sibcs/classificacao-de-solos/ordens/cambissolos>. Acesso em: 24 abr. 2019.

SILVA, J. G. da. Solos saudáveis são essenciais para alcançar o Fome Zero, a paz e a prosperidade. In: FAO no Brasil. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1148864/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 107 p.

U. S. GEOLOGICAL SURVEY. **Earth Resources Observation and Science (EROS) Center**. USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Disponível em: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-non?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects. Acesso em: 10 fev. 2020.

WELLS, L. **Southeastern Pecan Grower's Handbook**. University of Georgia, 2017. 236 p.

WILLEY, C. R. Effects of short periods of anaerobic and aerobic conditions on uptake by tobacco roots. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, p. 224-229, 1970.

Capítulo 9

Zoneamento agroclimático

Marcos Silveira Wrege
Carlos Roberto Martins
José Maria Filippini Alba
Ivan Rodrigues de Almeida

Introdução

O zoneamento agrícola é um instrumento de política agrícola utilizado para indicar as melhores regiões para o plantio de uma espécie, cultivar ou clone e, nessas regiões, definir também as melhores épocas de plantio, onde os riscos climáticos são menores. Para muitas culturas, o sistema público de crédito agrícola e seguro rural só libera recursos para o produtor rural que seguir o zoneamento, porque os riscos são menores e, assim, as taxas de sinistralidade são também menores e podem dar sustentabilidade ao sistema. Além disso, podem ser alcançadas maiores produtividades combinando-se o melhor material genético para cada região homogênea sob o ponto de vista climático. No caso da noqueira-pecã, a indicação da cultivar, conforme as suas necessidades de frio e a tolerância aos riscos climáticos, principalmente o de geada no estabelecimento e no florescimento, aumenta as possibilidades de sucesso no desenvolvimento da cultura no país. O frio acumulado (horas somadas com temperaturas menores que 7,2 °C durante as 24 horas de um dia) compreende o período que se estende de maio a setembro, quando a planta entra em dormência. O somatório das horas de frio, embora não se constitua como risco, é condição necessária para a produção.

A agricultura brasileira atingiu produções recordes com o domínio de tecnologias de produção, como melhoramento genético, intensificação do uso de novas técnicas de produção pelo produtor rural e melhor planejamento de uso da terra, em que se insere a adoção do zoneamento agrícola como instrumento de política agrícola para concessão de crédito agrícola e seguro rural. Desse modo, muitas culturas, como a soja e a maçã, que no passado não podiam ser cultivadas no Brasil, passaram a ser cultivadas, e o país passou de importador a exportador de alimentos para o mundo. A região Sul, onde foram destinados os cultivos comerciais de noqueira-pecã, é a que apresenta, a priori, condições climáticas mais próximas à região de origem. Para garantir a produção da noz-pecã no Brasil, há ainda algumas etapas a serem vencidas, como a melhoria das técnicas de produção e o melhoramento genético, que poderá auxiliar em uma maior distribuição da espécie pelo território brasileiro. Assim, o zoneamento agrícola atual visa indicar as melhores regiões para plantio comercial da noqueira-pecã na região Sul do país, considerando as cultivares existentes.

Fundamentos metodológicos utilizados no zoneamento agrícola da noqueira-pecã

As primeiras ações, em um zoneamento agrícola, voltam-se para a base de dados climáticos. É necessário verificar os seus erros e corrigi-los, sempre que possível; analisar a sua consistência e descartar dados inconsistentes; analisar também o quão completa é a base e descartar dados das estações meteorológicas que estejam muito incompletos e completar os dados faltantes nas mais completas. Essas ações são necessárias para se trabalhar com uma base de dados de qualidade. Para se ter uma boa representação espacial das camadas de clima, os dados devem ser formados por uma rede de estações meteorológicas bem distribuídas

em todo o território, com histórico de dados climáticos diários de, pelo menos, 30 anos, de acordo com as normas estabelecidas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para o cálculo das normais climatológicas. Os dados mais importantes para as análises são o somatório das horas de frio no outono-inverno, a temperatura do ar e a precipitação pluviométrica. Com essas três variáveis climáticas, pode-se estimar o ciclo da planta pela soma térmica e calcular as necessidades de frio para a espécie, cultivar ou clone, os riscos de geada, de deficit hídrico e de pluviosidade nas fases críticas de desenvolvimento da cultura no campo.

Com o acúmulo de horas de frio e os riscos climáticos calculados, é feita a sua geoespacialização em sistemas de informações geográficas (SIG), por meio de técnicas de mapeamento, como a geoestatística, o uso de regressões, entre outras e, assim, são classificadas as melhores zonas e períodos para o plantio. O mapa de altitude é usado como suporte para o mapeamento do somatório de horas de frio, das temperaturas e do risco de geada, conforme metodologia desenvolvida por Pinto et al. (1972), utilizada por Wrege et al. (2011).

As horas de frio correspondem à soma do número de horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de um valor crítico, em geral 7,2 °C, durante o outono e o inverno, período de dormência das frutíferas criófilas. Nesse período de temperaturas muito baixas, apesar das plantas encontrarem-se em dormência, isso não significa que paralisem totalmente suas atividades fisiológicas e suas atividades bioquímicas. Quando há a quantidade certa de acúmulo de frio que a planta precisa, as gemas vegetativas e floríferas são estimuladas a saírem da dormência. Nessa condição, ocorre a concentração de hormônios e a mobilização de carboidratos que favorecem a brotação das gemas vegetativas e floríferas, o que as condiciona a brotarem todas ao mesmo tempo, ocorrendo assim a uniformização das brotações dos ramos e das flores, logo após o período de repouso hibernal, o que corresponde, no Brasil, ao período entre o final do inverno e o início da primavera. A diminuição da longevidade e do rendimento da planta e sua brotação desuniforme são consequências da insuficiência de frio para que tenha suas necessidades atendidas. Geralmente, nas regiões da Serra do Sul e do Sudeste do país, ocorre frio suficiente para o bom desenvolvimento dessas espécies, apesar de existir uma variação bastante grande entre os anos.

Na região Sul, além do somatório das horas de frio, que não se constitui em risco, mas em condição necessária ao desenvolvimento e produção da noqueira-pecã, o risco de geada é o principal fator que define as regiões e os períodos com os menores riscos para plantio, seguido do risco de temperaturas altas no florescimento.

As geadas tardias, que ocorrem no final do inverno ou no início da primavera e que, portanto, podem coincidir com a floração e a brotação de ramos vegetativos, embora sejam menos comuns, são as de maior risco à noqueira-pecã. As cultivares que necessitam de menor acúmulo de frio no outono-inverno são as mais vulneráveis, pois tanto a floração como a brotação de ramos ocorre mais cedo, com chances maiores de ocorrer geada nesse período. Pode-se diminuir esse risco selecionando-se a área da propriedade onde a geada é menos frequente, evitando, por exemplo, o plantio nas baixadas ou na face sul de exposição do terreno. No primeiro caso, porque o ar frio é mais denso que o ar quente e, desse modo, concentra-se nas partes mais baixas da propriedade. No segundo caso, a face sul recebe os ventos frios vindos do sul e recebe menos radiação, permanecendo mais fria. A seleção da área para plantio na propriedade é importante para reduzir os efeitos das geadas tardias.

O efeito da geada pode ser intensificado também se forem formadas barreiras vegetais muito fechadas com espécies arbóreas para redução dos ventos fortes, principalmente na parte de baixo das árvores, próxima ao solo. A barreira deve ser formada de modo que permita o escoamento do ar frio na propriedade, não deve haver seu bloqueio sobre a vegetação, pois assim o efeito da geada aumenta, principalmente o das geadas tardias. Os ramos inferiores das árvores devem ser podados e deve-se evitar o plantio de outras espécies de porte menor junto às árvores que formam a barreira, pois o objetivo é reduzir a velocidade do vento, não de bloqueá-lo. Deve haver livre circulação do ar entre as plantas, de modo que o ar frio não fique parado sobre elas.

Aptidão agroclimática da região Sul do Brasil

O Sul do Brasil apresenta-se como um verdadeiro mosaico de condições diferentes de topografia, de clima e de solo, pelo fato de estar situado em latitudes medianas e ter uma grande variação de altitude. Predomina o clima temperado nas zonas dominadas por serras e o clima tropical nas zonas de altitude menor, principalmente nos vales de rios e na zona litorânea. A noqueira-pecã é espécie de clima temperado e, portanto, a preferência é pelas zonas de maior altitude do Sul do país, ou onde haja compensação pela latitude, o que ocorre, por exemplo, na metade sul do Rio Grande do Sul. Essas regiões apresentam o frio que a noqueira-pecã precisa, mesmo assim isso é bastante variável em função da altitude e da latitude, entre 100 e 900 horas de frio acumulado entre maio e setembro (Wrege et al., 2010).

A noqueira-pecã, para haver polinização e formação do fruto, precisa de polinização cruzada. Para esse fim, é fundamental combinar, no pomar, cultivares polinizadoras com cultivares comerciais. Deve ser usada mais de uma cultivar polinizadora, com época diferente de florescimento, para atender todas as diferentes condições climáticas que ocorrem nos anos, pois um ano é sempre um pouco diferente do outro. Nas Figuras 1, 2 e 3 são apresentados, respectivamente, os zoneamentos agroclimáticos da noqueira-pecã para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Wrege et al., 2018).

As regiões de serra têm zonas mais favoráveis para plantio, enquanto as regiões de altitude menor, onde predominam as calhas dos principais rios da região, são menos favoráveis, por não possuírem a quantidade de frio necessária para o desenvolvimento da espécie. O frio é necessário para estimular a brotação das gemas vegetativas e floríferas e, assim, obter-se nozes de qualidade e tamanho, com alta produtividade. Devido à irregularidade das condições de inverno nas regiões de serra do Sul do Brasil, o mais indicado é, utilizar cultivares melhor adaptadas, com boa produtividade e longevidade, ainda que com o mínimo de suas necessidades atendidas (Almeida; Antunes, 2012).

A região costeira do Sul do país não tem aptidão para a noqueira-pecã, por apresentar temperaturas ($>35\text{ }^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar ($>82\%$) elevadas a partir do início da primavera, fatores que prejudicam o florescimento e a frutificação da espécie, além do maior risco de ocorrência de pragas e doenças.

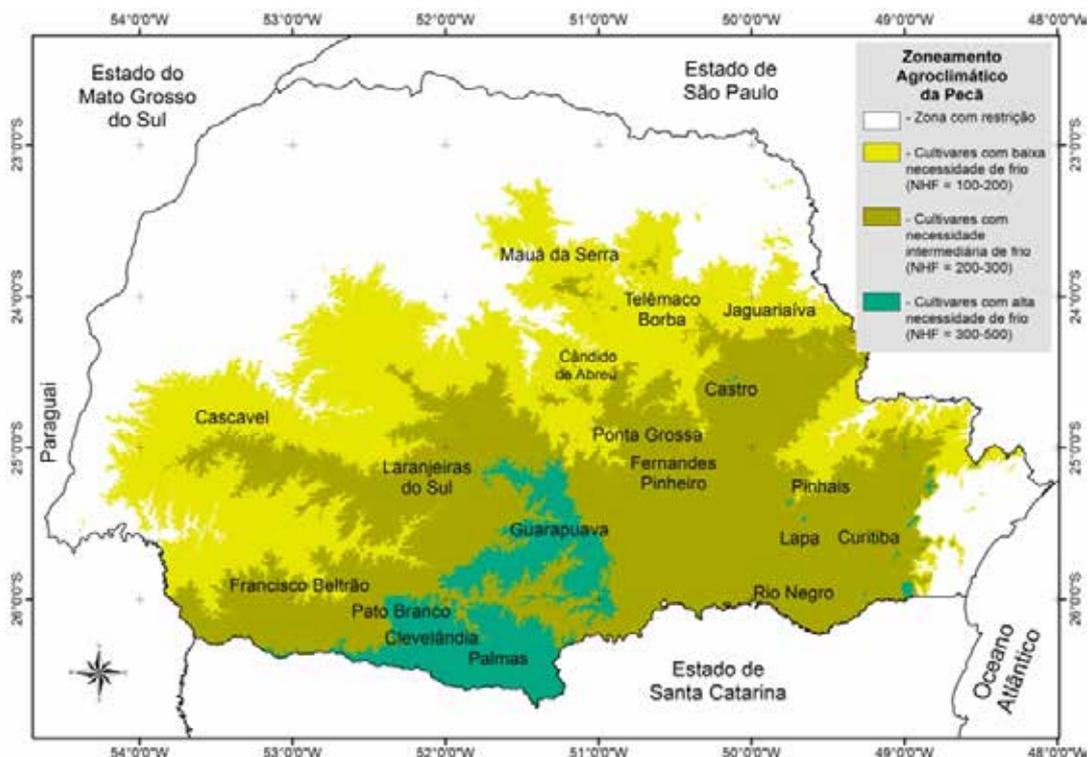


Figura 1. Zoneamento agroclimático para noqueira-pecã no estado do Paraná.

Fonte: adaptado de Wrege et al. (2018).

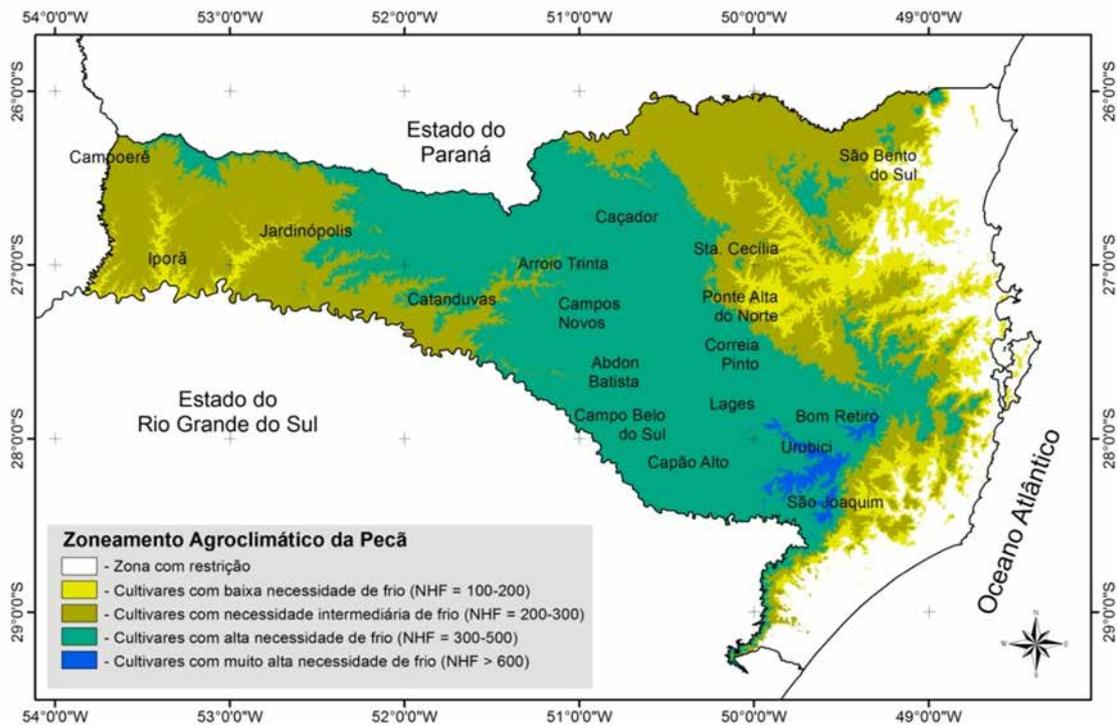


Figura 2. Zoneamento agroclimático para noqueira-pecã no estado de Santa Catarina.

Fonte: adaptado de Wrege et al. (2018).

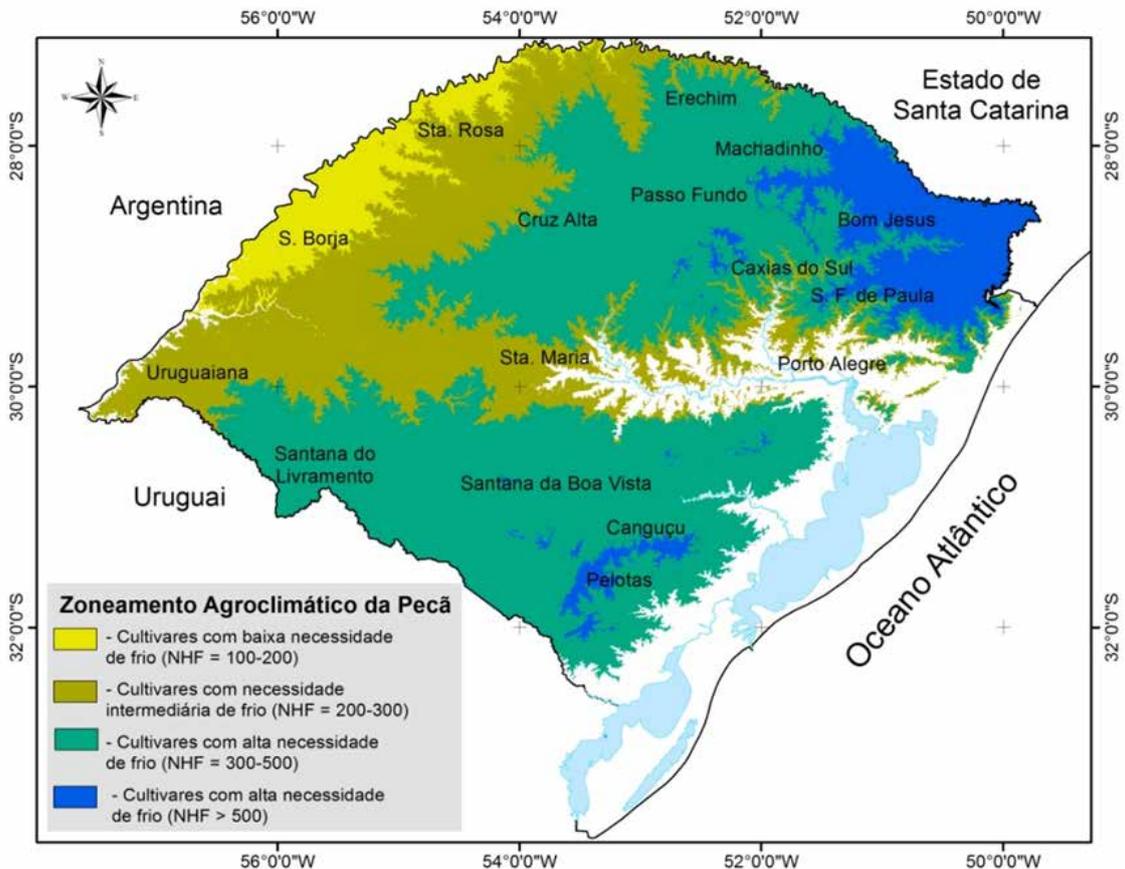


Figura 3. Zoneamento agroclimático para noqueira-pecã no estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: adaptado de Wrege et al. (2018).

Em todas as zonas identificadas pelo zoneamento como favoráveis para produção de noqueiras-pecã, é possível encontrar áreas estratégicas para a implantação dos pomares, com baixo risco de ocorrência das geadas tardias de primavera. Principalmente nas regiões de maior altitude, para reduzir os riscos de ocorrência de geadas tardias, deve-se procurar as áreas longe das baixadas e escolher para o plantio, de preferência, a face de exposição norte, nordeste ou noroeste do terreno, protegendo o pomar das frentes frias vindas do sul e aumentando o tempo de exposição da planta à radiação solar. As baixadas, depressões e a proximidade de matas fechadas favorecem o represamento do ar frio e a ocorrência de geada e devem ser evitadas, principalmente para as cultivares que têm baixa necessidade de frio (Wrege et al., 2006).

Na região Sul do Brasil, é comum a ocorrência de estiagens no período de desenvolvimento das nozes. Por essa razão, a utilização de irrigação é muito importante, com o objetivo de se obter nozes de qualidade superior, especialmente no centro-sul do Rio Grande do Sul, onde a pluviosidade, no verão, é inferior às outras partes da região Sul (Wrege et al., 2011).

Considerações finais

O êxito no cultivo comercial de noqueiras-pecã no Brasil relaciona-se à seleção de porta-enxertos, cultivares comerciais e polinizadoras adaptados ao clima de cada região. O aperfeiçoamento futuro do zoneamento agroclimático da noqueira no Brasil deve dar atenção aos seguintes tópicos:

- Desenvolver um amplo programa de melhoramento genético para a espécie, estabelecendo relação melhor do material genético com o ambiente, ocorrendo a atualização constante do zoneamento agrícola, à medida que surgirem novas cultivares melhoradas.
- Executar zoneamento pedoclimático utilizando levantamento de solos, em uma escala de pelo menos 1:100.000.
- Avaliar a adequação ambiental de cultivares nas quais o uso de produtos químicos aplicados na planta reduzam a necessidade de frio e garantam brotação uniforme.
- Embora existam zonas favoráveis para a produção comercial de noqueira-pecã na região Sul do Brasil, onde existe o frio necessário no período outono-inverno, que favorece o desenvolvimento das nozes, há necessidade de estudos sobre a quebra artificial da dormência com a finalidade de ampliar a área de cultivo.
- As melhores cultivares para plantio comercial na região Sul do Brasil são aquelas que agregam características de produtividade e de longevidade com o mínimo das necessidades de frio atendidas, devido à irregularidade das condições de inverno existentes na região.
- Devem ser usados porta-enxertos de origem conhecida, que deverão constar no zoneamento, como ocorre para outras espécies.

Referências

ALMEIDA, I. R. de; ANTUNES, L. E. C. Necessidades climáticas e influência do clima sobre adaptação, produção e qualidade. In: ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A. (ed.). **Pequenas Frutas**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 41-49. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

PINTO, H. S.; ORTOLANI, A. A.; ALFONSI, R. R. **Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função da altitude e latitude**. São Paulo: Instituto de Geografia: FFCL: USP, 1972. 20 p. (Caderno Ciências da Terra, 23).

WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; CAMELATTO, D.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; GARRASTAZU, M. C.; FLORES, C. A.; IUCHI, T.; BERNARDI, J.; VERÍSSIMO, V.; MATZENAUER, R. **Zoneamento agroclimático para pereira no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 29 p. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 182).

WREGGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BRAGA, H. J. Impact of global warming on the accumulated chilling hours in the Southern Region of Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 872, p. 31-40, 2010.

WREGGE, M. S.; MARTINS, C. R.; FILLIPINI ALBA, J. M.; ALMEIDA, I. R. de. **Determinação de critérios e indicadores edafoclimáticos para o cultivo da pecaneira no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 479).

WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil**: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

Capítulo 10

Zoneamento edafoclimático

José Maria Filippini Alba
Marcos Silveira Wrege
Carlos Roberto Martins
Samanta Zemnicahak

Introdução

A Lei nº 5.969, de 12 de dezembro de 1973, que regulamentava a política agrícola no Brasil, foi revogada pela Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, parcialmente alterada pela Lei nº 12.058, de 13 de outubro de 2009, a qual menciona, no Artigo 19, parágrafo III, que o poder público deverá: “Realizar zoneamentos agroecológicos que permitam estabelecer critérios para o disciplinamento e o ordenamento da ocupação espacial pelas diversas atividades produtivas, bem como para a instalação de novas hidrelétricas”. Adiciona o seguinte no Artigo 50, parágrafo V, inciso 3º: “A aprovação do crédito rural levará sempre em conta o zoneamento agroecológico”. No entanto, segundo Cunha e Assad (2001), aos efeitos do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), regulamentado também pelas leis mencionadas, foi considerado desde 1996 o zoneamento agrícola, conforme sustentação científica envolvendo as culturas de algodão, arroz, café, feijão, maçã, milho, soja e trigo. Já a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, posteriormente modificada em vários segmentos, menciona, no Artigo 9º, “o Zoneamento Ambiental”, e no Artigo 2º cita: “A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”.

Porém, nenhuma dessas leis define claramente o que são o zoneamento agrícola e o zoneamento ambiental, tampouco estabelece a metodologia que deve ser executada para seu desenvolvimento. Assim, surgiu o Decreto nº 4.297/2002, que regulamenta a Lei nº 6.938/1981 no contexto do zoneamento ambiental, estabelecendo os critérios mínimos para o desenvolvimento do zoneamento ecológico-econômico do Brasil (ZEE). Nesse sentido, o ZEE é considerado o instrumento de organização do território que regerá obrigatoriamente, a implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, assegurando a qualidade dos recursos naturais e a preservação ambiental, assim como, levando em conta a fragilidade dos ecossistemas.

O processo de elaboração e implantação do ZEE busca a sustentabilidade ecológica, econômica e social, com vistas a compatibilizar o crescimento econômico e a proteção dos recursos naturais, em favor das presentes e futuras gerações, pelo reconhecimento do valor intrínseco à biodiversidade e aos seus componentes; contando com ampla participação democrática, compartilhando suas ações e responsabilidades entre os diferentes níveis da administração pública e da sociedade civil; e valorizando o conhecimento científico multidisciplinar. Inclusive, discute-se a necessidade de armazenar as informações em sistema digital por meio de sistema de informação geográfica (SIG).

O Decreto nº 6.288/2007 designou ao Poder Público Federal para execução do ZEE, em cooperação com os estados e disponibilizando publicamente as informações geradas. Nesse contexto foram claramente estabelecidas escalas de trabalho no contexto nacional, estadual (regional) e municipal. Segundo o Ministério do

Meio Ambiente (MMA) (Brasil, 2020), ainda falta um longo caminho para que o ZEE se torne marco de referência para monitoramento, planejamento e controle dos empreendimentos no Brasil. Analisando-se isso, parece ter havido uma forte influência da metodologia “Zoneamento Agroecológico” (AEZ) (FAO, 1996), baseado em critérios edafoclimáticos, sobre o processo de definição do ZEE do Brasil.

A Embrapa Clima Temperado institucionalizou, em julho de 2017, o primeiro projeto nacional para noqueira-pecã, intitulado Bases para a Produção Sustentável da Noz-Pecã no Brasil (Martins et al., 2018). Esse projeto procura promover o desenvolvimento da produção de noz-pecã, por meio de conhecimentos científicos e, principalmente, disponibilizar informações técnicas fundamentais ao incentivo dessa cadeia produtiva no Brasil.

Nesse contexto, surgiu a demanda pelo zoneamento edafoclimático da cultura para o Sul do Brasil, a exemplo de empreendimentos recentes com outras culturas (Filippini Alba et al., 2014, 2018a 2018b). Trata-se de um instrumento de suporte para o setor produtivo, que não substitui o ZEE, mas aproxima-se ao AEZ (FAO, 1996).

Metodologia do zoneamento via SIG

Um exemplo da relação do SIG com o zoneamento é apresentado na Figura 1. As camadas de informação Gradiente X, Gradiente Y e o modelo digital de elevação (DEM, da sigla em inglês) são integrados por meio de um algoritmo calculado via modelo de regressão com os dados pontuais das estações meteorológicas, sendo gerado o Zoneamento Climático (ZC). O mapa de solos é sistematizado em classes conforme os critérios da Tabela 2 do capítulo relacionado aos solos (Capítulo 8), dando lugar ao Zoneamento Edáfico (Zoneda). ZC e Zoneda são integrados de maneira a obter o Zoneamento Edafoclimático (ZEC).

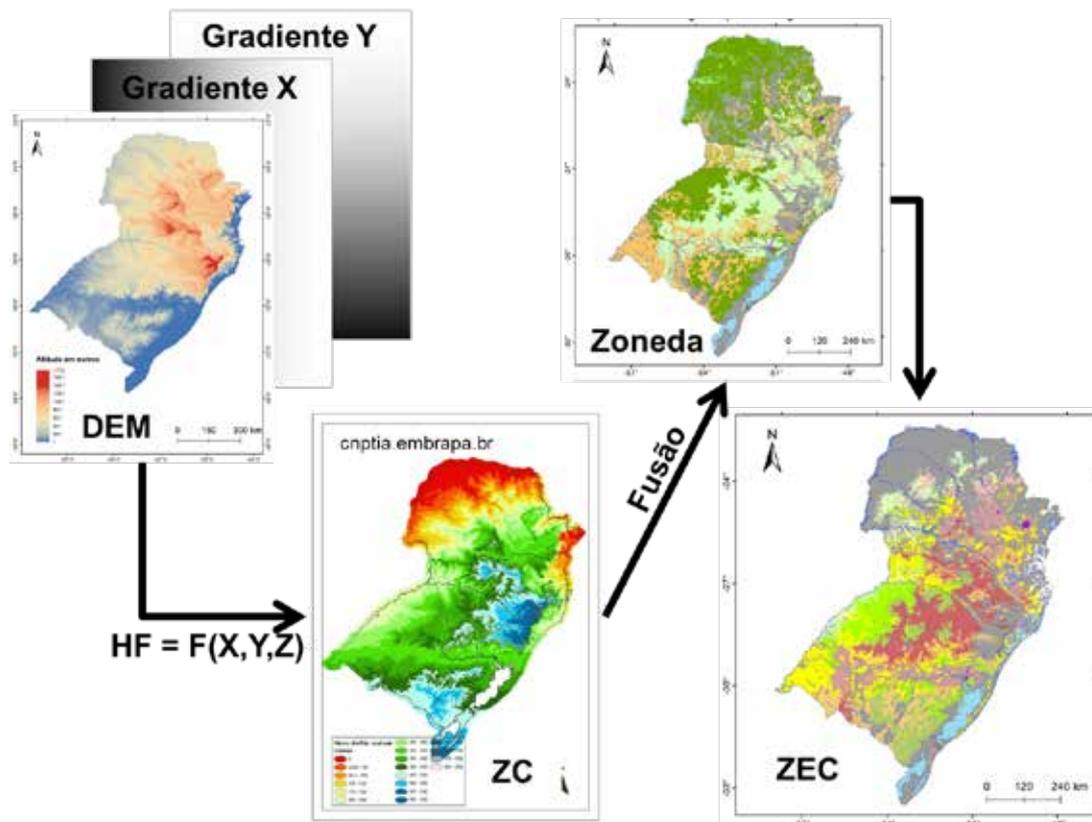


Figura 1. Síntese do procedimento do desenvolvimento do zoneamento edafoclimático (ZEC, Filippini-Alba al., 2020) para a noqueira-pecã na região Sul do Brasil, no contexto dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Gradiente X/Y = simulação da mudança paulatina em longitude/latitude; DEM = Modelo digital de elevação (U.S. Geological Survey, 2020); ZC = zoneamento climático; Zoneda = zoneamento edáfico. ZC = Zoneamento climático (Embrapa Clima Temperado).

Fonte: adaptado de Filippini-Alba al. (2020).

Qualquer tipo de dado pode ser representado em um SIG, tabelas eletrônicas incluindo coordenadas geográficas podem ser representadas conforme pontos. Os arquivos vetoriais permitem representar linhas ou polígonos, os popularmente conhecidos arquivos *shape* são uma coleção de arquivos, incluindo tabela de atributos, posição geográfica, requerimentos do sistema, enfim, vários arquivos que permitem uma representação única no monitor, individualizando cada objeto mapeado. Os arquivos de imagens são matriciais, assim, organizados em linhas e colunas, em que cada elemento do mapa, células ou píxels, são associados ao território.

A evolução dos procedimentos no decorrer do tempo sugere que, inicialmente, eram considerados mapas analógicos em material transparente para elaborar zoneamentos, que eram sobrepostos vis-à-vis e redeseenhados, até completar o processo. O SIG estabeleceu a origem dos procedimentos digitais, que evoluíram para métodos multicritério de tomada de decisão e para o mapeamento digital de solos, procedimento que já envolve procedimentos de inteligência artificial.

Zoneamento edafoclimático

Conforme a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO; 1996), o AEZ é um método de sobreposição de informações por meio de SIG. O modelo aplicado dependerá das informações disponíveis, da capacidade técnica regional e das demandas estabelecidas. Nas primeiras etapas consideram-se dados relacionados ao clima, relevo e solo, ou seja, trata-se de um zoneamento edafoclimático conforme estabelecido para a região Sul do Brasil (Tabela 1; Figura 2).

Como critério de definição da aptidão para a sobreposição de polígonos, utilizou-se a “condição mais restritiva” (Filippini-Alba et al., 2020). Assim, por exemplo, se o zoneamento climático considera um polígono com baixa quantidade de horas de frio, isto é, menos de 100 horas acumuladas no período maio-setembro com temperatura inferior a 7,2 °C, que restringe seu potencial para Não Recomendada (NR), e o Zoneamento Edáfico corresponde a um polígono com aptidão Recomendada (R), o polígono resultante da sobreposição será Não Recomendado (NR). Para quantidades superiores de horas de frio (hf), 100 a 200 hf, 200 a 300 hf, 300 a 500 hf, e 500 hf, indica-se com as letras a aptidão do solo NR = Não Recomendada, PR = Pouco Recomendada, PRf = Pouco Recomendada com restrição unicamente por fertilidade; R = Recomendada. De maneira que R, 100 – 200 hf representa aptidão Recomendada do solo para cultivares com necessidades de 100 a 200 horas de frio (hf), e assim sucessivamente (Figura 2).

Como discutido acima, os zoneamentos são modelos lógico-estatístico-matemáticos que dependem dos critérios estabelecidos para seu desenvolvimento. Assim, como a avaliação de horas de frio foi realizada considerando-se 7,2 °C como limiar, o que estabelece um critério rigoroso de avaliação, o modelo parece favorecer a produção nas áreas com climas mais temperados, sul do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 2). Existem outros modelos que consideram temperaturas até 11 °C ou 13 °C, e inclusive outros intervalos de temperatura superiores (Milech, 2015), que poderiam modificar a avaliação realizada.

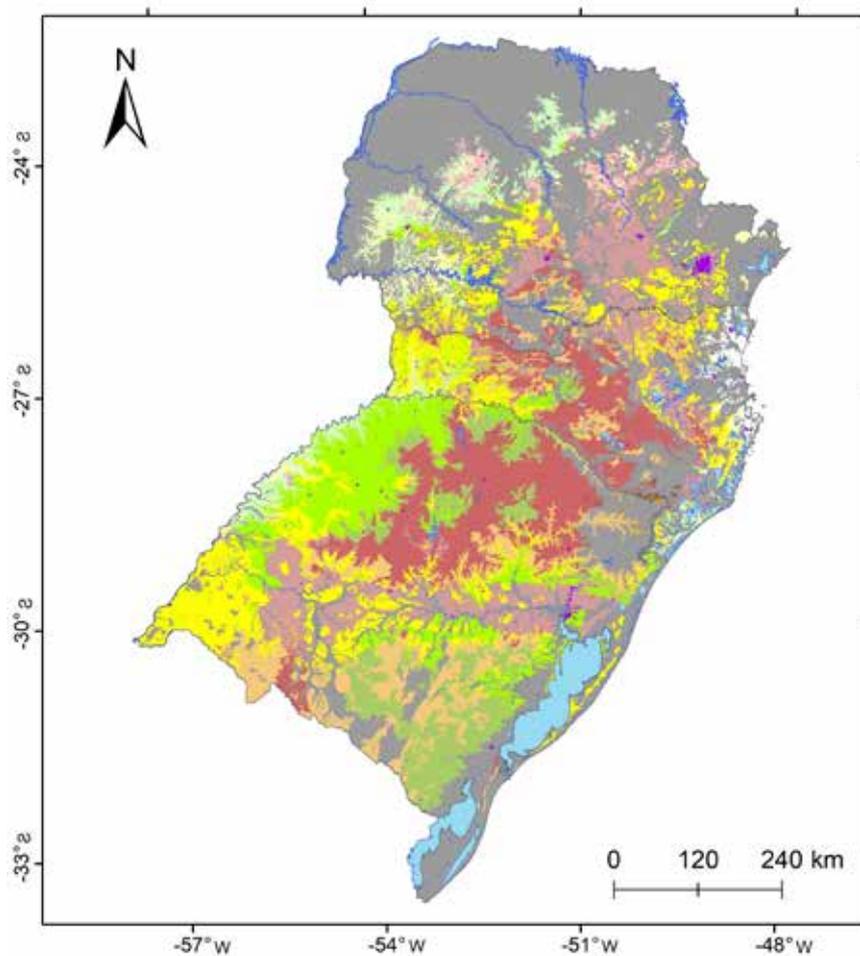
Tabela 1. Área das classes de ocupação ou tipo de solo, conforme aptidão edáfica ou edafoclimática na região Sul do Brasil.

Classe	Área por classe edáfica		Área por classe edafoclimática	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
R 300-500 hf	6.865.810	11,9	2.763.446	4,80
R 200-300 hf			3.142.134	5,50
R 100-200 hf			960.230	1,70
PRf > 500 hf	10.982.049	19,1	21.887	0,04
PRf 300-500 hf			5.248.341	9,10
PRf 200-300hf			5.041.004	8,80

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Classe	Área por classe edáfica		Área por classe edafoclimática	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
PRf 100-200hf			670.817	1,20
PR > 500 hf	10.381.424	18,0	79.747	0,14
PR 300-500hf			2.578.061	4,50
PR 200-300hf			5.361.909	9,30
PR 100-200 hf			2.361.708	4,10
NR	26.660.300	46,3	26.660.300	46,30
Corpo d'água	2.366.166		2.366.166	4,10
Urbano	332.246		332.246	0,60
Total	57.587.996	100,0	57.587.996	100,00

**Legenda**

■ R, 100 - 200 hf	■ PRf, 200 - 300 hf	■ PR, 200 - 300 hf	■ Corpo d'água
■ R, 200 - 300 hf	■ PRf, 300 - 500 hf	■ PR, 300 - 500 hf	■ Área urbana
■ R, 300 - 500 hf	■ PRf, > 500 hf	■ PR, > 500 hf	
■ PRf, 100 - 200 hf	■ PR, 100 - 200 hf	■ NR	

Figura 2. Mapa de aptidão edafoclimática para o cultivo de noqueira-pecã na região Sul do Brasil. R = Recomendada; PRf = Pouco Recomendada com restrição por fertilidade; NR = Não Recomendada. Os intervalos numéricos "hf" referem-se às necessidades de horas de frio das respectivas cultivares.

Fonte: adaptado de Filippini-Alba et al. (2020).

Desenvolvimento de um índice de aptidão do solo

Como alternativa de avaliação mais flexível, os parâmetros do solo apresentados na Tabela 2 do capítulo sobre os solos (Capítulo 8) foram quantificados de 1 a 4, sendo 1 a melhor condição “Preferencial”, 2 = “Recomendada”, 3 = “Pouco recomendada” e 4 = “Não recomendada”. Por exemplo, no caso do “relevo” (declividade), teríamos:

- 1) “Plano a moderadamente ondulado” (0% a 13%);
- 2) “Ondulado” (13% a 20%);
- 3) “Fortemente ondulado” (20% a 45%);
- 4) “Montanhoso ou Escarpado” (acima de 45%).

Assim, os valores correspondentes a declividade, drenagem, fertilidade, pedregosidade/rochosidade, profundidade efetiva e textura, para cada classe de solo, foram multiplicados, invertidos (elevados a potencia -1) e transformados em percentual, de maneira que na escala 0% a 100% se obtenha um percentual paulatinamente maior de aptidão edáfica para o Índice de Aptidão para Cultivo da Nogueira-Pecã (IACNP). Por convenção, os solos “mal drenados” foram zerados, como organossolos, gleissolos, planossolos e alguns neossolos flúvicos, pois são inaptos para cultivo da noqueira-pecã.

O mapa de solos em formato digital para o RS foi disponibilizado pela Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, conforme projeto anterior junto à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Já para SC, consideraram-se arquivos *shape* disponibilizados pela Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. No caso de PR, fez-se download da plataforma Geoinfo da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP, conforme o link: geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aparana_solos_wgs84.

Solos com todos os parâmetros Não recomendados, ou seja, mal drenados, textura arenosa ou orgânica, profundidade efetiva inferior a 0,5 m, pedregosidade acima de 50%, com presença de sais e relevo montanhoso, apresentam um IACNP de 0,02%. Se a condição fosse plenamente Pouco Recomendado, teríamos um solo imperfeito ou excessivamente drenado, com textura argilosa 2:1 (argilas expansivas) ou siltosa, profundidade abaixo de 70 cm, pedregosidade entre 15% e 50%, alítico ou alumínico e com relevo forte ondulado, sendo seu IACNP de 0,14%. Combinações dessas condições, que é o mais comum de ocorrer no meio físico, terão valores do IACNP intermediários. Assim, sabe-se que abaixo de 0,14 os solos têm pouca condição para o plantio.

No entanto, se alguns parâmetros do solo tivessem condição Recomendada (substituindo as condições Pouco ou Não Recomendada), isto é, drenagem moderada, textura muito argilosa, profundidade de 1 m a 0,5 m, pedregosidade de 3% a 15%, sendo distróficos de atividade baixa (Tb) e com relevo ondulado, o IACNP poderia converter-se paulatinamente em valores cada vez maiores até o valor limite de 1,56, quando todos os parâmetros seriam Recomendados.

Associações de Neossolos, Cambissolos e Argissolos podem apresentar valores de IACNP inferiores a 1%, mas superiores a 0,14% (100% Pouco Recomendado). Ainda, no caso das areias quartzosas distróficas, tem-se IACNP de 4,2%, sendo que se trata de uma condição ruim de plantio. Por isso, no mapa apresentado para o IACNP (Figura 3), a cor cinza (solos mal drenados) representa solos Inaptos, já os valores entre 0% e 1% se referem a condições complexas de cultivo, que se aprimoram paulatinamente. Nessa escala, a partir de IACNP de 5% há condições melhores de cultivo, que são aprimoradas à medida o valor do índice aumenta (tons verdes para o IACNP). As horas de frio disponíveis são indicadas com tramas diferenciadas. A condição

Preferencial considera solos bem drenados, textura argilosa ou medianamente argilosa, profundidade superior a 1 metro, eutróficos ou distróficos de atividade alta (Ta), pedregosidade inferior a 3% e relevo plano ou suave ondulado. Se 100% dos parâmetros estão nessa condição, o valor do IACNP é de 100%. Mas se um único valor cai para condição Recomendada, tem-se IACNP de 50%. A situação Pouco Recomendada, com restrição unicamente por fertilidade, pode variar de 1% a 33%, dependendo da condição dos demais parâmetros (que, no mínimo, deverão ser Recomendados).

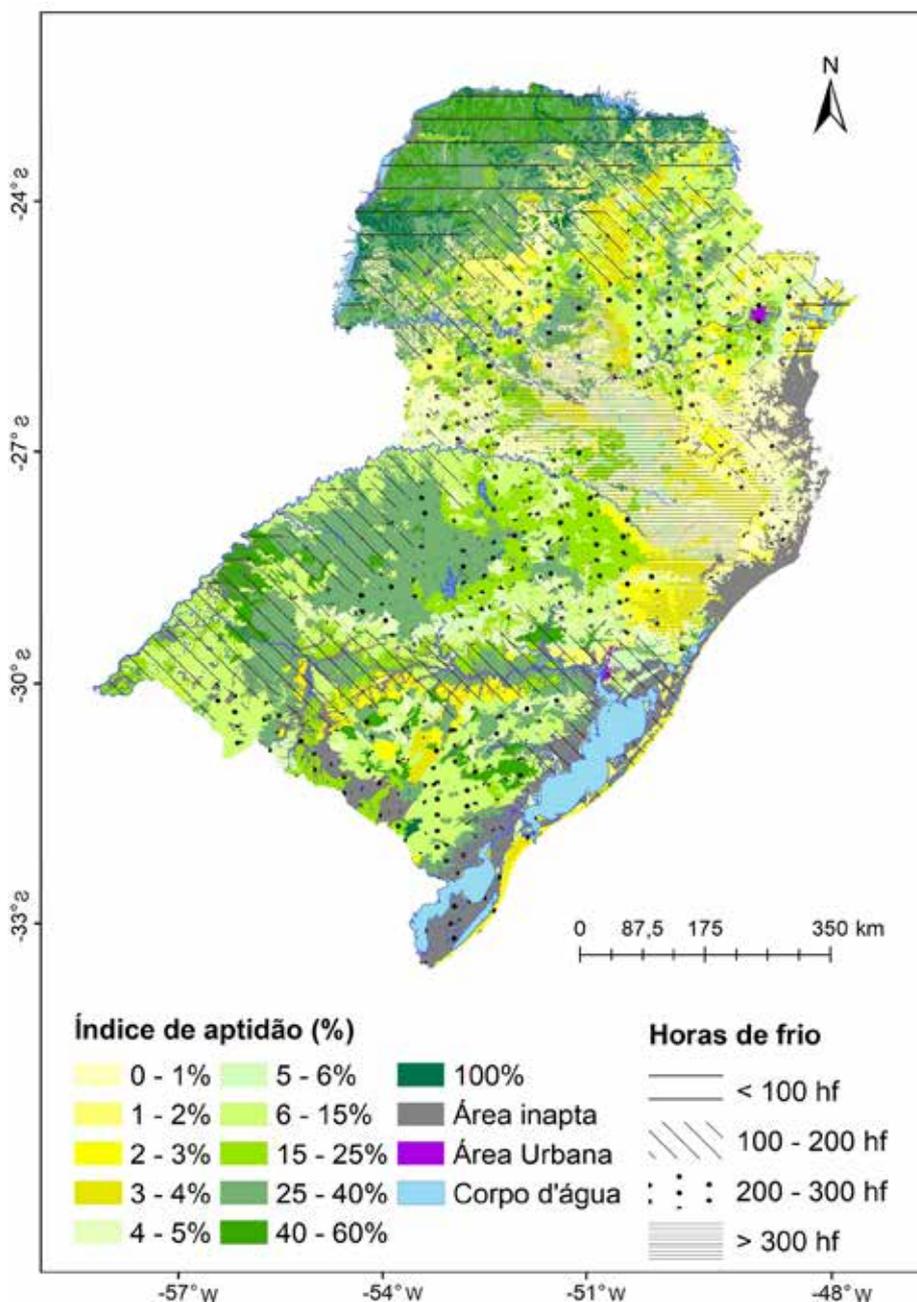


Figura 3. Mapa do índice de aptidão para cultivo de noqueira-pecã (IACNP) com sobreposição de disponibilidade de horas de frio.

Fonte: adaptado de Filippini-Alba et al. (2020).

Considerações finais

Foram apresentados dois modelos de zoneamento edafoclimático para a região Sul do Brasil, um convencional, conforme estudos anteriores, e o outro (atual), considerando um índice de aptidão por meio da sistematização dos parâmetros das classes de solos. Nos dois, os aspectos climáticos também foram considerados, mas de forma distinta. Entretanto, ambos os zoneamentos podem ser utilizados.

O modelo convencional revelou-se bastante rigoroso, sendo Não Recomendadas áreas onde atualmente ocorre cultivo da noqueira-pecã (norte do Paraná). No outro modelo, essa região aparece com boa condição edáfica, apesar de haver disponibilidade de menos de 100 horas de frio. Isso sugere mudanças, principalmente para a região de transição, onde há disponibilidade 100 a 200 horas de frio anuais. Na região onde há disponibilidade superior a 300 horas de frio anuais, os solos apresentam condição intermediária do índice de aptidão (Santa Catarina). Esse modelo novo expressa melhor a aptidão edáfica, mas ainda há um intervalo de confundimento para valores do índice abaixo de 10%.

Referências

- BRASIL. MMA. **Programa ZEE Brasil**. Acesso em: 30 jun. 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/endere%C3%A7os-importantes/item/7531-programa-zee-brasil>
- CUNHA, G. R. da; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 377-385, 2001.
- INTERGRAPH. ERDAS/ERMapper. Disponível em: www.scon.com.br/pdf/ERDAS_ER_Mapper_Brochure.pdf. Acesso em: 3 jul. 2020.
- FAO. **Agroecological Zoning**: Guidelines. Rome: FAO, 1996. (FAO Soil Bulletin, 73). Disponível em: <http://www.fao.org/3/w2962e/w2962e00.htm#P-2> Acesso em: 29 jun. 2020.
- FILIPPINI ALBA, J. M.; FLORES, C. A.; WREGE, M. S. **Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 68 p.
- FILIPPINI ALBA, J. M.; WREGE, M. S.; ALMEIDA, I. R.; MARTINS, C. R.; ZEMNICAHAK, S.; SOUZA, T. G. de. **Zoneamento edafoclimático da Nogueira-pecã para a região Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020. 65 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 492).
- FILIPPINI ALBA, J. M.; WREGE, M. S.; FLORES, C. A.; ALMEIDA, I. R.; HERTER, F. G. **Zoneamento edafoclimático da Pereira para Santa Catarina**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018a. 22 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 470).
- FILIPPINI ALBA, J. M.; WREGE, M. S.; FLORES, C. A.; ALMEIDA, I. R.; HERTER, F. G. **Zoneamento edafoclimático da Pereira para o Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018b. 16 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 466).
- MARTINS, C. R.; CONTE, A.; FRONZA, D.; FILIPPINI ALBA, J. M.; HAMANN, J. J.; BILHARVA, M. G.; MALGARIM, M. B.; FARIAS, R. M.; DE MARCO, R.; REIS, T. S. **Situação e perspectiva da noqueira-pecã no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 31 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 462).
- MCBRATNEY, A. B.; MENDOÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, n. 1-2, p. 3-52, 2003.
- MILECH, C. G. **Estimativa das necessidades de frio de genótipos de pessegueiro por modelos matemáticos**. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Non-Void Filled. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-non-void-filled>. Acesso em: 10 fev. 2020.

PARTE III

Cultivo





Foto: Carlos Roberto Martins

Capítulo 11

Cultivares

Jonas Janner Hamann
Carlos Roberto Martins
Horacy Fagundes da Rosa Júnior
Ícaro Borges Tavares
Maurício Gonçalves Bilharva
Rafaela de Schmidt de Souza

Introdução

A noqueira-pecã é autóctone da América do Norte, sendo a única espécie de *Carya* que obteve destaque econômico em termos globais, graças ao processo de seleção de materiais genéticos e a um programa de melhoramento de plantas estabelecido na América do Norte, especialmente nos Estados Unidos. Os pomares são classificados em duas categorias: aqueles originados de pé-franco (nativo), ou seja, plantas não enxertadas, e aqueles pomares provenientes de um processo de melhoramento, empregando porta-enxerto e cultivar copa, ou seja, mudas de pecã obtidas pela enxertia. Esse processo de formação e/ou manutenção de pomares reflete na potencialidade produtiva e qualitativa, observada também no Brasil.

A implantação dos pomares comerciais nos Estados Unidos iniciou durante o século XIX, utilizando, no seu estabelecimento, nozes selecionadas e obtidas de polinização aberta a partir de pés-francos (Thompson; Conner, 2012). De acordo com esses autores, os critérios empregados pelos produtores daquela época constituíam na seleção de materiais genéticos que oferecessem nozes grandes e de casca fina, a fim de facilitar o trabalho de descascamento. Com o passar do tempo, outras características foram sendo incluídas nessa seleção; além da produção, a precocidade de entrada em produção e a tolerância à sarna também eram consideradas para implantar os pomares. Essa seleção favoreceu, de certa forma, o aperfeiçoamento e surgimento das cultivares atuais.

A grande variabilidade genética dentro da espécie ocorre devido ao alto grau de segregação gênica, em função da reprodução sexuada via sementes, seu principal método de propagação (Bilharva et al., 2018), embora 90% da área cultivada seja representada por apenas algumas dezenas de cultivares (Ortiz-Quezada et al., 2011).

A produção mundial de noz-pecã é amplamente baseada em cultivares desenvolvidas nos Estados Unidos, existindo em alguns locais, como no Brasil (Hamann et al., 2018) e México (Perez et al., 2015), a seleção de germoplasma local. Como exemplo, a produção comercial mexicana de noz-pecã está concentrada em duas cultivares, 'Western' e 'Wichita', com recente lançamento de 'Norteña' (Perez et al., 2015). Outros exemplos podem ser evidenciados, como nos pomares da África do Sul, que estão concentrados nas cultivares Wichita, Choctaw e Navaho, enquanto na Austrália estão baseados nas cultivares Wichita e Western (Grauke et al., 2016). Na China, os pomares estão baseados em 'Western', 'Tejas', 'Shoshoni', 'Wichita', 'Caddo' e 'Shawnee', sendo preferencialmente adotados pelos produtores as cultivares Mahan e Pawnee (Zhang et al., 2015). As cultivares adotadas pelos países sul-americanos evidenciam também uma concentração no material genético norte-americano.

Diversidade varietal de noqueira-pecã no Brasil

Atualmente, existem 42 cultivares de noqueira-pecã registradas no RNC (Registro Nacional de Cultivares) do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Porém, ao longo dos anos, algumas foram deixando de ser cultivadas. Existem também materiais selecionados no Brasil que estão sendo cultivados por produtores e viveiristas. Na Tabela 1 estão relacionadas essas cultivares, sendo que os dados sobre as estrangeiras foram transcritos de publicações da Universidade da Geórgia e Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA); para as brasileiras, os dados estão registrados no Mapa ou foram obtidos por informações pessoais.

Tabela 1. Cultivares de noqueira-pecã que compõem os pomares brasileiros, mantenedores, origem, procedência e características da maturidade dos órgãos reprodutivos.

Cultivar	Mantenedor	Origem	Procedência	Dicogamia
Apache ⁽¹⁾	(...)	Cruzamento	USA /Texas	Protogínica
Barton	Luizinho Pitol	Cruzamento	USA/Texas	Protândrica
Brooks	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Geórgia	Protogínica
Burkett ⁽¹⁾	(...)	Nativa	USA/Texas	Protogínica
Caddo	Paralelo 30 Sul	Cruzamento	USA/Georgia	Protândrica
Cape Fear	Pecanita Agroindustrial Ltda	Semente	USA/Carolina do Norte	Protândrica
Cherokee	Pecanita Agroindustrial Ltda	Cruzamento	USA/Texas	Protândrica
Chetopa	Paralelo 30 Sul	Cruzamento	USA/Kansas	Protogínica
Cheyenne ⁽¹⁾	(...)	Cruzamento	USA/Texas	Protândrica
Chickasaw	Pecanita Agroindustrial Ltda	Cruzamento	USA/Texas	Protogínica
Choctaw	Pecanita Agroindustrial Ltda	Cruzamento	USA /Texas	Protogínica
Clark	Paralelo 30 Sul	Nativa	USA/Texas	Protândrica
Cowley ⁽¹⁾	(...)	Semente	USA/Oklahoma	Protogínica
Curtis	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Flórida	Protogínica
Davis	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Mississippi	(...)
Desirable	Pecanita Agroindustrial Ltda	Cruzamento	USA /Mississippi	Protândrica
Elliott	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Flórida	Protogínica
Farley	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Flórida	Protogínica
Forkert	Paralelo 30 Sul	Cruzamento	USA/Mississippi	Protogínica
Frotscher ⁽¹⁾	(...)	Semente	USA/Louisiana	Protogínica
Giles	Paralelo 30 Sul	Nativa	USA/Kansas	Protândrica
Gloria Grande	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Carolina do Sul	Protogínica
Gormely	Paralelo 30 Sul	Nativa	USA/Oklahoma	(...)
Gratex ⁽¹⁾	(...)	Cruzamento	USA/Texas	Protogínica
Imperial ⁽¹⁾	(...)	Semente	USA/Texas	Protogínica
Jackson	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Mississippi	Protândrica
Jenkins	Paralelo 30 Sul	Semente	(...)	(...)
Jubilee	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Alabama	(...)
Kiowa	Paralelo 30 Sul	Cruzamento	USA/Texas	Protogínica
Mahan	Pecanita Agroindustrial Ltda	Semente	USA/Mississippi	Protogínica
Major	Paralelo 30 Sul	Nativa	USA/Kentucky	Protândrica
Mohawk ⁽¹⁾	(...)	Cruzamento	USA/Texas	Protogínica

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Cultivar	Mantenedor	Origem	Procedência	Dicogamia
Moneymaker	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Louisiana	Protogínica
Moore	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Flórida	Protândrica
Oconee	Paralelo 30 Sul	Cruzamento	USA/Texas	Protândrica
Owens	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Mississippi	Protândrica
Patrick	Paralelo 30 Sul	Nativa	USA/Oklahoma	Protândrica
Pawnee	Paralelo 30 Sul	Cruzamento	USA/Texas	Protândrica
Peruque	Paralelo 30 Sul	Nativa	USA/Missouri	Protândrica
Posey	Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Indiana	Protogínica
Prilop Of Lavaca	Paralelo 30 Sul	Nativa	USA/Texas	Protândrica
Shawnee	Pecanita Agroindustrial Ltda	Cruzamento	USA/Texas	Protogínica
Shoshoni	Pecanita Agroindustrial Ltda	Cruzamento	USA/Texas	Protogínica
Sioux	Pecanita Agroindustrial Ltda	Cruzamento	USA/Texas	Protogínica
Stuart	Pecanita Agroindustrial Ltda e Paralelo 30 Sul	Semente	USA/Mississippi	Protogínica
Success	Pecanita Agroindustrial Ltda	Semente	USA/Mississippi	Protândrica
Summer	(...)	Semente	USA/Geórgia	Protogínica
Tejas ⁽¹⁾	(...)	Cruzamento	USA/Texas	Protogínica
Western ⁽¹⁾	(...)	Semente	USA/Texas	Protândrica
Wichita ⁽¹⁾	(...)	Cruzamento	USA/Texas	Protogínica
Woodroof	(...)	Cruzamento	USA/Geórgia	Protogínica
Melhorada (Pitol 1) ⁽²⁾	Luizinho Pitol	Seleção local	Brasil/RS	Protogínica
Importada (Pitol 2) ⁽²⁾	Luizinho Pitol	Seleção local	Brasil / RS	Protogínica

(-) Não disponível

⁽¹⁾ Cultivares presentes em pomares no Brasil que não constam no RCN/Mapa.

⁽²⁾ Cultivares selecionadas no Brasil pelo Viveiro Pitol.

Fonte: adaptado de Hamann et al. (2018); Grauke; Thompson, 2022 e USDA (2022).

Conhecer um pouco mais sobre o universo das cultivares que compõem os pomares brasileiros possibilita melhorar, de uma forma geral, a produção e a qualidade das frutas, inclusive sobre as perspectivas futuras de comercialização de exportação. Nesse aspecto, cabe destacar dois levantamentos exploratórios sobre a composição e as tendências das cultivares nos pomares.

O primeiro levantamento foi realizado por ocasião do I e II Simpósio Sul-americano de Noz-pecã, em Anta Gorda (2018) e Cachoeira do Sul (2019), respectivamente. Nessa pesquisa, que contou com 289 entrevistados, são retratadas as principais cultivares que fazem parte dos pomares implantados (Figura 1). A cultivar Barton é que está presente na maioria dos pomares, seguida das cultivares Imperial e Melhorada. Destacam-se, ainda, as cultivares Jackson, Shawnee, Desirable, Farley e Importada.

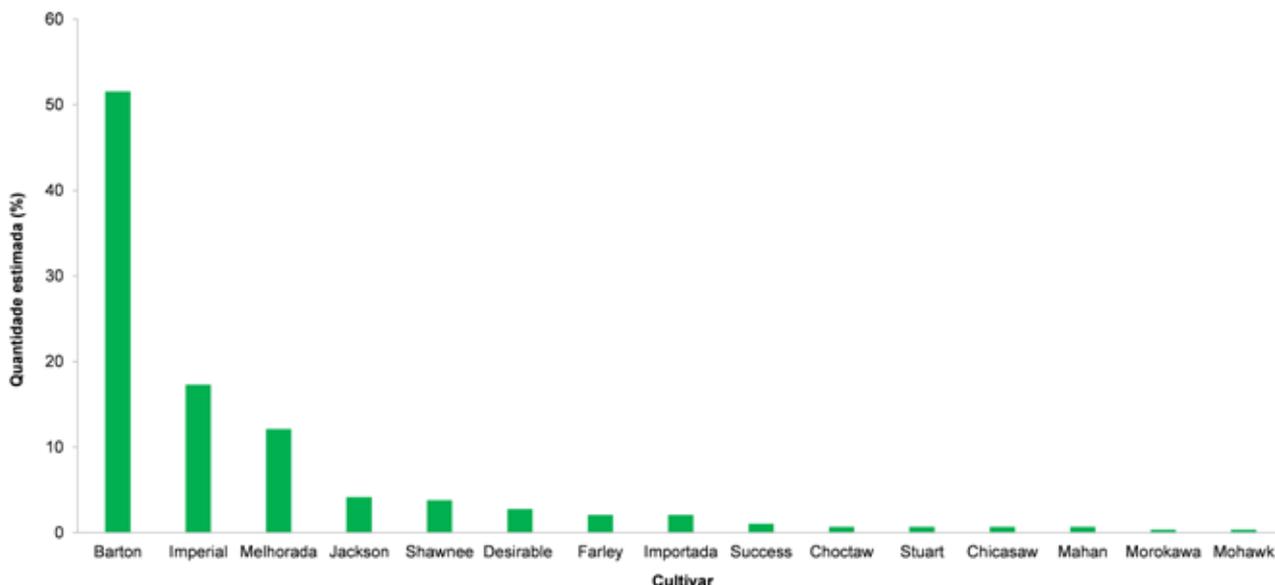


Figura 1. Porcentagem estimada de cultivares que compõem os pomares de noqueira-pecã na região Sul do Brasil.

O segundo levantamento (Figura 2), foi realizado por um grupo de lideranças e especialistas da área, composto por pesquisadores, técnicos de assistência e extensão rural, engenheiros-agrônomos, produtores, viveiristas, empresários da agroindústria e da área de comercialização, totalizando 20 integrantes. Observou-se que existe preferência em compor os pomares brasileiros com as cultivares Barton, Desirable, Jackson, Success, Stuart, seguidas por Melhorada, Importada, Sumner e Pawnee. Destacam-se, ainda, Farley, Gloria Grande e Kiowa. As cultivares Shawnee e Cape Fear, elencadas em 2018, não aparecem na lista de preferências em 2020, provavelmente por estarem sendo substituídas por outras preferências.

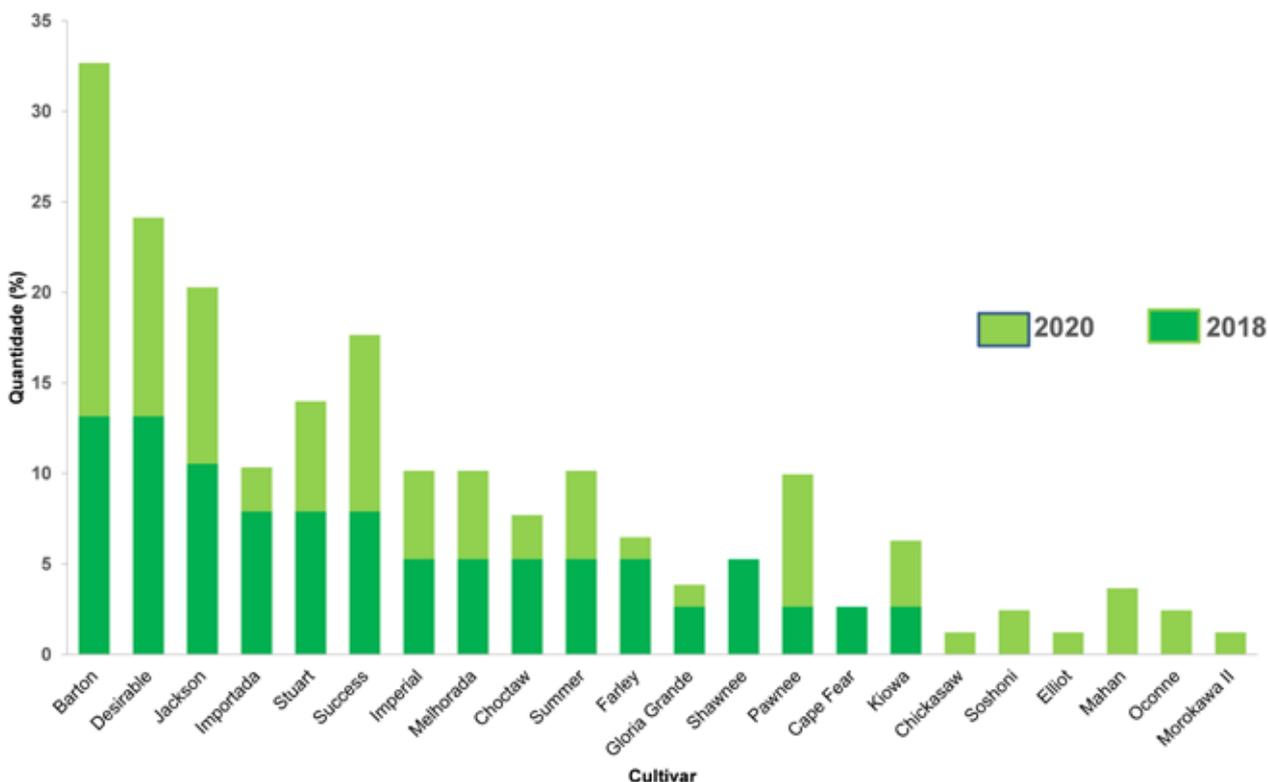


Figura 2. Porcentagem das principais cultivares que compõem os pomares de noqueira-pecã implantados entre 2018 e 2020.

Embora muitas interpretações possam ser realizadas em ambos os levantamentos, que são apenas de caráter exploratório, pode-se evidentemente constatar uma clara tendência de mudança nas cultivares dos pomares. Cabe ao setor produtivo analisar se as tendências poderão alcançar a sustentabilidade do setor.

Critérios para definição da escolha da cultivar

A etapa mais delicada e importante no planejamento de um pomar de noqueira-pecã é a escolha das cultivares. A implantação de um pomar com cultivares suscetíveis à sarna ou com características de nozes pouco atrativas ao consumidor pode comprometer o retorno financeiro do investimento. A escolha das cultivares para implantação de pomares deve ser bastante criteriosa e, neste sentido, estão sendo abordados doze fatores que devem ser considerados, nunca esquecendo que fatores locais e individuais também são de extrema importância e só podem ser identificados pelo próprio produtor.

• Tolerância à sarna

A principal doença da noqueira-pecã é a sarna, causada pelo fungo *Venturia effusa*, que ocorre com maior intensidade em anos chuvosos e com temperatura do ar elevada durante o ciclo vegetativo da cultura (setembro a maio). Seus sintomas são observados tanto em folhas quanto nas frutas (Figuras 3A e 3B). Aspectos como suscetibilidade da cultivar, condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do fungo e ausência de manejo da doença podem propiciar a perda de 50% a 100% da produção da planta.

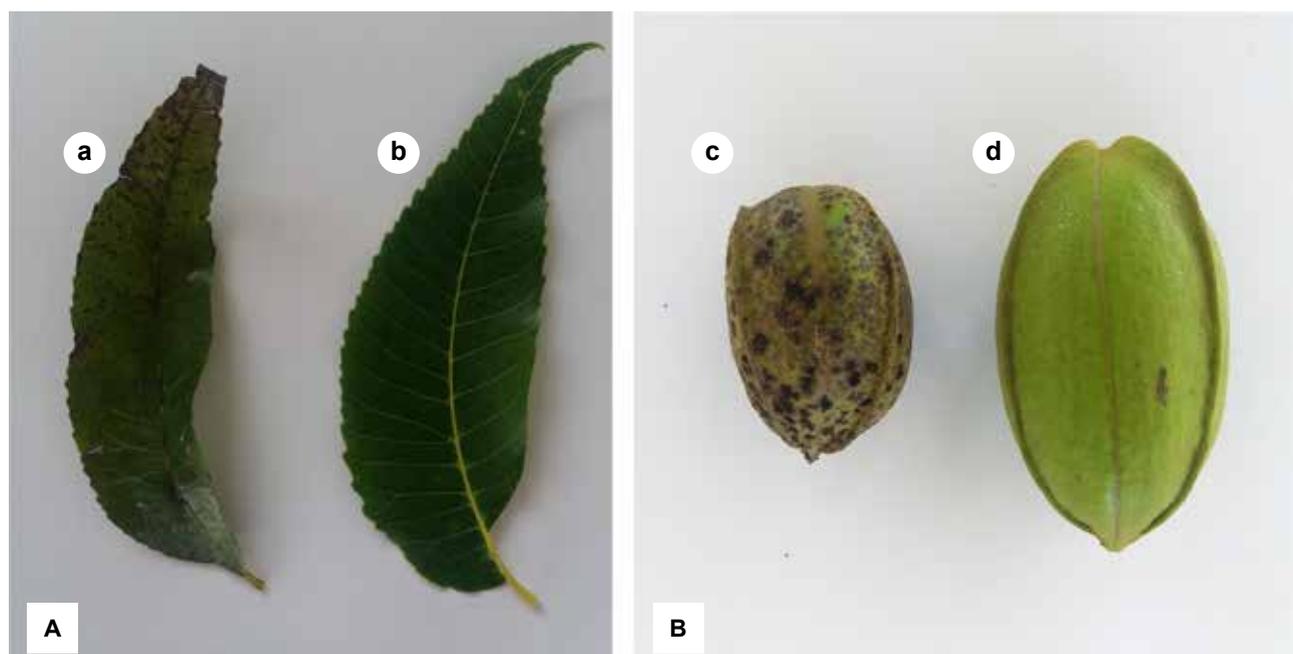


Figura 3. Sarna em noqueira-pecã: folíolo (A) de uma cultivar suscetível com sintomas (a) e sem sintomas de sarna (b). Noz-pecã (B) de uma cultivar suscetível com sintomas (c) e sem sintomas de sarna (d).

Para auxiliar na seleção das cultivares, considerando-se precipitação anual em torno de 1.100 mm a 1.500 mm, Wells e Conner (2015) as classificaram em quatro classes em relação ao nível de tolerância à sarna: excelente, bom, médio e baixo.

- Excelente tolerância: cultivares que exibem pouco ou nenhum sintoma da doença mesmo sem aplicação de agrotóxicos. Normalmente, não são realizadas pulverizações com fungicidas.

- Boa tolerância: podem apresentar sintomas típicos da doença, mas não ocorrerá uma epidemia no pomar, principalmente em anos com menor precipitação. Para as condições do estado da Geórgia (EUA), normalmente é necessário realizar de duas a quatro pulverizações com fungicidas (Goff, 2014).
- Média tolerância: cultivares que podem apresentar sintomas da doença, podendo ocorrer perdas graves na produção. Para as condições do estado da Geórgia (EUA), normalmente é necessário realizar de oito a dez pulverizações (Goff, 2014).
- Baixa tolerância: são cultivares muito sensíveis à doença, sendo indispensável o controle preventivo, podendo ocorrer redução da produtividade ou até perda da safra, sendo muito arriscado implantar essas cultivares.

• Alternância de produção

A alternância de produção ou produção alternada é caracterizada como uma flutuação cíclica do rendimento das noqueiras durante os anos de produção das plantas. A alternância caracteriza-se por produções altas em um ano (*“on” year*) enquanto no próximo há redução da produção (*“off” year*) (Wood, 1990).

É de conhecimento que algumas cultivares possuem maior tendência genética a expressar essa alternância. Para dimensionar essa alternância, pesquisadores criaram o índice de alternância, representado pela letra “I”, que representa a intensidade de alternância (medida da tendência de uma cultivar em apresentar produção alternada, alta e baixa).

A intensidade de alternância varia de 0 a 1, em que: 0 = sem alternância (significa que não há diferença de rendimento de ano para ano) e 1 = alternância completa (significa que há produção de nozes num ano e no outro não) (Conner, 2015). Por exemplo, valores menores que 0,3 são mais interessantes do que aqueles maiores que 0,5. Valores acima de 0,65 representam grau substancial de alternância na produção, sendo prejudicial utilizar essas cultivares em cultivos comerciais, caso não sejam adotadas práticas culturais que amenizem essa tendência (Wells; Conner, 2015). Na Tabela 2 estão listadas algumas cultivares e seu respectivo índice de alternância.

Tabela 2. Índice de alternância de produção de algumas cultivares de noqueira-pecã.

Cultivar	Índice de alternância
Cherokee	0.91
Shawnee	0.90
Barton	0.81
Mahan	0.74
Jackson	0.69
Elliott	0.68
Moneymaker	0.68
Chayenne	0.66
Shoshoni	0.63
Sioux	0.64
Success	0.57
Stuart	0.47
Cape Fear	0.41
Desirable	0.40
Farley	0.39
Caddo	0.32
Gloria Grande	0.19

Fonte: adaptado de Grauke; Thompson, (2022).

• Rendimento de amêndoa

Esse critério faz parte de um dos componentes de qualidade da noz-pecã no mercado nacional e internacional. É a principal característica observada pela indústria no momento da determinação do preço pago pelo quilograma da noz. O rendimento de amêndoa é caracterizado pela proporção de amêndoa em relação à quantidade de casca, expressa em porcentagem, podendo variar de acordo com a produção da cultivar, produção de cada planta, fertilidade do solo, ocorrência de déficit hídrico, ocorrência de doenças, etc. É fundamental optar por cultivares que tenham a característica de atingir (no mínimo) 50% ou mais de amêndoa. Na Tabela 3 consta o rendimento de amêndoas de algumas cultivares.

Tabela 3. Comparação do rendimento de amêndoas no Brasil e nos EUA, considerando-se cultivares oriundas de diferentes pomares comerciais.

Cultivar	Rendimento de amêndoa (%)			
	Brasil (2016)	Brasil (2017)	Brasil (2018)	EUA (Valores médios)
Jackson	(...)	55,0	(...)	54,0
Imperial	(...)	52,0	(...)	56,0
Mahan	53,8	54,7	46,5	58,0
Elliott	51,5	53,3	49,3	53,0
Moneymaker	(...)	51,0	(...)	50%
Success	(...)	51,0	(...)	50,0
Mohawk	(...)	47,3	53,2	58,0
Importada	(...)	50,0	(...)	(...)
Cape Fear	(...)	52,7	46,3	54,0
Sumner	54,8	53,0	40,5	61,0
Melhorada	(...)	49,0	(...)	(...)
Shoshoni	51,0	52,3	40,7	53,0
Desirable	47,7	48,0	(...)	54,0
Stuart	44,2	(...)	45,2	49,0
Shawnee	54,0	41,9	47,3	58,0
Cheyenne	46,2	(...)	45,8	58,0
Barton	44,0	42,7	50,5	57,0
Cherokee	(...)	48,7	40,5	55,0
Sioux	43,3	44,3	45,2	60,0
Gratex	(...)	43,0	45,2	64,0

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Cultivar	Rendimento de amêndoa (%)			
	Brasil (2016)	Brasil (2017)	Brasil (2018)	EUA (Valores médios)
Caddo	36,3	49,3	(...)	56,0
Chickasaw	41,9	47,3	35,0	54,0
Choctaw	(...)	30,7	50,2	58,0
Cowley	(...)	47,3	29,6	52,0

(...) Não disponível

Fonte: adaptado de Sparks (1992); Hamann et al. (2018); Grauke; Thompson, (2022) e USDA (2022).

• Tamanho da noz

Esse é o segundo componente de qualidade da noz-pecã, o tamanho referenciado como número de nozes constante em um quilograma (nº de nozes por quilograma). Certamente, essa é a característica física de maior significância para o consumidor no momento da compra. Nozes grandes são mais atrativas ao consumidor, podendo ser comercializadas tanto in natura (com casca) como minimamente processadas (descascadas). Todavia, cultivares com nozes de tamanho grande são muito exigentes em água e nutrientes para que a amêndoa fique totalmente preenchida. O Brasil ainda não possui normas para classificação da noz-pecã em relação ao tamanho das nozes, mas, como o objetivo de muitos pecanicultores é a exportação, é possível basear-se na classificação utilizada internacionalmente.

• Período de polinização

Na determinação das cultivares a serem implantadas, deve-se dar muita atenção para que o período de liberação do pólen das cultivares polinizadoras coincida com o período de receptividade do estigma da cultivar principal. Esse é o primeiro critério a ser considerado, uma vez que a polinização inadequada pode comprometer todas as safras do pomar.

• Espessura da casca

A espessura da casca da noz-pecã é muito importante na escolha de uma cultivar, pois é a segunda característica observada pelos consumidores, os quais preferem nozes de casca fina, porque são mais fáceis de quebrar manualmente. Tecnicamente, nos EUA empregam-se as categorias: fina (<0,68 mm), moderada (0,6-0,97 mm) e espessa (>0,97 mm) para se definir a espessura da casca das nozes. No Brasil, ainda não há uma definição oficial sobre essa classificação.

• Precocidade

A precocidade de produção é o período de tempo necessário para que uma planta entre em produção. Mudas de nogueira-pecã propagadas sexuadamente (por sementes) possuem um período juvenil longo, levando cerca de 10 a 12 anos para iniciar a produção. A precocidade de produção é maior em mudas propagadas vegetativamente, por meio da enxertia, podendo apresentar pequena produção já no quarto ou quinto ano após plantio.

- **Cor da amêndoa**

A coloração da amêndoa é outra característica que possibilita a avaliação de sua qualidade. A coloração da amêndoa pode variar conforme a cultivar, condições de colheita, secagem e armazenamento. Normalmente, quanto mais clara for a amêndoa, maior será seu valor potencial. O consumidor nacional ainda está se habituando a consumir a noz-pecã, mas já há uma preferência por nozes com coloração clara.

- **Produção por planta**

Algumas cultivares são mais produtivas, outras respondem de forma positiva a práticas culturais, como adubação, poda, irrigação e manejo fitossanitário, aumentando a produção.

- **Hábito de crescimento**

O hábito de crescimento da noqueira-pecã é distinto entre as cultivares. Observa-se que há cultivares com hábito de crescimento dos ramos de forma ereta, semiereta e prostrada. Em cultivos de alta densidade, é preferível optar por cultivares com hábito de crescimento ereto. Já para cultivos em consórcio com outras culturas (forrageiras, milho, mandioca, etc.) ou com animais (bovinos, caprinos, ovinos), as cultivares com hábito de crescimento semiereto ou prostrado podem ser utilizadas, pois o espaçamento entre plantas é maior.

- **Resistência dos ramos**

Algumas cultivares têm maior suscetibilidade à quebra dos ramos em regiões com ventos fortes e frequentes. Para essas cultivares, é importante realizar adubação equilibrada com nitrogênio e realizar a poda com maior intensidade, em comparação às demais cultivares. As cultivares Melhorada, Cape Fear e Chickasaw têm maior tendência à quebra de ramos, quando essas premissas não são atendidas.

- **Época de maturação**

No Brasil, o período de colheita inicia-se em março, estendendo-se até junho, variando em função da região, cultivar e condições climáticas. No Rio Grande do Sul, especificamente na região das Missões e no Alto Uruguai, a maturação das nozes inicia-se em março, nas demais regiões ocorre a partir de abril, estendendo-se até junho.

Características das principais cultivares de noqueira-pecã

Comercialmente, nos pomares brasileiros implantados desde o ano 2000 até 2016, tem-se utilizado majoritariamente as cultivares: Barton, Shawnee, Desirabe, Melhorada, Importada, Success, Chickasaw, Cape Fear, Choctaw, Farley, Stuart e Mahan. A escolha dessas cultivares não ocorreu por critério técnico, mas unicamente por disponibilidade de mudas, conseqüentemente, por fomentação de viveiristas. Foi apenas a partir de 2017 que recomendações técnicas para a escolha das cultivares passaram a ser adotadas no Brasil, limitando-se, ainda, às cultivares existentes no país (as mesmas recomendadas até 2016, porém, sendo eliminadas as cultivares sensíveis à sarna, com baixo rendimento de amêndoa, etc.).

Inquestionavelmente, a obtenção de pomares com capacidade produtiva estável ocorrerá quando novas cultivares, com maior rendimento de amêndoa, menor índice de alternância, maior tolerância à sarna, maior estabilidade produtiva, etc. forem introduzidas em nosso país. A quase totalidade das cultivares exploradas em território nacional já foram substituídas em outros países, por vários motivos: baixo rendimento de amêndoa, elevada alternância de produção, suscetibilidade à sarna, tamanho pequeno da noz, alta espessura da casa, hábito de crescimento ereto, inadequação à poda mecanizada (*hedge*).

As principais características de várias cultivares de noqueira-pecã que já foram ou ainda são implantadas em pomares comerciais brasileiros são descritas a seguir.

Cultivares plantadas no Brasil

Apache

Essa cultivar (Figura 4) tem origem do cruzamento entre 'Burkett' e 'Schley', realizado em 1940, nos EUA, em Arkansas. Apresenta suscetibilidade à sarna (*Venturia effusa*). Não se tem resultados de rendimento dessa cultivar no Brasil; em condições de cultivo nos Estados Unidos, possui rendimento de amêndoa de 59,0% (Tabela 3).



Figura 4. Noz-pecã da cultivar Apache. Aparência externa (A) e interna (B).

Barton

Essa cultivar (Figura 5) foi obtida do cruzamento dirigido entre as cultivares Moore e Success, realizado em 1937, no pomar de John Barton, no estado americano do Texas. Apresenta alta tolerância à sarna (*Venturia effusa*), mas é suscetível à antracnose (*Glomerella cingulata*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 57,0%, e nas condições de cultivo no Brasil em média de 45,7% (Tabela 3).



Figura 5. Noz-pecã da cultivar Barton. Aparência externa (A) e interna (B).

No Brasil é a cultivar mais cultivada, chegando a mais de 60% da área plantada. É uma das cultivares de brotação mais tardia em pomares do Rio Grande do Sul e uma das primeiras a maturar. É protândrica, porém, em regiões de clima quente, como Geórgia (EUA) e Brasil, podem ocorrer variações no seu comportamento, tornando-se protogínica (Sparks, 1992).

Essa cultivar foi introduzida no Brasil pela família Linck, em seu pomar, em Cachoeira do Sul e selecionada por pecanicultores, observando-se principalmente a tolerância à sarna, não tendo sido avaliado o seu *Pecan Production Index* (LTPI). Nos Estados Unidos, essa cultivar não é plantada há décadas, pois nos anos de alta produtividade (“on” year) apresenta dificuldade no enchimento da amêndoa, caindo bastante a qualidade da noz.

Além de ser uma cultivar suscetível à antracnose, ter alto índice de alternância e hábito de crescimento ereto, ‘Barton’ tem sido implantada em pomares como cultivar principal e de forma adensada, com mais de 100 plantas por hectare, cujo manejo passa, obrigatoriamente, pela poda mecanizada (*hedging*); entretanto, essa cultivar não se adapta muito bem a esse tipo de poda.

Caddo

Essa cultivar (Figura 6) origina-se do cruzamento entre 'Brooks' e 'Alley', realizado entre 1922 e 1923, no estado da Geórgia, nos Estados Unidos. Apresenta média tolerância à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 56,0% (Tabela 11.3).



Figura 6. Noz-pecã da cultivar Caddo. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Cape Fear

Essa cultivar (Figura 7) foi desenvolvida mediante a seleção de nozes obtidas por polinização aberta, em que o progenitor masculino foi a cultivar Schley. Apresenta baixa tolerância à sarna (*Venturia effusa*), sendo indispensável o manejo fitossanitário para obtenção de produção. Tem susceptibilidade a *Alternaria* e a *Pestalotiopsis*. Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 54,0%. Em condições de cultivo no Brasil, possui rendimento de amêndoa de 49,5% (Tabela 3).



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 7. Noz-pecã da cultivar Cape Fear. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Cherokee

Essa cultivar (Figura 8) origina-se do cruzamento entre 'Schley' e 'Evers', realizado em 1948, no estado do Texas, nos Estados Unidos. Apresenta suscetibilidade à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 55,0%, e nas condições de cultivo no Brasil, de 44,6% (Tabela 3).



Figura 8. Noz-pecã da cultivar Cherokee. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Cheyenne

Essa cultivar (Figura 9) origina-se do cruzamento de 'Clark' com 'Odom', realizado entre 1942, no estado do Texas, nos Estados Unidos. Apresenta oscilações de tolerância à sarna (*Venturia effusa*), de acordo com a região. A cultivar é suscetível ao pulgão-amarelo. Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 58,0% (Tabela 3).



Figura 9. Noz-pecã da cultivar Cheyenne. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Chickasaw

Essa cultivar (Figura 10) origina-se de cruzamento controlado entre 'Brooks' e 'Evers', em 1944, lançada comercialmente em 1972 nos EUA. Apresenta baixa tolerância à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 54,0%, e nas condições de cultivo no Brasil, de 41,0% (Tabela 3).



Figura 10. Noz-pecã da cultivar Chickasaw. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Choctaw

Essa cultivar (Figura 11) origina-se do cruzamento entre 'Success' e 'Mahan', realizado em 1946, no Texas, nos Estados Unidos. Apresenta alta tolerância à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 58,0% (Tabela 3).



Figura 11. Noz-pecã da cultivar Choctaw. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Cowley

Essa cultivar (Figura 12) tem origem desconhecida, mas sabe-se que é oriunda do Estado de Oklahoma, nos Estados Unidos. Apresenta-se resistente à sarna (*Venturia effusa*). Em algumas situações ambientais, a presença de viviparidade tem sido constatada. Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 52,0% (Tabela 3).



Figura 12. Noz-pecã da cultivar Cowley. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Desirable

Essa cultivar (Figura 13) foi obtida do cruzamento dirigido no início de 1900, porém os progenitores são desconhecidos. Apresenta média tolerância à sarna (*Venturia effusa*) (para o USDA, é considerada suscetível à sarna), mas é suscetível à antracnose (*Glomerella cingulata*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 54,0%, e nas condições de cultivo no Brasil, de 47,7% (Tabela 3).



Figura 13. Noz-pecã da cultivar Desirable. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Elliott

Essa cultivar (Figura 14) tem origem desconhecida, mas a primeira propagação foi em 1919, no estado da Flórida, nos EUA, onde essa cultivar tem por característica sua utilização como porta-enxerto. Apresenta alta tolerância à sarna (*Venturia effusa*). Tem muita suscetibilidade ao pulgão (*Monellia caryella*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 53,0%, e nas condições de cultivo no Brasil, de 51,4% (Tabela 3).



Figura 14. Noz-pecã da cultivar Elliott. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Farley

Cultivar (Figura 15) selecionada em 1918, nos EUA, cujos progenitores são desconhecidos. Apresenta média tolerância à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 53,0%, e nas condições de cultivo no Brasil, de 51,0% (Tabela 3).



Figura 15. Noz-pecã da cultivar Farley. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Gloria Grande

Cultivar oriunda de seleção nos EUA, sendo considerada de boa tolerância à sarna-da-nogueira. Possui comportamento protogínico. Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 48,0%.

Gratex

Essa cultivar (Figura 16) tem origem a partir do cruzamento entre 'Ideal' e 'Sucess', realizado entre 1945, no estado do Texas, nos Estados Unidos. Apresenta boa tolerância à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 64,0%, e nas condições de cultivo no Brasil, de 44,0% (Tabela 3).



Figura 16. Noz-pecã da cultivar Gratex. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Imperial

Essa cultivar (Figura 17) foi obtida por meio de seleção de nozes, em 1958, no estado americano do Texas. Apresenta alta tolerância à sarna (*Venturia effusa*). Em condições de cultivo no Brasil, possui rendimento de amêndoa de 52,0% (Tabela 3).



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 17. Noz-pecã da cultivar Imperial. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Importada (Pitol 2)

Essa cultivar (Figura 18), de origem desconhecida, foi denominada de 'Importada' no primeiro ciclo de incentivo da cultura no Brasil, quando se observou boa adaptação e produção. Em condições de cultivo no Brasil, possui rendimento de amêndoa de 50,0% (Tabela 3).



Figura 18. Noz-pecã da cultivar Importada. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Jackson

Cultivar proveniente de cruzamento dirigido entre 'Sucess' e 'Schley', no Mississippi, EUA. Possui comportamento protândrico, com dicogamia incompleta. Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 53%. Cultivada por sua excelente qualidade das nozes, nas condições de cultivo no Brasil apresenta rendimento de amêndoa de 55,0% (Tabela 3).

Mahan

Essa cultivar (Figura 19) tem origem desconhecida, foi plantada em 1910, no estado da Flórida, nos Estados Unidos. Apresenta alta suscetibilidade à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 58,0%, e nas condições de cultivo no Brasil, de 51,7% (Tabela 3).



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 19. Noz-pecã da cultivar Mahan. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Melhorada (Pitol 1)

Essa cultivar (Figura 20) não é registrada nos EUA, mas apenas no Brasil. Provavelmente, foi obtida por seleção massal em um pomar brasileiro. Apresenta tolerância à sarna (*Venturia effusa*), mas é suscetível a *Pestalotiopsis* e altamente sensível ao ataque de pulgão-amarelo (*Monellia caryella*). Quando cultivada em locais com incidência de ventos fortes, os ramos quebram com facilidade. Em condições de cultivo no Brasil, possui rendimento de amêndoa de 49,0% (Tabela 3).



Figura 20. Noz-pecã da cultivar Melhorada. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Mohawk

Essa cultivar (Figura 21) origina-se do cruzamento de 'Success' com 'Mahan', realizado em 1946, no estado do Texas, nos Estados Unidos. Apresenta variável tolerância à sarna (*Venturia effusa*), oscilando de acordo com as regiões. Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 58,0%. Em condições de cultivo no Brasil, possui rendimento de amêndoa de 50,3% (Tabela 3).



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 21. Noz-pecã da cultivar Mohawk. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

MoneyMaker

Essa cultivar (Figura 22) origina-se de seleção de nozes obtidas na região da Lousiana, EUA. Em condições de cultivo no Brasil, possui rendimento de amêndoa de 51,0% (Tabela 3).



Figura 22. Noz-pecã da cultivar MoneyMaker. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Shawnee

Essa cultivar (Figura 23) foi obtida do cruzamento dirigido entre 'Schley' e 'Barton', em 1949. Apresenta baixa tolerância à sarna (*Venturia effusa*), sendo indispensável o manejo fitossanitário para obtenção de produção. Apresenta média precocidade de produção. Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 58,0%, e no Brasil de 47,7% (Tabela 3).



Figura 23. Noz-pecã da cultivar Shawnee. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Shoshoni

Essa cultivar (Figura 24) origina-se do cruzamento entre 'Odom' e 'Evers', realizado em 1944, no estado do Texas, EUA. Apresenta suscetibilidade à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 53%, e no Brasil, de 48% (Tabela 3).



Figura 24. Noz-pecã da cultivar Shoshoni. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Sioux

Essa cultivar (Figura 25) origina-se do cruzamento entre ‘Schley’ e ‘Carmichael’, realizado em 1943, no Texas, EUA. Apresenta suscetibilidade à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 60,0%, e nas condições de cultivo brasileiras, de 48,0% (Tabela 3).



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 25. Noz-pecã da cultivar Sioux. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Stuart

Essa cultivar (Figura 26) tem origem desconhecida, mas a seleção de mudas se deu no Mississippi, EUA, sendo que o primeiro pomar foi plantado em 1874. Apresenta tolerância à sarna (*Venturia effusa*). A cultivar é suscetível ao pulgão-preto e ao pulgão-amarelo. Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 49,0%, e no Brasil, de 44,7% (Tabela 3).



Figura 26. Noz-pecã da cultivar Stuart. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Success

Essa cultivar origina-se de seleção realizada no Mississippi, EUA. Possui comportamento protândrico, formato ovalado com base arredondada, sendo cultivada pela excelente qualidade das nozes (Figura 27). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 50,0%, e no Brasil, de 51,0% (Tabela 3).



Figura 27. Noz-pecã da cultivar Success. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Wichita

Essa cultivar (Figura 28) origina-se do cruzamento de 'Halbert' com 'Mahan', realizado em 1940, no Texas, EUA. Apresenta alta suscetibilidade à sarna (*Venturia effusa*). Nos Estados Unidos, apresenta rendimento de amêndoa de 62%. Em condições de cultivo brasileiro, possui rendimento de amêndoa de 47,2% (Tabela 3).



Figura 28. Noz-pecã da cultivar Wichita. Aparência externa (A) e interna (B) dos frutos.

Novas cultivares de noqueira-pecã

O lançamento comercial de novas cultivares de noqueira-pecã é algo recorrente nos EUA, pois a busca por materiais genéticos com maior potencial produtivo (rendimento de amêndoa, coloração de amêndoa, etc.) é constante, considerando a necessidade de atender as novas exigências dos consumidores. Muitas dessas cultivares são patenteadas pelo *USDA-ARS Pecan Breeding and Genetics Program* (Wang et al., 2022). Algumas das novas cultivares lançadas e comercialmente cultivadas nos EUA são abaixo descritas.

Avalon

Essa cultivar foi obtida entre o cruzamento de 'Gloria Grande' e 'Barton', lançada em 2016 pelo *Pecan Breeding Program* (Universidade da Geórgia). É característica dessa cultivar a alta qualidade das nozes, alto potencial de rendimento de amêndoa (54,0%) e excelente tolerância à sarna. A noz é de tamanho mediano, oblonga, com uma seção transversal redonda e uma base e ponta acuminada. A amêndoa possui cor creme a dourada.

Tanner

Essa cultivar foi obtida entre o cruzamento de 'Wichita' e 'Pawnee', lançada em 2015 pelo *Pecan Breeding Program* (Universidade da Geórgia). É característico dessa cultivar o alto rendimento de amêndoa (52,0% – 55%) e média tolerância à sarna. Tanner foi lançada como uma substituta a 'Desirable'.

Byrd

Essa cultivar foi obtida entre o cruzamento de 'Wichita' e 'Pawnee', lançada em 2012 pelo *Pecan Breeding Program* (Universidade da Geórgia). É característico dessa cultivar produzir nozes de média qualidade, alto potencial de rendimento de amêndoa (56,0% – 60,0%) e baixa tolerância à sarna.

Morrill

Essa cultivar foi obtida entre o cruzamento de 'Wichita' e 'Pawnee', lançada em 2010 pelo *Pecan Breeding Program* (Universidade da Geórgia). É característico dessa cultivar produzir nozes grandes com excepcional qualidade, alto potencial de rendimento de amêndoa (62,0%) e média tolerância à sarna.

Lakota

Essa cultivar foi obtida entre o cruzamento de 'Mahan' e 'Major', lançada em 2007 pelo *USDA Pecan Breeding Program*. É característica dessa cultivar a alta qualidade das nozes, com alto potencial de rendimento de amêndoa (62,0%), maturação precoce e excelente tolerância à sarna. A noz é elíptica oblonga com ápice agudo e base arredondada e é redonda em seção transversal. A amêndoa possui cor creme a dourada.

Pueblo

Essa cultivar foi obtida entre o cruzamento de 'Osage' e 'Creek', lançada em 2021 pelo *USDA Pecan Breeding Program*. É característico dessa cultivar a precocidade de produção e a maturação precoce. Apresenta dossel compacto, indicada para plantio mais adensado. Tem alto potencial produtivo e é tolerante à sarna.

Seneca

Essa cultivar foi obtida entre o cruzamento de 'NC-2B' e 'NC-4', lançada em 2022 pelo *USDA Pecan Breeding Program*. É característica dessa cultivar a qualidade de amêndoa, coloração creme, maturação precoce, dossel compacto e boa tolerância à sarna.

Zuni

Essa cultivar foi obtida entre o cruzamento de 'Pawnee' e 'Waco', lançada em 2022 pelo *USDA Pecan Breeding Program*. Produz nozes de tamanho médio e com bom enchimento de amêndoa, de coloração creme. É precoce e tem boa tolerância à sarna.

Considerações finais

Existe grande variabilidade genética dentro da espécie e mais de mil cultivares de noqueiras-pecã são descritas, com grande variedade na forma dos frutos, qualidade da noz, arquitetura da árvore e características reprodutivas. Entretanto, é importante ressaltar que pomares baseados na escolha de cultivares, disponíveis atualmente pelo processo de enxertia, não significa garantia de produção e qualidade, pois, mesmo que sejam empregadas cultivares selecionadas, a ausência de manejo adequado interfere no desenvolvimento das plantas e na sua produtividade.

No futuro, poderá surgir os bancos de germoplasma da cultura e o desenvolvimento de um programa de melhoramento da noqueira-pecã no país, além do surgimento de materiais promissores e adaptados as diferentes condições climáticas encontradas pelo Brasil.

Referências

- CONNER, P. J. **Review of Scab Resistant Cultivars**. UGA Pecan Breeding Program. May 2015. Disponível em: <https://pecanbreeding.uga.edu>. Acesso em: 9 mar. 2022.
- GOFF, B. **Pecan Cultivar Recommendations for the Southeast**. Alabama Pecan Growers Association. 2014. Disponível em: <http://www.alabamapecangrowers.com/cultivars.html>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- GRAUKE, L. J.; THOMPSON, T. E. Pecan cultivars. Disponível em: <https://cgru.usda.gov/carya/pecans/cvintro.htm> Acesso em: 06 nov. 2022.
- GRAUKE, L. J.; WOOD, B. W.; HARRIS, M. K. Crop vulnerability: *Carya*. **HortScience**, v. 51, p. 653–663, 2016.
- HAMANN, J. J.; BILHARVA, M. G.; BARROS, J. de; MARCO, R. de; MARTINS, C. R. (ed.). **Cultivares de nogueira-pecã no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 43 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 478).
- ORTIZ-QUEZADA, A. G.; LOMBARDINI, L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Antioxidants in pecan nut cultivars [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]. In: PREEDY, V.; WATSON, R.; PATEL, V. B. (ed.). **Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention**. Cambridge: Academic Press, 2011. p. 881-889.
- PEREZ, H. A.; AVILA, J. A.; OLAI, E. M.; VILLARREAL, E. C.; MURRIETA, A. L.; RIVERO, H. T.; NUÑEZ-MORENO, J. H.; LOMBARDINI, L. 'Nortefia' pecan. **HortScience**, v. 50, p. 1399-1400, 2015.
- SPARKS, D. **Pecan cultivars: the orchard's foundation**. Watkinsville: Pecan Productions Innovations, 1992. 446 p.
- THOMPSON, T. E.; CONNER, P. J. Pecan. In: BADENES, M. L.; BYRNE, D. H. (ed.). **Fruit breeding, handbook of plant breeding**. New York: Springer, 2012. p. 771-801.
- WANG, X.; CHATWIN, W.; KUBENKA, K.; HILTON, A. Three new pecan varieties patented by the USDA-ARS Pecan Breeding and Genetics Program. **Pecan South**, v. 5, n. 2, p. 6-14, 2022.
- WELLS, L.; CONNER, P. **Pecan varieties for Georgia orchards**. Athens: The University of Georgia, Department of Horticulture, 2015. 10 p. (UGA Extension, Circular 898).
- WOOD, B. W. Alternate bearing of pecan. In: NATIONAL PECAN WORKSHOP PROCEEDINGS, 1., 1990, Unicor State Park, Georgia. Pecan Husbandry: Challenges and Opportunities. Proceedings...
- ZHANG, R.; PENG, F.; YONGRONG, LI. Pecan production in China. **Scientia Horticulturae**, n. 197, p. 719-727, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815302648>. Acesso em: 11 jun. 2020.

Capítulo 12

Propagação

Marília Lazarotto
Claudimar Sidnei Fior
Márcio Alberto Hilgert
Luciano da Silva Alves

Introdução

Devido à crescente demanda por frutos e a relevante importância econômica nos locais onde o cultivo é apropriado, principalmente para o setor alimentício, pomares de noqueira-pecã vêm sendo implantados e ampliados em diversas regiões do mundo. Por se tratar de um investimento de longo prazo, a obtenção de mudas de qualidade com uniformidade e idoneidade genética surge como um fator altamente relevante no estabelecimento de pomares da espécie.

O êxito de um pomar depende muito da escolha das cultivares melhor adaptadas às condições regionais, além dos cuidados com o preparo do solo, a drenagem, a irrigação e o controle de pragas e de doenças. Entre esses fatores, o sucesso de qualquer empreendimento agrícola é dependente da qualidade do material propagativo utilizado (Rocha, 2013), composto por atributos que são obtidos considerando-se o método de propagação adotado e o grau de tecnologia empregado na produção das mudas.

A aquisição de mudas para a implantação de um pomar comercial de noqueira-pecã deve ser precedida por um planejamento específico da área, devido a algumas particularidades da cultura, e incluir parâmetros de qualidade como: uniformidade de estatura entre as mudas; aspecto visual vigoroso; ausência de pragas e doenças; ausência de plantas espontâneas na embalagem; e uma relação equilibrada entre a parte aérea e o sistema radicular (Fronza; Hamann, 2016).

A formação de pomares desuniformes demanda água, nutrientes e operações mecanizadas diferenciadas, o que justifica a necessidade da produção de mudas com maior uniformidade genética e padrão morfológico (Fronza; Hamann, 2016). O rápido crescimento e desenvolvimento de um pomar de noqueira-pecã, bem como os reflexos positivos nos componentes de rendimentos dos frutos, podem ser promovidos a partir do estabelecimento com mudas de boa qualidade, aliado ao manejo eficiente de determinadas práticas culturais.

Diante do exposto, o presente capítulo se propõe a abordar os principais aspectos relacionados à propagação da noqueira-pecã, disponibilizando informações que auxiliem na obtenção de mudas padronizadas, com vista a melhores resultados na pecanicultura, buscando atender às demandas de consumidores de nozes.

Propagação sexuada

A propagação sexuada de espécies arbóreas, a qual utiliza sementes como propágulos, resulta na formação de indivíduos distintos em relação aos seus progenitores, principalmente nas alógamas. Esse tipo de propagação está relacionado ao processo de meiose, responsável pela maior parte da variabilidade genética. A propagação sexuada consiste em um processo que ocorre desde vegetais primários até as espécies mais

evoluídas, diferenciando-se principalmente pelas estruturas do sistema reprodutivo modificado e atingindo a máxima diferenciação nas angiospermas (Marcos-Filho, 2005). A formação de sementes possui a função de garantir a perpetuação das espécies e continuidade das gerações, além da variabilidade gerada possibilitar a formação de características genóticas diferentes, que possam contribuir na adaptação em relação a alterações ambientais para sobrevivência da espécie.

Plantas oriundas unicamente de sementes de noqueira-pecã não são utilizadas na formação de pomares comerciais, devido ao longo período de crescimento e desuniformidade entre plantas, além de apresentarem longo tempo de juvenilidade. Conforme Fachinello et al. (2005), a juvenilidade compreende o período da germinação até o início de produção de frutos, havendo diferença desse período entre as espécies. Todavia, a propagação sexuada possui grande importância para o melhoramento das espécies, por meio de cruzamentos entre genótipos de interesse e desenvolvimento de novas cultivares com finalidade de aumento de produtividade, resistência a doenças e adaptações edafoclimáticas.

Outro uso importante de sementes de noqueira-pecã consiste em sua utilização por viveiros na produção de porta-enxertos, os quais são utilizados na propagação assexuada, pela técnica da enxertia.

Qualidade de sementes

A germinação consiste em um processo complexo, abrangendo inúmeros fatores do ambiente, como temperatura, disponibilidade de água, oxigênio e luz, além das características da própria semente, cuja interação resultará na formação de uma plântula. No processo de germinação, a primeira etapa consiste na absorção de água para haver o início das atividades metabólicas. As sementes desidratadas e submetidas ao processo de embebição apresentam respostas relacionadas a um padrão trifásico em relação à absorção da água e hidratação, ocorrendo diversos processos físicos e metabólicos ocasionados pelo movimento da água em cada fase (Bewley et al., 2013).

Sementes de noqueira-pecã devem ser colhidas de plantas saudáveis, evitando-se o contato com o solo, visando impedir a contaminação por patógenos. O grau de umidade de sementes armazenadas consiste em fator fundamental para manter a qualidade e maior tempo de estocagem. De acordo com McEachern (2010), o grau de umidade de sementes de noqueira-pecã deve ser reduzido de 20%, no momento da colheita, para 6% no armazenamento, sendo a secagem realizada em condições ambientais, sem o uso de aquecimento, para não haver danos aos embriões.

Algumas espécies não germinam, ou possuem atraso na germinação, mesmo quando submetidas a condições ambientais ideais para germinação. Isso se explica pela presença da chamada dormência, que consiste em uma estratégia evolutiva de algumas espécies de plantas para que ocorra a germinação ao longo do tempo, garantindo a sua perpetuação. Quando sementes são submetidas a condições ambientais favoráveis à germinação, mas não germinam em até 28 dias, são consideradas dormentes (Baskin; Baskin, 2014). Assim, para algumas espécies, como é o caso da noqueira-pecã, a dormência pode ser um entrave na produção de mudas, por ocasionar desuniformidade na germinação e atraso na produção de porta-enxertos.

A dormência em sementes é classificada em diferentes tipos relacionados aos processos que inibem a ocorrência da germinação. De acordo com Baskin e Baskin (2004), os tipos de dormência são fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física e combinatória, havendo diferentes métodos para que ocorra a superação para cada tipo de dormência.

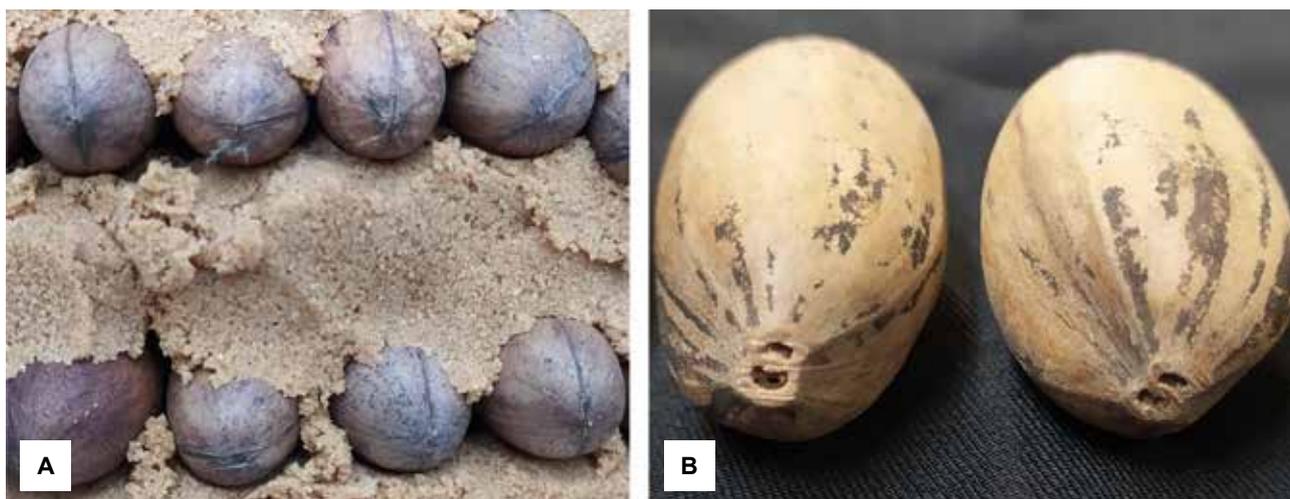
Algumas espécies com centro de origem em regiões temperadas apresentam dormência embrionária. O amadurecimento das sementes dessas espécies, como é o caso da noqueira-pecã, ocorre durante o outono, passando o inverno sobre o solo úmido para que ocorra a germinação na primavera; desse modo, requer a passagem por um período de frio para que possam germinar.

Superação de dormência

A superação de dormência embrionária em sementes de noqueira-pecã pode ser realizada por meio da técnica de estratificação a frio, a qual contribui para a maturação do embrião, além de favorecer o processo de embebição. A estratificação a frio é realizada mantendo-se as sementes entre camadas de aproximadamente 5 cm de areia úmida (Figura 1A) ou outro substrato que conserve a umidade, mas que permita troca de ar. O ambiente para realização da estratificação deve possuir temperatura média de 5 °C, com elevada umidade relativa do ar, para evitar o ressecamento do substrato e possíveis danos às sementes.

Sementes de noqueira-pecã também possuem um tegumento espesso, dificultando a absorção de água e afetando o processo de germinação. Para melhorar o processo de embebição e antecipar a germinação, pode ser realizada a escarificação mecânica, que consiste da abrasão da extremidade distal das sementes sobre superfície áspera, como lixa ou pedra, a fim de permitir a entrada de água e troca de gases (Figura 1B) (Hilgert, 2019).

De acordo com Poletto et al. (2015), o uso de escarificação mecânica em conjunto com a estratificação a frio em temperatura de 4 °C durante 90 dias favorece a germinação de sementes da espécie, em relação ao uso de métodos de superação de dormência utilizados isoladamente. A escarificação deve ser realizada antes das sementes serem submetidas à estratificação.



Fotos: Márcio Alberto Hilgert

Figura 1. Superação de dormência em noqueira-pecã. Estratificação a frio (A) e escarificação mecânica de uma das extremidades das sementes (B).

Produção de porta-enxertos

A obtenção de porta-enxertos de noqueira-pecã ainda é integralmente realizada através da germinação de sementes, as quais devem ser adquiridas de produtores que preconizam práticas adequadas de cultivo, visando principalmente manter a qualidade e sanidade das sementes. Cuidados com nutrição e controle de pragas e doenças são fundamentais para obtenção de resultados positivos na germinação, assim como tratamentos prévios para superação de dormência.

A produção de porta-enxertos em viveiros de mudas pode ser realizada em recipientes ou diretamente no solo. Com o uso de recipientes, a semeadura tem sido realizada em embalagens com altura média de 40 cm, e 10 cm de diâmetro (Figura 2 A). No entanto, não há estudos que justifiquem esse método como o mais adequado, principalmente porque, no momento do plantio, devido ao enovelamento das raízes no fundo do recipiente, há necessidade de corte da extremidade basal, o que pode propiciar infecções de patógenos de solo. Essa é mais uma das lacunas do conhecimento na produção de mudas de noqueira-pecã no Brasil.

Sementes de noqueira-pecã podem apresentar viviparidade, que consiste na germinação das sementes ainda aderidas à planta (Figura 2B). Sementes que apresentam viviparidade devem ser descartadas no momento da colheita.



Figura 2. Produção de porta-enxertos para noqueira-pecã: em recipientes (A); e viviparidade em sementes (B).

Para melhorar a germinação e uniformidade entre plantas é aconselhada a realização da estratificação das sementes durante um período de 90 dias a 4 °C, logo após a escarificação mecânica. Após o período de estratificação, as sementes deverão ser lavadas em água corrente e posteriormente alocadas no centro do recipiente, com a extremidade distal da semente voltada para o centro, para que ocorra a emissão da radícula e posterior crescimento da plântula no centro do recipiente. A semente deve ser realizada a uma profundidade de aproximadamente 2 cm, com a semente na posição horizontal, favorecendo a emissão da parte aérea e do sistema radicular. Muitos viveiros colocam mais de uma semente em cada recipiente a fim de garantir que ao menos uma muda seja gerada. Nos casos em que mais de uma germine, cerca de 60 dias após a sementeira, retiram-se as mudas excedentes, deixando-se a mais vigorosa e melhor posicionada no centro da embalagem.

Logo após a sementeira, deve ser realizada irrigação abundante, a fim de eliminar bolsas de ar e aproximar as partículas do substrato às sementes, o que favorece o processo de embebição. Nas irrigações subsequentes, deve ser evitado o excesso de água, pois pode ocasionar a deterioração das sementes. Uma alternativa para evitar o excesso de água é a escolha de substratos com boa drenagem. Além disso, deve-se priorizar o uso de água de qualidade, sem contaminantes químicos ou biológicos.

O início da germinação ocorre, aproximadamente, de 20 a 30 dias após a sementeira, contudo, há certa desuniformidade, principalmente devido às condições do ambiente no qual ocorreu a sementeira e da cultivar utilizada. Em função disso, há necessidade de separar os porta-enxertos em lotes, levando-se em consideração o diâmetro do caule, o que facilita a padronização e o escalonamento do processo de enxertia.

Em porta-enxertos produzidos diretamente no solo, o processo se assemelha, com a diferença da necessidade do preparo prévio da área, com adubação e calagem, eliminação de plantas indesejadas e abertura de sulcos perpendiculares ao sentido do declive do terreno, que servirão de leito para as sementes, as quais devem ser dispostas a uma profundidade de 2 cm e espaçadas também em cerca de 2 cm. Após o crescimento dos porta-enxertos, procede-se à seleção das plantas mais homogêneas no momento da enxertia, em relação à altura e ao diâmetro (a 20 cm do solo), eliminando-se as demais.

De acordo com Fronza et al. (2015), porta-enxertos de noqueira-pecã estão aptos para serem enxertados quando alcançarem aproximadamente 10 mm de diâmetro e 50 cm de altura, sendo esse resultado obtido após um ano da sementeira, contudo, podendo haver diferenças em relação à cultivar utilizada e sistema de produção. No Rio Grande do Sul, a sementeira é realizada no início da primavera, com a realização da enxertia por borbulhia durante a primavera e verão, e enxertia de garfagem durante o inverno.

Propagação assexuada

Com a crescente demanda por nozes no Brasil, há dependência da importação para o atendimento do mercado consumidor interno (Zhang et al., 2015; Bilharva et al., 2018). Parte disso é consequência da ausência de métodos propagativos rápidos para o fornecimento de mudas e ampliação de pomares (Haroon, 2010). Dessa forma, estudos que visem o aperfeiçoamento de técnicas de propagação assexuada em escala são essenciais, sobretudo para a aplicação em plantios homogêneos da espécie. Algumas dessas técnicas de propagação são descritas a seguir.

Enxertia

A enxertia é uma forma de clonagem vegetal amplamente utilizada na propagação de mudas em escala comercial, principalmente na fruticultura. Consiste na união de órgãos vegetativos de duas plantas compatíveis, formando um único indivíduo, embora mantendo material genético de ambas, separados pelo ponto de união, mas com intensa troca de metabólitos através das conexões vasculares formadas.

É a forma usual de propagação clonal de noqueira-pecã no mundo inteiro. Nos Estados Unidos, onde a espécie é nativa, por exemplo, há relatos da utilização de enxertia desde a primeira metade do século XIX, quando se intensificou a demanda por mudas para estabelecimento de pomares (Wells, 2017a).

No processo de enxertia ocorre a união do enxerto (cultivar-copa), o qual se pretende explorar o potencial produtivo, sobre o porta-enxerto, que apresenta características de interesse, como por exemplo: tolerância ou resistência a pragas de solo; adaptabilidade a fatores edáficos, modulação no desenvolvimento para melhor formação da copa, como o maior ou menor vigor, por exemplo; ou simplesmente para dar suporte a um órgão que já atingiu a sua maturidade fisiológica, abreviando em vários anos o tempo de plantio até a primeira colheita, quando comparado com uma muda obtida por sementes (Hartmann et al., 2011).

Os porta-enxertos para a produção de mudas de noqueira-pecã, na sua grande maioria, são obtidos através de germinação de sementes de algumas cultivares. No Rio Grande do Sul, por exemplo, as principais são 'Barton', 'Elliott', 'Jackson' e 'Moneymaker'. Cada viveiro determina qual utilizar, em função da facilidade de propagar (germinação das sementes), do vigor e da compatibilidade com a cultivar-copa demandada (Fronza et al., 2018). No estado do Novo México (EUA), as cultivares 'Riverside' e 'Pawnee' são as preferidas para produção dos porta-enxertos.

• Enxertia por garfagem

Neste processo é utilizado um pequeno fragmento de ramo contendo uma ou duas gemas que é fixado ao porta enxerto. Quando o enxerto e porta-enxerto apresentam ramos com diâmetros semelhantes: garfagem em fenda-cheia (cujas etapas podem ser visualizadas nas Figuras 3), inglês-complicado, justaposição, método americano (enxerto-banana) e borbulhia. Quando o diâmetro do porta-enxerto é superior: enxerto de topo ou enxerto lateral.

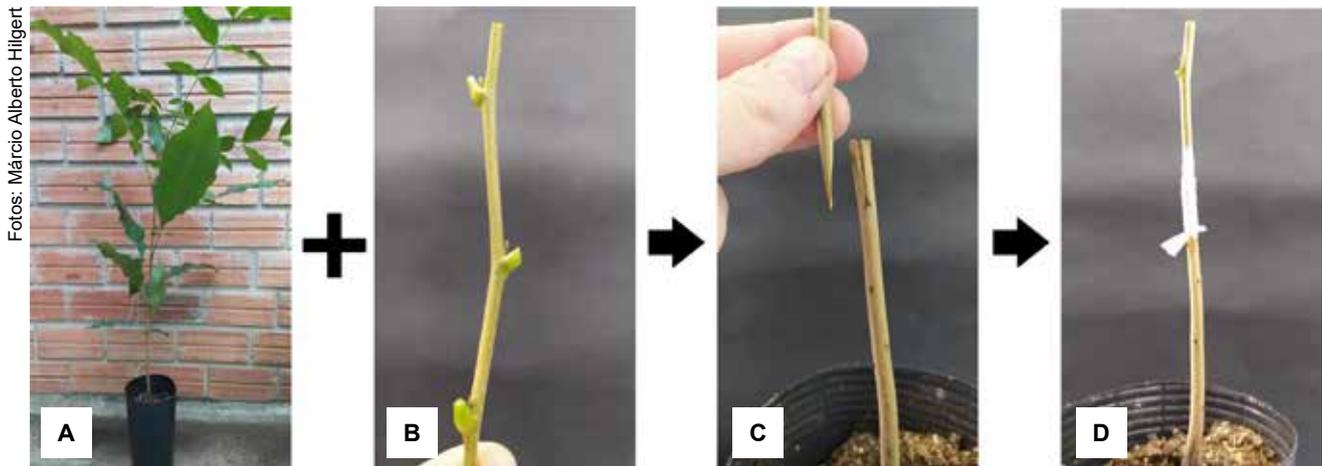


Figura 3. Enxertia em nogueira-pecã por garfagem em fenda-cheia. Porta-enxerto pronto para a enxertia (A); enxerto retirado da cultivar-copa (B); corte em fenda no porta-enxerto e cunha no enxerto (C); região enxertada coberta por camadas de parafilme (D).

• Enxertia por borbulhia

No Brasil, o método de enxertia mais utilizado tem sido borbulhia tipo “janela”, ou *patch budding*, em inglês (Figura 4). Consiste na retirada de um retângulo de casca do porta-enxerto (Figura 4A), com cerca de 2 cm a 2,5 cm de comprimento (Figuras 4B e 4C), o qual será substituído por outro correspondente, retirado de um ramo da cultivar-copa (Figuras 4D, 4E e 4F). Nesse retângulo, obrigatoriamente, deverá estar presente uma gema dormente, a qual dará origem a todos os órgãos da copa da nova planta, sobre o porta-enxerto, que assume o objetivo de sustentação e absorção de água e nutrientes (Figura 4G). O ponto ideal para a realização do enxerto situa-se a 20 cm acima do nível do colo, no porta-enxerto. É importante que o diâmetro do porta-enxerto, no ponto de enxertia, bem como o ramo de onde será retirada a “janela”, tenham o mesmo diâmetro. Os viveiros do Rio Grande do Sul utilizam ramos de 0,5 cm a 1,5 cm de diâmetro, enquanto publicações norte-americanas mencionam até 2,5 cm (Wells, 2017a) Como possibilidade, mas com maior complexidade, considera-se diâmetro do porta-enxerto com até 10 cm (Wells, 2017b).

A época mais indicada vai depender do tipo de enxerto. Enxerto tipo garfagem, enxerto lateral, em justaposição, e inglês-complicado, por exemplo, devem ser realizados no final do inverno, quando as plantas estão no final do período hibernal. O período ideal vai depender das condições ambientais do viveiro, da região e das cultivares, tanto copa quanto porta-enxerto. Vários trabalhos têm mostrado que, dependendo da região e da cultivar, enxertos realizados com diferenças de poucos dias, no final do inverno (tipo garfagem ou enxerto lateral), resultam em percentuais de sobrevivência distintos (Rehman et al., 2000; Ajamgard et al., 2016; Mehta et al., 2018). Contudo, esses fatores interferem em maior ou menor proporção, de acordo com a condição local, não devendo ser aplicados em escala, sem a experiência prévia em cada viveiro e para cada cultivar.



Fotos: Márcio Alberto Hilgert (A, B, C, D, E, F)

Foto: Marília Lazarotto

Figura 4. Enxertia em noqueira-pecã por borbulhia em “janela”. Porta-enxerto pronto para a enxertia (A); corte de um retângulo de casca (janela) no porta-enxerto (B); Janela de casca retirada no porta-enxerto (C); Ramo da cultivar copa (D); Corte para retirada da janela de casca com a borbulha no ramo da cultivar copa (E); Borbulha pronta para ser inserida no porta-enxerto (F); Enxerto brotado 35 dias após a enxertia (G).

A enxertia em borbulhia tipo “janela”, a mais comum no Brasil e nos estados do Texas e Novo México, nos EUA, é realizada no final da primavera ou no verão. A definição da época parte do princípio de que as plantas devam estar em plena atividade vegetativa, o que facilita a remoção da casca e a operação da enxertia e, devido à maior atividade metabólica, acelera a cicatrização dos tecidos. No momento da enxertia, o ápice do porta-enxerto deverá ser cortado logo acima do ponto de enxertia (entre 1 cm e 2 cm), fazendo com que somente a gema enxertada prossiga crescendo.

De qualquer forma, independentemente do tipo de enxerto e cultivar, a cicatrização e estabilidade da união entre enxerto e porta-enxerto só ocorre após seis meses da data do enxerto, período em que a muda deverá ficar protegida de ventos e chuvas fortes.

Na operação da enxertia por borbulhia alguns fatores importantes devem ser considerados para que o procedimento tenha sucesso, sendo descritos a seguir.

Procedimento para realizar a técnica de enxertia por borbulhia

No ramo da cultivar-copa, de onde sairá a borbulha: com o canivete de enxertia (com duas lâminas paralelas separadas por 2 cm a 2,5 cm) são realizados dois cortes transversais ao eixo da planta, deixando-se a gema entre os cortes. Em seguida, são feitos dois cortes verticais, ligando-se cada lado dos cortes transversais (Figura 4E).

No porta-enxerto, utilizando cortes idênticos, mas, nesse caso, sem a presença de gemas, remove-se uma “janela” de casca de mesmo tamanho e encaixa-se a borbulha, tomando-se o cuidado de conservar a sua polaridade. Em seguida, envolve-se o ramo com três a quatro camadas de parafilme (PVC esticável) na região enxertada, deixando-se apenas uma pequena abertura no ápice da gema. Essa operação tem várias finalidades, dentre elas: manter a borbulha bem aderida ao lenho do porta-enxerto, evitar o ressecamento das células expostas pelos cortes, e evitar a entrada de água ou detritos.

Um cuidado importante que pode aumentar o sucesso da enxertia é evitar que as partes cortadas, principalmente a parte interna da borbulha e o lenho do porta-enxerto, sejam tocados com as mãos ou entrem em contato com detritos e excesso de umidade.

Procedimento para realizar a coleta dos ramos para a retirada das borbulhas

Essa etapa pode ser realizada de duas formas: com ou sem o armazenamento dos ramos entre estações. Quando o objetivo é a coleta no mesmo período da enxertia (no verão), não havendo necessidade de armazenamento, as borbulhas são retiradas de ramos da cultivar-copa, emitidos, preferencialmente, a partir de podas (desponte de ramos), realizadas no inverno do ano anterior. Com uma tesoura de poda bem afiada, são retirados ramos apicais com diâmetro entre 0,5 cm e 1 cm, e comprimento entre 15 cm e 20 cm, eliminando-se totalmente as folhas. Imediatamente após a coleta, e até o momento da enxertia, os ramos devem ser protegidos da desidratação e de temperaturas altas, o que pode ser feito através do envolvimento em papel umedecido com água potável, inseridos em sacos plásticos e mantidos sempre à sombra. Caso o tempo da coleta até a enxertia supere 1 hora, recomenda-se armazenar os ramos em caixas refrigeradas ou mesmo em refrigeradores (Wells, 2017b). No entanto, salienta-se que, para o maior sucesso da enxertia, a utilização das borbulhas deve ser o mais próximo possível do momento da retirada dos ramos.

Procedimento para realizar o armazenamento de ramos entre estações do ano

Uma forma de viabilizar a enxertia por borbulhia na primavera é por meio do armazenamento de ramos da cultivar-copa emitidos na estação de crescimento anterior. Nesse caso, são selecionados ramos saudáveis, medindo de 1 cm a 1,5 cm diâmetro e de 15 cm a 20 cm de comprimento. Seções com maior diâmetro, ou de anos anteriores, mais lenhosas, podem ser utilizadas, mas com menores taxas de sobrevivência. Os ramos a serem armazenados devem ser coletados no final do inverno, antes de iniciar a brotação. Após a coleta, devem ser envolvidos em papel levemente úmido (evitar excesso de água), e ensacados de forma que a umidade não seja perdida. O papel pode ser substituído por serragem úmida, desde que os ramos fiquem completamente cobertos no interior das embalagens plásticas. Em seguida são levados para refrigerador com temperatura entre -1 °C e 3 °C. De acordo com informações da literatura, esses ramos podem ser assim armazenados por até seis meses (Wells, 2017b). É importante que a temperatura do ambiente de armazenamento seja uniforme e não inferior a -1 °C, a fim de evitar congelamento das gemas.

A enxertia utilizando-se os ramos armazenados poderá ser feita no início da primavera, quando os porta-enxertos estiverem bem ativos e a casca soltar do lenho facilmente. Cerca de quatro a seis dias antes da enxertia, os ramos devem ser retirados do refrigerador e levados para ambiente com 26 °C a 27 °C, o que estimula a atividade metabólica, a atividade cambial, facilitando a remoção das borbulhas.

Nenhuma preparação do porta-enxerto é necessária em viveiros e árvores jovens, nas quais os galhos a serem enxertados têm menos de 3,8 cm de diâmetro. Árvores maiores devem ser podadas nos meses de inverno para permitir que um novo crescimento se desenvolva e que sejam enxertadas na primavera do ano seguinte (Wells, 2017b).

De acordo com Nesbitt et al. (2002), o percentual de sobrevivência (vulgarmente chamado de pegamento) em viveiros comerciais deve ser de, no mínimo, 75%. No Brasil, os viveiros alcançam, em média 50% a 70%. Embora atenda parcialmente à demanda de mudas para ampliação e reforma de pomares, o uso de porta-enxertos a partir de sementes não é o mais indicado, por comprometer a produtividade, uma vez que a segregação genética, intrínseca à propagação seminal, limita a padronização das mudas e, conseqüentemente, gera variação na produção de frutos por planta no pomar. No entanto, os conhecimentos disponíveis sobre propagação vegetativa de porta-enxerto não permitem a ampliação para a produção comercial de mudas. Há tendência de que, em um futuro próximo, a propagação seminal de porta-enxertos deixe de ser utilizada.

• Estaquia

A estaquia consiste em um método de propagação amplamente utilizado em espécies frutíferas, ornamentais e silviculturais, principalmente devido a sua praticidade e pela manutenção das características da planta matriz. No entanto, há diferenças nos resultados obtidos entre espécies, principalmente no que se refere aos índices de enraizamento.

A propagação de plantas por meio de estacas de ramos é realizada com a utilização de segmentos de caule, com ou sem folhas, com comprimento variado, sendo essas estacas classificadas, em relação à lignificação dos tecidos, em herbáceas, semilenhosas e lenhosas. O processo de enraizamento ocorre quando tecidos localizados na extremidade basal das estacas sofrem indução à rizogênese através das funções meristemáticas, e posteriormente, transformando-se em primórdios radiculares (Hartmann et al., 2011).

A utilização da técnica da estaquia na propagação de nogueira-pecã (Figura 5) é uma alternativa para sanar problemas encontrados no atual modelo de produção de mudas, principalmente, relacionado à variabilidade do porta-enxerto. Estudos de estaquia de nogueira-pecã demonstram resultados positivos para a utilização da técnica na propagação da espécie. Conforme Hilgert (2019), estacas de plantas adultas, submetidas à poda drástica, apresentaram diferença no enraizamento em relação à época de coleta e doses de ácido indolbutírico (AIB), havendo resultados superiores de enraizamento com a utilização da dose de 8 mil miligramas por litro de AIB e coleta durante o verão, com a obtenção de 30% de estacas enraizadas (Figura 5A). Conforme o mesmo autor, em estudos realizados com estacas de plantas juvenis, com oito meses de idade, houve a obtenção de 91% de estacas enraizadas (Figura 5B), com utilização da dose de 4 mil miligramas por litro de AIB e substrato do tipo casca de arroz carbonizada.

Os resultados do estudo citado indicam a possibilidade do uso da técnica da estaquia na propagação de nogueira-pecã, porém ainda não há protocolos estabelecidos para uso da técnica em larga escala. Segundo Casales et al. (2018), a propagação de nogueira-pecã pelo método da estaquia possui elevada variação nos resultados, relacionados principalmente à estação do ano, à origem do material propagativo e a fatores genéticos. A utilização da técnica da estaquia na propagação de nogueira-pecã é uma alternativa promissora, no entanto há necessidade de mais pesquisas para otimizar os percentuais de enraizamento, aclimação e acompanhamento do desenvolvimento de plantas a campo.



Figura 5. Formação de sistema radicular por meio de estaquia em noqueira-pecã: com a utilização de material propagativo de plantas adultas em fase de produção (A) e de plantas jovens (B).

• Micropropagação

A micropropagação é uma técnica que se baseia na regeneração de pequenos fragmentos de tecidos (explantes) sob condições *in vitro*, isolados de uma planta matriz, sendo aplicada para produzir um grande número de novos indivíduos geneticamente idênticos, com qualidade sanitária, em um curto espaço de tempo (Gupta et al., 2020). Assim, considerando-se o crescente interesse pelos frutos da noqueira-pecã, bem como as deficiências dos métodos tradicionais de propagação já citados, salienta-se a importância da técnica (Figura 6), como uma ferramenta a ser aprimorada (Haroon, 2010).

Desde a década de 1980, estudos são conduzidos com esse objetivo, a partir de indivíduos selecionados com desempenho e qualidade conhecidos em condições de campo (Knox; Smith, 1981). Esses mesmos autores atribuem ao porta-enxerto o controle sobre a superação da dormência das gemas e o rendimento dos frutos da cultivar-copa. Provavelmente, esse fator acentua a heterogeneidade dos pomares, principalmente pelo uso de porta-enxertos de origem seminal. No entanto, espera-se que a micropropagação possa atender à demanda por uniformidade, superando os fatores negativos relacionados à variabilidade genética dessas plantas. Apesar da evolução dos protocolos, a adoção da técnica de clonagem *in vitro* para a produção comercial de mudas ainda carece de vários ajustes.

Diversos são os fatores comuns a espécies lenhosas que restringem o desenvolvimento de protocolos de micropropagação. Nos estudos iniciais, a espécie não mostrou recalcitrância aos estímulos da técnica, mas sua continuidade foi dificultada devido às deficiências de enraizamento *in vitro*, à aclimatização das plantas em substrato e seu estabelecimento no solo. A oxidação fenólica dos explantes não foi relatada como um fator limitante, diferentemente da alta incidência de contaminação por microrganismos. Além disso, a replicação de um protocolo é dependente das condições fisiológicas da planta doadora e do tipo de explante adotado, do genótipo e da combinação de reguladores de crescimento. Nesse sentido, é possível que um mesmo protocolo não seja apropriado para as diferentes cultivares de noqueira-pecã.

Estudos promissores estão sendo conduzidos a fim de minimizar os problemas nas fases iniciais da micropropagação, por meio do estabelecimento e multiplicação de explantes com baixos índices de contaminação (Figuras 6A e 6B), de forma a viabilizar a adoção de um protocolo e a produção de mudas em larga escala por laboratórios comerciais (Alves, 2020), assim como a avaliação do estabelecimento a campo de plantas micropropagadas (Figura 6C). Além da obtenção de porta-enxertos homogêneos e geneticamente idênticos, espera-se que a técnica auxilie na clonagem de genótipos com características desejáveis, como a tolerância a solos salinos e nanismo, assim como na redução do tempo para o desenvolvimento e ensaios de novas cultivares que sejam, entre outros atributos, resistentes a doenças e mais produtivas.

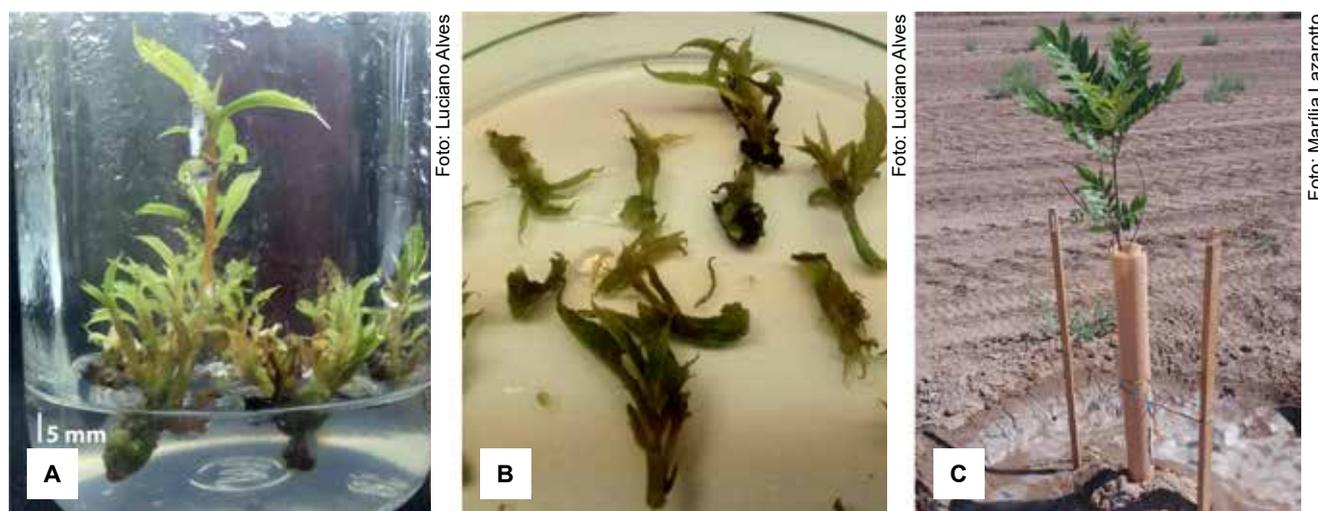


Figura 6. Etapas da micropropagação de noqueira-pecã. Aspectos de explantes caulinares na fase de estabelecimento (A) e multiplicação (B). Mudas micropropagadas estabelecidas em pomares nos Estados Unidos (C).

Sistemas de produção de mudas

Há registros de que, por volta de 1929-1932, um viveiro registrado como Dieberger, localizado na cidade de Limeira, São Paulo (SP), foi um dos pioneiros na enxertia, produção e comercialização de mudas da espécie, com cultivares importadas, sendo considerado um marco na fruticultura (Enokibara, 2016).

No Sul do Brasil, as primeiras mudas comerciais chegaram em Anta Gorda (nordeste do Rio Grande do Sul) por volta de 1943, adquiridas de viveirista de SP. Diante da boa adaptação, um viveiro da cidade passou a produzir mudas e comercializar para as demais regiões do Brasil (Fronza; Hamann, 2016).

Desde a introdução da espécie no país, a produção comercial de mudas é realizada por meio de porta-enxertos propagados via sementes, cerca de um ano após a germinação. As sementes utilizadas para constituir as mudas dos porta-enxertos são de cultivares que possuem abundante produção de frutos, mas com menor tamanho ou menor qualidade de amêndoa. É importante destacar que, em função da alogamia, inerente à espécie, a muda obtida via semente permite a seleção apenas dos representantes maternos, não havendo garantia de uniformidade dessas mudas. Mesmo assim, em função da segregação, a polinização direcionada também pode gerar descendentes desuniformes.

O processo básico, na maioria dos viveiros do Brasil, é o mesmo. O que os diferencia de forma mais relevante são os sistemas de produção que podem ser: raiz nua, em que a muda comercializada é transportada sem a proteção do substrato, uma vez que a produção foi realizada diretamente em canteiros, no próprio solo do viveiro; ou sistema de produção em recipientes, em que a muda chegará até a área do plantio com a raiz envolvida pelo substrato e recipiente. Nas seções a seguir serão discutidas as principais questões referentes aos insumos, instalações e condições das mudas em relação a ambos os sistemas.

- **Sistema de produção por raiz nua**

É uma técnica caracterizada pela semeadura e produção de mudas diretamente no solo, em área aberta (Araújo et al., 2018) (Figura 7). Os autores ressaltam que sua aplicação é voltada para espécies de elevada rusticidade e que toleram exposição das raízes na retirada dos canteiros, para isso é necessária sua imediata condução ao plantio, preferentemente em períodos chuvosos. Essa técnica é ainda amplamente utilizada para produção de mudas de nogueira-pecã, tanto no Brasil quanto nos países de maior produção mundial, tais como Estados Unidos e México. Segundo Martins et al. (2019), as mudas de nogueira-pecã adquiridas com raiz nua devem ser implantadas preferencialmente no inverno, entre junho e agosto, nas condições do Sul do Brasil.

Em geral, por exigir muitas operações, esse sistema envolve mecanização, apresentando menor custo unitário de produção, uma vez que vários insumos e etapas não são requeridos. Entretanto, várias operações devem ser muito bem planejadas, como veremos a seguir, para que a muda tenha condições de ser comercializada e se desenvolva adequadamente no campo.

Procedimentos para produção de mudas de raiz nua

No planejamento, o primeiro passo é a determinação da localização e preparo dos canteiros para a semeadura dos porta-enxertos. Após, são organizadas as operações subsequentes, de preparo do solo e fertilização de base, a fim de permitir a semeadura e posterior germinação e desenvolvimento das plântulas que, depois de cerca de um ano, servirão de porta-enxertos para as cultivares produzidas no viveiro. O preparo do solo depende fortemente da textura e histórico de uso da área, mas, em geral, envolve no mínimo aração e gradagem. A fertilização e a correção do solo deverão ser orientadas de acordo com uma análise prévia da área e as recomendações para a cultura.

As linhas de semeadura dos canteiros podem ser feitas com o uso de um modelador. Segundo Araújo et al. (2018), esse equipamento é utilizado em viveiros florestais e realiza as operações de abertura dos sulcos, enleirando o solo lateralmente e formando o canteiro. A distância de semeadura depende do vigor das mudas e do tempo que permanecerão até serem enxertadas e posteriormente comercializadas; para esse parâmetro, utiliza-se um gabarito com espaço pré-determinado para semeaduras manuais.

Após a semeadura, é importante realizar uma cobertura dos canteiros, que pode ser feita com o uso de palhada (Figura 7A) para manutenção da umidade. A irrigação pode ser por sistema de aspersão ou gotejamento (Figura 7B). Também é importante a assistência técnica para cálculo da irrigação requerida, uma vez que a espécie possui crescimento acelerado nesse período, havendo grande demanda hídrica.



Fotos: Márcio Alberto Hilgert

Figura 7. Produção de mudas de noqueira-pecã no sistema de raiz nua. Nos canteiros, as setas indicam a cobertura com palhada (A) e o sistema de irrigação por gotejamento (B).

No Brasil, os viveiros com sistema de produção de mudas em raiz nua realizam a enxertia da cultivar-copa quando o porta-enxerto tiver, em média, um ano de plantio, tendo como parâmetro o diâmetro da planta a 20 cm acima do nível do solo. Depois da enxertia, a muda permanece mais um ano até a cicatrização completa da área enxertada e desenvolvimento da muda. Entretanto, muitas vezes, no insucesso da primeira enxertia, o porta-enxerto poderá ser reutilizado para uma nova enxertia, portanto as mudas serão comercializadas com cerca de 2 a 3 anos após a semeadura nos canteiros (Tabela 1), quando estiverem com cerca de 1,2 m a 2 m de altura. É importante estar atento ao tempo de permanência das mudas nos canteiros e à necessidade de nova fertilização.

Assim como as mudas produzidas em recipientes, as mudas de raiz nua também devem passar por processo de rustificação, que consiste na redução de irrigação e fertilização, a fim de que se tornem mais bem preparadas, resultando em maior sobrevivência após o plantio a campo.

Ainda é elevada a proporção de mudas produzidas por raiz nua. Isso se deve ao fato de alguns produtores acreditarem que essas frutificarão antes, o que, em algumas situações, pode ocorrer pelo maior tempo que permaneceram no viveiro, não pelo vigor. Outro motivo por essa preferência é o fato de que, devido ao maior porte, se comparadas com as mudas produzidas em recipientes, pode ser antecipada a entrada de animais no pomar, quando em sistemas silvipastoris ou outros cultivos consorciados. Porém, esses benefícios nem sempre são tão diretos, como se discute a seguir.

Tabela 1. Descrição das atividades básicas e períodos correspondentes das atividades realizadas em viveiro de produção de nogueira-pecã em raiz nua para a região Sul do Brasil.

Ano	Atividade	Mês					
		Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
1°	Colheita de sementes	X	-	-	-	-	-
	Superação de dormência	X	X	X	-	-	-
	Semeadura	-	-	-	X	-	-
	Germinação	-	-	-	-	X	X
	Desenvolvimento do porta-enxerto	-	-	-	-	-	-
Ano	Atividade	Mês					
		Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
2°	Enxertia	X	X	X	X (até fevereiro do Ano 3)		
Ano	Atividade	Junho	Julho	Agosto			
3°	Comercialização para plantio imediato	X	X	X			

Fonte: Autores

Estratégias para maximizar a qualidade das mudas de raiz nua

Para garantir a qualidade das mudas de raiz nua e a manutenção das condições de produção da área dos canteiros do viveiro, além de evitar ao máximo a degradação ambiental que pode ser ocasionada nesse sistema de produção, alguns cuidados devem ser tomados.

Rotação de canteiros: possuir canteiros de pousio, ou seja, realizar a rotação dos canteiros entre os ciclos de produção. Essa estratégia permite o uso de adubação verde, que eleva os teores de matéria orgânica, além de cobrir o solo e assim minimizar perdas por erosão.

Solarização dos canteiros: a solarização tem como função a eliminação de inóculo de grande parte de patógenos de solo, sem eliminar os antagonistas, que são organismos benéficos e que poderiam atuar como controladores biológicos de doenças. Consiste em umedecer o solo dos canteiros e, em seguida, cobri-los com lona plástica nos períodos de pousio ou antes de realizar uma nova semeadura, por um tempo aproximado de 20 a 30 dias. A prática é importante, uma vez que muitos patógenos de solo possuem estruturas de resistência que podem sobreviver mesmo na ausência de plantas hospedeiras.

Retirada com mínimo de danos ao sistema radicular: no momento do arranquio das mudas para expedição, deve-se ter o cuidado para provocar o mínimo de danos às raízes. Solos argilosos têm maior resistência ao arranquio, portanto é necessário que se faça um bom revolvimento, circundando a muda para facilitar sua retirada. Solos com textura mais arenosa são mais adequados para instalação de viveiros de raiz nua no que diz respeito à facilidade de movimentação das mudas. Logo após o arranquio, as raízes devem ser protegidas com um pouco de solo úmido e envoltas em embalagem plástica para manutenção da umidade até o plantio a campo (Fronza; Hamann, 2016), especialmente se o transporte até o local de plantio envolver um longo percurso. Mesmo que plantadas em período chuvoso, essas mudas deverão ser irrigadas imediatamente após o plantio. Em alguns casos, faz-se necessária a poda de algumas raízes mais longas, facilitando o encaixe na cova. Nunca deverá ser feita dobra ou enrolamento de raízes, a fim de que elas caibam na cova.

- **Sistemas de produção em recipientes**

As mudas de nogueira-pecã também podem ser produzidas em recipientes (Figura 8), nos quais o sistema radicular estará protegido durante o transporte até o local de plantio. Esse sistema proporciona aumento do prazo de expedição e controle da produção, tendo em vista que as atividades são mais concentradas, sem contato direto com o solo e em ambiente melhor controlado (Araújo et al., 2018). Segundo Martins et al. (2019), as mudas em recipientes poderiam ser implantadas o ano todo, porém devendo-se priorizar o período de inverno, quando as chances de períodos de déficit hídrico são menores, e porque as mudas estarão no período de dormência.

Assim como na produção por raiz nua, a maioria dos viveiros de nogueira-pecã produzem as mudas seguindo as mesmas etapas no que se refere à propágulos e cultivares dos porta-enxertos. A muda de sementes produzida em um ano será enxertada na primavera ou no verão do ano seguinte. Assim, as mudas também permanecerão no viveiro entre 2 e 3 anos até a comercialização.

Primeiramente, é necessário que sejam estabelecidos os insumos que serão utilizados para a produção, os quais são discutidos a seguir.

Recipiente: Os mais comumente utilizados para nogueira-pecã são os sacos de polietileno de volumes variados, com altura variando de 30 cm a 50 cm (Figura 8A). Nesse tipo de recipiente é muito comum ocorrer o enovelamento das raízes, em função de que sua superfície é lisa, não restringindo qualquer direcionamento no crescimento das raízes das mudas. Uma alternativa que vem sendo testada são os chamados citropotes (Figura 8A), que apresentam ranhuras internas com sentido vertical, direcionando as raízes para o fundo dos recipientes e evitando o enovelamento (Figura 8B); ao atingirem o fundo, e entrarem em contato com o ar seco da parte externa, as raízes paralisam o crescimento, o que, segundo Mayer et al. (2013), favorece a formação de radicelas. É importante ressaltar que bancadas suspensas são estruturas importantes quando do uso de citropotes, pois, além de facilitarem a ergonomia durante as operações, otimizam a poda aérea das raízes na extremidade basal do recipiente. Nas Figuras 8C e 8D, verifica-se que as mudas estão em contato direto com o solo ou piso impermeabilizado. Cabe salientar que, quando usados citropotes depositados diretamente sobre o solo do viveiro, haverá crescimento e penetração das raízes nesse solo, e as vantagens do uso desse recipiente deixarão de existir.

Alternativas de materiais para formação de recipientes são os materiais biodegradáveis, amplamente utilizados atualmente na produção de mudas de espécies florestais e ornamentais. No entanto, devido ao maior tempo de permanência das mudas no viveiro (2 a 3 anos), há necessidade de adequação de materiais, a fim de evitar a decomposição do recipiente antes da terminação da muda.

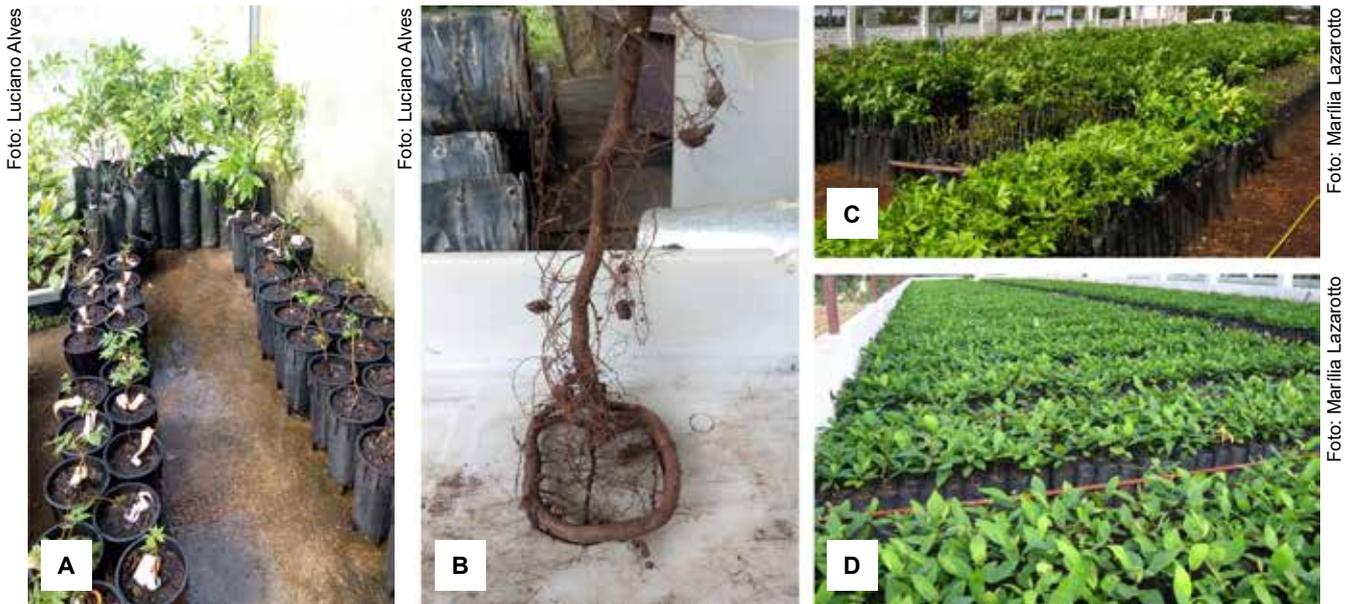


Figura 8. Produção de mudas de noqueira-pecã em recipientes (A): sacos plásticos (a) e citropotes (b); muda com raiz enovelada, produzida em saco de polietileno (B); mudas produzidas em sacos plásticos diretamente sobre o solo, em fase de rusticificação (C), e em ambiente protegido, sobre-piso impermeabilizado (D).

Substrato: São formulados mediante a mistura de um componente básico e seus complementos (condicionadores e aditivos), o primeiro entra em maior proporção, chegando a 60% do volume da mistura e tem a função de dar estrutura ao produto final; os condicionadores têm a função de melhorar as características físicas, principalmente a retenção de água e o espaço de aeração, o qual pode chegar a 40% do volume; por fim, os aditivos, que servem basicamente para melhorar as características químicas e biológicas (Kämpf, 2005).

Os materiais utilizados na composição do substrato para produção de mudas de noqueira-pecã em recipientes variam em função da disponibilidade e das experiências dos viveiristas. Alguns materiais comumente encontrados nessas composições incluem: casca de arroz carbonizada, vermiculita, perlita, substrato comercial à base de turfa de *Sphagnum*, casca de pínus, resíduos do processamento da noz-pecã, como os resíduos do descascamento da amêndoa e um componente muito frequente, o solo mineral. Ressalta-se que o uso desse componente pode trazer inúmeros problemas para as mudas, como, por exemplo, servir de fonte de inóculo de patógenos de solo. Outro problema é que, devido à sedimentação, as partículas finas de solo tendem a se acumular no fundo do recipiente, o que altera a retenção de umidade na base do recipiente e aumenta a impedância mecânica ao desenvolvimento das raízes.

Fora as questões técnicas associadas ao uso do solo, Avrella et al. (2018) alertam que o uso desenfreado de solo mineral, mesmo que em pequenas proporções, a médio e longo prazos, pode provocar danos ambientais nos locais onde esse solo é extraído, além de levar a produção de mudas a uma condição insustentável. Precisamos considerar o tempo requerido para a formação do solo e que a disponibilidade de resíduos de diversas atividades agrícolas é crescente, sendo, muitas vezes, considerada um passivo ambiental. Importa ressaltar que o uso das combinações na produção do substrato deve seguir critérios técnicos, e análises desse material devem ser acompanhadas.

Fertilização: Juntamente ao substrato deverá ser misturada a fertilização de base, a qual é incorporada ao substrato antes do preenchimento dos recipientes, considerando-se que sua preferência é por solos com pH entre 6,0 e 6,5. Essa fertilização dará suporte para a muda nos primeiros meses. Vários produtos são recomendados, contudo, salienta-se a importância dos fertilizantes fosfatados, os quais favorecem a formação

das raízes, mas deve-se dar preferência para os de granulometria fina, os quais são diluídos de forma mais homogênea na mistura, evitando o direcionamento indesejado de raízes pelo efeito do quimiotropismo, o que ajuda a reduzir o enovelamento. Posteriormente, cada situação requer a suplementação de adubação por cobertura, usualmente aplicada via fertirrigação, o que vai depender do sistema de cada viveiro. Uma alternativa para redução de operações no viveiro é a utilização de fertilizantes de liberação controlada, disponíveis no mercado em diversas formulações e de tempos de permanência ativos no substrato.

Semeadura: O primeiro importante passo é a realização de uma desinfestação prévia das sementes, que poderá ser realizada com hipoclorito de sódio 1% a 2% (de cloro ativo) por 5 a 10 minutos, seguido de lavagem abundante em água corrente a fim de remover resíduos de cloro. A partir da semeadura os recipientes permanecem sob tela de sombreamento 50% de luminosidade até a completa “pega” do enxerto.

Da mesma forma que na raiz nua, após pouco mais de um ano da semeadura, é realizada a enxertia, sendo que o cronograma das atividades segue como no Tabela 2.

Tabela 2. Descrição das atividades básicas e períodos correspondentes-para as atividades de produção de mudas de nogueira-pecã em recipientes, nos viveiros da região sul do Brasil.

Atividade	Mês					
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Colheita de sementes	X	-	-	-	-	-
Superação de dormência	X	X	X	-	-	-
Ano 1 Semeadura	-	-	-	X	-	-
Germinação	-	-	-	-	X	X
Desenvolvimento do porta-enxerto	-	-	-	-	-	-
Mês						
Ano 2 Enxertia precoce ⁽¹⁾	Janeiro			Fevereiro		
		X			X	
Ano 2 Enxertia	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
	X	X	X	X (até fevereiro do ano 3)		
Mês						
Ano 3 Comercialização plantio imediato	Junho		Julho		Agosto	
	X		X		X	

⁽¹⁾ Porta-enxertos que se desenvolvem vigorosamente podem ser enxertados antes dos 12 meses.

Algumas diferenças são observadas no processo de enxertia, que pode ser antecipado quando as mudas produzidas por sementes para porta-enxertos são vigorosas (descrito no quadro como enxertia precoce). Nesse caso, as mudas poderão ser enxertadas nos meses de verão do ano seguinte à germinação, antecipando a produção e permitindo maior tempo de “pega” da enxertia até a comercialização. As mudas também precisarão passar por processo de rustificação, que, no caso de mudas em recipientes, normalmente consiste na retirada das telas de sombreamento, ou deslocamento das mudas mais desenvolvidas para área descoberta do viveiro, com redução da irrigação e da fertilização, especialmente a nitrogenada.

Outra diferença nesse sistema é que as mudas normalmente são comercializadas não só na época mais adequada para plantio, o que costuma ocorrer nos meses de inverno, uma vez que o sistema radicular está protegido. Em caso de plantio em períodos de estiagem, os cuidados com irrigação deverão ser redobrados.

As mudas produzidas em recipientes oferecem maior garantia de controle dos processos de produção pelo viveirista, que conseguirá detectar mais eficientemente problemas nos processos de produção e a correção poderá ser mais pontual, uma vez que o problema pode ser apenas na troca ou manejo de um insumo (substrato, sementes, recipientes, etc), por exemplo.

Considerações finais

Independentemente do modo de produção das mudas, seja por raiz nua ou em recipientes, ambos os sistemas têm vantagens e desvantagens e, como foi esclarecido, no sistema de raiz nua existem mais dificuldades em substituir alguns insumos no processo, uma vez que a muda é produzida diretamente no solo.

Na produção em recipientes, a questão do uso do solo na mistura do substrato deve ser considerada, pois inúmeros problemas estão associados ao uso desse recurso não renovável. Pesquisas relacionadas a recipientes e substratos para produção de mudas de noqueira-pecã deverão ser realizadas, a fim de preencher essas lacunas.

Outra alternativa para o produtor poderia ser a junção desses dois processos, sendo que a muda do porta-enxerto poderia ser produzida em recipiente para plantio direto a campo, e ser realizada a enxertia posteriormente. Também é uma alternativa para reduzir a perda de mudas, uma vez que o porta-enxerto já estaria adaptado às condições de campo e, conseqüentemente, o sistema radicular já estaria fortalecido. Essa ideia vai ao encontro de algumas práticas de substituição de cultivares em pomares antigos já estabelecidos, com a utilização do procedimento de reenxertia de copas.

Referências

AJAMGARD, F.; RAHEMI, M.; VAHDATI, K. Development of improved techniques for grafting of pecan. **Scientia Horticulturae**, v. 204, n. 2, p. 65-69, jun. 2016.

ALVES, L. S. **Manejo fisiológico e sanitário de plantas doadoras de explantes e estabelecimento *in vitro* de noqueira-pecan**. 2020. 118 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre.

ARAÚJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; ADENESKY FILHO, A.; SCHORN, L. A. Produção de mudas por sementes. In: ARAÚJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. (org.). **Produção de sementes e mudas**: um enfoque à silvicultura. Santa Maria: UFSM, 2018. cap. 9.

AVRELLA, E. D.; PAIM L. P.; CAUMO, M.; ALVES, L. S.; WATHIER, G.; FIOR, C. S. Solo mineral como componente de substrato para plantas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 11., 2018, Canela. **Anais...** Canela: UFRGS, 2018.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v. 14, p. 1-16, mar. 2004.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds**: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego: Elsevier Science & Technology Books, 2014. 1583 p.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds**: physiology of development, germination and dormancy. 3. ed. New York: Springer, 2013. 392 p.

BILHARVA, M.; MARTINS, C. R.; HAMANN, J. J.; FRONZA, D.; DE MARCO, R.; MALGARIM, M. B. Pecan: from research to the brazilian reality. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1-16, jun. 2018.

CASALES, F. G; WATT, E. V.; COETZER, G. M. Propagation of pecan (*Caryaillinoensis*): a review. **African Journal of Biotechnology**, Bloemfontein, v. 17, n. 18, p. 586-605, abr. 2018.

- ENOKIBARA, M. Organizações Dierberger (1893-1940). **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, n. 38, p. 35-54, dez. 2016.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221 p.
- FRONZA, D.; HAMANN, J. J.; BOTH, V. A.; OLIVEIRA, R.; MEYER, E. A. Pecancultivation: general aspects. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 2, p. 1-9, mar. 2018.
- FRONZA, D.; POLETTO, T.; HAMANN, J. J. **O cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2015. 301 p.
- FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Técnicas para o cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2016. 424 p.
- GUPTA, N.; JAIN, V.; JOSEPEH, M. R.; DEV, S. A review on micropropagation culture method. **Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development**, v. 8, n. 1, p. 86-93, fev. 2020.
- HAROON, A. **Propagation of pecan (*Caryaillinoensis*) using in vitro techniques**. 2010. 222 f. Tese (Doutorado em Botânica) - University of the Punjab, Lahore, Pakistan.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2011. 915 p.
- HILGERT, M. A. **Propagação de *Caryaillinoensis* (Wangenh.) C. Koch**. 2019. 92 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre.
- KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2005. 256 p.
- KNOX, C. A.; SMITH, H. Progress in tissue culture methods for production of "Riverside" stocks. **The Pecan Quarterly**, v. 15, n. 1, p. 27-34, 1981.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARTINS, C. R.; DE MARCO, R.; MEDEIROS, J.; PORTO, J.; BILHARVA, M.; HERTER, F. **Aspectos e critérios básicos para implantação de pomar de noqueira-pecã**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 365).
- MAYER, N. A.; UENO, B.; FELDBERG, N. P. Produção de mudas de frutíferas de caroço em recipientes. **Jornal Toda Fruta**, 22 jan. 2013.
- MCEACHERN, G. R. Pecan seed germination. **Horticulture Update**, Texas, Jan./Feb. 2010. Disponível em: https://aggiehorticulture.tamu.edu/newsletters/hortupdate/2010/jan_feb/PecanSeed.html. Acesso em: 29 mar. 2020.
- MEHTA, G.; KUMAR, R.; BAKSHI, P.; WALI, V. K.; JASROTIA, A.; KUMAR, R.; BHUSHAN, B.; BHAT, D. J. Standardization of method and time of grafting on pecan (*Caryaillinoensis*) under intermediate agro-climatic conditions. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 88, n. 7, p. 1088-1091, 2018.
- NESBITT, M. L.; GOFF, W. D.; STEIN, L. A. Effect of Scionwood Packing Moisture and Cut-end Sealing on Pecan Graft Success. **HortTechnology**, v. 2, n. 2, p. 257-260, jan. 2002.
- POLETTO, T.; MUNIZ, M.F.B.; POLETTO, I.; BAGGIOTTO, C. Métodos de superação de dormência da semente de noqueira-pecã *Caryaillinoensis* (Wangenh.) K. Koch. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1111-1118, nov./dez. 2015.
- REHMAN, N.; HUSSAIN, I.; NABI, G.; KHAN, M. A. Graft Take Success in Pecan Nut Using Different Varieties at Different Timings. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 3, n. 1, p. 166-168, 2000.
- ROCHA, H. S. Biofábricas: estrutura física e organização. In: JUNGHANS, T. G.; SOUZA, A. S. (ed.). **Aspectos práticos na micropropagação de plantas**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 133-164.
- WELLS, L. Budding and Grafting of Pecan. 2017b. (University of Georgia Cooperative Extension Bulletin, 1376). Disponível em: https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201376_5.PDF. Acesso em: 25 abr. 2020.
- WELLS, L. **Pecan America's native nut tree**. Tuscaloosa: The University of Alabama Press, 2017a. 264 p.
- ZHANG, R.; PENG, F.; LI, Y. Pecan production in China. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 719-727, dez. 2015.

Capítulo 13

Correção e adubação do solo

Gilberto Nava
Gustavo Brunetto
Jorge Atílio Benati
Caroline Farias Barreto
Renan Navroski
Edicarla Trentin
Carina Marchezan

Introdução

A noqueira-pecã requer solos de textura média, profundos, drenados, com acidez moderada a neutra e com boa disponibilidade de nutrientes. Assim, solos ácidos e com teores de nutrientes que não suprem a demanda da noqueira-pecã necessitam ser submetidos a calagem e adubações, visando eliminar elementos tóxicos e elevar a disponibilidade de nutrientes no solo, para satisfazer as necessidades das plantas (Ernani, 2016).

A aplicação do corretivo da acidez do solo, normalmente calcário, é realizada antes da implantação do noqueiral, para elevar o pH do solo, aumentar os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e evitar a toxidez de elementos tóxicos, especialmente, alumínio (Al^{+3}), através da sua complexação e precipitação. Com isso, obtém-se um ambiente químico favorável para o crescimento do sistema radicular, potencializando a absorção de água e nutrientes.

As adubações de correção, também conceituadas na fruticultura como de plantio ou pré-plantio, crescimento e produção/manutenção, devem ser realizadas no noqueiral. A adubação de correção é realizada antes do transplante das mudas e objetiva elevar os teores de nutrientes até os níveis críticos, mesmo que, até o presente momento, não sejam suficientemente conhecidos, por exemplo, os de fósforo (P) e potássio (K), em solos do Brasil. Os valores utilizados são aproximações, justificando a realização de pesquisas sobre o tema. Na adubação de crescimento, normalmente o nitrogênio (N) é aplicado nas noqueiras, para estimular o crescimento do sistema radicular e parte aérea. Assume-se que os demais nutrientes, como P e K, e mesmo micronutrientes requeridos pela noqueira, tenham sido aplicados na adubação de plantio. A adubação de produção/manutenção objetiva repor ao solo as quantidades de nutrientes que serão exportados pelos frutos, ajudando na manutenção dos seus teores no solo.

Neste capítulo são abordadas informações sobre calagem, adubações e, sempre que necessário, relacionadas à nutrição mineral da noqueira-pecã, com ênfase nas recomendações desde a fase de preparo do solo, de correção da acidez e da fertilidade em pré-plantio, e do manejo das adubações durante a fase de crescimento e produção. Porém, não se tem a pretensão de esgotar esses assuntos, pois ainda são escassos os resultados de pesquisas sobre calagem e adubações no Brasil. Entretanto, no presente capítulo, as informações apresentadas consideram aquelas apresentadas no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) (CQFS-RS/SC, 2016), juntamente com noções de pesquisas realizadas nas principais regiões produtoras do mundo.

Processos para recomendação de adubação

Amostragem de solo

Os solos são heterogêneos horizontalmente e verticalmente. Assim, recomenda-se a definição de áreas homogêneas, considerando-se o tipo de solo, relevo, histórico de adubação, dentre outras variáveis. Em seguida, usando normalmente trado ou pá de corte, percorre-se a área em zigue-zague, onde se recomenda a coleta de solo em 15 a 20 pontos (subamostras), média de 15, por área homogênea. O solo deverá ser coletado na camada de 0 a 20 cm nas áreas antes do transplante e no nogueiral em produção. Em áreas antes do transplante, também se pode coletar solo na camada de 20 cm a 40 cm, para monitorar os teores de nutrientes e atributos relacionados à acidez do solo em profundidade. O solo coletado deverá ser adicionado em recipiente limpo e homogeneizado manualmente. Em seguida, uma porção de solo de, aproximadamente, 500 g deverá ser pré-seca em ambiente aerado e, em seguida, enviada ao laboratório de análise de solo, preferencialmente, para aqueles credenciados às redes oficiais que controlam a qualidade das análises. No RS e SC, trata-se da Rede Oficial de Laboratório de Análises de Solos (Rolas). Os resultados da análise serão apresentados no laudo e serão interpretados por técnico capacitado, para a recomendação da calagem e das adubações.

Amostragem de tecido vegetal

A análise foliar é complementar à análise química do solo para o acompanhamento e diagnóstico do estado nutricional do pomar. A realização dessa análise é importante para o controle da aplicação de nutrientes no pomar, para evitar deficiências e toxicidade de nutrientes, bem como para garantir o crescimento e produtividade das plantas.

As coletas de tecido devem ser realizadas no mês de fevereiro, coletando-se o par de folíolos central das folhas localizadas na porção média dos ramos, nos quatro quadrantes das plantas. Cada amostra deve ser composta por aproximadamente 100 folíolos, coletados de 8 plantas representativas da área amostrada (CQFS-RS/SC, 2016). É importante destacar que o material coletado deve estar isento de lesões ocasionadas pelo ataque de doenças ou insetos; além disso, folhas com sintomas visíveis de deficiência ou toxidez nutricional não devem ser misturadas com folhas saudáveis, ou seja, cada amostra deve representar uma condição nutricional das plantas (Fronza et al., 2013). As amostras devem ser coletadas utilizando-se luvas de látex para evitar a contaminação das amostras, as quais devem ser acondicionadas em sacos de papel limpos e enviadas imediatamente ao laboratório para a análise. Caso o envio para o laboratório não seja imediato, as amostras devem ser secas ao sol (Fronza et al., 2013).

A partir da realização da determinação das concentrações de nutrientes no tecido, tem-se um diagnóstico do estado nutricional das plantas, o qual é realizado de acordo com níveis considerados como adequados em folhas de nogueira-pecã, conforme a Tabela 13.

Tabela 1. Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de noqueira-pecã.

Nutriente	Faixa (%)	Faixa (mg/kg)
N	2,50 - 2,90	(-)
P	0,13 - 0,30	(-)
K	0,75 - 0,95	(-)
Ca	0,70 - 1,50	(-)
Mg	0,30 - 0,60	(-)
B	(-)	20 - 45
Cu	(-)	5 - 15
Fe	(-)	50 - 100
Mn	(-)	150 - 500
Zn	(-)	50 - 100

(-) Não aplicável.

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Calagem e gessagem

Calagem

A dose de calcário a ser aplicada nos estados do RS e SC é estabelecida de acordo com o Índice SMP, para elevar o pH em água até 6,0 (CQFS-RS/SC, 2016) (Tabela 2). A dose recomendada, considerando-se o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) de 100%, deve ser aplicada na camada de 0 a 20 cm. Entretanto, antes do transplante das noqueiras-pecã, o calcário deve ser aplicado ao solo, preferencialmente, na camada de 0 a 30 cm. Quando essa for a opção, deve ser aplicado 1,5 vez a dose de calcário recomendada para a camada de 0 a 20 cm.

Tabela 2. Quantidades de calcário (PRNT 100%) estimadas pelo Índice SMP, para elevar o pH em água até 6,0, na camada de 0 a 20 cm.

Índice SMP	Calcário (t/ha)	Índice SMP	Calcário (t/ha)
4,4	21,0	5,8	4,2
4,5	17,3	5,9	3,7
4,6	15,1	6,0	3,2
4,7	13,3	6,1	2,7
4,8	11,9	6,2	2,2
4,9	10,7	6,3	1,8
5,0	9,9	6,4	1,4
5,1	9,1	6,5	1,1
5,2	8,3	6,6	0,8
5,3	7,5	6,7	0,5
5,4	6,8	6,8	0,3
5,5	6,1	6,9	0,2
5,6	5,4	7,0	0,0
5,7	4,8	(-)	(-)

(-) Dado não aplicável.

Fonte: adaptado CQFS-RS/SC (2016).

Em áreas a serem incorporadas ao sistema de produção de nozes, o calcário deverá ser aplicado em área total, sobre a superfície do solo. Logo depois, o calcário deverá ser incorporado ao solo (camadas de 0 a 20 cm ou 0 a 30 cm), por meio de operações de subsolagem, escarificação, aração e/ou gradagem. Para uma adequada incorporação do calcário, sugere-se a seguinte sequência de operações:

- Aplicação da dose inteira de calcário, quando ela for menor que 5 t/ha. Em doses maiores, a aplicação da dose de calcário deverá ser realizada em duas vezes.
- Subsolação/escarificação, quando necessário (se o solo estiver compactado) – duas vezes, sendo a segunda passada do subsolador no sentido perpendicular à primeira.
- Aplicação da outra metade do calcário (nessa etapa também podem ser aplicados juntos os fertilizantes fosfatados, potássicos e micronutrientes).
- Aração, seguida de gradagem. A gradagem poderá ser realizada próximo ao transplante das mudas.

Em áreas declivosas (propensas à erosão) e com alta pedregosidade pode-se restringir a aplicação do calcário apenas à faixa de plantio, com o ajuste correspondente da dose de calcário em função da largura da faixa a ser corrigida (Gleber et al., 2019). Nesse caso, as áreas das entrelinhas não corrigidas antes do transplante das mudas deverão ser submetidas, nos anos subsequentes, a aplicações superficiais das doses de calcário. Porém, nunca em quantidades maiores que 5 t/ha.

Preferencialmente, os calcários dolomíticos devem ser aplicados. Isso porque, normalmente, possuem o menor custo e são fonte de Ca e Mg. Em geral, não se recomenda o uso de calcários calcíticos, exceto em situações em que os teores de Mg estejam em níveis já considerados altos no solo. O calcário a ser usado deverá apresentar alto poder de neutralização (PN), sem necessariamente ter elevado poder relativo de neutralização total (PRNT), mas sempre considerando-se a atual legislação brasileira, que exige PRNT mínimo de 45%. Caso o valor seja favorável, pode-se usar calcário de partículas mais grossas (porém, nunca superiores a 2 mm), o que poderá aumentar o efeito residual do calcário. No entanto, deve-se atentar ao período de implantação do pomar, pois, dependendo das características do calcário escolhido, pode levar aproximadamente 3 a 12 meses após a aplicação para se atingir o pH desejado.

Uma nova aplicação de calcário pode ser realizada nos pomares em produção. Normalmente, em pomares de frutíferas, entre eles, os de nogueira-pecã, acontece a acidificação das camadas superficiais do solo ao longo do tempo. Isso acontece porque a acidificação é um processo natural, mas que é intensificada pela ação antrópica, especialmente, por causa das aplicações superficiais de fertilizantes, como os nitrogenados e fosfatados. Assim, inicialmente, recomenda-se monitorar a acidez solo, mediante análise. Quando diagnosticada a necessidade de nova aplicação, que acontece quando o pH em água for menor que 5,5; deverá ser aplicada $\frac{1}{2}$ da dose de calcário indicada pelo Índice SMP. A dose a ser aplicada não deverá ser maior que 5 t/ha. O calcário deverá ser aplicado na superfície do solo e em área total. Diferentemente da fase de correção, em pomares já implantados, preferencialmente, os calcários com partículas mais finas deverão ser aplicados. Isso porque se espera maior velocidade das reações de dissolução e dissociação, o que poderá incrementar rapidamente os valores de pH, Ca e Mg, e se refletirá no aumento dos valores de saturação por bases. Além disso, espera-se maior velocidade na complexação de Al^{+3} , diminuindo os valores de saturação por Al. Normalmente, não se recomenda a incorporação de calcário em solos de pomares em produção. Isso porque, nas condições de clima subtropical, essa operação geralmente ocasiona danos físicos ao sistema radicular, o que poderá potencializar a incidência de doenças.

Gessagem

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – sulfato de cálcio di-hidratado), subproduto da produção de ácido fosfórico, também pode ser usado para suprir Ca às plantas. Na sua composição química básica, o gesso agrícola contém Ca (17% a 20%), enxofre (14% a 17%) e água livre (15% a 20%). O gesso, além de ser uma fonte desses nutrientes às plantas, atua em diversos processos físico-químicos no perfil do solo, como condicionador (Sumner et al., 1986; Vitti et al., 2008). O seu uso tem se estendido a solos ácidos inférteis para redução dos danos causados pela acidez no subsolo (Pavan et al., 1987; Carvalho; Raij, 1997), redução do encrostamento superficial de solos que contêm argilas que se dispersam em água (Raij, 2008), e redução da resistência à penetração das raízes em solos com camadas subsuperficiais adensadas (Sumner et al., 1986; Raij, 2008). O gesso promove o desenvolvimento radicular em solos deficientes em Ca ou com saturação por Al elevada, nos quais o gesso reduz a atividade do Al e alivia os efeitos de toxidez provocados por esse elemento ao sistema radicular (Ritchey et al., 1982; Alcarde; Rodella, 2003; Raij, 2008).

Diferentemente do calcário, o gesso não altera o pH e as cargas elétricas do solo (Ernani et al., 2001) e, por isso, grande parte do Ca aplicado permanece na solução do solo, enquanto outra parte vai para as cargas negativas, de onde desloca outros cátions para a solução (Ernani; Barber, 1993; Ernani et al., 2001). Como o gesso também mantém o ânion SO_4^{2-} na solução, a mobilidade do Ca no perfil do solo é muito maior quando aplicado via gesso do que na forma de calcário (Ernani, 1986). Essa é uma das principais vantagens do uso do gesso em relação ao calcário, quando aplicados na superfície do solo. O gesso interage de forma diferenciada com o solo, dependendo do teor de matéria orgânica e da natureza da mineralogia da fração argila (Raij, 2008). A lixiviação de Mg (Rosolem; Machado, 1984; Oliveira; Pavan, 1996; Caires et al., 1999, 2003 e 2006; Ernani et al., 2006) e de K (Quaggio et al., 1982; Rosolem; Machado, 1984; Ernani et al., 2006) tem sido algumas das desvantagens atribuídas ao uso do gesso agrícola, principalmente em solos arenosos.

A aplicação de 1 t/ha de gesso com 15% de umidade adiciona, aproximadamente, 200 kg de Ca ao solo. Essa quantidade eleva o seu teor na camada de solo entre 0 e 20 cm em cerca de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Essa informação é importante para estimar a quantidade de gesso necessária, quando se deseja elevar os teores de Ca no solo a um determinado valor. Entretanto, não há recomendação oficial de doses nem mesmo de frequência de aplicação do gesso para solos utilizados em plantio com noqueira.

Adubação

Adubação de pré-plantio

Na adubação de pré-plantio normalmente recomenda-se aplicar P, K, zinco (Zn) e boro (B). As quantidades de fertilizantes fosfatados e potássicos necessárias em pré-plantio dependem da disponibilidade de P e K no solo. Na interpretação dos teores de P no solo é considerado o teor de argila, uma vez que a capacidade de extração do método (normalmente o Mehlich-1) em laboratório é mais baixa em solos que contêm alto teor de argila. Isso porque, em solos com maiores teores de argila, especialmente onde na sua fração predominam óxidos de ferro (Fe) e Al, é maior a adsorção de P. Para o K, as faixas de interpretação dos seus teores no solo variam conforme a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0. Na Tabela 3 são apresentadas as classes de interpretação de disponibilidade de P e de K no solo, para a noqueira-pecã cultivada no RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 3. Classes de interpretação dos teores de fósforo (P) e potássio (K) no solo para espécies frutíferas, extraídos pelo método de Mehlich-1, conforme o teor de argila e a CTCpH_{7,0}, respectivamente.

Interpretação P	Classe de teor de argila			
	1	2	3	4
Classe de disponibilidade	% de argila			
	> 60	60 a 41	40 a 21	≤ 20
----- mg de P dm ⁻³ -----				
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
Baixo	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	6,1 – 12,0	10,1 – 20,0
Médio	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	20,1 – 30,0
Alto	9,1 – 12,0	12,1 – 24,0	18,1 – 36,0	30,1 – 60,0
Muito alto	> 12	> 24,0	> 36,0	> 60,0
Interpretação K	CTC pH _{7,0} do solo			
	≤ 7,5	7,6 a 15,0	15,1 a 30,0	> 30,0
----- mg de K/dm ³ -----				
Muito baixo	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45
Baixo	21 – 40	31 – 60	41 – 80	46 – 90
Médio	41 – 60	61 – 90	81 – 120	91 – 135
Alto	61 – 120	91 – 180	121 – 240	136 – 270
Muito alto	> 120	> 180	> 240	> 270

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Os fertilizantes fosfatados e potássicos devem ser aplicados a lanço sobre a superfície do solo, em área total e, em seguida, incorporados ao solo por meio de aração e gradagem. Os fertilizantes fosfatados e potássicos devem ser aplicados no solo, sempre que os teores de P e K foram interpretados como “muito baixo”, “baixo”, “médio” ou “alto”, de acordo com os valores apresentados na Tabela 4. Quando os teores forem interpretados como “muito alto”, não se recomenda a aplicação de P e K, na adubação de pré-plantio.

Tabela 4. Quantidades de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas, em função dos teores de fósforo (P) e potássio (K) disponíveis no solo.

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo	Potássio
	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
Muito baixo	250	150
Baixo	170	90
Médio	130	60
Alto	90	30
Muito alto	0	0

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Quando utilizados fosfatos naturais como fonte de P, estes devem ser aplicados em torno de três meses antes da calagem, uma vez que, reagem melhor quando os valores de pH do solo são mais baixos. No caso dos fosfatos solúveis, como superfosfato simples, superfosfato triplo, MAP e DAP, podem ser aplicados e incorporados juntamente com a segunda dose de calcário, ou mesmo depois da calagem. Os superfosfatos triplos e simples são as fontes mais comuns de fosfatos solúveis, sendo que o primeiro geralmente apresenta um menor custo por unidade de P_2O_5 . O termofosfato yoorin também pode ser utilizado para correção dos teores de P em pré-plantio.

Em relação às fontes de K, o cloreto e o sulfato de K geralmente são as fontes mais utilizadas. Elas podem ser aplicadas sobre o solo e, em seguida, incorporadas, conforme estabelecido para o P. A escolha de uma ou outra fonte deve sempre levar em consideração o custo por unidade do nutriente em questão, bem como sua eficiência agrônômica.

Os fertilizantes orgânicos, como dejetos de animais, composto orgânico, tortas, etc., também podem ser aplicados como fonte única de P e K, ou mesmo complementar. Caso esta seja a opção, sugere-se definir as doses dos resíduos orgânicos, de acordo com as recomendações propostas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2016), contidas no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Na adubação de pré-plantio, também é indicado que sejam adicionados 2 kg/ha a 3 kg/ha de B (CQFS-RS/SC, 2016). É importante enfatizar que a nogueira-pecã é sensível ao excesso de B e, por isso, as fontes do nutriente devem ser distribuídas de forma uniforme, evitando zonas de concentração, o que poderia causar toxidez. Uma alternativa para facilitar a aplicação é com o auxílio de um pulverizador, o qual possibilita a distribuição de pequenas quantidades de B de forma homogênea no solo. No mercado são encontradas diversas fontes de B, dentre as quais, o ácido bórico, bórax, ulexita, colemanita, etc.

Outro micronutriente que deve ser aplicado é o Zn, uma vez que a nogueira-pecã é bastante exigente por esse nutriente (Sparks; Payne, 1982). Assim, na implantação do pomar e, principalmente, quando os teores no solo são considerados “médios” ou “baixos”, recomenda-se aplicar de 10 kg/ha a 15 kg/ha de Zn, respectivamente, podendo-se utilizar o sulfato de zinco como fonte do nutriente.

Adubação de crescimento

Na adubação de crescimento, em geral, recomenda-se a aplicação de fertilizantes nitrogenados. As quantidades de nitrogênio (N) são definidas com base no teor de matéria orgânica e idade do pomar, especialmente porque grande parte do N no solo está na forma de N orgânico (Tabela 5) (CQFS-RS/SC, 2016). Os teores de formas de N mineral no solo, principalmente o nitrato (NO_3^-), que é a forma mais estável de N no solo; não são usados para definir a necessidade e dose de N a ser aplicada, por causa da oscilação dos seus teores ao longo do tempo. Portanto, recomenda-se que a dose de N seja fracionada em três vezes a cada 45 dias, próximo às raízes e na projeção da copa das árvores. A primeira aplicação tem por objetivo atender a demanda de N no período da primavera, devendo ser realizada em torno de três semanas após o início da brotação, quando os ramos e as folhas em crescimento já utilizaram a maior parte da reserva de N da planta (Kraimer et al., 2004; Smith et al., 2012).

Tabela 5. Quantidades de nitrogênio (kg/ha de N) a serem aplicadas durante a fase de crescimento da noqueira-pecã.

Matéria orgânica (%)	Quantidade de N (kg/ha)					
	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	6º ano
≤ 2,5	15	20	30	40	50	60
2,6 a 5,0	10	15	25	35	45	55
> 5,0	5	10	15	20	25	30

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Durante a formação do pomar é possível a utilização de fontes orgânicas. Diversos estudos têm demonstrado a melhor eficiência dos adubos orgânicos, principalmente na fase de crescimento e formação de frutíferas, em videiras (Melo et al., 2012; Lorensini et al., 2014), pessegueiro (Sete et al., 2015) e tangerina Ponkan (Almeida et al., 2005). Para tanto, é preciso conhecer o teor de N presente em tais fertilizantes, ajustando-se assim a dose necessária a ser aplicada.

Adubação de produção/manutenção

• Adubação nitrogenada

O N é requerido em grande quantidade pela noqueira-pecã e sua deficiência pode provocar baixo desenvolvimento da planta, reduzindo o crescimento da parte aérea e do sistema radicular. Os sintomas visuais da deficiência do nutriente incluem amarelecimento de forma generalizada, contudo, com mais intensidade nas folhas velhas, tendo em vista que o N é um nutriente de alta mobilidade na planta (Epstein; Boom, 2006; Taiz et al., 2017). A deficiência severa de N na noqueira-pecã pode originar nozes pequenas e mal-formadas, além de senescência e desfolhamento durante o preenchimento dos frutos (Storey et al., 1986; Heerema, 2013). Por outro lado, o uso de N em excesso pode promover necrose foliar (Sparks, 1977) e crescimento vegetativo excessivo, resultando na diminuição da frutificação (Heerema, 2014).

Para as condições do Sul do Brasil (RS e SC), a dose de N recomendada em manutenção (Tabela 6) considera a expectativa de produção e as possíveis perdas ocasionadas pela poda. Recomenda-se parcelar a dose de N em três épocas, a cada 45 dias. Na primeira época, aplicar 50% da dose, três semanas após o início da brotação, uma vez que há uma grande demanda de N pelas plantas nesse período. A segunda época de aplicação, 30% da dose, objetiva atender altos níveis de N, demandado quando as frutas estão entrando no estágio de preenchimento do fruto. Por fim, a terceira aplicação, 20% da dose, visa fornecer condições para as plantas armazenarem N em órgãos perenes como raízes e ramos, favorecendo a brotação na estação seguinte (Kraimer et al., 2004; Rey; Lindemann, 2006; Smith et al., 2012; Havlin et al., 2014). Alguns estudos relatam que a escassez de N durante os períodos de pré e pós-colheita, em anos produtivos, contribuem para a alternância de produção (Goff et al., 2001; Kraimer et al., 2004). A eficiência da absorção não depende apenas da disponibilidade de N e sua taxa de aplicação, mas também do tipo e da época de aplicação do adubo e das condições ambientais, que, somadas às práticas culturais, de manejo do solo e da expectativa de rendimento, definirão a quantidade ideal a ser aplicada (Ye et al., 2008; Wells, 2011).

Tabela 6. Quantidades de nitrogênio (N) a ser aplicado durante a fase produtiva da noqueira-pecã, conforme a produtividade esperada.

Produtividade esperada (t/ha)		
<1,5	1,5 a 3,0	>3,0
Quantidade de N (kg/ha)		
100	200	300

Fonte: adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

As plantas absorvem o N principalmente em duas formas: como nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). O NO_3^- é suscetível à lixiviação, logo, sob condições de irrigação excessiva ou intensa precipitação pluviométrica, pode se movimentar no perfil do solo, atingindo profundidades nas quais as plantas não conseguirão absorvê-lo. Também pode ser perdido por desnitrificação, um processo que converte NO_3^- em formas gasosas, especialmente em condições de solo com excesso de umidade. Por outro lado, a ureia, quando convertida em NH_4^+ e, posteriormente, em amônia (NH_3), pode volatilizar a partir da superfície, particularmente em solos com alto pH e sob condições de elevadas temperaturas (Havlin et al., 2014). Em razão disso, recomenda-se realizar a adubação anteriormente à irrigação ou chuva, e evitar a aplicação em dias com elevada temperatura. O uso de fertilizantes com inibidores da urease reduz significativamente as perdas de N após a aplicação da ureia, a qual geralmente é a fonte mais barata de N.

Devido à dinâmica do N e à necessidade de absorção desse nutriente ao longo do período de crescimento e produtivo, outra forma de reduzir as perdas é o parcelamento da adubação nitrogenada. Diversos estudos analisaram o momento ideal da aplicação de fertilizantes nitrogenados para nogueiras (Kraimer et al., 2004; Smith et al., 2012), os quais concluíram que o melhor momento de realizar tal prática é no início da primavera, podendo estender-se até o final do verão.

Em um estudo de longa duração (8 anos) realizado na Geórgia (EUA), com doses de 112 kg a 224 kg de N por hectare, verificou-se que não houve diferenças de rendimento. Contudo, houve uma tendência de aumento no número de nozes na dose mais alta de N. Nesse estudo, as árvores mais produtivas apresentaram teores de 2,5% de N nas folhas (Worley, 1991). Em anos considerados “alternantes”, mais evidentes em cultivares como Barton, Cheyenne, Elliott, Jackson, Mahan, Moneymaker, Shoshoni, Shawnee e Success, é recomendável que a adubação de manutenção seja reduzida em 50%. Com isso, evita-se que haja vigor excessivo, bem como o aparecimento de ramos improdutivos (CQFS-RS/SC, 2016).

Embora a recomendação das quantidades do fertilizante nitrogenado dependa de diversos fatores, como já mencionado anteriormente, esse ajuste deverá ser realizado seguindo um monitoramento do estado nutricional das plantas, por meio de análises foliares periódicas. As faixas de teores de N consideradas adequadas diferenciam-se entre regiões produtoras (Tabela 7). Para os estados do RS e SC, consideram-se teores entre 2,5% e 3,0% de N nas folhas como sendo ideais para a cultura da nogueira-pecã (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 7. Faixas de teores foliares de nitrogênio (N) consideradas como ideais pela literatura técnica para nogueira-pecã.

N (%)	Local				
	Novo México (EUA)	Texas (EUA)	Arizona (EUA)	Chihuahua (México)	RS (Brasil)
Teor foliar	2,5 – 3,0	2,5 – 4,0	2,3 – 2,7	2,5 – 2,8	2,5 – 3,0
Fonte	Herrera (1998)	Storey (1997)	Walworth et al. (2005)	Meraz (1999)	CQFS-RS/SC (2016)

Em plantas adultas, é necessário observar o crescimento dos ramos terminais da parte superior, para fins de ajuste de recomendação da adubação nitrogenada. Em plantas com crescimento inferior a 15 cm, considera-se que o aporte de N está insuficiente. Entretanto, em plantas com ramos maiores que 30 cm, há indicativo de que o N está sendo utilizado em excesso (Barrios et al., 2009).

Em locais com grande oferta de esterco (regiões de criação de aves, suínos, bovinos) e outros resíduos orgânicos, é possível substituir parte do fertilizante mineral por uma fonte de origem orgânica, a qual possui algumas vantagens, como lenta liberação de N, além da melhoria das qualidades químicas, físicas e biológicas do solo. Contudo, ressalta-se o custo e a disponibilidade desses adubos, assim como a necessidade

de compensar quantitativamente os teores de N a serem aplicados de acordo com seu índice de conversão (CQFS-RS/SC, 2016). O uso conjunto de adubos orgânicos e minerais permite equilibrar o fornecimento de nutrientes para a noqueira-pecã, uma vez que a proporção dos nutrientes contidos nos adubos orgânicos dificilmente atenderá a demanda da cultura.

Uma das técnicas recomendadas para manejo sustentável do pomar é a inclusão de plantas de cobertura, especialmente espécies leguminosas, as quais possuem a capacidade da fixação biológica de nitrogênio (Perin et al., 2004). Posteriormente, durante o processo de decomposição da matéria seca e da mineralização dos nutrientes, esses são disponibilizados às culturas. É importante considerar previamente que nem todo o N condicionado via adubação verde estará disponível à cultura (Diniz et al., 2007; Matos et al., 2011), entretanto, no médio e longo prazo, esse manejo poderá auxiliar na qualidade e longevidade do pomar.

Para as condições brasileiras, os estudos sobre adubação em noqueira-pecã ainda são escassos. Em relação ao N, ensaios de curvas de respostas da planta ao N, para as diversas regiões de cultivo, poderão subsidiar melhor a adubação nitrogenada no futuro para as condições edafoclimáticas do Brasil.

• Adubação fosfatada

Nas plantas, o P tem como principais funções a participação no metabolismo energético, na geração de ATP (Marschner 2012) e como constituinte de moléculas de DNA, RNA e lipídios que formam as membranas celulares (Smith; Cheary 2013). Em noqueira-pecã, tem-se reportado que o P é essencial para o armazenamento de energia, crescimento da planta e produção de nozes (Wells, 2007), além de estimular o crescimento radicular (Smith, 2009; Smith; Cheary, 2013). Além disso, o P é crucial para o desenvolvimento das nozes durante a sua fase final de crescimento.

A deficiência de P causa cor verde-intenso nas folhas, ausência de clorose internerval (Wells, 2010), necrose marginal nas folhas mais velhas e desfolha parcial (Smith; Cheary, 2013). Esses últimos sintomas de deficiência são atribuídos ao fato do P ser móvel no floema, diminuindo rapidamente nas folhas, à medida que é transportado para os frutos em desenvolvimento na última parte da estação de crescimento (Smith, 2009). O acúmulo de P nos frutos é primariamente na forma de fosfolipídios, que são usados como substrato na síntese de ácidos graxos insaturados e armazenados como hexafosfato de inositol (Chesworth et al., 1998). Essa rápida translocação de P para os frutos e consequente depleção de P nas folhas pode causar necrose foliar e desfolhamento parcial, quando o P estiver limitante no solo (Smith, 2010; Sparks, 1977).

No solo, o P tem baixa mobilidade, logo, suas perdas por lixiviação são pouco expressivas, principalmente em solos argilosos. Além disso, a exemplo da maioria das frutíferas, a exportação de P pela colheita é baixa, quando comparada ao N e ao K. Segundo Sparks (1977), para cada tonelada de nozes produzida são exportados 1,93 kg de P, o que representa cerca de 4,42 kg de P_2O_5 .

Normalmente, as frutíferas são pouco responsivas à adubação fosfatada e, por isso, não há necessidade de se aplicar P nos primeiros anos de produção. Isso acontece, especialmente, porque a noqueira-pecã e outras frutíferas possuem reservas de compostos fosfatados no interior da planta, em especial, em órgãos perenes, como raízes, caules e ramos de mais de um ano; podem redistribuir compostos fosfatados de órgãos perenes para órgãos anuais, e de órgãos anuais para órgãos perenes; possuem sistema radicular que ocupa profundas camadas de solo; e podem possuir mecanismos capazes de solubilizar compostos insolúveis de P, aumentando a sua disponibilidade. No entanto, também podem possuir simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que podem aumentar o volume de solo explorado pelas raízes, aumentando a absorção de água e nutrientes. Aliado a isso, acredita-se que a mineralização de formas de P orgânicas no solo podem contribuir para suprir parte da demanda de nutrientes pela planta. Entretanto, ressalta-se a necessidade do acompanhamento dos teores disponíveis de P no solo, bem como os seus teores totais na planta, através da análise foliar, para definição da necessidade de adubações fosfatadas futuras.

Na fase de produção ou manutenção, para a maioria das regiões, as recomendações de adubação fosfatada são realizadas com base na análise foliar. Diversos autores em diferentes partes do mundo utilizam diferentes faixas ideais de concentração de P nas folhas de nogueira-pecã (Tabela 8). No estado do Mississippi (EUA), a recomendação de adubação de manutenção indica 112 kg/ha de P_2O_5 , quando a concentração foliar for menor que 0,14% de P. Acima desse teor, não é recomendada a aplicação de P (Stafne et al., 2017). Essa mesma recomendação é utilizada para o estado americano de Oklahoma (Smith et al., 2012). Entretanto, deve-se utilizar a recomendação brasileira, pois o uso de valores de referência de outros países está sujeito a erros, principalmente devido à diferença das condições climáticas e de solo. Apesar de existirem poucos estudos com adubação nas condições brasileiras, as recomendações feitas pela CQFS-RS/SC (2016) abrangem um conjunto de fatores intrínsecos da região, fazendo com que sejam as mais adequadas à cultura.

Tabela 8. Faixas de teores foliares de fósforo (P) consideradas como ideais pela literatura técnica para nogueira-pecã.

P (%)	Local				
	México/ Argentina	Texas (EUA)	Arizona (EUA)	(...)	RS (Brasil)
Teor foliar	0,12 – 0,20	0,12 – 0,30	0,12 – 0,15	0,10 – 0,30	0,14 – 0,30
Fonte	Aguirre (2004)	Stein; Storey (2012)	Walworth et al. (2005)	Jones et al. (2012)	CQFS-RS/SC (2016)

(-) Não disponível.

No Brasil, a faixa considerada ideal situa-se entre 0,14% e 0,30% de P nas folhas (CQFS-RS/SC, 2016). A adubação de manutenção deve ser realizada com base na exportação do nutriente, sendo que, para cada tonelada de nozes produzida, são recomendados 4,6 kg de P_2O_5 por hectare por ano. Os fertilizantes fosfatados, preferencialmente, devem ser aplicados ao longo das filas de plantio, sobre a área da projeção da copa em superfície, sem incorporação, em dose única durante o mês de julho. Outra opção, caso verificada a viabilidade: o fertilizante fosfatado poderá ser aplicado em pequenas covas/covetas, também na projeção da copa das árvores. Mas, convém destacar, que nessa fase não se recomenda intensa mobilização do solo para incorporação do fertilizante, para evitar danos mecânicos às raízes (CQFS-RS/SC, 2016).

As principais fontes minerais de P são o fosfato monoamônico ou MAP (9% de N e 48% de P_2O_5) e fosfato diamônico ou DAP (17% de N e 45% de P_2O_5), superfosfato simples ou supersimples (18% de P_2O_5 e 16% a 20% de Ca), superfosfato triplo ou supertriplo (41% de P_2O_5 e 10 a 14% de Ca).

Vale ressaltar que há uma relação entre os nutrientes, que em alguns casos pode ser antagônica ou sinérgica. Um exemplo comum é que a aplicação de P em excesso pode causar deficiência de Zn, tendo em vista que o P pode reduzir a absorção de Zn. Desse modo, é essencial o acompanhamento do estado nutricional das plantas, seja mediante análise foliar ou análise de solo para se obter o equilíbrio nutricional e, conseqüentemente, a aplicação dos recursos de forma economicamente rentável e ambientalmente correta.

• Adubação potássica

Entre as funções que o K exerce nas plantas, destacam-se a ativação de diversas enzimas, a participação no transporte através da membrana, expansão celular, regulação estomática e acúmulo de carboidratos (Pallardy, 2008; Marschner, 2012). Sintomas mais leves da deficiência de K iniciam como uma clorose internerval e, à medida que as concentrações desse nutriente diminuem ao longo do ciclo, ocorre necrose nas bordas das folhas, além de isso afetar negativamente a indução floral e o desenvolvimento das flores (Smith; Cheary, 2013).

Na noqueira-pecã, a maior parte do K encontra-se na cápsula (*shuck*) (85%), seguida pela noz (13%) e casca (2%) (Smith, 2009). O transporte de K das folhas para os frutos geralmente acelera as deficiências desse nutriente, principalmente em anos de safras com alta produtividade. Essas deficiências podem induzir desfolhamento prematuro, nozes pequenas e chochas (Wells, 2017).

Na fase de produção ou manutenção, as recomendações de adubação potássicas são realizadas com base na análise foliar para a maioria das regiões produtoras de noqueira-pecã. Na Tabela 9, estão apresentadas as faixas de valores consideradas adequadas, de acordo com cada região produtora. Observa-se que os valores encontram-se entre 0,75% a 2,5% de K em folhas de noqueira-pecã. No Brasil, para os estados de RS e SC, considera-se a faixa adequada de 1,3% a 2,5% de K em folhas (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 9. Intervalos de valores considerados adequados para potássio (K) nas folhas de noqueira-pecã.

K (%)	Local				
	Novo México (EUA)	Texas (EUA)	Arizona (EUA)	Geórgia (EUA)	RS (Brasil)
Teor foliar	0,9 – 1,2	0,75 – 1,25	1,01 – 1,51	0,75 – 2,5	1,3 – 2,5
Fonte	Herrera (1998)	Storey (1997)	Walworth et al. (2005)	Plank (1988)	CQFS-RS/SC (2016)

Para manter a nutrição ideal na noqueira-pecã é necessário o monitoramento conjunto dos níveis foliares de N e K. Quando o teor de K nas folhas estiver próximo dos níveis mínimos, uma aplicação excessiva de N intensificará ainda mais a ocorrência de sintomas visuais de deficiência de K. Segundo Wells e Wood (2007), a relação N/K da folha deve ser mantida em torno de 2:1 para a maioria das cultivares, a fim de evitar a queima das folhas e manter a alta produtividade dos pomares.

No Brasil, a adubação na fase de produção ou manutenção para a cultura da noqueira-pecã é baseada na expectativa de rendimento. Recomenda-se aplicar anualmente 4,8 kg/ha de K_2O por tonelada de nozes produzida (CQFS-RS/SC, 2016). Em outros países, como na Argentina, recomenda-se aplicar de 80 kg/ha a 100 kg/ha por tonelada de nozes ou 800 g a 1.000 g por planta (Medeiro et al., 2016).

A adubação potássica deverá ser realizada no mês de julho, sobre a superfície do solo, na área da projeção da copa das plantas e sem incorporação (CQFS-RS/SC, 2016). As principais fontes de K disponíveis para os produtores são o cloreto de potássio (58% de K_2O), sulfato de potássio (48% de K_2O) e nitrato de potássio (13% de N e 44% de K_2O), sendo o cloreto e o sulfato de potássio os mais utilizados.

• Adubações com micronutrientes

A adubação com micronutrientes deve ser realizada com cautela, de acordo com análise de solo e tecido, em casos de carência nutricional, visando evitar distúrbios fisiológicos nas plantas. A adubação foliar, quando necessária, é uma das melhores formas de aplicação de micronutrientes, em virtude das pequenas quantidades aplicadas.

O zinco (Zn) é um dos micronutrientes mais exigidos pela cultura da noqueira-pecã, em especial em áreas com solo mais arenoso ou com calagem excessiva, onde esse nutriente está menos disponível para absorção pelas plantas (Fronza et al., 2013). O Zn desempenha papel importante no metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos, auxinas, regulação da expressão de genes, integridade estrutural do ribossomo, além da síntese enzimática (desidrogenases, aldolases, isomerases, proteinases, peptidases) (Kabata-Pendias, 2011; Marschner et al., 2011). Em caso de deficiência de Zn em noqueira-pecã, ocorre a formação de “rosetas”,

caracterizadas pela clorose e estreitamento das folhas, e ondulação ou torção nas bordas de folhas jovens (Wells, 2010). Assim, é importante verificar as concentrações de Zn no solo e tecido para recomendação de dose e necessidade de complementação de adubação com Zn. A aplicação de Zn é recomendada quando a concentração nas folhas for menor que 50 ppm e forem observados sintomas visuais de deficiência de Zn (Wells, 2010).

A deficiência de níquel (Ni) em noqueira-pecã também resulta em distúrbio fisiológico, conhecido como “orelha de rato”. O Ni é importante para o funcionamento da enzima urease, na conversão de ureia em amônia (Marschner et al., 2011). A deficiência de Ni afeta especialmente plantas jovens, sendo caracterizada pela redução do tamanho dos folíolos e arredondamento da ponta dos folíolos, com necrose no ápice dos folíolos, em função do acúmulo de ácido láctico (Wells, 2012). No Brasil, não há recomendação oficial para aplicação de Ni na espécie (Fronza et al., 2013). Nos Estados Unidos, folhas de noqueira-pecã com concentração de Ni inferior a 3 ppm podem apresentar sintomas por deficiência desse elemento, sendo que os níveis de Ni nas folhas deve estar entre 5 e 15 ppm (Wells, 2012).

A deficiência de ferro (Fe) em noqueira-pecã pode ocorrer no início do crescimento, mas geralmente desaparece à medida que a temporada avança (Fronza et al., 2013). O sintoma de deficiência de Fe é a clorose internerval, observada primeiramente nas folhas jovens (Wells, 2010). O Fe é constituinte de várias proteínas e catalizador em reações enzimáticas, participa da síntese de clorofila, fotossíntese, redução de nitritos e sulfatos, e metabolismo dos ácidos nucleicos (Kabata-Pendias, 2011; Marschner et al., 2011). Os problemas de deficiência de Fe nos Estados Unidos resultam das condições frias e úmidas do solo na primavera, as quais melhoram com o avanço das estações (Wells, 2010). Convém destacar que a deficiência de Fe nos EUA acontece, especialmente, por causa dos elevados valores de pH do solo, o que não é o caso do Brasil, uma vez que a maioria dos nossos solos são ácidos.

Outro micronutriente importante para o cultivo da cultura é o boro (B). Esse micronutriente participa do metabolismo de carboidratos, síntese e estrutura da parede celular, metabolismo de ácidos nucleicos, e respostas hormonais (Kabata-Pendias, 2011; Marschner et al., 2011). No entanto, é mais comum o aparecimento de sintomas ocasionados por excesso de B, em relação à carência (Fronza et al., 2013).

• Adubação foliar

A complementação da adubação, em caso de necessidade, especialmente, de micronutrientes, os quais são exigidos em menores quantidades pelas plantas, pode ser realizada via pulverização foliar.

A adubação foliar pode ser realizada caso sejam observados sintomas de deficiência, em especial de zinco (Zn), manganês (Mn) e de magnésio (Mg) nas folhas. De acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016), esses nutrientes podem supridos parcialmente à demanda da noqueira-pecã. As aplicações poderão ser realizadas mediante duas pulverizações anuais, uma em setembro e a outra em fevereiro, utilizando-se os seguintes produtos e dosagens (por 100 L de água): $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (400 g), $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ (200 g), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (2 kg) e espalhante adesivo (100 mL).

Em caso de sintomas acentuados de deficiência de Mg, até cinco aplicações por ano com esse nutriente podem ser realizadas, espaçadas de um mês. Aplicações foliares com Zn e com Mn são recomendadas quando os teores foliares desses dois nutrientes forem menores que 25 mg kg^{-1} (CQFS-RS/SC, 2016).

No entanto, convém destacar que a raiz é o órgão da planta responsável pela absorção da maior quantidade de nutriente requerida pela cultura. Além disso, os nutrientes aplicados via foliar, em geral, são absorvidos em pequenas quantidades. Por isso, na maioria dos casos, essa prática deve ser evitada, nas condições edafoclimáticas do Sul do Brasil.

Considerações finais

A análise do solo e das folhas, bem como a expectativa de produção, podem ser algumas das ferramentas utilizadas pelos técnicos e produtores para o monitoramento das adubações. As doses recomendadas nas tabelas de adubação servem como sugestões, portanto podem ser ajustadas, principalmente a depender das condições climáticas.

Por se tratar de uma cultura perene e que permanecerá por longo período na área, o planejamento para a implantação do nogueiral deve iniciar antes mesmo do plantio das mudas. Devido à baixa mobilidade tanto do calcário como do fósforo, é imperativo que esses sejam aplicados em pré-plantio, quando fornecem os melhores resultados em termos de eficiência. Essa correção inicial constitui-se na melhor maneira de se evitar desequilíbrios nutricionais no futuro.

Referências

- AGUIRRE, E. H. **Manejo de Huertas de Nogal**. Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2004. 267 p.
- ALCARDE, J. A.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURTI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVARES V., V. H. (ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 291-334.
- ALMEIDA, T. R. P. D.; LEONEL, S.; TECCHIO, M. A.; MISCHAN, M. M. Formação do pomar de tangerina 'Poncã', em função da adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 288-291, 2005.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, 2013.
- BARRIOS, D. L. O.; FERNÁNDEZ, V. F.; CHÁVEZ, E. S.; RODRÍGUEZ, H. R. Manejo de la Nutrición y Fertilización en el cultivo del Nogal Pecanero. In: MENDOZA, A. B. (ed.). **Temas Modernos de Nutrición Vegetal**. Chapingo: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, 2009. p. 176-199.
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.
- CAIRES, E. F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F. J.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 4, p. 370-379, 2006.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 315-327, 1999.
- CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. Van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, v. 192, n. 1, p. 32-48, 1997.
- CHESWORTH, J. M.; STUCHBURY, T.; SCAIFE, J. R. **Agricultural Biochemistry**. New York: Chapman and Hall, 1998.
- COVERT, M.; CONNELL, J. H. Potassium deficiency in walnuts. University of California Cooperative Extension Tehama County. Fruit and Nuts Notes, September, 2010, 10-11.
- CQFS-RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS-NRS, 2016. 376 p.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.
- DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 199-206, 2007.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.
- ERNANI, P. R.; BARBER, S. A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetados pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo Ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 1, p. 41-46, 1993.
- ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. F. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 825-831, 2001.

ERNANI, P. R. Alterações em algumas características químicas da camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 241-245, 1986.

ERNANI, P. R. **Química de solo e disponibilidade de nutrientes**. 2. ed. Lages: Do autor, 2016. 256 p.

FRONZA, D.; POLETTO, T.; HAMANN, J. J. **O cultivo da nogueira-pecã**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Núcleo de Fruticultura Irrigada, 2013. 301 p.

GBLER, L.; NAVA, G.; BAMBERG, A. L.; CARVALHO, F. L. C.; PILLON, C. N.; RUFATO, A. de R.; PEREIRA, J. F. M. Manejo do solo em fruticultura de clima temperado. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C. de; SOUZA, L. da S. **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: SBCS, 2019. Cap. XXX, p. 961-981.

GOFF, B.; NESBITT, M.; BROWNE, C. Late season fertilization: An exciting new development for the pecan industry. **Proceedings Southeastern Pecan Growers Association**, v. 94, p. 91-93, 2001.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management**. 8th ed. Upper Saddle River: Pearson, Inc, 2014.

HEEREMA, R. J.; VANLEEUEWEN, D.; HILAIRE, R. S.; GUTSCHICK, V. P.; COOK, B. Leaf photosynthesis in nitrogen-starved 'Western' pecan is lower on fruiting shoots than non-fruiting shoots during kernel fill. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 139, n. 3, p. 267-274, 2014.

HEEREMA, R. J. **Diagnosing nutrient disorders of New Mexico pecan trees**. Las Cruces: New Mexico State University, 2013. (Guide H-658). Disponível em: http://aces.nmsu.edu/pubs/_h/H658.pdf. Acesso em: 16 Jan. 2020.

HERRERA, E. **Interpreting Leaf Analysis and Deficiency Symptoms of Pecans**. Las Cruces: New Mexico State University, 1998. (Guide H-617).

JONES JUNIOR, J. B. Plant nutrition and soil fertility manual. In:

KABATA-PENDIAS, A. **Trace Elements in Soils and Plants**. Boca Ratón: CRC Press, 2011.

KRAMER, R. A.; LINDEMANN, W. C.; HERRERA, E. A. Recovery of late-season 15N-labeled fertilizer applied to pecan. **HortScience**, v. 39, n. 2, p. 256-260, 2004.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L. D.; TIECHE, T. L.; SCHAPANSKI, D. E. Disponibilidade de nitrogênio de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um Argissolo cultivado com videira. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 241-247, 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Orlando: Academic Press, 2012.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; LIMA, P. C.; FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 141-149, 2011.

MADERO, E. R.; TRABICHET, F. C.; PEPÊ, F.; WRIGHT, E. **Manual de manejo del huerto de nogal pecán**. Buenos Aires: INTA-EEA del Paraná, 2016.

MELO, G. W. B.; BRUNETTO, G.; BASSO, A.; HEINZEN, J. Resposta das videiras a diferentes modos de distribuição de composto orgânico no solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 493-503, 2012.

MERAZ, H. A. **Generación de Estándares Nutricionales Foliarens en Nogal Pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh) K Koch "Western" mediante Diagnostico Diferencial Integrado (DDI)**. 1999. 119 f. Tesis (Maestría) - Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 133-204.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of Soil Acidity in No-tillage system for Soybean Production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 47-57, 1996.

PALLARDY, S. G. Mineral nutrition. In: PALLARDY, S. G. (ed.). **Physiology of woody plants**. 3rd ed. Elsevier, Amsterdam, 2008. p. 255-285.

PAVAN, M. A. Influence of calcium and magnesium salts on acid soil chemistry and calcium nutrition of apple. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, p. 1520-1530, 1987.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35-40, 2004.

POND, A. P.; WALWORTH, J. L.; KILBY, M. W.; GIBSON, R. D.; CALL, R. E.; NÚÑEZ, J. Leaf nutrient levels for pecan. **HortScience**, v. 41, p. 1339-1341, 2006.

PONDER, F.; JONES, J. E. Annual applications of N, P, and K interrupt alternate-year nut crops in black walnut. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, p. 661-670, 2001.

- QUAGGIO, J. A.; DECHEN, A. R.; RAIJ, B. van. Efeito da aplicação do calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 189-194, 1982.
- RAIJ, B. van. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 233 p.
- REY, A.; LINDEMANN, W. C. Recovery of 15N fertilizer applied at different stages of pecan kernel fill. **HortScience**, v. 41, n. 3, p. 794-798, 2006.
- RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savanna oxisols. **Soil Science**, v. 133, p. 378-382, 1982.
- ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, n. 1, p. 103-109, 1984.
- SETE, P. B.; MELO, G. W. B.; OLIVEIRA, B. S.; FREITAS, R. F.; DAL MAGRO, R.; AMBROSINI, V. G.; TRAPP, T.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G. **Perdas de nitrogênio do solo e resposta do pessegueiro à adição de composto orgânico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2015.
- SMITH, M. W. Partitioning Phosphorus and Potassium in Pecan Trees during High- and Low-crop Seasons. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 134, n. 4, p. 399-404, 2009.
- SMITH, M. W. Relationship of leaf necrosis and defoliation to phosphorus and potassium concentrations in selected tissue and to certain fruit quality parameters of pecan. **Scientia Horticulture**, v. 125, p. 117-122, 2010.
- SMITH, M. W.; CHEARY, B. S. Response of pecan to annual soil band applications of phosphorus and potassium. **HortScience**, v. 48, n. 11, p. 1411-1415, 2013.
- SMITH, M. W.; ROHLA, C. T.; GOFF, W. D. Pecan Leaf Elemental Sufficiency Ranges and Fertilizer Recommendations. **HortTechnology**, v. 22, n. 5, p. 594-599, 2012.
- SPARKS, D. Effects of fruiting on scorch, premature defoliation, and nutrient status of 'Chickasaw' pecan leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 102, n. 5, p. 669-673, 1977.
- SPARKS, D. Growth and nutritional status of pecan in response to phosphorus. **Journal of American Society for Horticulture Science**, v. 113, n. 6, p. 850-859, 1988.
- SPARKS, D. Methods of predicting the nutrient needs for nut trees. **Annual Report of The Northern Nut Growers Association**, v. 68, p. 25-30, 1977.
- SPARKS, D.; PAYNE, J. A. Zinc concentration in pecan leaflets associated with zinc deficiency symptoms. **HortScience**, v. 17, n. 4, p. 670-671, 1982.
- STAFNE, E. T.; MELANSON, R. A.; WILSON, J. **Fertilizing Pecan Trees**. Starkville: Mississippi State University, 2017. (Extension Service of Mississippi State University, Publication 3055).
- STEIN, L. A.; STOREY, J. B. Pecan Leaf Nutrient Levels. In: STEIN, L. A.; McEACHERN, G. R.; NESBITT, M. L. (ed.). **Texas Pecan Handbook**. College Station: Texas A&M University Printing, 2012. 81 p.
- STOREY, J. B. Nutrition. In: McEACHERN, G. R.; STEIN, L. (ed.). **Pecan Orchard Management Handbook**. College Station: Texas A&M University, 1997. (Texas Agricultural Extension Service).
- STOREY, J. B.; STEIN, L.; MCEACHERN, G. R. Influence of nitrogen fertilization on pecan production in south Texas. **HortScience**, v. 21, p. 855, 1986.
- SUMNER, M. E.; SHAHANDAH, H.; BOUTON, J.; HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil prolife through deep liming an surface application of gypsum. **Soil Science Society American Journal**, v. 50, p. 1254-1278, 1986.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- VITTI, G. C.; CERQUEIRA LUZ, P. H. de; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. E. de. Uso do gesso em sistemas de produção agrícola. Piracicaba: GAPE, 2008. 104 p.
- WALWORTH, J.; SOWER, G.; POND, A.; KILBY, M.; GIBSON, R.; CALL, R.; LEWIS, B. Pecan leaf nutrition status. In: WESTERN NUTRIENT MANAGEMENT CONFERENCE, 6., 2005, Salt Lake City. p. 121-128.
- WEINBAUM, S. A.; JOHNSON, R. S.; DEJONG, T. M. Causes and consequences of overfertilization in orchards. **HortTechnology**, v. 2, n. 1, p. 112b-121, 1992.
- WELLS, L. **Mouse Ear of Pecan**. Athens: The University of Georgia, 2012. 4 p. (The University of Georgia Extension. Circular 893).
- WELLS, M. L. Nitrogen availability in pecan orchard soil: Implications for pecan fertilizer management. **HortScience**, v. 46, n. 9, p. 1294-1297, 2011.
- WELLS, M. L. **Nutritional, environmental, and cultural disorders of pecan**. Athens: University of Georgia, 2010. (Cooperative Extension - University of Georgia).

- WELLS, M. L. **Southeastern Pecan Grower's Handbook**. Athens: University of Georgia, 2017. 236 p. (University of Georgia, Publish 1327).
- WELLS, M. L.; WOOD, B.W. Relationships between leaflet nitrogen: potassium ratio and yield of pecan. **HortTechnology**, v. 17, n. 4, p. 473-479, 2007.
- WOOD, W. Correction of zinc deficiency in pecan by soil banding. **HortScience**, v. 42, n.7, p. 1554-1558, 2007.
- WORLEY, R. E. Pecan Leaf Scorch in response to various combinations of nitrogen and potassium fertilization. **HortScience**, v. 25, p. 422-423, 1991.
- YE, X.; SAKAI, K.; ASADA, S. I.; SASAO, A. Application of narrow-band TBVI in estimating fruit yield in citrus. **Biosystems Engineering**, v. 99, n. 2, p. 179-189, 2008.

Capítulo 14

Manejo da irrigação

Mirta Teresinha Petry

Rudinei De Marco

Juliano Dalcin Martins

Carlos Roberto Martins

Introdução

A irrigação é uma prática de manejo que consiste na aplicação artificial de água, visando atender o requerimento hídrico das plantas, de forma integral ou suplementar. A principal questão atribuída à irrigação está relacionada a “quando” e “quanto” de água aplicar em cada uma das áreas. A resposta a essa questão pode ser dada por um adequado manejo ou programação de irrigação, que requer o conhecimento das necessidades hídricas das plantas e suas respostas à água, o que envolve o conhecimento dos estádios de desenvolvimento e períodos críticos à falta de água. O manejo de irrigação também deve envolver as restrições específicas de cada método e equipamento de irrigação, as limitações relativas ao sistema de abastecimento de água e as implicações financeiras e econômicas da prática de irrigação.

A importância da irrigação na noqueira-pecã já é conhecida e influencia diretamente no crescimento, rendimento em quantidade e qualidade do fruto, quando as precipitações pluviais forem insuficientes para atender a demanda evapotranspiratória da cultura. Entretanto, a irrigação precisa ser adequadamente programada, por um lado, para que as plantas não sofram pela ocorrência de estresse e, por outro lado, para que não haja desperdícios de água pela irrigação excessiva, que oneram o sistema e causam prejuízos, pela lixiviação de nutrientes.

Nas últimas décadas, houve grande evolução nas metodologias usadas para apropriadamente indicar quando irrigar e quanta água aplicar, sendo que seu uso deve levar em consideração os custos, a confiabilidade, o preparo do produtor e da propriedade para gerenciar determinada metodologia, de forma a obter a máxima produtividade. Um bom sistema de manejo da irrigação é aquele que conjuga o melhor uso da água, com mínimo gasto de energia e máximo retorno líquido ao produtor. Assim, o momento de irrigar e a lâmina de água a irrigar podem ser baseados na evapotranspiração da cultura (ET_c), na medição da umidade do solo, na medição do status hídrico da planta e/ou, de forma mais confiável, na combinação da evapotranspiração com medidas de umidade do solo ou da planta, ou seja, na realização do balanço hídrico do solo; em escala diária.

As metodologias apresentadas para o manejo da irrigação são todas possíveis de aplicar em nível de propriedade, quando bem operadas. Atualmente, existem vários programas de manejo de irrigação que facilitam as tomadas de decisão por parte do produtor, com diferentes níveis de exigência de interatividade e de manutenção, muitas vezes exigindo acompanhamento profissional especializado. Assim, o melhor sistema sempre é aquele que o produtor saiba manejar, isto é, que seja simples e prático, e que o desonere da obrigatoriedade de alimentar o sistema com uma gama de informações muitas vezes distantes do domínio do produtor irrigante.

Uso da água e efeito do estresse hídrico na noqueira-pecã

A água é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo considerado o fator de produção mais importante e o mais limitante à produção da maioria das culturas (Taiz et al., 2017). Para a cultura da noqueira-pecã não é diferente. Para se obter boa produtividade, frutos de qualidade e com redução na alternância de produção, a manutenção de umidade no solo é fundamental. Assim, torna-se necessário manejá-la de forma adequada para evitar perdas e desperdícios, sobretudo na irrigação, para que conduza ao aumento da produtividade e/ou contribua para evitar a degradação dos recursos hídricos.

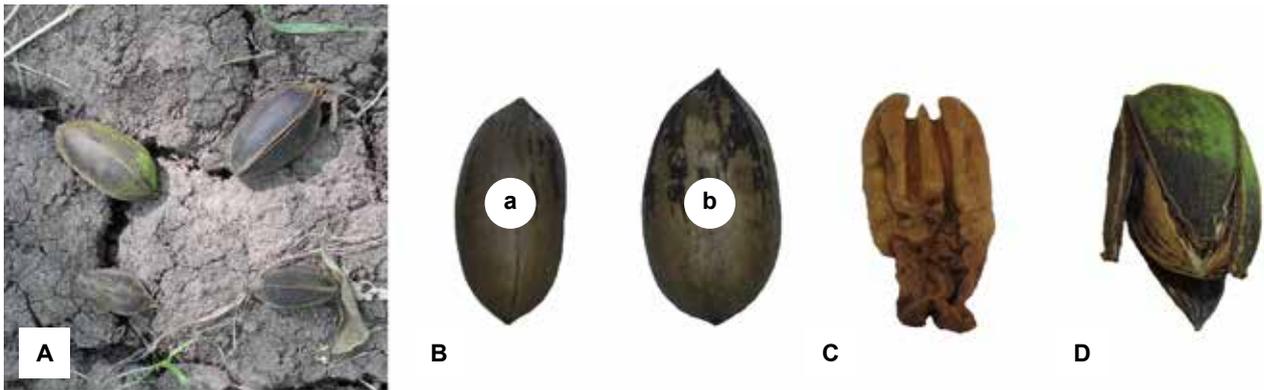
Embora a noqueira-pecã seja nativa de regiões subúmidas, sendo originária das terras baixas do Rio Mississipi, nos Estados Unidos, a cultura necessita grandes quantidades de água durante o seu ciclo (Sparks, 2002). No entanto, a maior área e as maiores produções ocorrem em locais semiáridos a áridos, onde praticamente todo o suprimento hídrico vem da irrigação. Isso não significa que a cultura seja tolerante ao estresse hídrico. Pelo contrário, a noqueira é muito sensível ao déficit hídrico, podendo-se observar queda de frutos com menos de uma semana sem chuva ou irrigação, dependendo do estágio fenológico, das características do solo e das características ambientais.

Tanto a deficiência como o excesso de umidade no solo devem ser considerados no manejo do pomar. Liu e Sheng (2013) avaliaram que o encharcamento (excesso de água e conseqüente deficiência de oxigênio no solo) pode ser tão indesejável como o déficit hídrico para o crescimento e desenvolvimento da noqueira-pecã. Para Smith e Bourne (1989), o excesso de umidade durante a dormência (final de maio a agosto) pode não ser prejudicial, entretanto, quando isso ocorrer a partir da superação da dormência (agosto/setembro), a planta pode ser severamente prejudicada. Assim, áreas mal drenadas, que acumulam água na superfície ou possuem uma camada subsuperficial compactada ou de impedimento natural ao fluxo de água, são fatores limitantes ao desenvolvimento das plantas e devem ser evitadas ou tecnicamente trabalhadas com a implantação de drenos de escoamento ou o plantio em camalhões.

O déficit hídrico pode ser causado por redução no conteúdo de água no solo, por uma elevada demanda evaporativa da atmosfera (Ritchie, 1981a), ou pela ocorrência de ambos, simultaneamente. De uma maneira geral, os efeitos do déficit hídrico sobre o rendimento de frutos dependem do momento em que ocorrem, da duração e da severidade do déficit. Parâmetros quantitativos que expressem a resposta do rendimento das plantas ao déficit são difíceis de estabelecer, pela variabilidade espacial e temporal dos fatores meteorológicos (Zipper et al., 2016), pelas alterações morfológicas e fisiológicas das plantas em resposta à condição de estresse (Lamers et al., 2020) e pela habilidade do solo em armazenar água suficiente para manter a transpiração por prolongados períodos (Ritchie, 1981b).

Na América do Sul, o período mais crítico para a noqueira-pecã correspondente ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Durante o estágio fenológico de dormência (maio/junho-agosto) a necessidade hídrica é mínima. No entanto, durante o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (setembro-maio) tem-se aumento no requerimento hídrico, e déficits nesses períodos poderão causar perdas significativas na produção. Segundo Bergamaschi et al. (2007), é exatamente nesse período que, no Sul do Brasil, o déficit hídrico é causado, principalmente pela distribuição irregular das precipitações pluviárias e elevada demanda evaporativa da atmosfera.

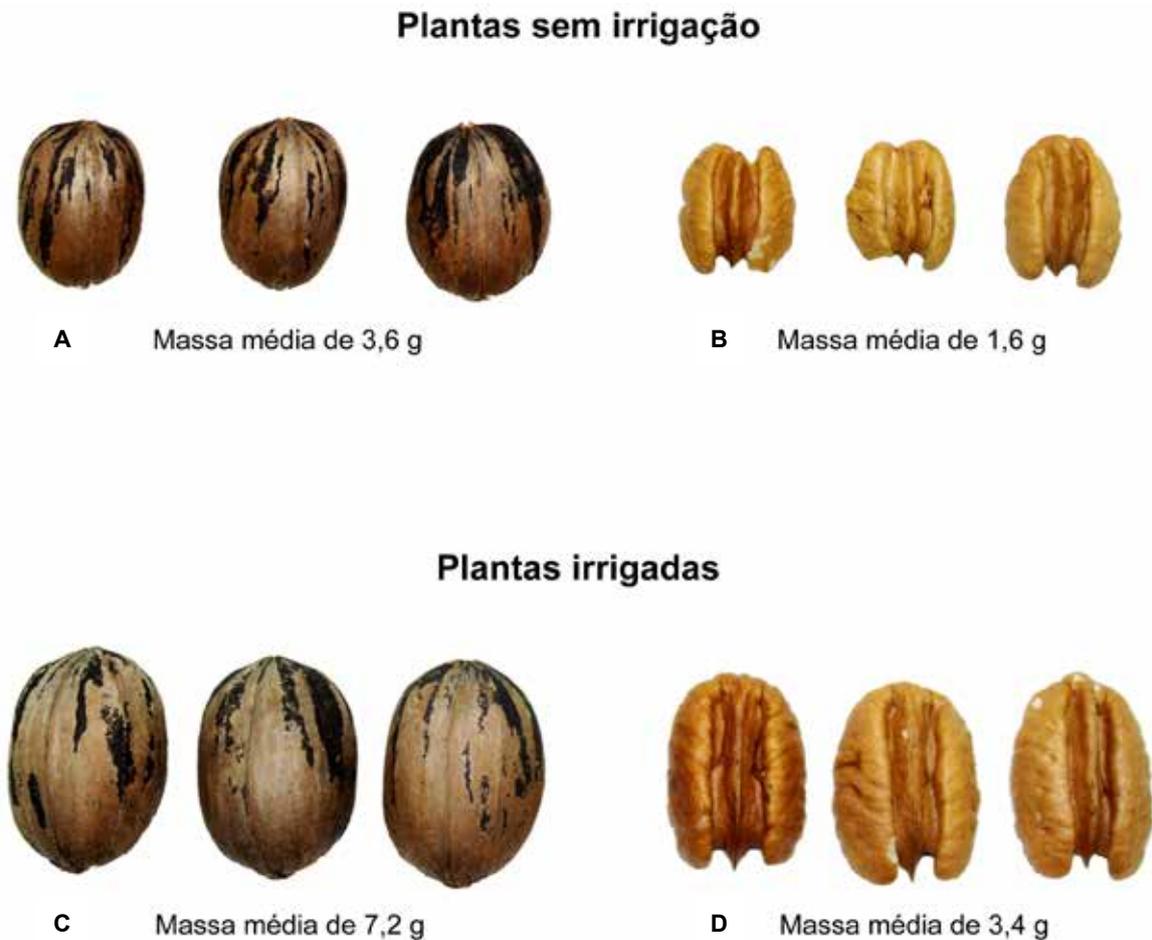
Água insuficiente durante todo o período de desenvolvimento e crescimento das nozes pode causar abortamento de frutos (Figura 1A). Quando o estresse hídrico ocorrer da floração até o endurecimento da casca (outubro-fevereiro), resultará em nozes pequenas, pois nesse período ocorre o crescimento padrão de cada cultivar (Figura 1B). A falta de água durante o estágio de enchimento da amêndoa (fevereiro-março) pode causar frutos chochos ou mal preenchidos (Figura 1C). No final de março até maio (dependendo do cultivar e região de cultivo), durante o amadurecimento das nozes, o déficit hídrico pode fazer com que as cápsulas (epicarpo) permaneçam fechadas, dificultando a colheita das nozes (Figura 1D).



Fotos: Rudinei De Marco

Figura 1. Efeitos do déficit hídrico no desenvolvimento dos frutos de noqueira-pecã: abortamento (A); diferentes dimensões de frutos da cultivar Barton (B), em pomar sem irrigação (a) e com irrigação (b); amêndoa mal preenchida (C); cápsulas parcialmente fechadas (D).

Em estudo realizado por De Marco (2020), no Uruguai, comprovou-se que a irrigação melhorou significativamente a produção de nozes naquela região, com obtenção de frutos de maior tamanho e de melhor qualidade, além de possibilitar rendimento da amêndoa superior a 100%, quando comparado a frutos de plantas não irrigadas (Figura 2). Embora o cultivo no Sul do Brasil e Uruguai não esteja em uma região com estação seca definida, frequentemente ocorrem períodos com baixas precipitações, as quais causam redução nas dimensões dos frutos e, conseqüentemente, perdas significativas de produção, que podem ser evitadas ou reduzidas com a utilização de irrigação.



Fotos: Rudinei De Marco

Figura 2. Aparência e massa média de frutos de noqueira-pecã, produzidos em plantas com e sem irrigação. Frutos de plantas não irrigadas, com casca (A) e sem casca (B); e frutos com casca (C) e sem casca (D) de plantas irrigadas.

Os danos e/ou perdas são evidentes em casos de estresse hídrico em plantas em produção, mas isso não significa que a irrigação deve ser usada somente em pomares adultos. Embora o consumo de água de uma planta juvenil (ainda sem produção) seja menor, a irrigação deve ser utilizada desde o momento da implantação do pomar, uma vez que deficits hídricos após o plantio aumentam as chances de mortandade das plantas (Figura 3A), como também redução (em tamanho) dos órgãos responsáveis pelo desenvolvimento vegetativo. Na Figura 3B, é possível observar redução do desenvolvimento do broto, em que a distância entre duas folhas/gemas (entrenós) é reduzida devido a um período de deficit hídrico. Assim, quando a umidade do solo providenciada pela chuva não for suficiente para atender as necessidades hídricas da cultura, a irrigação suplementar deve ser usada, desde o momento da implantação, de forma a obter melhor desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, plantas melhor formadas e com estrutura vegetativa maior. Isso pode favorecer a produção antecipada (a partir do terceiro ou quarto ano da implantação) e, conseqüentemente, retorno financeiro dos custos de implantação de forma mais rápida.



Figura 3. Conseqüência do deficit hídrico em plantas de noqueira-pecã: planta jovem morta (A) e redução do comprimento de entrenós (B).

Mesmo que a exigência hídrica se modifique com a idade da planta, estágio fenológico, condições climáticas, entre outros fatores, a noqueira é muito exigente em água, tanto no período de crescimento vegetativo como no período reprodutivo. Para alcançar um equilíbrio entre a biomassa da parte aérea e frutos, a noqueira consome mais de 100 mm por mês, entre os meses de novembro a fevereiro (Figura 4), que são os períodos considerados críticos à produção. Pode-se observar que, para o Sul do Brasil, de condições subtropicais úmidas, a exigência hídrica é superior a 160 mm em dezembro e janeiro, resultando num consumo diário médio superior a 5 mm. No período da dormência, o consumo de água é mínimo. Entretanto, mesmo que esse período não represente consumo de água propriamente, em lugares secos e áridos, a ausência da irrigação nesse período pode causar a mortalidade de raízes. No período entre o crescimento vegetativo e o final da frutificação (setembro a abril), a resposta da noqueira-pecã à água é quadrática, incrementando à medida que

as condições meteorológicas se tornam mais severas, com aumento da incidência diária de radiação solar, da temperatura do ar, menor umidade relativa e mais ventos. Quando associados à falta de precipitações pluviais, o requerimento hídrico da noqueira-pecã aumenta, devido ao aumento da demanda evaporativa da atmosfera.

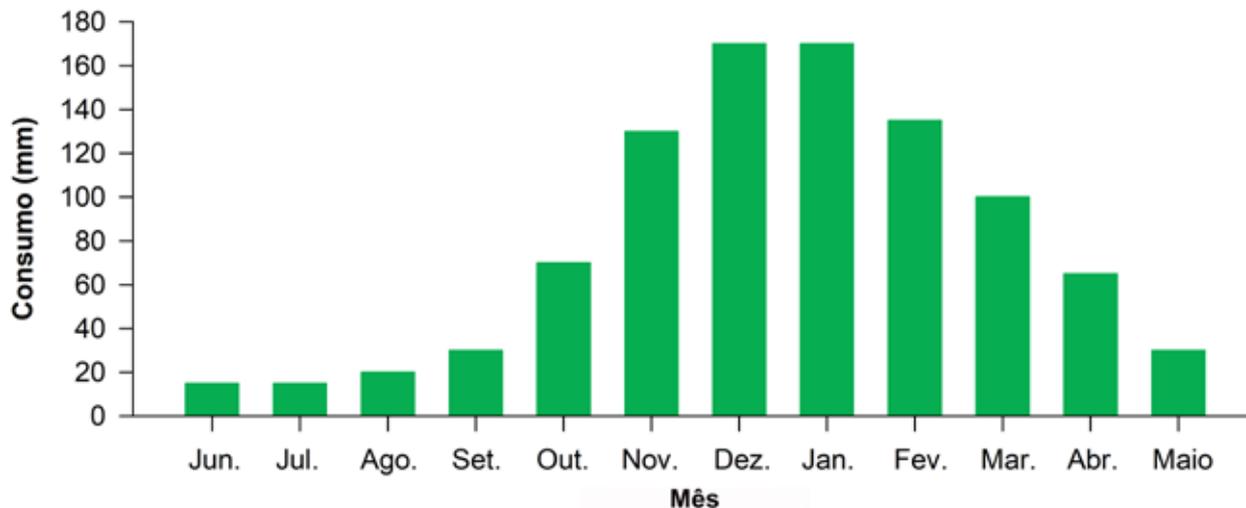


Figura 4. Médias mensais do consumo de água da noqueira-pecã para o Sul do Brasil, com destaque para períodos de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, entre setembro e abril.

Fonte: autores

O estresse hídrico, além de causar os problemas já relatados durante o ciclo anual, também traz danos a longo prazo, podendo afetar a produção por dois ou mais anos subsequentes e influenciar a alternância de produção. Isso ocorre porque a frutificação da noqueira-pecã ocorre em função das condições existentes no ano anterior, ou seja, as flores pistiladas (femininas) são produzidas a partir de reservas acumuladas durante o ciclo de crescimento do ano anterior (Lockwood; Sparks, 1978). Assim, a produção para o ciclo de crescimento atual é determinada no momento da brotação, mas em função direta das condições de crescimento do ciclo anterior. Na prática, a estiagem que ocorre durante a fase de frutificação e amadurecimento da fruta, além da significativa redução na produção, influencia negativamente a produção nos próximos ciclos em pomares não irrigados.

Demanda hídrica da noqueira-pecã

O uso consuntivo de água da noqueira-pecã é elevado durante todo o ciclo (Sammis et al., 2004; Wang et al., 2007), sendo que o consumo de água é uma combinação entre as perdas de água por evaporação (E_s) e através da transpiração (T_c), via estômatos. Ambos ocorrem simultaneamente e representam o requerimento hídrico ou a evapotranspiração da cultura (ET_c). Enquanto a primeira (E_s) é considerada uma água perdida ou não associada à produção de biomassa (Yimam et al., 2015), a T_c é o elemento desejado, por estar diretamente relacionado ao aumento da produtividade (Kool et al., 2014). A medição separada dos dois componentes é o grande desafio de técnicos, agrônomos e cientistas, pois é a chave para a melhoria dos sistemas de produção, sobretudo os irrigados, uma vez que está relacionada à eficiência de uso da água (WUE, em inglês) ou da produtividade da água (WP, em inglês).

Nos sistemas de produção atuais, a estimativa acurada da ET_c é fundamental para dimensionar os sistemas de irrigação, realizar a programação da irrigação e calcular o rendimento das culturas (Allen et al., 1998). Dessa forma, um melhor entendimento dos componentes da ET_c possibilitará melhorar os sistemas de irrigação, ao mesmo tempo em que elevará a quantidade produzida em razão da água consumida. A ET_c é o principal componente de saída do balanço hídrico do solo, sendo dependente da disponibilidade de água no solo, do estágio da cultura e da demanda evaporativa da atmosfera.

A magnitude da E_s é maior em culturas esparsas (baixa densidade de plantas por área), em áreas muito secas e/ou úmidas e com alta demanda evaporativa da atmosfera. Em um pomar de noqueira-pecã, a E_s pode representar entre 30%-80% da ET_c , devido à considerável superfície exposta (Kool et al., 2014). A maior E_s , nesses casos, é devida à combinação de solos úmidos pela chuva ou irrigação e demanda evaporativa da atmosfera, sendo que essa última é ocasionada pelos fatores meteorológicos, como radiação solar, umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento. A T_c é o componente desejável, pois quanto maior a transpiração, maior será a produção (Agam et al., 2012).

Quantificar o requerimento hídrico das culturas de forma mais exata implica melhorar as metodologias existentes e procurar alternativas que sejam mais precisas (Carlesso et al., 2009). A solução mais lógica para minimizar o uso de água e realizar uma gestão da irrigação mais ajustada é ampliar o conhecimento a respeito da ET_c , o que implica necessariamente a obtenção de coeficientes de cultura (K_c) mais precisos. A demanda hídrica pode ser descrita como a quantidade de água que a cultura necessita para alcançar rendimentos ótimos ou potenciais. Assim, o uso da irrigação nos pomares deve ser programado (frequência de irrigação e lâmina de água aplicada), por meio do conhecimento da exigência da cultura, das condições de solo e clima, de forma a evitar o estresse nas plantas, ao mesmo tempo em que seja mantida a produção ideal.

De acordo com Sierra et al. (2001), a cultura possui necessidade de lâmina de água mínima anual de 750 mm e máxima de 2.000 mm. Pesquisa realizada no Arizona (EUA) por Call et al. (2006) aponta que uma planta adulta necessita cerca de 129 mil litros de água durante um ciclo anual, para produzir entre 18 kg a 22 kg por árvore; isso equivale a mais de 5 mil litros por quilograma de fruto. No entanto, as condições edafoclimáticas do Arizona são diferentes daquelas encontradas na América do Sul, que devem ser melhor estudadas.

De uma maneira geral, plantas adultas de noqueira-pecã consomem 4 mm por dia, o que equivale a 40 m³ por hectare por dia. Claramente, essa necessidade hídrica é maior durante o período de crescimento vegetativo e frutificação, podendo chegar a 8 mm/dia entre os meses de dezembro e fevereiro. Na região Sul do Brasil, boa parte do requerimento hídrico da noqueira-pecã é compensado pelas precipitações pluviais, conforme apresentado na Figura 5. Entretanto, a distribuição irregular das precipitações pluviais muitas vezes causa déficit hídrico em culturas anuais e perenes (Bergamaschi et al., 2007), fazendo com que irrigações suplementares sejam necessárias para manter o nível de produção das culturas.

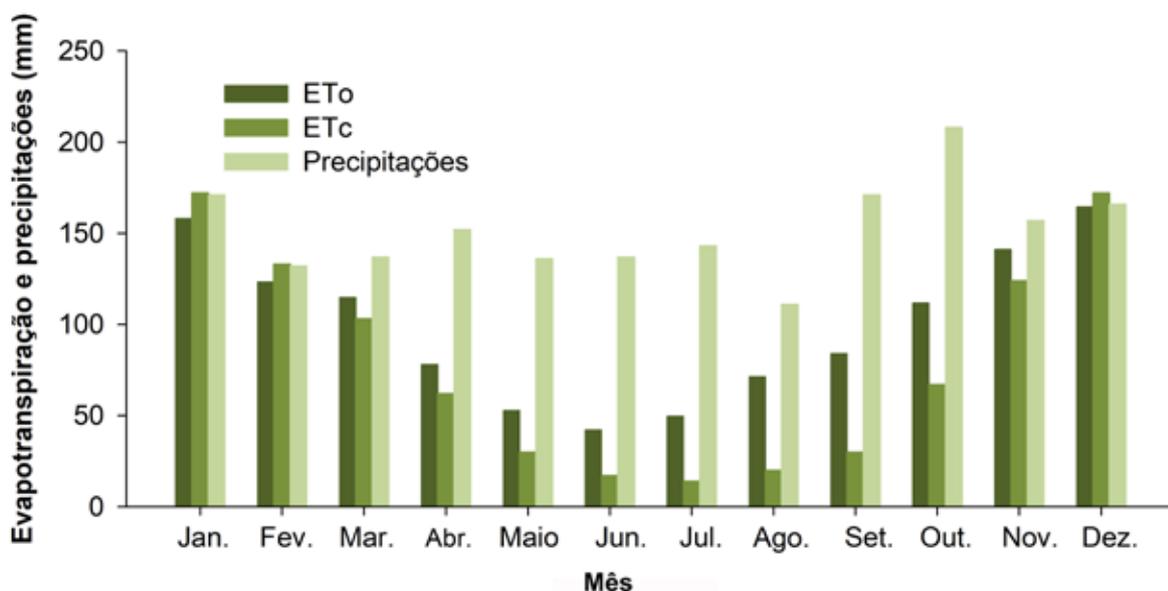


Figura 5. Valores médios mensais da evapotranspiração de referência (ET_o), evapotranspiração da cultura (ET_c) e precipitações no município de Santa Maria, RS, entre 2007 e 2022.

Os dados médios mensais de chuva pra Santa Maria, no período entre 1969-2005, são de 142 mm (Martins et al., 2013), enquanto para o período entre 2007-2022, usado neste trabalho, observou-se pequeno aumento nesse índice (155 mm). Grande parte desse aumento se deve às chuvas ocorridas no mês de outubro de 2015, 2016 e 2019, as quais foram superiores a 400 milímetros mensais nesses anos. Observando-se os dados mensais da evapotranspiração da cultura (ET_c), calculados a partir da demanda evaporativa da atmosfera ou evapotranspiração de referência (ET_o), associados aos coeficientes de cultura (K_c) para as diferentes fases da noqueira-pecã (a curva do K_c é apresentada na seção 3.3 deste capítulo), e às precipitações, percebe-se que apenas no mês de janeiro a ET_c supera a média mensal de chuvas. Entretanto, irrigações são muitas vezes requeridas nesse período, pois as chuvas são mal distribuídas, fato que causa excessivo secamento do solo na região de distribuição das raízes da noqueira-pecã, afetando a quantidade e qualidade dos frutos.

Manejo da irrigação

• Quando irrigar

O clima do Sul do Brasil é subtropical úmido, tipo “Cfa”, sem estação seca definida, com verões quentes e volume total anual de chuva superior a 1.500 mm, na maioria das regiões (Kottek et al., 2006). No entanto, a distribuição irregular das precipitações pluviais faz com que irrigações suplementares sejam frequentemente requeridas, especialmente nos estádios mais críticos da cultura da noqueira-pecã.

O fornecimento suplementar de água via irrigação é necessário, uma vez que a cultura demanda grande quantidade de água. Mas como determinar a demanda hídrica de cada pomar? A resposta a essa pergunta é dada pela avaliação do requerimento hídrico da cultura, que pode ser feito por meio do monitoramento do conteúdo de água no solo, mediante a medição de parâmetros da planta, das informações meteorológicas, do sensoriamento remoto e/ou a combinação de dois ou mais métodos.

Face às incertezas na distribuição e no total de precipitações pluviais durante o ciclo de desenvolvimento da noqueira-pecã no Sul do Brasil, a adoção de uma adequada programação de irrigação torna-se necessária, como forma de manter a lucratividade da atividade com a cultura. Uma ampla gama de novas abordagens sobre manejo de irrigação está sendo proposta, entretanto, a adoção dessas tecnologias depende de uma série de fatores, como custos, eficiência do método usado, formação do produtor ou equipe que irá manejar essas tecnologias, bem como os sistemas de irrigação adotados. O que não se pode conceber, contudo, é que um produtor de noqueira-pecã faça um investimento num sistema de irrigação e que o use intuitivamente, ou seja, que a decisão de quando irrigar ou a quantidade de água a ser aplicada seja feita de forma sensível. É necessário, portanto, transferir o conhecimento de como manejar as ferramentas de manejo de irrigação ao produtor, para que a programação de irrigação em cada área seja adequadamente conhecida.

É senso comum que a decisão de quando e quanto irrigar a noqueira-pecã depende do estágio de desenvolvimento, da idade de planta, do solo e sua capacidade de armazenamento, da capacidade do solo em disponibilizar a água às plantas, da interação solo-planta, sobretudo do sistema radicular e das condições meteorológicas. Consequentemente, os métodos usados para programar as irrigações são baseados no monitoramento do solo, da planta, das condições meteorológicas ou da combinação desses itens.

O monitoramento da umidade do solo tem sido cada vez mais importante para o manejo da irrigação, por possibilitar um controle sobre a lâmina de água aplicada, reduzindo gastos com água, energia elétrica e mão de obra. A medição do status de água no solo (medida do conteúdo de água ou do potencial de água) é, de acordo com Irmak et al. (2014), essencial na agricultura, visando pesquisar e desenvolver novas rotinas de monitoramento em nível de propriedade, estabelecer limites de umidade, a partir dos quais a planta é sensibilizada pelo estresse, e auxiliar o produtor na tomada de decisão quanto ao momento de irrigar.

Embora não se tenham registros, a decisão de iniciar uma irrigação com base na umidade do solo provavelmente seja tão antiga quanto os sistemas de irrigação, haja vista que o produtor muitas vezes ainda usa o “tato” para decidir se o solo está úmido ou não. Novos métodos de medição da umidade do solo surgiram para funcionarem como orientação para irrigantes, na tomada de decisão quanto ao momento de irrigar. Entretanto, de acordo com Campbell e Campbell (1982), muitos desses métodos são difíceis de serem usados pelo produtor, pela dificuldade de interpretação dos dados, pelo preço ou pela insuficiente acurácia para satisfazer as necessidades de indicação de quando e quanto irrigar.

Sensores com alto grau de precisão e confiabilidade podem ser utilizados para medições da umidade do solo em tempo real (Jabro et al., 2020) ou de forma pontual, conectando-se computadores ou tablets a um sistema de aquisição e armazenamento de dados. Estudos com a noqueira-pecã mostram que há considerável economia de água, quando o manejo da irrigação for baseado no monitoramento da umidade do solo (Ganjegunte et al., 2012). Sensores de baixo custo são inovações recentes no monitoramento da irrigação, podendo ser baseados no conteúdo volumétrico de água no solo (θ , cm^3/cm^3) (Ferrarezi et al., 2020) ou no potencial de água no solo (Ψ_m) (Jabro et al., 2020). Os primeiros estimam a umidade no solo baseados na medida da constante dielétrica de água no solo, em resposta ao seu conteúdo de água, resultando na medida da umidade do solo em volume, como é o caso dos equipamentos 10HS e CS616 (Figura 6). Nesse caso, as equações calibradas pelos fabricantes transformam os valores brutos dados pelo sensor em conteúdo volumétrico de água no solo (Ferrarezi et al., 2020). Por outro lado, os sensores baseados na medida do potencial de água no solo medem a energia de retenção de água no solo (Figura 6).

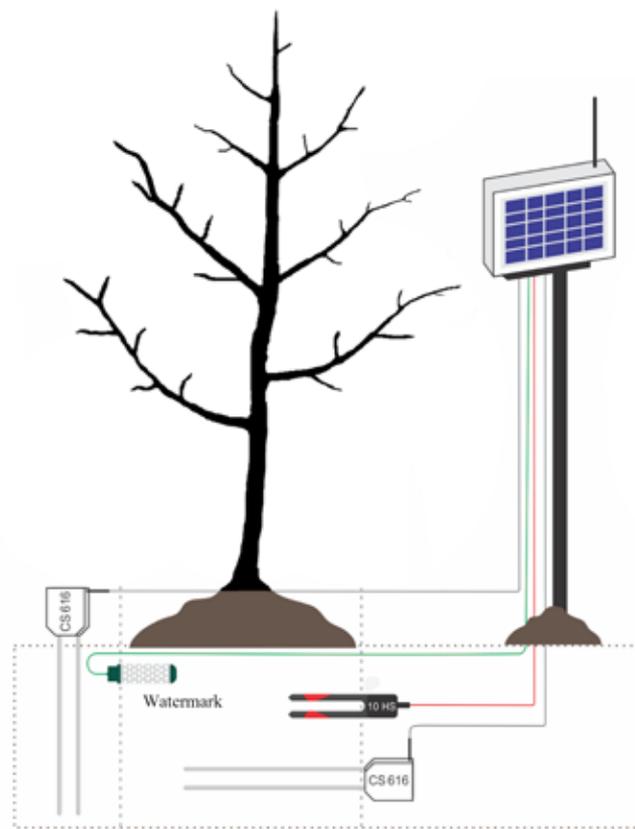


Figura 6. Representação gráfica da utilização de sensores de medição do potencial de água no solo: matriz granular Watermark® modelo 200SS e medidores da constante dielétrica do conteúdo de água (CS616 e 10 HS).

Ilustração: Mirta Teresinha Petry.

No caso da medida do potencial de água no solo, os sensores são dotados de uma cápsula de gesso, a qual é inserida no solo nas profundidades desejadas (na vertical ou em posição horizontal). Os sensores tipo Watermark® (modelo 200SS) (Irrometer Co.) (Figura 6), são chamados de sensores de resistência elétrica, pois apresentam dois eletrodos inseridos na cápsula. O sensor detecta a variação da umidade ao seu redor, a qual é inversamente proporcional à resistência elétrica, ou seja, a resistência entre os dois eletrodos aumenta conforme a diminuição da umidade do solo. O princípio de funcionamento da cápsula de um tensiômetro é semelhante, porém, nesse caso, a diminuição da umidade do solo é medida por um manômetro (de vácuo ou digital), que detecta a tensão da água no solo.

Quando se utilizam sensores capacitivos, como o sensor FDR, modelo CS616 (Campbell Sci.) ou o modelo 10 HS (Meter Group, Inc.) para a medida da umidade do solo, tem-se diretamente o valor da umidade em volume (volume de água por volume de solo). Independentemente do sensor que esteja sendo usado, é necessário conhecer o solo que se deseja irrigar, bem como suas características físico-hídricas, especialmente a água disponível (AD). Para os sensores que medem o potencial de água no solo, o conhecimento da curva de retenção de água no solo é fundamental, para que se possa facilmente associar o potencial medido com o conteúdo de água correspondente àquele potencial. Na Figura 7 são apresentadas curvas de retenção características de três diferentes texturas de solo, desde a umidade de saturação até a umidade no ponto de murcha permanente.

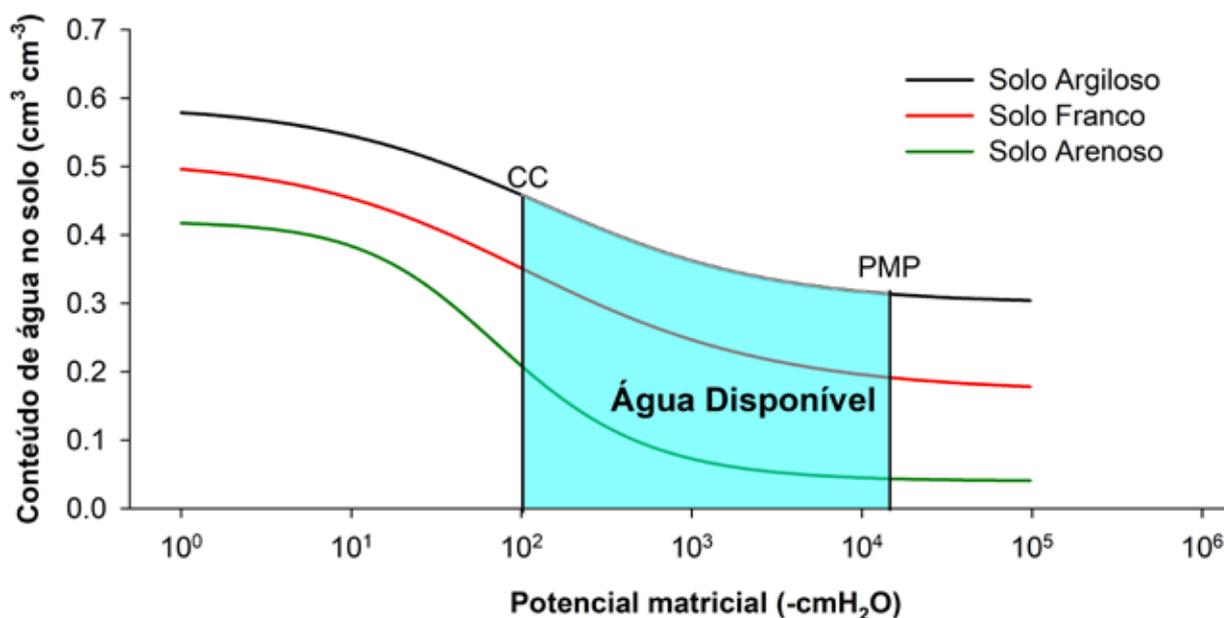


Figura 7. Curvas de retenção de água para solos de textura argilosa, franca e arenosa, da umidade de saturação ao ponto de murcha permanente. A umidade entre a capacidade de campo ($\theta_{-100\text{ cm}}$) e o ponto de murcha permanente ($\theta_{-15.000\text{ cm}}$) corresponde à água disponível (área em azul), para as três classes de textura de solo, em que CC significa a capacidade de campo, e PMP de murcha permanente. Dados obtidos do banco de dados do Sistema Irriga®.

• Quanto e quando irrigar

A decisão de quanto irrigar e quanta água aplicar, decorre do monitoramento da umidade do solo e depende da definição de vários fatores, como o total de água disponível no solo na profundidade efetiva do sistema radicular das plantas e da fração de água facilmente disponível. O total de água disponível (TAD) é calculado conforme a equação 1 (Figura 7):

$$TAD = 1000 (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) Z_r$$

Onde: TAD é o total de água disponível (mm), θ_{CC} é o conteúdo de água na capacidade de campo (m^3/m^3), θ_{PMP} é o conteúdo de água no ponto de murcha permanente (m^3/m^3) e Z_r é a profundidade efetiva do sistema radicular (m).

Na Figura 8 é apresentado um esquema da lâmina total de água disponível (TAD) de um solo franco, considerando-se 1 m de perfil. A água disponível (AD) corresponde à lâmina armazenada entre a capacidade de campo e o ponto de murcha, entretanto, para a maioria das culturas, o melhor crescimento e rendimento ocorre quando o conteúdo de água permanece na faixa superior do TAD, chamada de água prontamente disponível ou depleção de água permitida, que está denominada de CAD ($CAD = TAD \cdot p$). A CAD é calculada a partir do TAD e de um fator p , que indica um provável início de estresse, quando a lâmina de água que saiu do sistema for maior que o limite estabelecido para cada cultura. O valor de p é próximo de 0.50 para a noqueira-pecã, ou seja, o limite para o início da ocorrência de estresse nas plantas seria quando 50% do TAD tiver sido esgotado (Allen et al., 1998).

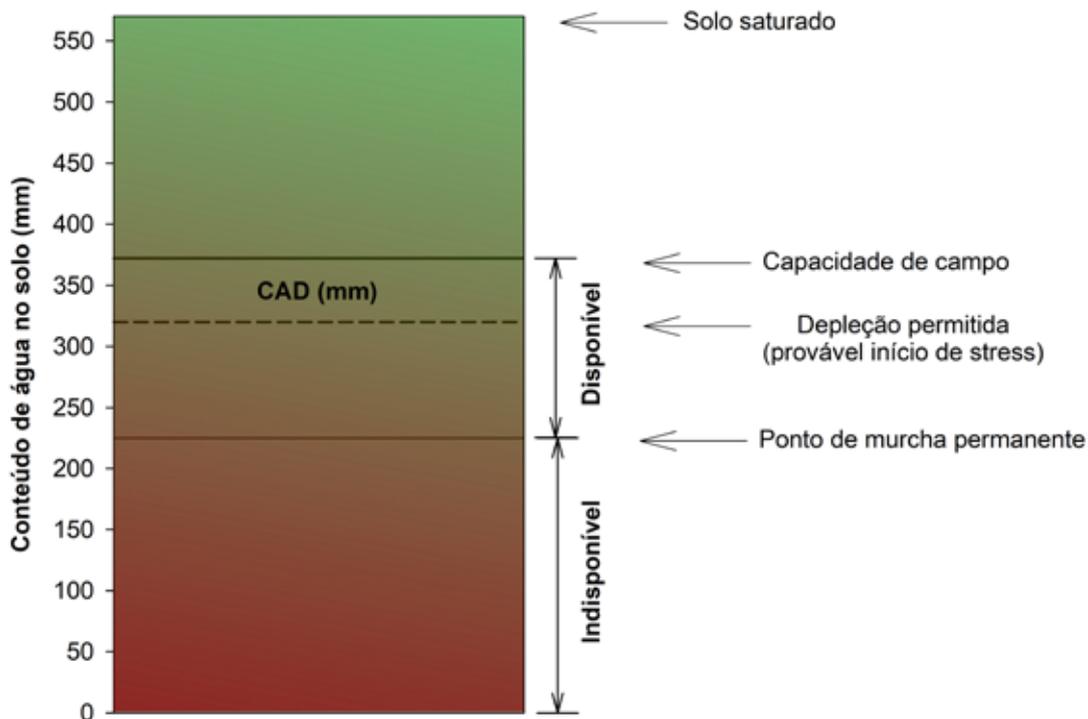


Figura 8. Total de água disponível em um perfil de solo homogêneo, de 1 m de profundidade, incluindo a umidade de saturação, a lâmina de água na capacidade de campo e ponto de murcha permanente e a depleção permitida para que não ocorra estresse nas plantas (CAD), considerando-se um p de 30%. Dados obtidos no banco de dados do Sistema Irriga®.

O valor de p de 50% do total de água disponível assume que o perfil do solo seja homogêneo e que as raízes das plantas ocupem o máximo volume de solo, até máxima profundidade possível. Embora a noqueira-pecã desenvolva uma agressiva raiz pivotante, a qual apresenta um eixo praticamente vertical, podendo alcançar 3 m de profundidade, a absorção de água e nutrientes é providenciada pela ramificação de raízes e radículas a partir da raiz principal, em extensão lateral que pode alcançar o dobro ou mais do diâmetro da copa (Figura 9).

Pergunta-se: por que a irrigação na noqueira-pecã deve iniciar antes que a AD no solo atinja os 50-60%? A resposta a essa pergunta está relacionada à distribuição do sistema radicular; mais de 80% do sistema radicular está situado nos primeiros 50 cm do solo. Portanto, para a irrigação da noqueira-pecã no Sul do Brasil, é recomendado que se use valor de p menor que o preconizado pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), de forma a evitar o esgotamento da água facilmente disponível no solo e início de estresse, o que afetaria o crescimento e produtividade da cultura. A presença de maior volume de raízes próximo da superfície ocorre em função do clima, com elevado regime de chuvas, fazendo com que as plantas não sejam forçadas a desenvolver raízes em profundidade.

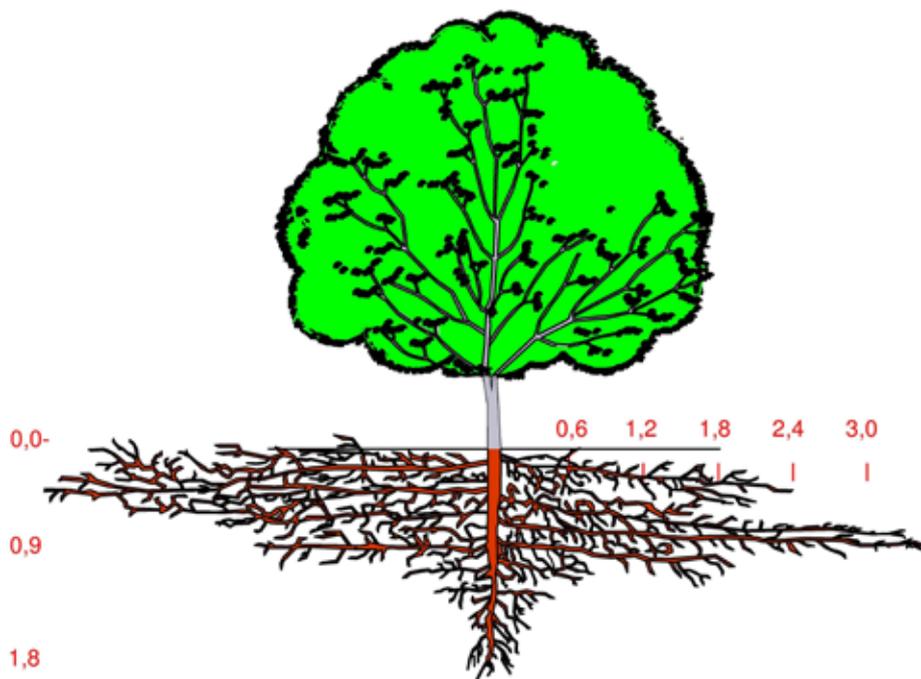


Figura 9. Representação gráfica da distribuição do sistema radicular (em metros) de uma planta de noqueira-pecã com seis anos segundo dados de Woodroof e Woodroof (1934).

Ilustração: Mirta Teresinha Petry.

Conforme já discutido anteriormente, uma árvore de noqueira-pecã possui sistema radicular pivotante, com um eixo principal bem desenvolvido, que facilmente ultrapassa vários metros de profundidade, da qual saem raízes laterais que podem alcançar uma extensão de duas vezes a largura da copa da árvore. A maioria das raízes absorventes (as radicelas – raízes ativamente envolvidas na absorção de água e minerais) possuem associação micorrízica e estão distribuídas próximo à superfície do solo (Figura 9) (Woodroof; Woodroof, 1934). Nesse contexto, Wells (2017), relata que a água tem que estar disponível aproximadamente nos primeiros 80 cm do perfil do solo, ponto esse que deve ser considerado na programação de irrigação. Além disso, a distribuição lateral também deve ser considerada, principalmente na definição dos espaçamentos a serem utilizados no pomar, de forma que o sistema de irrigação a ser adotado tenha eficiência de aplicação satisfatória.

Assim, levando-se em consideração os critérios do TAD e CAD estabelecidos para que não haja estresse e redução no crescimento e produção, o critério para definir quando iniciar uma irrigação, quando se usam sensores de umidade tipo Watermark®, deve seguir a orientação apresentada na Figura 10. Nesse caso, as irrigações são engatilhadas quando o potencial de água medido no campo (em kPa) alcança o limite crítico estabelecido para esse solo (entre a linha vermelha contínua e a pontilhada).

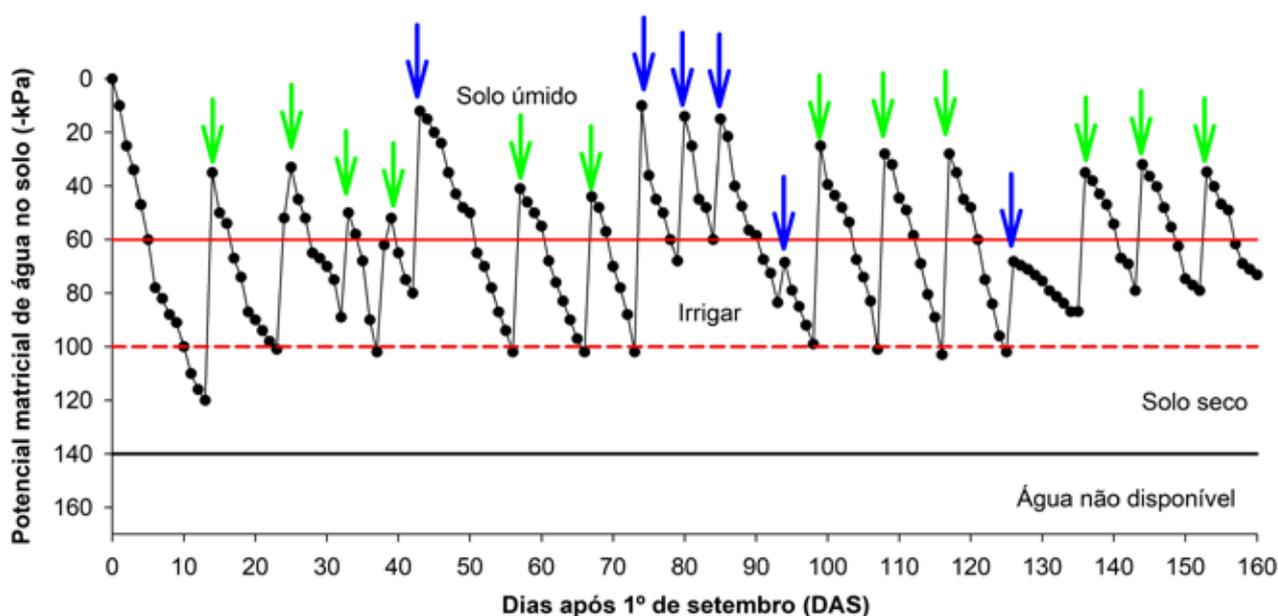


Figura 10. Valores médios do potencial matricial de água no solo durante uma estação de cultivo de noqueira-pecã usando sensores watermark, instalados a 20 cm, 40 cm e 70 cm de profundidade, em área irrigada por gotejamento no Chile. Setas verdes indicam irrigações e as setas em azul representam as precipitações pluviais. O intervalo destacado em cor em azul-claro indica o momento de irrigar. Dados obtidos no banco de dados do Sistema Irriga®.

As lâminas de irrigação, aplicadas após se atingir o limite crítico estabelecido, elevam a umidade do solo para valores próximos ou levemente acima da umidade na capacidade de campo. Esse manejo é adotado para possibilitar o máximo da eficiência de uso da água, pois a água aplicada em excesso (no caso, para além da capacidade de campo) não é retida ou armazenada no solo, sendo, portanto, desperdiçada, pois essa água percola para fora da região do sistema radicular. A chuva (indicada nas setas em azul) tem a função de elevar a umidade do solo ou “encher a caixa”, expressão comum na irrigação.

Independentemente de qual sensor de medição da umidade usado (medida da umidade volumétrica ou do potencial), o manejo da irrigação deve ser baseado nos mesmos critérios apresentados na Figura 10, ou seja, os limites de disponibilidade de água devem ser estabelecidos para cada tipo de solo.

A medição da variação do conteúdo de água no solo fornece bases sólidas para avaliar a capacidade do solo em atender a demanda hídrica da cultura. Contudo, vários pesquisadores (Jones, 2004; Liu; Sheng, 2013) têm alertado para o uso isolado de sensores para o manejo da irrigação, pela dificuldade de se entender a dinâmica da água no solo, e a quantidade de água e a máxima profundidade em que uma árvore de noqueira-pecã pode extrair água. Além disso, a falta de contato entre o solo e o sensor pode resultar em falhas nas leituras, levando a erros nas medições de umidade.

• Manejo da irrigação com base na planta

A resposta da planta à irrigação é uma função do estado hídrico da planta, o qual é influenciado pelo conteúdo de água no solo e pela habilidade do solo em fornecer água às plantas, em resposta ao ambiente ao qual estão expostas. Embora a medição do status hídrico da planta seja o critério mais eficaz para engatilhar as irrigações (Fernandez; Cuevas, 2010), seu uso muitas vezes é limitado, devido ao elevado valor dos instrumentos de medida e ausência de limites críticos que definam o momento de irrigar (Jones, 2004). Assim, a programação da irrigação com base nas medições do conteúdo e/ou do potencial de água no solo ou parâmetros meteorológicos é muitas vezes utilizada (Alghory; Yazar, 2019).

Indicações da planta que podem ser usadas para avaliar a necessidade de irrigação são: o crescimento e desenvolvimento de folhas e ramos, o potencial de água no caule e nas folhas e a condutância estomática (Jones, 2004). O potencial de água nas folhas é considerado um indicador do déficit hídrico, pois, à medida que a umidade do solo decresce, o status hídrico das folhas diminui, movido por um aumento da transpiração das plantas, associado à alta demanda evaporativa da atmosfera (Akkuzu et al., 2010). Entretanto, os limites do status de água nas plantas que indicam estresse a ponto de causar redução na produção de biomassa ou grãos não são devidamente conhecidos (Payero; Irmak, 2006). Os fatores que desencadeiam o início do estresse nas plantas podem estar relacionados a uma redução na umidade do solo, a uma elevada demanda evaporativa da atmosfera, à combinação de ambos os fatores, podendo também ter relação com a baixa eficiência dos sistemas de irrigação.

Essas metodologias apresentam limitações para o manejo de irrigação, destacando-se o uso de medidas que não podem ser automatizadas porque resultam de processos trabalhosos e descontínuos. Além disso, muitas medidas do potencial de água na folha são destrutivas, nas quais pequenas amostras são coletadas e levadas ao laboratório para a medição do status de água nas folhas, usando-se o potenciômetro do ponto de orvalho. As amostras devem ser retiradas ao longo de um dia, desde o amanhecer até as horas mais quentes do dia, pois os dados podem ser equivocados se a única amostragem for nas horas mais quentes do dia.

Equipamentos portáteis, como o porômetro e o analisador de gás, conhecido como *Infra-Red Gas Analyser* (IRGA) são utilizados para medir simultaneamente a condutância estomática e o potencial de água nas folhas. Recentemente, métodos baseados nas medições da temperatura da folha usando termômetros infravermelhos têm sido utilizados para medir a ocorrência de estresse em plantas de elevado valor comercial, como a noqueira-pecã, oliveira e videiras. A temperatura da folha é reconhecida como um indicador de déficit; a temperatura da folha em plantas estressadas é entre 2-4 °C acima da temperatura de uma planta bem irrigada. A elevação da temperatura resulta do fechamento parcial ou total dos estômatos, porque a transpiração serve como um sistema de arrefecimento da planta. Assim, configura-se o estresse.

A indicação de quando irrigar, nesse caso, é dada por um índice de estresse (IS), que deve ser quantificado para cada cultura e tipo de solo. O IS, definido por Idso et al. (1981) é calculado pela diferença entre a temperatura do dossel e do ar ($T_d - T_a$, °C), respectivamente, ou seja, como sendo uma função do déficit de pressão de vapor de água na atmosfera. A temperatura pode ser medida por termômetros infravermelhos portáteis, tipo *handheld*, para leituras pontuais, ou então fixos dentro do dossel, de forma a monitorar continuamente a temperatura do dossel, desde o amanhecer até o final do dia.

Espectro-radiômetros de infravermelho próximo, também do tipo *handheld* ou então posicionados de forma a escanear linhas de plantas durante o dia, também podem ser utilizados para indicar déficit nas plantas. Esse tipo de sensor mede a reflectância da cultura, na faixa do visível e infravermelho próximo (Pôças et al., 2015), podendo ser acoplado a um satélite ou a um veículo aéreo não tripulado (VANT) (Zarco-Tejada et al., 2013). Os dados da reflectância obtidos da faixa do visível refletem as respostas fisiológicas das plantas, incluindo condutância estomática, que é um bom indicativo do status de água na planta. Nesse caso, a necessidade de irrigação é definida pelo potencial de água na folha ao amanhecer (Ψ_{pd}), pois esse indica a demanda hídrica da cultura. No trabalho de Pôças et al. (2015), os autores estimaram o Ψ_{pd} (Handheld 2, ASD Instruments, Boulder, CO, USA), comparando-o com os dados de Ψ_{pd} medidos através de uma câmara de pressão tipo Scholander (PMS 600, Albany, OR, USA), e observaram coeficientes de determinação de 0,79, entre os dados medidos pela câmara de pressão e o espectro-radiômetro portátil.

O manejo da irrigação através da medição do status de água nas plantas exige que sejam feitos estudos para identificar o momento crítico da aplicação de irrigação, sem ocorrência de redução no crescimento e desenvolvimento das plantas. Uma das principais dificuldades desse método é que existem diferenças varietais com relação à sensibilidade das plantas ao déficit hídrico. Além disso, plantas bem irrigadas podem apresentar

sintomas de deficiência nas horas mais quentes do dia, por ocasião da ocorrência de altas temperaturas, fazendo com que ocorra uma interpretação equivocada de que esteja ocorrendo deficiência hídrica no solo. Além disso, esse método apresenta baixa precisão e, principalmente, não informa a lâmina de irrigação a ser aplicada, somente o momento de acionar o sistema. Esse método, portanto, não é recomendado para situações visando obtenção de elevadas produtividades pelos agricultores.

• **Monitoramento das condições meteorológicas – método baseado na ET_c**

O correto gerenciamento de irrigação garante adequada umidade no solo durante o ciclo das culturas. Os critérios usados para programar as irrigações envolvem as medições da umidade do solo, condições meteorológicas e o status hídrico da planta, ou a combinação desses. Entretanto, as respostas das plantas ao fornecimento de água podem variar em função do estágio de desenvolvimento, da capacidade produtiva dos solos, da região de cultivo, bem como da eficiência dos métodos de irrigação empregados. À medida que a umidade do solo decresce, maior será o impacto das condições meteorológicas sobre o dossel vegetativo, podendo significar o início do estresse hídrico nas plantas, quando a reposição de água for insuficiente ou aplicada sem a eficiência desejada.

O método largamente usado para estimar o consumo de água (ou ET_c) implica a chamada metodologia de duas etapas (K_c-ET_o) (Pereira et al., 2015). Na aproximação K_c-ET_o, a evapotranspiração de referência (ET_o) representa o efeito primário das condições meteorológicas no consumo de água, enquanto o coeficiente de cultura (K_c) faz o balanço da influência específica das culturas na ET_c e sua variação ao longo do ciclo das culturas. Assim, valores-padrão de K_c para cada uma das quatro principais etapas do ciclo das culturas (Allen et al., 1998) foram providenciados para um grande número de culturas e larga escala de usos (Pereira et al., 2015), visando diminuir as super e subestimativas da ET_c.

No monitoramento das irrigações com o uso de dados meteorológicos, a ET_o (mm/dia) é estimada a partir de variáveis (radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e vento) medidas em estações meteorológicas automáticas. O Brasil conta com uma ampla rede de estações meteorológicas automáticas e convencionais, cujos dados são disponibilizados para download, de forma gratuita, pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). A metodologia FAO-56 Penman-Monteith é recomendada como método padrão de computação da ET_o, devido à alta probabilidade de estimativa correta, em uma ampla gama de locais e climas. Assim, a ET_o é multiplicada por um K_c para a estimativa diária da ET_c (Allen et al., 1998). Como a ET_o representa aproximadamente todos os aspectos de clima, o K_c varia predominantemente em função das especificidades da cultura, o que possibilita transferir valores e curvas de K_c para diferentes locais e climas (Allen et al., 2005). Assim, a ET_c é facilmente calculada conforme a expressão:

$$ET_c = ET_o \cdot K_c$$

Onde: ET_c é a evapotranspiração da cultura crescendo em condição de ótima disponibilidade de água; ET_o é a evapotranspiração da cultura de referência (mm dia⁻¹) e K_c é o coeficiente de cultura.

Recentemente, novas metodologias de estimativa da ET_c têm sido propostas, visando fracioná-la a mesma em evaporação do solo (E_s) e transpiração da cultura (T_c), uma vez que a água transpirada através dos estômatos é usada como indicativo da produção, enquanto a E_s é considerada a parte da água perdida ou ineficiente. A estimativa separada dos componentes E_s e T_c pode ser feita através de medidas diretas ou via modelos de simulação do balanço hídrico do solo, ambos significando um desafio à investigação para o futuro, como forma de melhorar as medidas da ET_c e, conseqüente, da gestão da água de irrigação.

A computação da ET_c pelo método do K_c simples, ainda é a forma mais usada em programas de manejo de irrigação, por incluir em um único coeficiente tanto a transpiração da cultura (T_c) como a evaporação do solo (E_s). Uma curva típica, quando não há estresse, envolve quatro fases distintas (Allen et al., 1998), conforme apresentado na Figura 11.

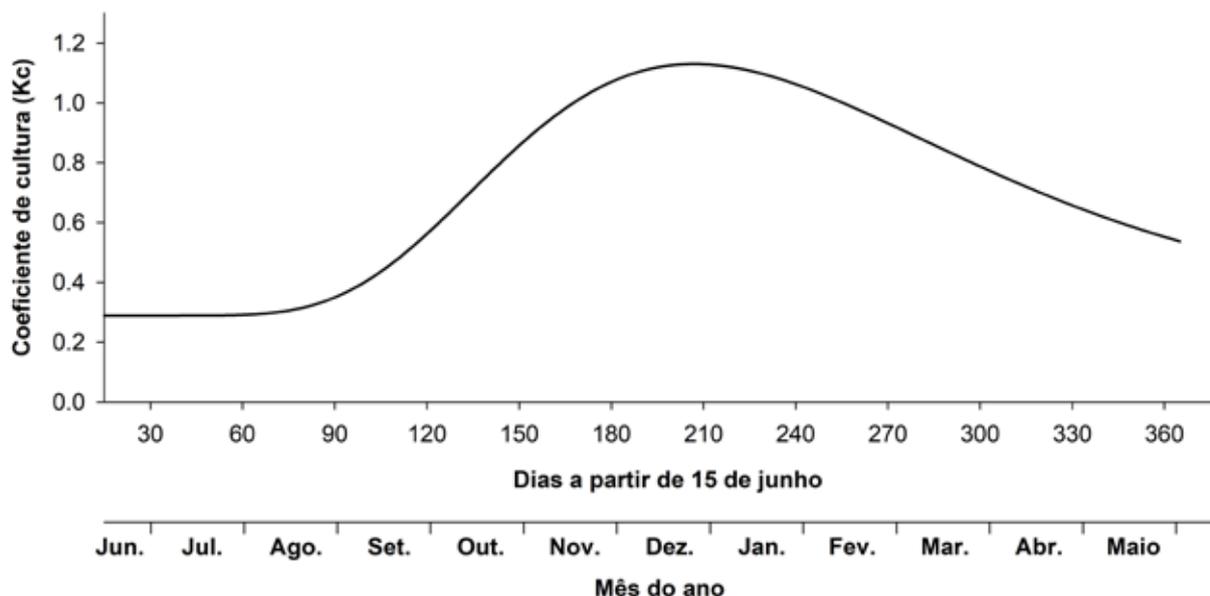


Figura 11. Curva do coeficiente de cultura para as diferentes fases do desenvolvimento da noqueira-pecã.

No cálculo da ET_c para programar irrigar, também se deve levar em consideração os limites de disponibilidade de água no solo mencionados acima no item sobre sistema de produção por raiz nua, ou seja, o TAD e o total da água facilmente disponível, definida em função do solo, do estágio de desenvolvimento e da sensibilidade das plantas ao déficit. Assim, através de um balanço hídrico diário, calcula-se a ET_c e, uma vez que a evapotranspiração acumulada da cultura ($ET_c A_c$) atinja o valor da água facilmente disponível no solo, há a necessidade de irrigar, conforme apresentado na Figura 12. O exemplo apresentado na Figura 12 retrata um balanço hídrico simplificado para Santa Maria, calculado a partir das entradas líquidas de água (chuva + irrigação) e saídas de água via ET_c diária de uma planta de noqueira-pecã adulta, calculada a partir da equação 2. O solo da região do campus da Universidade Federal de Santa Maria é classificado como um Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (Streck et al., 2008), de textura superficial franca e um horizonte argiloso (Bt) a partir de 70 cm de profundidade. Consequentemente, assumiu-se que as raízes das plantas se concentram entre 0 a 70 cm do perfil. Assim, estabeleceu-se que as irrigações deveriam ser realizadas quando a evapotranspiração acumulada ($ET_c A_c$) da noqueira-pecã atingisse valores entre 30 mm e 40 mm. Na simulação, as lâminas líquidas de irrigação foram fixadas entre 18 mm a 20 mm, de forma a facilitar a operação do sistema e as chuvas, assim como os dados meteorológicos, foram coletados de uma estação meteorológica automática, localizada a 150 m da área experimental.

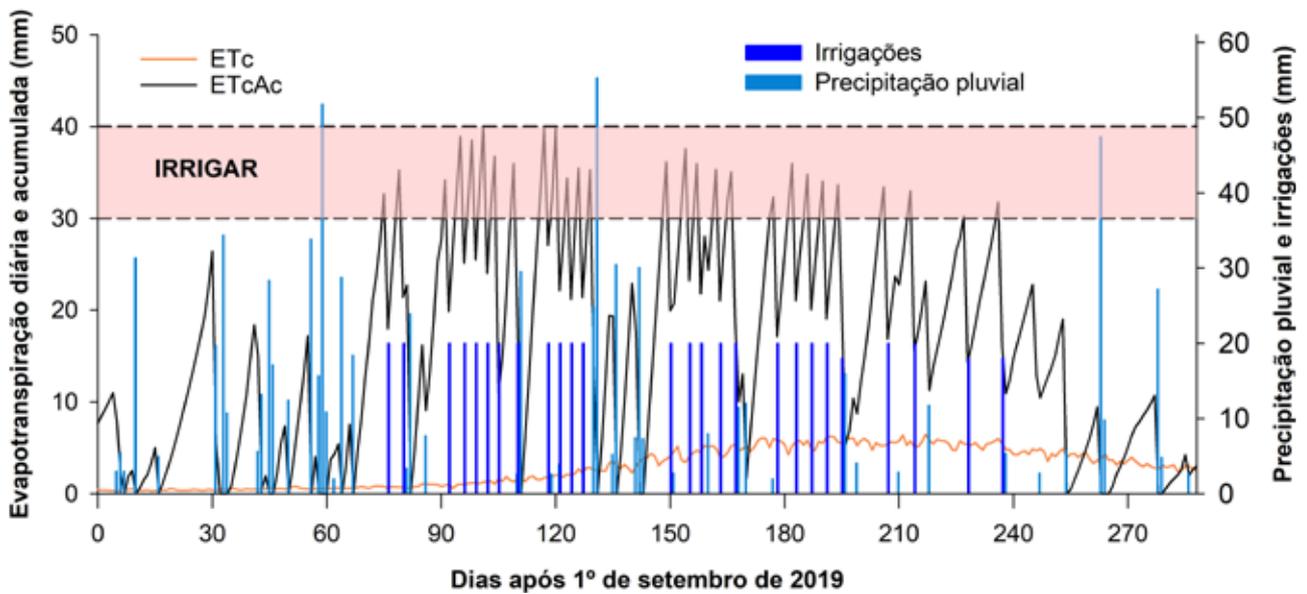


Figura 12. Simulação da necessidade de irrigação pelo balanço hídrico meteorológico, para plantas de noqueira-pecã adultas, no município de Santa Maria, RS, considerando a precipitação pluvial ocorrida no ano agrícola 2019/2020.

• Métodos combinados do manejo da irrigação

Existe uma série de metodologias que podem ser utilizadas em nível de produtor para indicar de forma adequada quando e quanto irrigar, para evitar o déficit hídrico ou o desperdício de água. Sensores de umidade do solo podem ser úteis para indicar o momento de irrigar, em tempo real ou próximo do real, entretanto, precisam ser acompanhados de um sistema de transmissão por telemetria ou chip *General Packet Radio Service* (GPRS), disponibilizados por operadores de telefonia celular, para que o usuário possa acompanhar a situação da umidade no solo do perfil, em tempo real ou quase real.

Ultimamente, o chamado balanço hídrico combinado tem sido utilizado visando melhorar o manejo da irrigação. O balanço hídrico combinado consiste em associar sensores de umidade do solo e dados meteorológicos para fazer o balanço hídrico do solo. Por esse método, alguns sensores de umidade do solo são utilizados e, concomitantemente, a evapotranspiração da cultura (ET_c) é calculada a partir da associação da $ET_o \cdot K_c$. Assim, o balanço hídrico é calculado estabelecendo o total de água disponível (TAD) e a água prontamente disponível (CAD) para cada solo. Posteriormente, calcula-se a ET_c diária ($ET_c = ET_o \cdot K_c$) e, mediante um procedimento simples, semelhante ao extrato de uma conta bancária, faz-se o balanço da água que entra no sistema (chuva + irrigação) e das saídas (ET_c), até que a CAD seja esgotada. Nesse caso, os sensores de umidade servem como um parâmetro de checagem, visando acarrear se, na prática, a estimativa da ET_c está refletindo o consumo de água pelas plantas, em cada estágio de desenvolvimento. Um esquema do balanço hídrico combinado é apresentado na Figura 13.

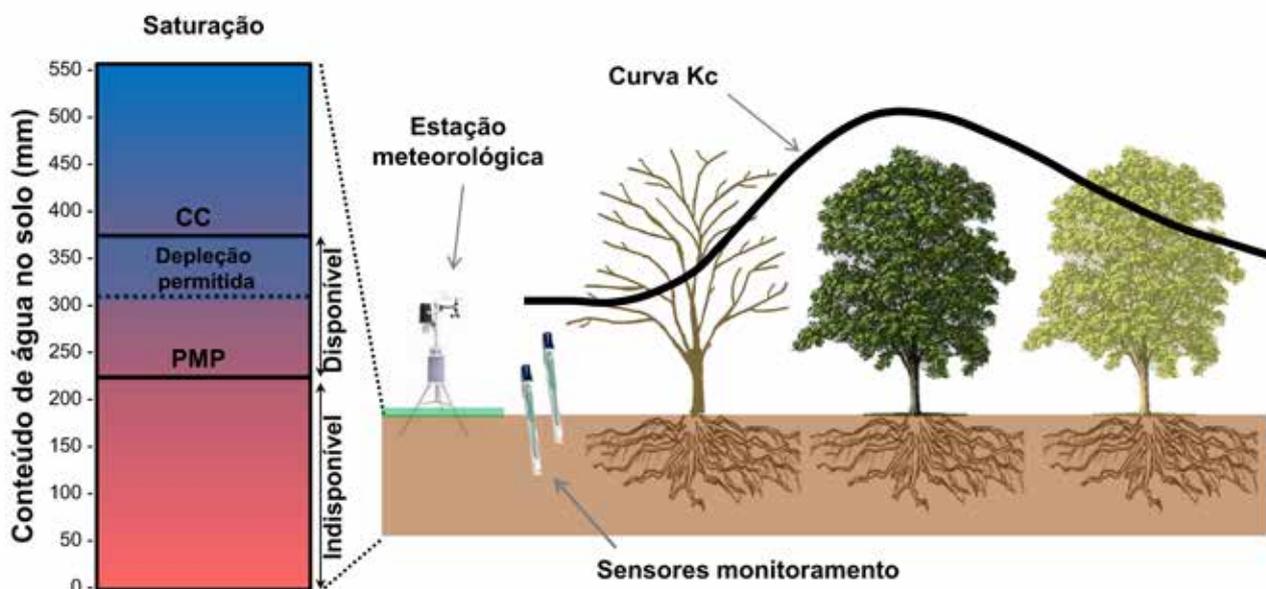


Figura 13. Representação gráfica de um balanço hídrico combinando sensores de umidade + evapotranspiração da cultura (ET_c) para a determinação do momento de irrigar o pomar de noqueira-pecã. A ET_c (estimada através da metodologia ET_o-K_c) e sensores de umidade tipo Watermark® são combinados para melhorar o gerenciamento da irrigação.

Ilustração: Juliano Dalcin Martins

Sistemas de irrigação

A agricultura e a pecuária são atividades que necessitam de volume considerável de água para produzir, e maneiras de melhorar a eficiência de uso, mediante o manejo da irrigação, são cada vez mais necessárias (Gu et al., 2020). Entende-se por adequado manejo de irrigação aquele que supre as necessidades hídricas da cultura durante todo o ciclo, de maneira integral ou suplementar.

Embora a irrigação por superfície ainda seja o mais comum dos métodos de irrigação, sendo responsável por aproximadamente 85% da área total irrigada (FAO, 2020), a irrigação por aspersão, principalmente por pivô central, tem crescido em larga escala, sobretudo nos países desenvolvidos, devido à facilidade de operação e automação, além de reduzido custo operacional. No Brasil, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), a área total irrigada é de aproximadamente 7 milhões de hectares, distribuídos entre os diferentes métodos: superfície (21%), aspersão (48%), localizada (24%) e demais métodos (7%).

Para a irrigação de culturas perenes, sobretudo árvores, a irrigação por aspersão representa uma série de desvantagens, principalmente pela dificuldade de operação, devido à altura de plantas adultas de noqueira-pecã. Recentemente, a irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) tem sido largamente recomendada para irrigar culturas perenes, por possibilitar a aplicação próximo à planta, significando melhor aproveitamento da água, resultando em aumento de produtividade.

A escolha do sistema de irrigação depende de uma série de fatores, entre técnicos e econômicos. Como fatores técnicos, tem-se a disponibilidade de água de qualidade para irrigação, condições topográficas da área, características de solo (infiltração e capacidade de retenção de água), condições climáticas (precipitação/evapotranspiração), estágio fenológico da cultura, densidade de plantio, altura dos primeiros galhos e operações agrícolas. Por sua vez, para fatores econômicos, podemos considerar os custos iniciais, de operação e manutenção e a durabilidade do sistema.

Em princípio, todos os sistemas de irrigação se aplicam à irrigação da nogueira-pecã, entretanto, a escolha do sistema deverá atender aos fatores técnicos e econômicos, de forma a maximizar a eficiência e minimizar os custos de investimento e operação, ao mesmo tempo em que se mantêm as condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

O sistema de irrigação deve atender as necessidades hídricas do pomar de nogueira-pecã, desde a sua implantação até a fase adulta. Portanto, alguns fatores devem ser considerados para a escolha do sistema de irrigação. O principal é o tipo de solo, no que diz respeito a sua capacidade de retenção de água e velocidade de infiltração básica (VIB). De acordo com Pereira e Trout (1999), para solos com alta VIB, o método que melhor se adapta é a aspersão; para solos com capacidade de infiltração baixa ou muito baixa, a irrigação por superfície é muitas vezes recomendada, em detrimento de outros. A irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) tem a grande vantagem de ser aplicável a qualquer textura de solo ou declividade e poder ser adaptada para diversas condições de VIB.

Outro ponto importante é a população de plantas. Os pomares de nogueira-pecã são cultivados em espaçamentos e densidades de plantios variados, desde 25 a mais de 250 plantas por hectare, devendo-se ajustar o sistema de irrigação a essas características. A disponibilidade de água é um fator que deve ser considerado. Assim, se o local onde o pomar estiver instalado apresentar restrição de água e escassos recursos hídricos, a opção será utilizar sistemas de irrigação com maior eficiência de aplicação de água, especialmente métodos de irrigação localizada, descartando qualquer sistema de irrigação por superfície.

Os sistemas de irrigação também devem prever a realização de práticas e operações agrícolas; nesse sentido, o sistema de irrigação não deve interferir nessas operações. Por exemplo, sistema de irrigação que possam dificultar a operação de colheita, quando essa for mecanizada.

• Gotejamento

Na irrigação por gotejamento, a água é aplicada ao solo, próximo à região radicular, em pequenas intensidades, porém, com alta frequência, de modo a manter a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo (Bernardo et al., 2011). A irrigação por gotejamento tem como característica principal a utilização de pequenas vazões a baixas pressões, sem umedecer o solo na totalidade (Yagüe, 1998). É um dos mais eficientes métodos no uso da água, pois é capaz de aproveitar entre 90% e 95% dos recursos hídricos. Suas vantagens não só vêm do ponto de vista do uso da água, mas também no uso de energia, requerendo apenas 1 bar a 3,5 bar como pressão de trabalho.

Por ser um sistema com maior eficiência, supõe menor consumo de água. No entanto, o projeto da instalação e a disposição dos gotejadores deve garantir o suprimento necessário e a homogeneidade na distribuição da água. Como parâmetro, o volume de solo a ser umedecido em uma irrigação localizada deve ser no mínimo 30% da superfície de projeção do dossel das árvores, que varia com a idade. Isso pressupõe que o número de emissores aumentará até a fase adulta da planta.

É importante, mencionar que, por vezes, mais de uma linha lateral com emissores pode ser utilizada para atender a demanda da planta. Para determinar o número exato de emissores por planta, um teste de infiltração deve ser realizado, permitindo testar espaçamentos diferentes entre os gotejadores na mesma linha e entre linhas. Esse fator dependerá também da vazão do gotejador. A vazão dos gotejadores pode variar de 1 a 4 litros/hora, a depender do número de gotejadores por planta e do comprimento da linha lateral. O número de gotejadores para uma planta adulta pode variar de 8 a 16 gotejadores, dependendo da vazão do gotejador

A utilização de mais de uma linha lateral possibilitará um desenvolvimento radicular mais amplo, principalmente em regiões de pouca precipitação. Assim, se permitirá aplicação de água em uma região maior, proporcionando, assim, maior contato com o sistema radicular. Da mesma forma, possuir muitas linhas laterais sobre o solo pode se tornar um problema durante a colheita, principalmente se for mecanizada. Em alguns casos, há a necessidade de mover as linhas laterais, para não danificá-las com a passagem da máquina. Embora essa medida exija um custo adicional, isso é compensado pelos benefícios gerados pela irrigação.

Durante o estabelecimento das árvores jovens, utiliza-se uma linha de gotejamento na superfície do solo. Com o aumento da demanda (árvores de 3 a 5 anos), instala-se uma segunda linha de gotejamento (de preferência, em subsuperfície), e a primeira linha de gotejamento permanece em sua posição. Essas linhas podem ser afastadas do tronco, à medida que a planta vai crescendo. Uma terceira e quarta linha de gotejamento podem ser adicionadas quando as árvores atingirem 10 anos (Figuras 14A, 14B, 14C e 14D).

Melhores resultados podem ser obtidos com as duas linhas laterais iniciais, pois isso oferece uma boa alternativa para crescimento inicial mais rápido. Destaca-se também que essas linhas de gotejadores podem ser enterradas, no entanto, isso exige constante manejo, devido ao risco de entupimento dos gotejadores.

O espaçamento entre gotejadores pode variar de 0,5 m a 1,0 m entre os gotejadores (a depender do tipo de solo). Para gotejadores com vazão maior, pode-se utilizar um maior espaçamento. Os gotejadores com vazão menor levam mais tempo para aplicar a lâmina de irrigação desejada.

• Microaspersão

No sistema microaspersão, a água é pulverizada sobre a superfície do solo, como na aspersão, mas produzindo áreas molhadas pequenas e localizadas próximo às plantas. A vazão desse sistema de irrigação é de 20 L/ha a 160 L/ha, com diâmetro de alcance dos emissores variando de 1,5 m a 10 m, e uma pressão de operação de 1 bar a 4 bar.

A microaspersão é um sistema de irrigação muito utilizado em pomares de noqueira-pecã, por possuir vantagens que beneficiam o desenvolvimento de pomares. Esse sistema é um pouco menos eficiente que a irrigação por gotejamento em termos de uso da água, devido à interferência dos ventos na aplicação, considerando-se, em geral, 85% de eficiência. Por outro lado, o sistema permite melhor desenvolvimento radicular, porque a área molhada é maior que a área molhada por um gotejador. No caso do sistema de irrigação por microaspersão, devem ser utilizados um ou dois emissores por planta (dependendo do espaçamento e diâmetro de alcance), com vazão entre 20 L e 50 L por hora. A escolha final deve ser feita com base no catálogo do equipamento, nas condições do pomar e de acordo com a demanda de água (Figuras 14E, 14F e 14G).

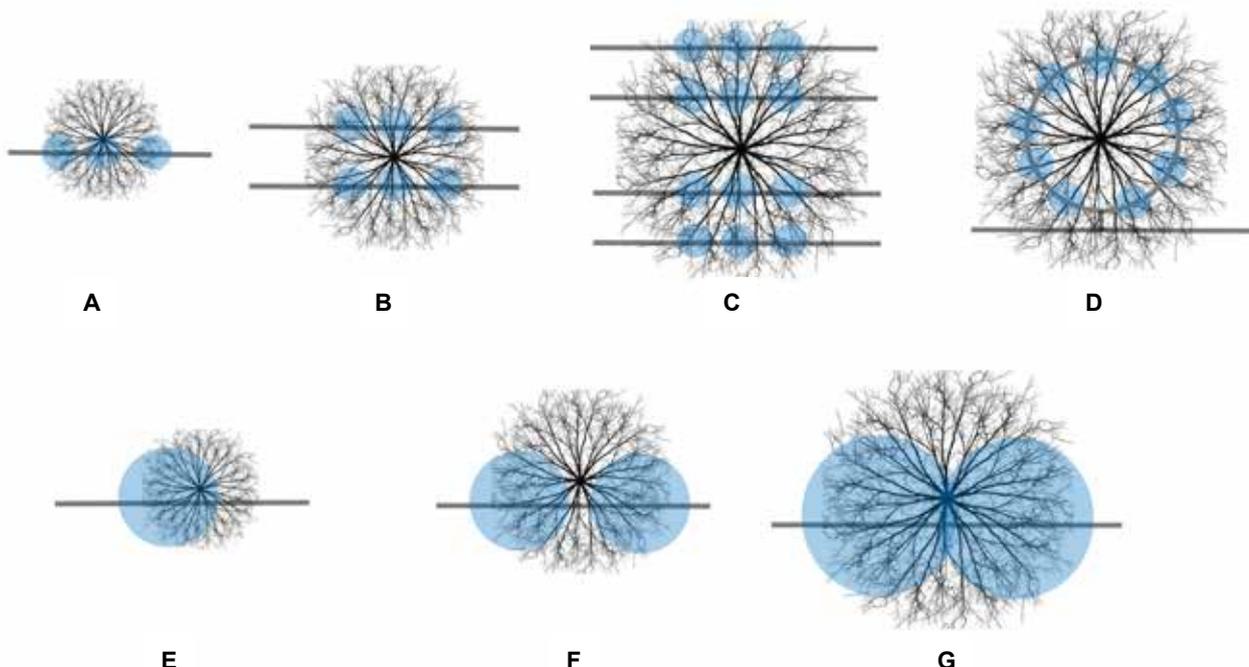


Figura 14. Representação gráfica das linhas laterais de sistema de irrigação por gotejamento em noqueira-pecã: uma linha lateral por fileira de plantas (A); duas linhas laterais por plantas (B) e quatro linhas laterais por plantas (C). Linha lateral com derivação de gotejadores que circulam a planta (D). Sistema de irrigação por microaspersão em noqueira-pecã: Plantas jovens com um microaspersor (E); adição de outro microaspersor (F); substituição do microaspersor por outro de maior vazão e diâmetro molhado (G).

O desafio em sistemas de irrigação por microaspersão é implementar um projeto que atenda as necessidades hídricas de plantas jovens e adultas. Assim, ao se instalar um sistema de irrigação, deve-se prever as necessidades e demanda da árvore adulta. No entanto, alguns componentes do sistema podem ser alterados à medida que as árvores crescem, como filtros e bombas. Entretanto, as linhas principais, linhas de derivação e linhas laterais devem estar prontas para o sistema adulto. Uma alternativa para ir atendendo a crescente demanda hídrica da planta ao longo de seu desenvolvimento é ir adicionando microaspersores na linha lateral e/ou substituindo microaspersores por outros de maior vazão.

Do ponto de vista operacional a microaspersão é um sistema que não interfere nas operações agrícolas, como a colheita mecanizada. Visto que é somente uma linha lateral (geralmente enterrada), que passa pela fileira alinhada com os troncos. Entre as desvantagens envolvidas em seu uso, apresenta problemas, devido ao fato do emissor por vezes ficar encoberto por plantas, o que interfere na distribuição do jato de irrigação. Além disso, esse sistema possui uma exigência de pressão de trabalho mais alta que a irrigação por gotejamento, o que implica um custo operacional mais elevado.

• Irrigação por superfície

Nesse método, a água é aplicada diretamente na superfície do solo. Consiste basicamente em inundações temporárias de parte do pomar, permitindo que a água entre no solo, ou a água é aplicada em sulcos ou faixas, ao ser conduzida por esses sulcos, a água vai infiltrando lentamente e umedecendo a zona radicular.

Para a aplicação desse sistema, é necessário ter grande quantidade de água, uma vez que sua eficiência é geralmente baixa. A capacidade de infiltração e retenção de água é muito importante na possibilidade de uso desse sistema (Madero et al., 2017), exigindo baixa capacidade de infiltração e elevada capacidade de armazenamento de água. Esse tipo de irrigação também requer, na maioria dos casos, uma sistematização prévia da área, para que seja possível formar a lâmina de água sobre o solo (inundação) ou que apresente uma inclinação adequada que garanta o avanço da água através dos sulcos ou faixas. Caso contrário, será extremamente difícil controlar a irrigação e realizá-la de maneira uniforme.

A irrigação por superfície também pode representar um incômodo durante a colheita, independentemente de ser manual ou mecanizada. Além disso, com esse sistema de irrigação, perde-se a possibilidade de fertirrigação, o que significa um aumento nos custos do produtor. Embora a irrigação por sulco e alagamento (inundação) seja utilizada em outros países, como Estados Unidos e México, no Brasil não é empregada para a noqueira-pecã.

• Irrigação por aspersão

Nesse sistema de irrigação, a água é conduzida em tubulações pressurizadas por um sistema de bombeamento até aspersores, que aplicam a água sobre a superfície. Essa tubulação e aspersores podem ser fixos, móveis e portáteis. Os sistemas de aspersão incluem o sistema pivô, sistemas autopropelidos ou canhões e a aspersão convencional.

Embora as plantas de noqueira-pecã sejam altas e dificultem uma aplicação sobre a folhagem, aspersores subcopa, instalados na superfície do solo, podem ser utilizados. Seu uso envolve a presença de aspersores de longo alcance, normalmente colocados entre as plantas, o que permite uma aplicação de água em quase 100% da área. Uma das vantagens da aspersão é a possibilidade de usar o sistema para molhar pastagens em pomares consorciados. Como os aspersores usados têm um bocal muito maior que o microaspersor, o problema de um potencial obstruído é eliminado. Além disso, operam com uma taxa de aplicação superior à do microaspersor.

Considerações finais

A noqueira-pecã é uma frutífera que não suporta solos com excesso de umidade por períodos prolongados. No entanto, é sensível ao déficit hídrico, sobretudo no período de frutificação, o que, além de afetar a produção anual, reflete-se nos ciclos produtivos subsequentes. Isso é constatado especialmente nos anos do fenômeno climático La Niña, tal como tem ocorrido nos últimos anos no Sul do Brasil, que influenciou severamente a produção e a qualidade de nozes. Isso remete à necessidade de programa de manejo de água no nogueiral, seja por práticas de conservação da água e/ou pelo uso de técnicas de irrigação. Ressalta-se, nesse sentido, a necessidade de articulação da cadeia produtiva e a mobilização de instituições públicas e privadas de criar mecanismos de promoção da adoção de sistemas de irrigação e das práticas de manejo da água compatíveis com a realidade das propriedades brasileiras.

Nesse contexto, torna-se crucial investir no desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que assegurem o uso racional da água nos pomares de noz-pecã, sob pena de comprometer a sustentabilidade econômica e ambiental desse importante segmento para produção de alimentos.

Referências

- AGAM, N.; EVETT, S. R.; TOLK, J.; KUSTAS, W. P.; COLAIZZI, P. D.; ALFIERI, J. G.; McKEE, L. G.; COPELAND, K. S.; HOWELL, T. A.; CHÁVEZ, J. L. Evaporative loss from irrigated inter rows in a highly advective semi-arid agricultural areas. **Advances in Water Resources**, v. 50, p. 20-30, dez. 2012.
- AKKUZU, E.; SHENG, Z., MICHELSEN, A., RODRIGUEZ, O.; KING, J. Diurnal variation of canopy temperature differences and leaf water potential of field-grown olive (*Olea europaea* L. cv. Memecik) trees. **Philippine Agricultural Scientist**, v. 93, n. 4, p. 399-405, 2010.
- ALGHORY, A.; YAZAR, A. Evaluation of crop water stress index and leaf water potential for deficit irrigation management of sprinkler-irrigated wheat. **Irrigation Science**, v. 37, n. 1, p. 61-77, out. 2019.
- ALLEN, R. G.; PRUITT, W. O.; RAES, D.; SMITH, M.; PEREIRA, L. S. Estimating evaporation from bare soil and de crop coefficient for the initial period using common soils information. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 131, n. 1, p.1-10, 2005.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Fao, 1998. (FAO Irrigation and drainage paper, 56).
- ANA. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil no 2013**. 2018. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/>. Acesso em: 15 mar. 2020.
- AQUASTAT: FAO's Global Information System on Water and Agriculture FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/aquastat/en/>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- BERGAMASCHI, H.; WHEELER, T. R.; CHALLINOR, A. N. J.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Maize yield and rainfall on different spatial and temporal scales in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 603-613, maio 2007.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 625 p.
- CALL, R. E.; GIBSON, R.; KILBYET, M. W. **Pecan production guidelines for small orchards and home yards**. Tucson: College of Agriculture and Life Sciences: University of Arizona, 2006. 12 p.
- CAMPBELL, G. S.; CAMPBELL, M. D. Irrigation scheduling using soil moisture measurements: Theory and practice. **Advances in Irrigation**, v. 1, p. 25-42, 1982.
- CAMPBELL SCIENTIFIC. Disponível em: <https://www.campbellsci.com.br/cs616-reflectometer>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; TROIS, C. The use of a meteorological station network to provide crop water requirement information for irrigation management. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v. 293, p. 19-27, 2009.
- DE MARCO, R. **Fenologia, xenia e irrigação na produção de frutos de noqueira-pecã Pelotas**. 2020. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.
- FERNANDEZ, J. E.; CUEVAS, M. V. Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, n. 2, p. 135-151, 2010.
- FERRAREZI, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R.; ZEPEDA, S. G. C. Performance of Soil Moisture Sensors in Florida Sandy Soils. **Water**, v. 12, n. 2, p. 358, jan. 2020.

- GANJEGUNTE, G. K.; SHENG, Z.; CLARK, J. A.; JOHN, A. C. Evaluating the accuracy of soil water sensors for irrigation scheduling to conserve freshwater. **Applied Water Science**, v. 2, n. 2, p. 119-125, fev. 2012.
- IDSO, S.; ACKSON, R. J.; PINTER, P.; REGINATO, R.; HATFIELD, J. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. **Agricultural Meteorology**, v. 24, p. 45-55, 1981.
- IRMAK, S.; PAYERO, J. O.; VAN De WALLE, B.; REES, J.; ZOUBECK, G.; MARTINS, D. L.; KRANZ, W. L.; EISENHAUER, D. E.; LEININGER, D. **Principles and operational characteristics of watermark granular matrix sensor to measure soil water status and its practical applications for irrigations management in various soil textures**. Lincoln: University of Nebraska, 2014. (Extension Publications, EC783).
- IRROMETER COMPANY – Soil Water Management Since. Disponível em: <https://www.irrometer.com/>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- JABRO, J. D.; STEVENS, W. B.; IVERSEN, W. M.; ALLEN, B. L.; SAINJU, U. M. Irrigation Scheduling Based on Wireless Sensors Output and Soil-Water Characteristic Curve in Two Soils. **Sensors**, v. 20, n. 1338, p. 1-11, 2020.
- JONES, H. G. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 407, p. 2427-2436, 2004.
- KOOL, D.; AGAM, N.; LAZAROVITCH, N.; HEITMAN, J. L.; SAUER, T. J.; BEN-GAL, A. A review of approaches for evapotranspiration partitioning. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 184, p. 56-70, 2014.
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Koppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.
- LAMERS, J.; VAN DER MEER, T.; TESTERINK, C. How Plants Sense and Respond to Stressful Environments. **Plant Physiology**, v. 182, n. 4, p. 1624-1635, 2020.
- LIU, Y.; SHENG, Z. Soil Moisture Status in an Irrigated Pecan Field. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 139, n. 1, p. 26-40, 2013.
- LOCKWOOD, D. W.; SPARKS, D. Translocation of ^{14}C in 'Stuart' pecan in the spring following assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ during the previous growing season. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 103, n. 1, p. 38-45, 1978.
- MADERO, E. R.; TRABICHET, F. C.; PEPÉ, F.; WRIGHT, E. **Manual de manejo del huerto de nogal pecán**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2017. 94 p.
- MARTINS, J. D.; RODRIGUES, G. C.; PAREDES, P.; CARLESSO, R.; OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E.; PETRY, M. T.; PEREIRA, L. S. Dual crop coefficients for full and deficit irrigated maize in southern Brazil: model calibration and validation for sprinkler and drip irrigation and mulched soil. **Biosystems Engineering**, v. 115, n. 3, p. 291-310, 2013.
- PAYERO, J. O.; IRMAK, S. Variable upper and lower crop water stress index baselines for corn and soybean. **Irrigation Science**, v. 25, n. 1, p. 21-32, 2006.
- PEREIRA, L. S.; TROUT, T. J. Irrigation methods. In: VAN LIER, H. N.; PEREIRA, L. S.; STEINER, F. R. (ed.). **CIGR Handbook of Agricultural Engineering**. St Joseph: ASAE, 1999. p. 297-379. (Land and Water Engineering, v. 1).
- PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G.; SMITH, M.; RAES, D. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: past and future. **Agricultural Water Management**, v. 147, p. 4-20, 2015.
- POÇAS, I.; RODRIGUES, A.; GONÇALVES, S.; COSTA, P. M.; GONÇALVES, I.; PEREIRA, L. S.; CUNHA, M. Predicting Grapevine Water Status Based on Hyperspectral Reflectance Vegetation Indices. **Remote Sensing**, v. 7, p. 16460-16479, 2015b.
- RITCHIE, J. T. Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. **Plant and Soil, Dorbrecht**, v. 58, p. 81-96, 1981a.
- RITCHIE, J. T. Soil water availability. **Plant and Soil, Dorbrecht**, v. 58, p. 327-338, 1981b.
- SAMMIS, T. W.; MEXAL, J. G.; MILLER, D. Evapotranspiration of flood irrigated pecans. **Agricultural Water Management**, v. 69, n. 3, p. 179-190, 2004.
- SIERRA, E. M.; PEREZ, S. P.; CASAGRANDE, G.; VERGARAR, G. Efecto del ENSO sobre las precipitaciones del trimestre noviembre-enero (1981/1998) en el centro este de la provincia de la Pampa, Argentina. **Revista Agronómica de Agrometeorología**, v. 1, n. 2, p. 83-87, 2001.
- SMITH, M. W.; BOURNE, R. B. Seasonal effects of flooding on greenhouse grown seedling pecan trees. **HortScience**, v. 24, p. 81-83, 1989.
- SPARKS, D. Rainfall governs pecan stand homogeneity in Native, wild habits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 5, p. 860-868, 2002.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 38 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

WANG, J.; SAMMIS, T. W.; ANDALIS, A. A.; SIMMONS, L. J.; GUTSCHICK, V. P.; MILLER, D.R. Crop coefficients of open-canopy pecan orchards. **Agricultural Water Management**, v. 88, n. 1-3, p. 253-262, 2007.

WELLS, L. **Southeastern Pecan Grower's Handbook**. Athens: University of Georgia. 2017. 236 p.

WOODROOF, J. G.; WOODROOF, N. C. Pecan root growth and development. **Journal of Agricultural Research**, v. 49, p. 511-530, 1934.

YAGÜE, J. L. F. **Técnicas de riego**. 3. ed. Madrid: Ministerio de Agriculture, Pesca Y Alimentación, 1998. 471 p.

YIMAM, Y. T.; OCHSNER, T.; KAKANI, V. G. Evapotranspiration partitioning and water use efficiency of switchgrass and biomass of sorghum managed for biofuel. **Agricultural Water Management**, v. 155, p. 40-47, 2015.

ZARCO-TEJADA, P. J.; GONZÁLEZ-DUGO, V.; WILLIAMS, L. E.; SUÁREZ, L.; BERNI, J. A. J.; GOLDHAMER, D.; FERERES, E. A PRI-based water stress index combining structural and chlorophyll effects: assessment using diurnal narrow-band airborne imagery and the CWSI thermal index. **Remote Sensing of Environment**, v. 138, p. 38-50, 2013.

ZIPPER, S. C.; QIU, J.; KUCHARIK, C. J. Drought effects on US maize and soybean production: spatiotemporal patterns and historical changes. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 09, p. 1-12, 2016.

Capítulo 15

Poda

Marcelo Barbosa Malgarim
Cristiano Geremias Hellwig
Horacy Fagundes da Rosa Junior
Vagner Brasil Costa
Carlos Roberto Martins

Introdução

A poda é uma prática de manejo fundamental de ser realizada em muitas espécies frutíferas, especialmente nas caducifólias, nas quais é o manejo mais importante. A poda consiste basicamente na remoção de ramos ou partes de ramos para modificar o crescimento e desenvolvimento das árvores. Em noqueira-pecã, a necessidade dessa prática não é diferente; sua execução, quando realizada com os devidos cuidados e exigências quanto as suas fases e objetivos, determinará o sucesso da produção de nozes.

O principal objetivo da poda em noqueira-pecã é estruturar a árvore para suportar a carga de frutos e expor a máxima área foliar à iluminação solar direta. Além disso, com a poda, busca-se conduzir a árvore em líder central, principal forma de condução, em que nos primeiros anos busca-se o desenvolvimento de uma haste principal ou eixo central, com ramos fortes espaçados, com ângulos de inserção maior que 45 graus (Madero, 2017; Wells, 2017). Quando bem executada, a poda permite uma série de benefícios, que vão desde a correta formação das plantas, menor incidência de doenças até obtenção de produção mais precoce, com frutos maiores, e menor oscilação de produtividade durante os anos, diminuindo assim a alternância de produção.

A poda deve ser executada desde o momento do plantio, estendendo-se até o terceiro ou quarto ano, quando ainda se procura conduzir a planta em forma de líder central. Após a planta passar por esses anos de formação, a partir do quarto, quinto ou sexto ano (dependendo da intensidade da poda, nos anos anteriores), deve-se realizar anualmente a poda de frutificação e a poda de limpeza (Hamann et al., 2019). A grande dificuldade em noqueirais adultos é o tamanho que as árvores atingem com o passar dos anos, o que implica mão de obra capacitada e o uso de máquinas e equipamentos adequados.

A poda deve ocorrer desde o primeiro ciclo da cultura para que se consiga adequada formação da estrutura produtiva e, dessa forma, sejam minimizados trabalhos corretivos posteriores que dificultem ou encareçam o manejo do pomar.

Pode-se classificar a poda, quanto à época de realização, em poda de inverno e poda de verão ou poda verde. De acordo com a sua finalidade, a poda pode ser dividida em: poda de formação, poda de frutificação e poda de renovação ou abertura.

Princípios fisiológicos da poda

Em fruticultura, a poda tem por finalidade principal obter da planta a maior produção de melhores frutos e com máxima regularidade. Podem-se estabelecer sete objetivos principais da poda, os quais, em última análise, visam melhorar a planta em algum aspecto de interesse agrônômico, quais sejam: 1) modificar o vigor da planta; 2) produzir mais frutos e melhor; 3) manter a planta em um porte conveniente ao seu trato e manejo; 4) modificar a tendência da planta em produzir mais ramos frutíferos que vegetativos ou vice-versa; 5) conduzir a planta a uma forma adequada; 6) suprimir ramos supérfluos, ladrões, doentes e mortos; 7) regular a alternância das safras, de modo a obter anualmente colheitas médias com regularidade (Giulivo, 2011; Jackson et al., 2011).

Dos objetivos enunciados pode-se concluir que as plantas frutíferas necessitam de modalidades de poda bem diversas, consideravelmente distintas umas das outras, em conformidade com a função que cada uma exerce sobre a planta.

A prática da poda está inteiramente baseada em princípios da fisiologia vegetal. Este capítulo discorre sobre os princípios da fisiologia das plantas que regem a execução das podas.

As raízes das plantas frutíferas extraem do solo a água, a qual contém, em solução, os sais minerais para a nutrição da planta. Tal solução constitui a seiva bruta, que sobe pelos vasos do xilema até as folhas. Nas folhas, mediante incidência de luz, ao perder água por transpiração, a seiva bruta passa por diversas atividades metabólicas, tornando-se seiva elaborada. Essa circula pela planta toda, pela periferia, na parte mais externa do tronco e dos ramos, pelos vasos do floema, nutrindo todos os órgãos e determinando seu crescimento e evolução, viabilizando o desenvolvimento das raízes, o crescimento dos brotos, ramos, folhas e gemas, a floração e a frutificação (Taiz et al., 2017; Marini, 2020).

Nos primeiros anos de vida, as jovens frutíferas utilizam toda a seiva elaborada no seu próprio crescimento. Depois que a planta atingiu considerável arcaibouço lenhoso, tronco forte, copa expandida e raízes bem desenvolvidas, então começa a haver “sobras” de seiva elaborada, que são armazenadas na planta, na forma de reservas. Quando essas reservas atingem quantidade suficiente, tem início a frutificação (Kerbaudy, 2019; Marini, 2020).

As reservas de seiva elaborada são, então, invertidas ou utilizadas na diferenciação de gemas vegetativas em gemas frutíferas, que formarão as futuras flores e frutos. Com esse desvio para a frutificação, cessa quase completamente o crescimento das raízes e da copa. Há, portanto, algum antagonismo entre a frutificação e a vegetação. Isto é, enquanto a planta desenvolve ativamente a sua expansão vegetativa, como acontece nos indivíduos novos, não há saldo de seiva elaborada para ser aplicado na frutificação. Quando, entretanto, a planta vai se aproximando do seu porte e proporções específicos, o referido saldo vai surgindo e sendo depositado nos ramos como reservas, que serão mais tarde aplicadas para diferenciar as gemas de folhas em gemas de fruto (Taiz et al., 2017; Kerbaudy, 2019).

Havendo grande demanda de tais reservas, a planta fica sem saldo de seiva elaborada para, no ano seguinte, formar novas gemas de fruto. A frutificação é então muito pequena, mas, como as raízes e as folhas continuam em atividade, começa a aparecer novo saldo de seiva elaborada, que é armazenado nos locais de reserva, resultando em superavit de seiva elaborada na planta. Nessas condições, grande número de gemas vegetativas se diferencia em gemas frutíferas, tornando a planta a produzir grande safra de frutos, ao mesmo tempo que vegeta pouco (Marini, 2020).

Essa inconstância entre boas safras e safras fracas é muito comum nas plantas frutíferas. No entanto, a alternância de produção é mais comum em algumas espécies do que em outras, chegando a constituir sério problema econômico. Nesse sentido, a poda seria um dos meios de superá-la. Em pomares domésticos, sem podas nem cuidados, a alternância entre os anos com frutos e os de escassez é muito frequente. A poda pode regularizar essa anomalia, eliminando ramos frutíferos nos anos de frutificação excessiva, estimulando, desse modo, a expansão do crescimento vegetativo (Jackson et al., 2011).

Segundo Giulivo (2011), as plantas não sujeitadas a podas apresentam duas importantes características:

- As plantas alcançam grande volume, porque a sua folhagem, sem sofrer restrição alguma, não somente atua como uma bomba de sucção de seiva bruta como a transforma, em grandes quantidades, em seiva elaborada. Essa é alternativamente utilizada na frutificação seguida de grande expansão do sistema radicular e da copa. Essa expansão é apenas limitada pela conformação específica da planta e pelas condições ambientais (solo, clima, etc.).
- As plantas atingem a máxima longevidade, pois a produção contínua de novas quantidades anuais de ramos, folhas e frutos que as podas provocam acaba por esgotar a planta, abreviando sua vida, o que não se verifica nos indivíduos não podados. Em contraposição, esses indivíduos apresentam os seguintes inconvenientes: frutificação inconstante, como já foi visto; fruto de qualidade inferior, tanto em tamanho como aspecto, pois a seiva que o faz desenvolver-se tem que ser distribuída por um grande número de frutos e ramos, o que não acontece nas plantas podadas; operações culturais mais difíceis, mais custosas, dada a maior altura e volume das árvores.

O combate às pragas e doenças é bastante dificultado nos indivíduos de crescimento livre, e a colheita é frequentemente antieconômica, pois a produção, além de ser de qualidade inferior, distribui-se nas pontas mais altas dos ramos. Em muitos casos de pragas e doenças, a poda constitui por si só decisivo meio de controle.

A horticultura estabeleceu alguns princípios para a prática das podas, que se baseiam em ensinamentos da fisiologia vegetal aplicados à nutrição e circulação da seiva nas plantas. Esses princípios estão baseados nas seguintes premissas:

- A seiva se dirige com maior intensidade para as partes altas e iluminadas da planta.
- A circulação da seiva é tanto mais intensa quanto mais retilíneo for o ramo e quanto mais vertical for a sua posição na copa.
- Quanto mais intensa essa circulação, mais gemas se desenvolverão em produções vigorosas de lenho e, ao contrário, quanto mais lenta a circulação da seiva, maior será o acúmulo de reservas e, conseqüentemente, maior o número de gemas que se diferenciarão em botões floríferos.
- Após o corte de uma parte da planta, a seiva refluirá para as remanescentes, aumentando-lhes o vigor vegetativo.
- Poda severa resulta sempre em ramos vigorosos, nos quais a seiva circulará com grande intensidade. As podas severas, portanto, têm geralmente a tendência de provocar maior desenvolvimento vegetativo, retardando a entrada da planta em frutificação.
- À medida que diminui a intensidade de circulação da seiva, o que ocorre após a maturação dos frutos, verifica-se uma correspondente maturação dos ramos e folhas. Nesse período, acumulam-se grandes reservas nutritivas, que são utilizadas para diferenciar as gemas vegetativas em frutíferas.

A poda é um processo que pode influenciar a fisiologia da árvore por vários anos, e muitas vezes pela vida inteira da frutífera. Para se atingir com sucesso os objetivos da poda, é necessária a consideração detalhada e o entendimento de toda a fisiologia da planta.

Segundo Faust (1989) e Jackson et al. (2011), antes da poda ser realizada, deve-se decidir quando e quão severa ela deve ser feita. As árvores podem ser podadas durante a fase de dormência ou no período vegetativo. Os resultados vão diferir de acordo com a época que a frutífera for podada. A poda pode produzir resultados distintos conforme o local em que foi realizado o corte e também o tipo de tecido removido. Se o corte remover a gema terminal ou somente tecidos jovens da extremidade da gema, a árvore responderá diferentemente.

Várias espécies e frequentemente diferentes cultivares dentro de uma mesma espécie reagem distintamente ao mesmo procedimento de poda. É evidente que o efeito da poda na fisiologia da árvore é dependente do tipo de combinação das operações realizadas.

Efeitos da poda

Efeito da poda na dominância apical

A poda realizada em gemas em crescimento ou dormentes remove a dominância apical, libera as gemas da inibição correlativa, e o crescimento resultante altera a conformação da árvore (Mika, 1986; Faust, 1989). A remoção experimental da gema apical de folhas jovens em crescimento estimula o crescimento das gemas axilares em laterais. Observa-se que os meristemas axilares são inibidos no crescimento pelo eixo principal, mas a inibição é causada pelo ápice jovem. A remoção de folhas não expandidas é suficiente para induzir o crescimento de gemas, enquanto a remoção de folhas totalmente expandidas não pode estimular o crescimento de gemas axilares (Faust, 1989; Jackson et al., 2011).

Observa-se também na árvore inteira um gradiente de potencial de crescimento similar ao das gemas. O potencial de crescimento no topo da árvore é muito maior do que na base da copa. A poda do topo da árvore produz uma forte resposta de crescimento, em comparação com a sua base (Faust, 1989; Jackson et al., 2011).

O efeito de vigor observado após a poda usualmente perdura por um ciclo, exceto quando uma árvore realmente velha tenha sido rejuvenescida pela poda. O crescimento na primavera é dependente de reservas armazenadas durante o inverno nas raízes, tronco e ramos. Podas severas removem uma considerável proporção dos meristemas ativos, sendo o crescimento total das gemas reduzido. É importante enfatizar que o efeito revigorante da poda é aplicado somente às gemas remanescentes e não ao crescimento total da árvore (Jackson et al., 2011).

Efeito da poda no crescimento da árvore

Segundo Faust (1989), é necessário considerar a época da poda, pois, quando realizada durante a dormência, é geralmente revigorante; porém, quando a poda é feita no verão, tem o efeito de diminuir o crescimento. O crescimento de novas gemas aumenta conforme a severidade da poda, sendo observado esse efeito em várias espécies frutíferas. Com base nessa experiência, as reações usuais de frutíferas após a poda de inverno são as seguintes: a) as gemas individuais que surgem em um ramo podado são mais longas do que em um ramo sem poda; b) o tamanho final de uma árvore podada não é o mesmo de uma não podada, apesar do crescimento mais rápido de suas gemas; c) a retomada do crescimento das gemas é correlacionada com o comprimento dos ramos antes da poda.

A resposta da árvore à poda é também influenciada pelo tamanho e tipo de cortes. Observa-se que numerosos pequenos cortes estimulam mais o crescimento do que poucos cortes e maiores, quando uma quantidade comparável de ramos é removida em ambos os casos (Mika, 1986; Faust, 1989).

Efeito da poda na fotossíntese

Tanto a poda de verão como a de inverno aumentam a penetração da luz na copa da árvore, o que influencia na estrutura das folhas e fotossíntese. As podas diminuem a área foliar das árvores, mas a brotação pode compensar essa perda. A poda de verão, quando feita no meio da estação ou ainda mais tarde, usualmente não causa rebrota. Dessa forma, podas feitas repetidamente nessa época diminuem a área foliar das árvores. Se um grande número de cortes severos é feito durante o período de dormência, ocorre excessivo número de rebrotes na primavera, fechando a copa da árvore e dificultando a penetração da luz (Taylor; Ferree, 1981; Faust, 1989).

A poda de inverno pode aumentar o tamanho das folhas, do mesófilo celular e o teor de clorofila por área foliar. Ela pode também prorrogar o período de abertura diária dos estômatos, pelo aumento do conteúdo de água na folha. As podas em período de dormência também influenciam na fotossíntese, pela criação de novos drenos na forma de numerosos pontos de crescimento. A poda de inverno aparentemente atrasa a senescência

das gemas. Durante a fase vegetativa, a atividade fotossintética das folhas declina vagarosamente conforme a idade. Esse tipo de poda parece proporcionar a habilidade de restaurar a atividade fotossintética a um nível alto prévio e a partir de então diminuir a taxa de declínio (Faust, 1989; Giulivo, 2011).

Efeito da poda nas reservas de carboidratos

A poda efetivamente diminui o tamanho da árvore enquanto aumenta a rebrota na copa. Espera-se que as alterações entre várias frações da copa induzidas pela poda também modifiquem as reservas de carboidratos no interior da árvore. A poda de inverno reduz o conteúdo de amido e açúcares solúveis em ramos; esse tipo de poda induz o acúmulo desses carboidratos mais tarde na estação, em comparação com árvores não podadas. Vários autores não encontraram mudanças em carboidratos nos ramos que permaneceram após a poda no período de dormência, quando esses foram analisados durante a primavera. Em experimentos de longa duração com podas de inverno, foi observado que não houve alteração na reserva de carboidratos nas folhas, gemas e raízes de algumas espécies frutíferas (Faust, 1989; Giulivo, 2011).

Observa-se que a poda de verão diminui bruscamente o peso seco das seções basais dos ramos e das raízes em proporção à quantidade de ramos removidos, enquanto o peso seco dos ramos de rebrota é influenciado em menor grau. Embora o peso seco não possa ser comparado com as reservas de carboidratos, ainda pode ser um indicador de onde essas reservas podem ser depositadas. O metabolismo de carboidratos, especialmente durante o começo do ciclo de crescimento, é diferente em frutíferas podadas e não podadas. Observa-se que árvores frutíferas podadas possuem teor de açúcares solúveis mais alto e menos amido armazenado durante o período de crescimento rápido nos primeiros 90 dias após a brotação. A deposição de amido nos ramos anuais de árvores podadas começa mais tarde, mas, após 90 dias do período de crescimento, esses níveis de amido mantêm-se (Faust, 1989; Giulivo, 2011).

Efeito da poda na frutificação efetiva

Observa-se que a poda de inverno aumenta a porcentagem de flores que formam frutos. No entanto, árvores excessivamente vigorosas podem se tornar vegetativas, com uma correspondente diminuição da frutificação. Há evidências de que a frutificação efetiva seja controlada por níveis hormonais, ou indiretamente controlada pelos fotoassimilados disponíveis, pois ramos em crescimento podem competir pelos carboidratos disponíveis. Há evidências de que o papel dos hormônios na frutificação efetiva deva ser considerado juntamente com a distribuição de nutrientes, não podendo ser analisados separadamente (Faust, 1989).

A poda de verão com o despoite de ramos pode resultar no aumento da frutificação efetiva. Ramos em crescimento são considerados drenos fortes, competindo com os frutos; assim, a remoção de ápices de crescimento dos ramos influencia na fixação de frutos, eliminando parcialmente a competição de outros drenos (Faust, 1989; Giulivo, 2011).

O sombreamento de folhas e gemas é uma das maiores causas da baixa frutificação efetiva. A remoção ou encurtamento de ramos permitirá a entrada de mais luz, principalmente no estrato inferior da copa, induzindo o crescimento de mais ramos, assim como mais flores e mais frutificação (Giulivo, 2011).

Efeito da poda na produtividade e produção anual

Em geral, a poda de inverno diminui mais a produção do que a poda de verão, sendo que muitos cortes pequenos diminuem mais a frutificação do que poucos cortes maiores, quando a mesma quantidade de matéria seca é removida (Faust, 1989; Giulivo, 2011).

Observa-se que, em frutíferas jovens, quando podadas, ocorre atraso na frutificação, sendo que vários pesquisadores recomendam o arqueamento de ramos em vez da poda para obter a estrutura desejada da planta. Em frutíferas mais velhas, o número de gemas produtivas raramente limita a produção, exceto quando a

árvore está em ano improdutivo, fenômeno observado em espécies com hábito de alternância de produção. Consequentemente, os ramos de frutíferas mais velhas podem ser podados de forma severa sem afetar significativamente a produção. A poda pode prevenir a produção excessiva em cultivares que tendem à alternância de produção e, por conseguinte, regularizá-la. A poda aumenta a produção de frutos com qualidade, melhora a coloração e tamanho, evita doenças e facilita a colheita (Faust, 1989; Giulivo, 2011).

Efeito da poda na qualidade dos frutos

A qualidade dos frutos tem sido descrita por três principais parâmetros: tamanho, coloração e qualidade para armazenamento, que está diretamente relacionada com o conteúdo de cálcio, sendo esses três fatores relacionados à poda (Faust, 1989).

A poda de inverno diminui o número de frutos por árvore e por conseguinte aumenta o tamanho individual de cada fruto, enquanto a poda de verão diminui o tamanho dos frutos (Faust, 1989; Jackson et al., 2011). As regiões sombreadas das árvores apresentam um efeito deletério na qualidade dos frutos que tem como consequência um menor tamanho de fruto, perda de coloração, níveis reduzidos de sólidos solúveis e alta concentração de ácidos (Jackson et al., 2011). A poda de verão pode, sob certas condições, diminuir o nível de fotoassimilados disponíveis para os frutos e assim reduzir o conteúdo de sólidos solúveis nos frutos (Faust, 1989).

O conteúdo de cálcio está diretamente ligado à qualidade dos frutos, sendo desejáveis práticas hortícolas que favoreçam a absorção de cálcio pelo fruto. A poda de verão remove a competição por cálcio, eliminando um forte dreno, que são os brotos jovens em crescimento, aumentando o transporte de cálcio para os frutos. Níveis adequados de cálcio nos frutos estão relacionados a sua qualidade e aumento do tempo de armazenamento (Faust, 1989).

Efeito da poda no padrão hormonal das árvores frutíferas

A poda remove partes da planta que são sítios de produção hormonal. Nesse sentido, os hormônios produzidos pelas raízes tendem a dominar, e o balanço de hormônios será alterado. A poda severa de inverno induz o crescimento vigoroso de frutíferas, acompanhado de níveis mais altos de citocininas, auxinas e giberelinas. Como resultado da poda, o conteúdo hormonal aumenta nas gemas remanescentes, mas não está claro ainda se o nível mais alto de hormônio é o resultado do crescimento vigoroso ou se o crescimento vigoroso é o resultado do maior nível hormonal (Faust, 1989).

A poda provoca ferimentos no tecido cortado quando um ramo é removido. As plantas usualmente produzem etileno nos tecidos ao redor do ferimento. O aumento temporário do etileno no tecido ferido provavelmente atinge um nível suficientemente alto para induzir a formação de gemas floríferas. É possível que uma poda não seja suficiente para produzir gemas floríferas, porque os ramos em crescimento e suas folhas jovens produzem giberelinas, que podem neutralizar o processo de formação de gemas floríferas. Talvez esse seja o motivo de serem necessárias duas ou mais podas para promover a diferenciação de gemas vegetativas em floríferas. O arqueamento de ramos na posição horizontal também aumenta o conteúdo de etileno e usualmente induz a formação de gemas floríferas (Faust, 1989).

Tipos de poda

Poda de formação

A poda de formação começa a ser realizada logo após o plantio das mudas a campo e se estende até o quinto ou sexto ano, tendo como principal objetivo a estruturação adequada das plantas. A noqueira-pecã deve ser conduzida em sistema de líder central modificado, que consiste basicamente no maior número possível de ramos laterais saindo de um líder central bem definido (Figura 1). Deve-se ter claro que a noqueira-pecã tem uma forte dominância apical, ou seja, tendência de um crescimento vigoroso de ramos verticais que inibe a formação de estruturas laterais, ocasionando má formação de ramos produtivos, caso não se efetue a poda da forma correta.



Foto: Horacy Fagundes

Figura 1. Nogueira-pecã, em fase de dormência vegetativa, conduzida no sistema de líder central.

O início da poda de formação ocorre imediatamente após o plantio das mudas (ainda no período de repouso vegetativo), entre os meses de junho a agosto. Nesse momento, poda-se a muda recém-plantada em $1/3$ a $1/2$, dependendo de sua espessura. Quanto mais intenso for o corte, maior será o crescimento vegetativo no ciclo. Na primavera-verão se retiram as brotações muito baixas para facilitar os tratos culturais e se faz o desponte do ramo principal (líder) quando o crescimento vegetativo no ciclo atingir os 80 cm. Essa poda no verão tem como objetivo induzir maior brotação lateral e ainda permitir o crescimento em diâmetro das plantas jovens (Figura 2). Com isso, ao final do primeiro ciclo de crescimento, já se deve ter plantas com um líder bem definido e ramos laterais emitidos.

Foto: Horacy Fagundes



Figura 2. Brotação lateral induzida pela poda de formação realizada no verão, em plantas jovens de noqueira-pecã.

Deve-se deixar os galhos permanentes a partir de 1,5 m do solo (Figura 3), para propiciar altura suficiente e adequada para a circulação de ar, que é benéfica para a prevenção de doenças, além de também permitir melhor circulação dos equipamentos de limpeza, colheita e pulverização (Madero, 2017).

Foto: Carlos Roberto Martins



Figura 3. Altura dos galhos estruturais definitivos (1,5 m) em plantas de noqueira-pecã.

Uma outra técnica que pode ser utilizada para melhorar o ângulo de inserção dos ramos laterais no líder é a retirada de gemas primárias no momento da poda de inverno (Figura 4). Essa técnica faz com que os ramos originados sejam de gemas secundárias que promovem a emissão de ramos mais horizontais do que aquelas formadas a partir das gemas primárias, que são mais verticais. Essa inserção de ramos laterais com ângulos menos fechados permite menor dominância apical e melhor brotação lateral desses ramos.

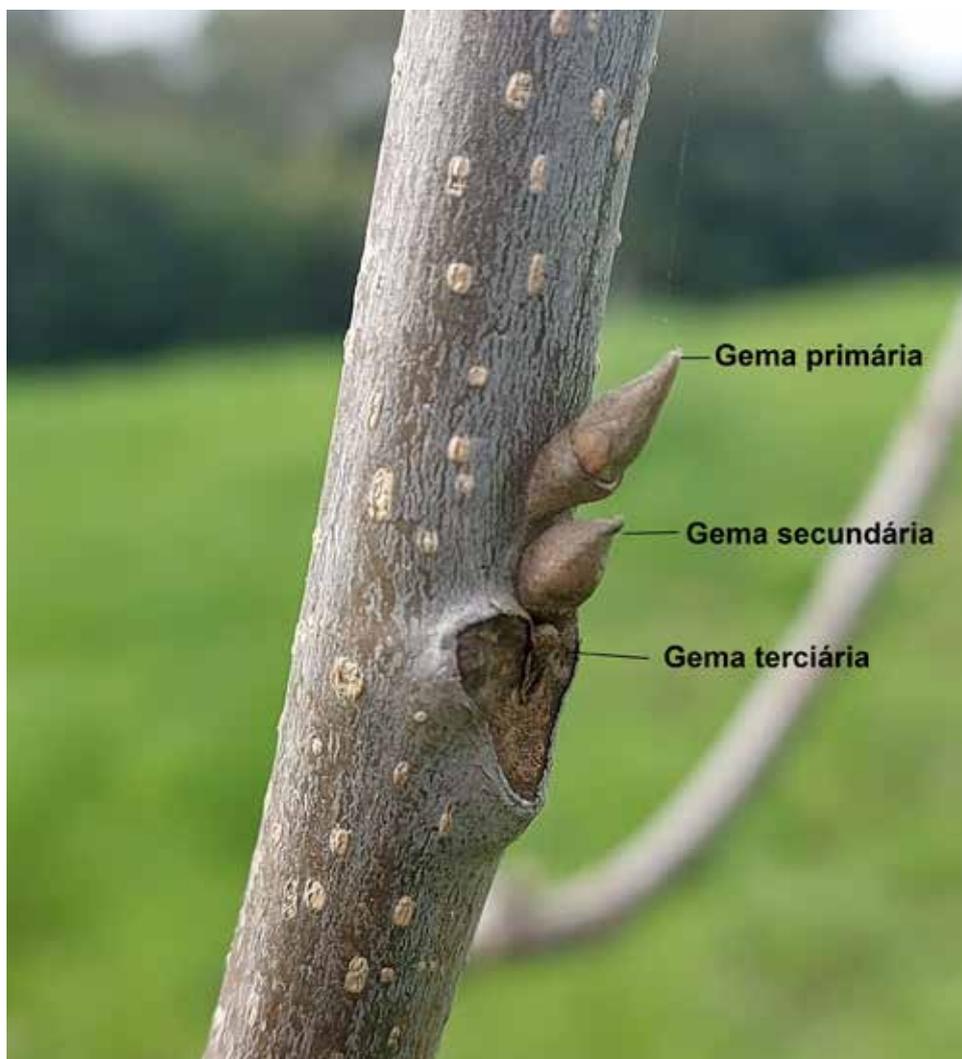


Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 4. Posição das gemas em ramo de noqueira-pecã.

Outra técnica que auxilia na formação adequada das plantas é o arqueamento de ramos (Figura 5). O arqueamento é realizado no inverno e consiste na amarração dos ramos laterais em estacas fixadas no solo para que forme um ângulo de inserção no líder de 45° a 60°, aproximadamente. Essa horizontalização promove diminuição da dominância apical e maior brotação ao longo desses ramos, diminuindo o vigor das plantas e induzindo maior formação de estruturas produtivas.

Fotos: Cristiano Geremias Helwig



Figura 5. Arqueamento de ramos em noqueira-pecã: aparência geral da planta (A) e emissão de ramilhos nos ramos submetidos ao processo no ano anterior (B).

No inverno seguinte (início do segundo ciclo de crescimento) se realiza novamente o desponte em 1/3 do líder e o dos ramos laterais que se desenvolveram no ciclo anterior. Na primavera/verão seguintes, repete-se a mesma poda do ciclo anterior, despontando o líder, quando o crescimento superar os 80 cm, e quando o crescimento de algum dos ramos laterais mais vigorosos também superar 80 cm.

Nos ciclos seguintes se mantém a lógica da poda de formação dos ciclos anteriores no inverno e no verão (Figura 6). Sua realização, no entanto, fica mais demorada, devido ao maior número de ramos presentes nas plantas e ao crescimento em altura. O resultado de um trabalho de poda bem feito se nota quando já há formação de ramilhos a partir do terceiro ciclo de crescimento da planta, evidenciando seu potencial produtivo e sua reposta positiva às intervenções de poda.

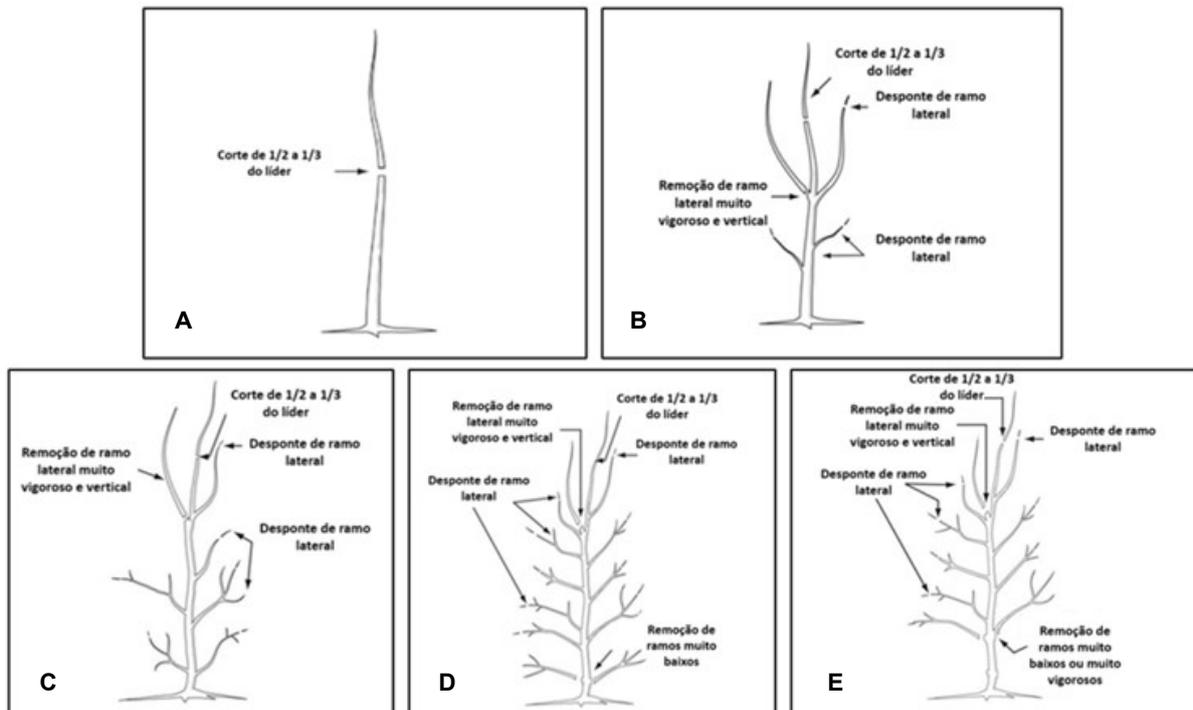


Figura 6. Esquema ilustrativo de poda de formação realizada no inverno. Poda de plantio (A), poda de 1º ano (B), poda de 2º ano (C), poda de 3º ano (D) e poda de 4º ano (E).

Fonte: adaptado de Herrera; Heerema, 2015.

Com a realização desse padrão de poda no período pré-produção de uma planta (até o 5º ou 6º ano) evita-se a formação de estruturas indesejadas, como os “pés de galinha”, e ainda a emissão de ramos com inserção fraca, que irão quebrar devido à ação de ventos, por exemplo (Figura 7). A poda de formação, se não realizada nos momentos adequados, pode promover sérios danos em plantas adultas, não só a perda de produção como também o comprometimento da estrutura da planta, pela quebra dos ramos e tronco.



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 7. Consequências da poda de formação inadequada: ramos mal posicionados e “pés de galinha” em processo de ruptura do tronco (A), árvore danificada pelo vento, devido à inserção fraca do ramo (B).

Poda de frutificação

Esse tipo de poda deve ser executado a partir do momento em que as plantas já estão arquitetadas, com líder central definido e os ramos laterais do tipo “pernadas” posicionados, ou seja, a partir do 5º ou 6º ano. O objetivo dessa poda é fazer intervenções pontuais nas plantas, de forma a preservar toda sua estrutura já desenvolvida e favorecer a entrada de ar e luz no interior da copa, além da preservação de estruturas de produção, que são os ramilhos (ramos de 5 cm a 40 cm).

Nessa poda de frutificação, que ocorre no período de dormência, eliminam-se ramos atacados por pragas e/ou doenças, ramos quebrados, ramos ladrões, ou seja, aqueles ramos muito vigorosos e dispostos verticalmente e também os ramos mal localizados na planta, como por exemplo, ramos baixos, que dificultam o manejo de colheita ou controle fitossanitário. Ainda no período do inverno, é feita a remoção de ramos laterais que tenham desenvolvimento igual ou maior do que 2/3 do diâmetro do tronco principal. Nessa etapa, se operacionalmente possível, ainda pode-se trabalhar efetuando desponete leve dos ramos laterais, com o objetivo de diminuir a dominância apical e favorecer a formação de mais estruturas laterais, como os ramilhos (Figura 8). Em plantas mais velhas e de maiores dimensões, a poda geralmente é realizada com auxílio de ferramentas como podadoras a gasolina e plataformas acopladas a tratores, que permitem cortes em alturas mais elevadas. Os objetivos da poda de frutificação em plantas de maior porte e bem formadas mantêm os mesmos, com cortes pontuais e retiradas de ramos indesejados e que atrapalham a devida formação da planta (Figura 9).

Foto: Horacy Fagundes



Figura 8. Ramilhos gerados pela poda de frutificação em noqueira-pecã.

Fotos: Horacy Fagundes



Figura 9. Plantas de noqueira-pecã com 5 anos de plantio durante o período e dormência vegetativa: antes (A) e depois (B) da poda de frutificação realizada no inverno.

Poda verde

A poda verde é realizada quando a planta está em crescimento vegetativo, ou seja, durante o período de vegetação, florescimento e frutificação da noqueira-pecã. Normalmente, é executada entre os meses de setembro a fevereiro (Fronza; Hamann, 2016). Possui como objetivo básico propiciar o arejamento da copa, permitir a entrada de luz solar e, ainda, condicionar melhor sanidade às plantas. Além disso, a poda verde, quando bem executada, complementa tanto a poda de formação, se for o caso, quanto a poda frutificação das noqueiras-pecã, auxiliando na formação da planta e no equilíbrio entre o crescimento vegetativo e os órgãos de produção.

Poda de rejuvenescimento, revitalização e/ou fitossanitária

Esse tipo de poda, também conhecido como poda de renovação, possui como premissas básicas a revitalização das noqueiras-pecã, a substituição de cultivar-copa ou, ainda, a retirada de ramos com problemas fitossanitários que comprometem a produção.

Em pomares antigos, quando apresentam sérios problemas de condução ou quando se deseja substituir a cultivar-copa, é recomendado que se faça uma poda de renovação. Em pomares onde o manejo da poda não foi realizado de maneira adequada, por meio da poda de renovação, é possível corrigir e uniformizar a produção do pomar. Para isso, realiza-se a poda drástica dos ramos, para que ocorra a emissão de brotações novas. Além disso, a poda de renovação possibilita, pela abertura da copa (Figura 10), promovida pela retirada de ramos mal posicionados, a entrada de luz no interior da planta e, conseqüentemente, a emissão de novos ramos.



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 10. Poda de renovação em noqueira-pecã para abertura da copa das árvores.

A poda visando substituir a cultivar-copa é caracterizada por uma poda drástica nas pernas da planta no período de inverno (Figura 11). Na sequência, no período vegetativo, são selecionadas brotações nessas pernas, sendo retiradas as excedentes e, por fim, sendo realizada a enxertia com a cultivar desejada um ano após a poda, nas brotações selecionadas. Essa poda com troca de cultivar-copa é utilizada quando se deseja uma cultivar mais produtiva, de melhor qualidade e/ou com tolerância a pragas e doenças.



Foto: Cristiano Geremias Hellwig

Figura 11. Poda drástica em nogueira-pecã, para posterior realização de enxertia para troca de cultivar-copa.

Existem situações em que as árvores sofreram algum dano provocado por problemas de manejo ou por ventos fortes, que ocasionaram a derrubada das plantas, quebra de ramos ou tronco principal das árvores, comprometendo a arquitetura produtiva da planta (Figura 12). Dependendo da situação, existe a necessidade de posicionar a árvore de modo assegurar o correto crescimento de novos brotos. Nesses casos, a poda de renovação possibilitará a adequada estruturação da planta de forma a não comprometer o potencial produtivo.



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 12. Poda de renovação em árvore de noqueira-pecã danificada por ventos.

Bilharva (2019), pesquisando pomar com 40 anos de idade que não vinha sendo manejado adequadamente, com o objetivo de rejuvenescer o pomar, avaliou a poda em duas intensidades, sendo retirados aproximadamente 15% da planta na poda leve e 30% da planta na poda severa. Como resultados, o autor observou aumento na produção no segundo ciclo após as podas, sendo que na poda severa foi significativamente superior (Figura 13).



Figura 13. Correlação entre a intensidade de poda e a produção no 1º e no 2º ano, após a poda de renovação em noqueiras-pecã com mais 40 anos de idade, em experimento realizado no município de Capão do Leão, RS.

Fonte: Brilharva, (2019).

Poda de abertura

A poda de abertura é realizada em pomares adultos de noqueira-pecã, principalmente naqueles de alta densidade de plantas, os quais apresentam problemas como a sobreposição de ramos e sombreamento. Esse tipo de poda tem, portanto, a finalidade de aumentar a radiação solar que chega no interior do pomar.

O sombreamento acarreta como principais problemas no pomar de noqueira-pecã o secamento de ramos basais, maior incidência de doenças e diminuição da produção. A produção em pomares adensados, caso do espaçamento 7 m x 7 m, começa a ficar prejudicada entre o 8º e o 10º ano, que é quando os ramos começam a se sobrepor, reduzindo a fotossíntese na planta, principalmente nos ramos localizados no estrato mais baixo. São justamente esses ramos da parte basal que, de acordo com Arreola-Ávila (2012), sob condições de radiação solar adequada, são mais produtivos nas plantas, o que é explicado pelo ângulo em que estão inseridos nas plantas, qual seja, mais horizontalmente (Figura 14).

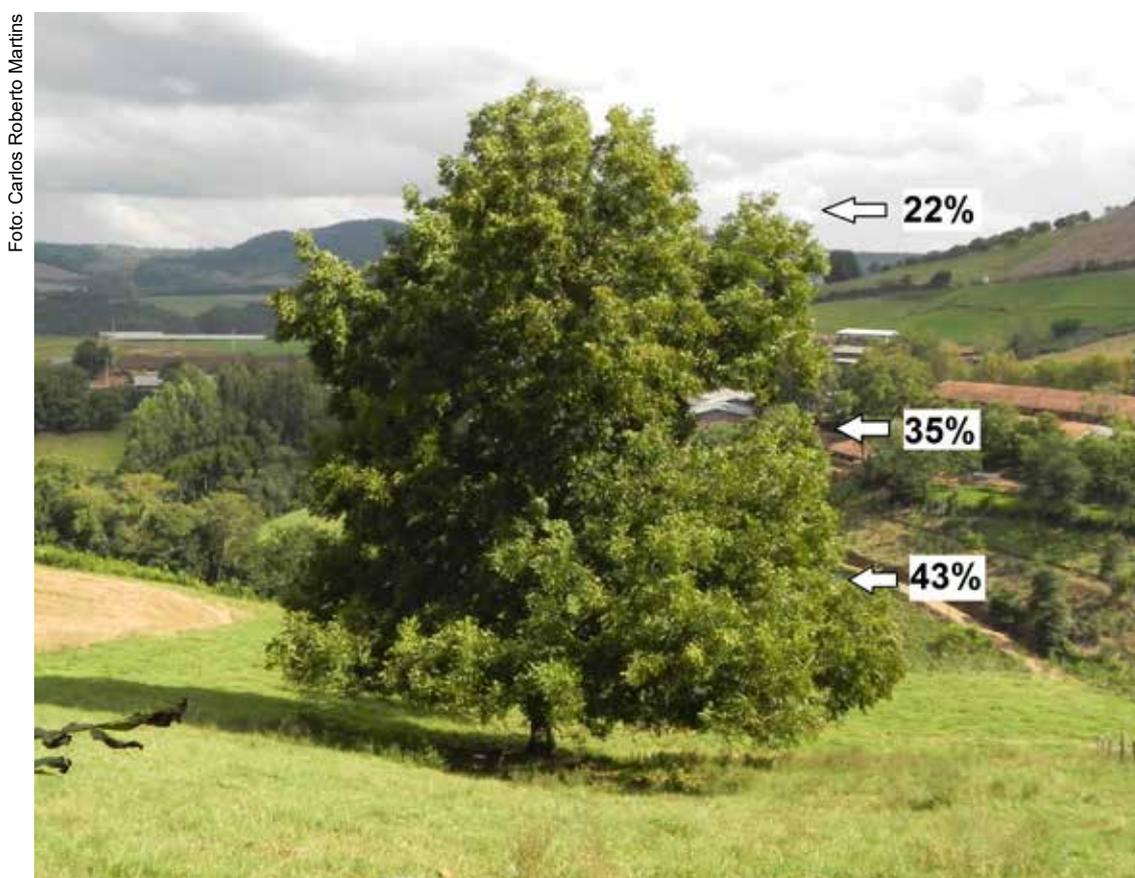


Figura 14. Representação da produção em três estratos da planta de noqueira-pecã, relacionada ao ângulo de inserção dos ramos, à maior horizontalidade e radiação solar adequada.

Os dois métodos de poda com essa finalidade que vêm sendo estudados são a poda de contenção e a poda central. A poda de contenção, também conhecida como poda *hedge*, é o método de poda mecânica mais utilizado no oeste dos Estados Unidos. Consiste em realizar o desponde lateral das plantas, a uma distância pré-definida, podendo ser realizada em conjunto com o *topping*, ou seja, a diminuição na altura das plantas. É realizada mecanicamente em pomares empresariais, com máquinas específicas ou implementos tratorizados, que dispõem de uma série de discos de corte que realizam o procedimento. A distância do corte com relação ao tronco depende da densidade de plantio adotada. Em pomares menores, a poda pode ser realizada com motopoda ou podões com cabo extensor, ou ainda com motosserra, desde que se tenha um guincho para alcance, devendo, nesse caso, haver também um meio para delimitar o corte dos ramos na distância correta.

Em experimento realizado em Santa Rosa, Rio Grande do Sul, em um pomar adensado com 10 anos de idade, Hellwig (2020) realizou a poda de contenção, sendo realizado o procedimento em duas linhas do pomar, como podem ser observados os tratamentos sem poda, nas Figuras 15A e 15C, e com poda de contenção, nas Figuras 15B e 15D, o que permitiu a entrada de luz nas laterais das plantas. A poda foi realizada com auxílio de motopoda (Figura 16A) e podão com cabo extensor. Segundo o autor, embora a poda não tenha apresentado aumento significativo na produção no primeiro ano, há uma tendência de aumento com o passar dos anos, pois, com os despontes laterais realizados nas plantas, ramilhos produtivos vão surgindo, potencializando a capacidade produtiva das plantas (Figura 16B).

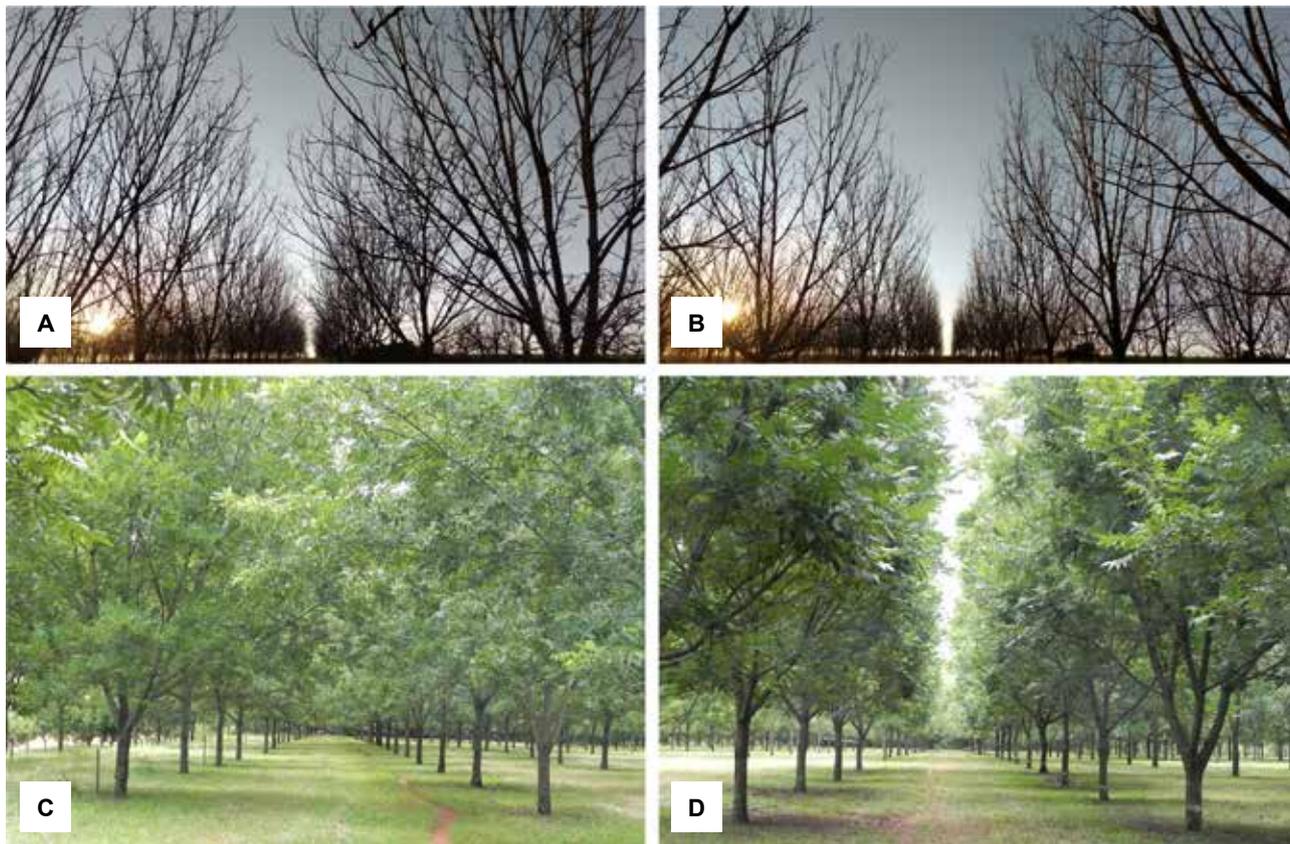


Figura 15. Pomar experimental de noqueira-pecã: sem poda de contenção (A e C) e com poda de contenção (B e D).



Figura 16. Contenção de ramos realizada em noqueira-pecã utilizando motopoda (A), e desenvolvimento de ramilhos um ano após a realização dessa poda (B).

A poda central, por sua vez, consiste na retirada de ramos inteiros no interior da copa das plantas. A quantidade a ser retirada depende do tamanho da copa e nível de sombreamento. Em estudo realizado por Hellwig (2020), foram retirados em média 18,6 kg de ramos por planta em um pomar com 10 anos de idade. Essa técnica é de mais fácil aplicabilidade em pequenos pomares, em comparação com outros tipos de podas, pois, não necessita de máquinas de alto valor para ser realizada, podendo ser executada com motopoda ou motosserra (Figura 17A). Esse método de poda melhora a entrada de luz solar no interior da copa (Figura 17B).

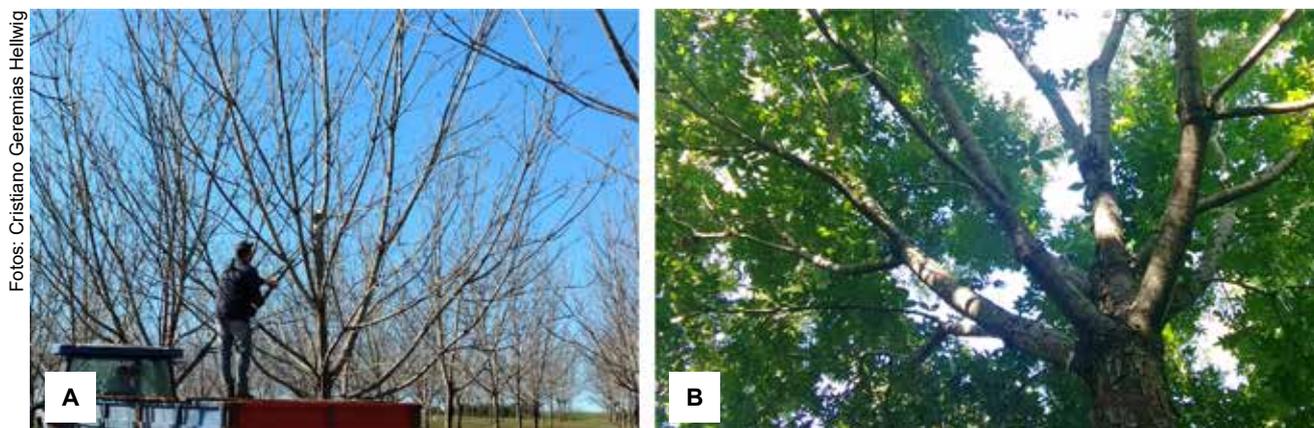


Figura 17. Poda de abertura do tipo central em nozeira-pecã. Processo de execução de retirada do centro da copa durante o período de dormência (A) e, posteriormente, durante a fase vegetativa (B).

Em estudos conduzidos por Hellwig (2020), a poda central mostrou-se mais vantajosa no primeiro ciclo após a realização, se comparada à poda de contenção, apresentando aumento da produção, como pode ser observado na Tabela 1. Também apresentou maior eficiência na redução do número de ramos secos nas plantas em dois ciclos (Figura 18).

Tabela 1. Produção de noz-pecã da cultivar 'Melhorada' na safra 2018/2019 em plantas submetida a diferentes métodos de poda.

Tratamento	Produção (kg/planta)
Sem poda	6,55 B
Poda de contenção	7,84 AB
Poda central	8,85 A
P > F	0,0405

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

P = população. F = frequência

Fonte: adaptado de Cristiano Geremias Hellwig (2020).

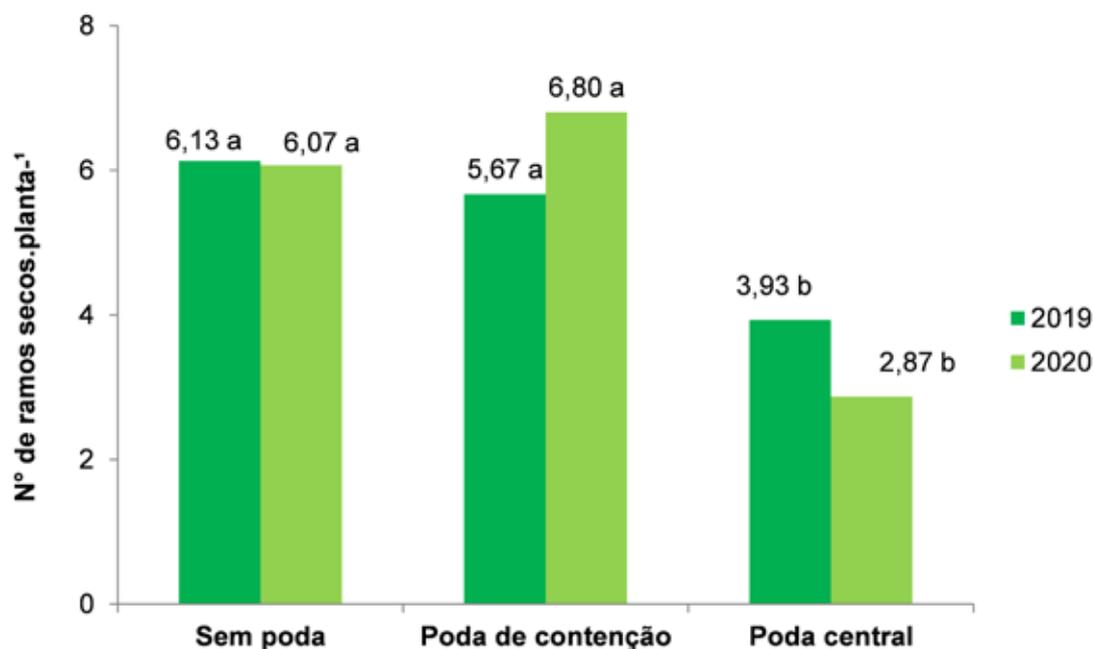


Figura 18. Número de ramos secos por planta de noqueira-pecã em dois ciclos de cultivo (2019 e 2020) da cultivar 'Melhorada', submetida a dois métodos de poda (contenção e central). Médias seguidas por letras distintas não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: adaptado de Cristiano Geremias Hellwig (2020).

Considerando-se todas as situações abordadas, verifica-se a importância da poda para a produção da noqueira-pecã, pois podas mal realizadas ou executadas muito tardiamente podem retardar a entrada em produção, comprometer a produtividade das plantas e reduzir a vida produtiva do pomar.

Considerações finais

É inegável a importância do procedimento da poda para a condução, manejo e produção de noz-pecã. Uma árvore de grande porte necessita de atenção em termos da execução da poda desde o primeiro ano de implantação no pomar, pois podas mal realizadas ou muito tardias podem comprometer a vida produtiva do pomar, perdendo produção e qualidade ou, ainda, retardando a entrada em produção.

Pode-se afirmar que, para obtenção de elevada produtividade, com alta qualidade, faz-se necessária a adoção de um conjunto de práticas de manejo, dentre elas a poda, podendo ser dividida conforme a fase de desenvolvimento da planta em poda de formação, poda de frutificação e poda de renovação ou limpeza. A realização da poda de forma adequada permite reduzir a alternância de produção, proporcionar maior entrada de luz no interior da copa, reduzir a ocorrência de doenças fúngicas, diminuir a quantidade de ramos secos no interior e base da copa, e aumentar a formação de ramilhos, que são estruturas de produção, assim como aumentar o tamanho dos frutos.

A escolha do sistema de poda a ser adotado depende de alguns fatores, como densidade de plantio, vigor e hábito de crescimento da cultivar, fertilidade e tipo de solo, disponibilidade de mão de obra e de equipamentos. Portanto, o adequado manejo de poda no pomar é um fator determinante para a produção de noz-pecã. Nesse contexto, a pesquisa científica e as experiências produtivas são fundamentais para adequar a forma de condução, para maior produção de frutas com a devida qualidade e, principalmente, condizente com a realidade dos pomares brasileiros.

Referências

- ARREOLA-ÁVILA, J. G. Manejo de luz para mejora de producción y calidad em nogal pecanero. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANERO, 13., 2012, Sonora, México. **Libro de resúmenes**. p. 18-26.
- ARREOLA-ÁVILA, Jesús Guadalupe. Manejo de luz para mejora de producción y calidad em nogal pecanero. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANERO, 13., 2012, Sonora, México. **Libro de resúmenes**. p. 18-26.
- BILHARVA, M. G. Sistemas de cultivo da noqueira-pecã. 2019. 145f. Tese, (Doutorado em Ciências com ênfase em Fruticultura de Clima Temperado), Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2019.
- BILHARVA, M. G. Sistemas de cultivo da noqueira-pecã. 2019. 145 f. Tese. (Doutorado em Ciências com ênfase em Fruticultura de Clima Temperado), Universidade Federal de Pelotas, 2019.
- CALDERÓN, A. E. **La poda de los arboles frutales**. 3. ed. México: Limusa, 1983. 545 p.
- FAUST, M. **Physiology of Temperate Zone Fruit Trees**. New York: Wiley-Interscience Publication, 1989. 338 p.
- FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Técnicas para o cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: UFSM: Núcleo de fruticultura irrigada, 2016. 424 p.
- GIULIVO, C. Basic considerations about pruning deciduous fruit trees. **Advances in Horticultural Science**, v. 25, n. 3, p. 129-142, 2011.
- HAMANN, J. J.; MARTINS, C. R.; MALGARIM, M. B. Poda: noqueiras respondem com aumento da produção de frutos. **Campo & Negócios Hortifruti**, Uberlândia, p. 62-63, 10 out. 2019.
- HELLWIG, C. G. **Poda e desbaste no cultivo de noqueira-pecã em plantios adensados**. 2020. 95 f. Dissertação (Mestrado em Fruticultura de Clima Temperado) - Universidade Federal de Pelotas, 2020.
- HERRERA, E.; HEEREMA, R. **Training young pecan trees**. Las Cruces: New Mexico State University: Cooperative Extension Service: College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, 2015.
- JACKSON, D.; LOONEY, N.; PALMER, J. Pruning and training of deciduous fruit trees. In: JACKSON, D.; LOONEY, N.; MORLEY-BUNKER, M. **Temperate and Subtropical Fruit Production**. 3th ed. Wallingford: CAB International, 2011. 326 p.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. 420 p.
- MADERO, E. R. Sistema de conducción de las plantas y poda. In: MADERO, E. R.; TRABICHET, F. C.; PEPÊ, F.; WRIGHT, E. **Manual de manejo del huerto de nogal pecán**. Buenos Aires: INTA, 2017. p. 27-34.
- MARINI, R. P. **Physiology of Pruning Fruit Trees**. Petersburg: Virginia State University, 2020. p. 1-8. (Virginia Cooperative Extension, v.1).
- MIKA, A. Physiological responses of fruit trees to pruning. **Horticultural Reviews**, v. 8, p. 337-378, 1986.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- TAYLOR, B. H.; FERREE, D. C. The influence of summer pruning on photosynthesis, transpiration, leaf abscission and dry weight accumulation of young apple trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 106, p. 389-393, 1981.
- WELLS, L. **Southeastern Pecan Grower's Handbook**. Athens: University of Georgia, 2017. 236 p.
- WOOD, B. W. Mechanical hedge pruning of pecan in a relatively low-light environment. **HortScience**, v. 44, n. 1, p. 68-72, 2009.

Capítulo 16

Manejo das plantas daninhas

Renan Ricardo Zandoná

Dirceu Agostinetto

André da Rosa Ulguim

Leandro Vargas

Taísa Dal Magro

Introdução

A presença de plantas daninhas em pomares de nogueira-pecã é um problema persistente, como em muitos sistemas de cultivo. As plantas daninhas são espécies vegetais que se desenvolvem onde não são desejadas, interferindo no desenvolvimento da cultura e causando danos econômicos. Além dos danos diretos ao desenvolvimento e produtividade de nogueira-pecã, as plantas daninhas podem servir como hospedeiras de pragas e doenças, além de dificultarem a realização de tratamentos culturais. Assim, justifica-se a necessidade de adequado manejo das plantas daninhas nos pomares, desde seu estabelecimento até a produção, sendo que o período de brotação e enchimento de frutos é crítico para garantir a rentabilidade do cultivo. Para tanto, há necessidade de orientar os produtores quanto aos métodos de controle mais adequados em cada fase do pomar, para privilegiar as potencialidades da cultura.

O primeiro passo para a escolha do método de controle é a correta identificação das plantas daninhas presentes no pomar. Informações precisas sobre a biologia e o ciclo de vida das plantas daninhas, assim como sobre os casos de resistência a herbicidas, ajudam na adoção de técnicas de manejo mais eficazes com base na suscetibilidade das espécies. Geralmente, as plantas daninhas são mais suscetíveis aos métodos de controle durante estágios iniciais de desenvolvimento, porém a implementação de controle em estágios reprodutivos é importante para diminuir a produção e dispersão de sementes. Algumas das plantas daninhas comuns encontradas em pomares de nogueira-pecã no Brasil estão listadas na Tabela 1 e Figura 1. A ocorrência e o nível de infestação dessas espécies são dependentes da região de cultivo, histórico da área e, principalmente, do manejo de plantas daninhas que vem sendo adotado pelo produtor.

Tabela 1. Principais espécies de plantas daninhas ocorrentes em pomares de nogueira-pecã no Sul do Brasil.

Nome científico	Nome comum	Família	Ciclo	Reprodução
<i>Amaranthus</i> sp.	Caruru	Amaranthaceae	Anual	Sementes
<i>Ambrosia elatior</i>	Losna-do-campo	Asteraceae	Anual	Sementes
<i>Bidens</i> sp.	Picão-preto	Asteraceae	Anual	Sementes
<i>Cenchrus echinatus</i>	Capim-amoroso	Poaceae	Anual	Sementes
<i>Chloris</i> sp.	Capim-branco, capim-de-rodas	Poaceae	Perene	Sementes/rizomas
<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeiraba	Commelinaceae	Perene	Sementes/estolões e rizomas
<i>Conyza</i> sp.	Buva	Asteraceae	Anual	Sementes
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma-seda	Poaceae	Perene	Semente/estolão
<i>Cyperus</i> sp.	Junquinho, tiririca	Cyperaceae	Anual	Sementes/tubérculos
<i>Digitaria ciliares</i>	Milhã	Poaceae	Anual	Sementes
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Milhã	Poaceae	Anual	Sementes
<i>Digitaria insularis</i>	Capim-amargoso	Poaceae	Perene	Sementes/rizomas
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	Euphorbiaceae	Anual	Sementes
<i>Elephantopus mollis</i>	Pata-de-elefante, sassuaia	Asteraceae	Perene	Sementes/rizomas
<i>Eragrostis plana</i>	Capim-annoni	Poaceae	Perene	Sementes
<i>Ipomoea</i> sp.	Corriola	Convolvulaceae	Anual	Sementes
<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	Poaceae	Anual	Sementes
<i>Paspalum</i> sp.	Capim-comprido	Poaceae	Perene	Sementes/rizomas
<i>Raphanus</i> sp.	Nabo	Brassicaceae	Anual	Sementes
<i>Schizachyrium microstachyum</i>	Capim-rabo-de-burro	Poaceae	Perene	Sementes/rizomas
<i>Senecio brasiliensis</i>	Maria-mole	Asteraceae	Perene	Sementes
<i>Sida rhombifolia</i>	Guaxuma	Malvaceae	Anual	Sementes
<i>Spermacoce latifolia</i>	Erva-quente	Rubiaceae	Anual	Semente
<i>Solanum americanum</i>	Maria-pretinha	Solanaceae	Anual	Sementes
<i>Urochloa plantaginea</i>	Papuã	Poaceae	Anual	Sementes
<i>Xanthium strumarium</i>	Carrapichão	Asteraceae	Anual	Sementes

Fonte: autores



Foto: Talisa Dal Magro

Lolium multiflorum: azevém



Foto: Dirceu Agostinetto

Conyza bonariensis: buva



Foto: Renan Ricardo Zandoná

Chloris gayana: capim-de-rodas



Foto: Renan Ricardo Zandoná

Amaranthus retroflexus: caruru



Foto: Renan Ricardo Zandoná

Cynodon dactylon: grama-seda

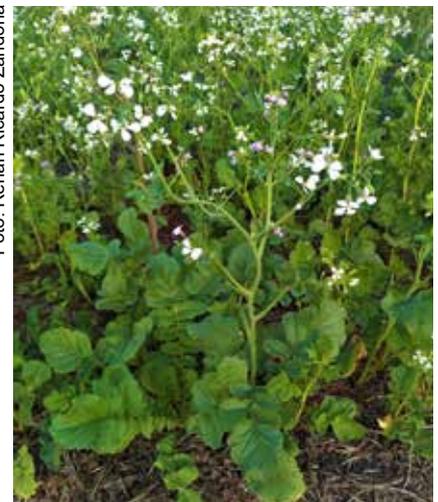


Foto: Renan Ricardo Zandoná

Raphanus sp.: nabo



Foto: Renan Ricardo Zandoná

Commelina benghalensis: trapoeraba



Foto: Renan Ricardo Zandoná

Ipomoea purpurea: corriola

Figura 1. Principais espécies de plantas daninhas ocorrentes em pomares de nogueira-pecã no Sul do Brasil.

Efeitos da presença de plantas daninhas em pomares de noqueira-pecã

Os prejuízos são reflexo da competição por recursos limitantes, como luz, água e nutrientes, liberação de compostos alelopáticos, pelas daninhas serem hospedeiras de insetos e doenças, dificultando a colheita e reduzindo a qualidade das nozes. Entretanto, a magnitude desses efeitos varia ao longo do ciclo de vida das plantas de noqueira-pecã.

Durante o estabelecimento das mudas de noqueira-pecã o controle de plantas daninhas pode ser um dos aspectos mais importantes de manejo dos pomares (Carroll, 2020). Em pomares de noqueira-pecã recém-plantados, a competição de plantas daninhas pode diminuir a sobrevivência das mudas e retardar o seu crescimento (Beck, 2019). Nos três primeiros anos após o transplante, o crescimento das mudas é lento; se as plantas daninhas não forem adequadamente manejadas, podem reduzir o diâmetro do caule das mudas em até 54% (Smith et al., 2005), denotando o efeito negativo. Outros estudos demonstram que, além da redução no diâmetro do caule, a liberação de compostos alelopáticos por algumas espécies daninhas, como caruru-gigante (*Amaranthus retroflexus*), grama-seda (*Cynodon dactylon*) e festuca (*Festuca arundinacea*), podem reduzir a área foliar, estatura de planta e peso seco de raízes, diminuindo em 19% o peso total das plantas de noqueira-pecã (Smith et al., 2001).

Em pomares jovens de noqueira-pecã, com árvores de 1,5 m a 2,0 m de altura, apenas uma planta de caruru (*Amaranthus palmeri*), a 30 cm de distância, pode reduzir em 30% o crescimento das plantas (Wolf; Smith, 1999). Entretanto, essa redução pode ser superior a 50% na presença de grama-seda (Smith, 2011), podendo ser acentuada com densidades maiores de plantas daninhas.

A interferência de plantas daninhas, mesmo em baixas densidades, implica a necessidade de controle desde o início da estação de crescimento, com monitoramento frequente dos fluxos de emergência dessas espécies. Entretanto, o monitoramento e manejo devem seguir durante todo o ciclo da cultura, visto que a competição estabelecida após 93 dias da brotação (DAB) reduz 37% do diâmetro do caule, e a interferência precisa ser evitada até 150 DAB por estação de crescimento, para não ocorrerem prejuízos à produção (Smith et al., 2005). Ainda, o aumento da faixa de controle deve ser proporcional ao volume da copa e a idade das plantas, principalmente em pomares onde a ausência de plantas daninhas ocorre apenas próximo aos caules das árvores (Smith, 2011; Smith; Cheary, 2014).

Os prejuízos durante o estabelecimento das plantas resultam em menor produtividade do pomar (Smith, 2011). Pomares heterogêneos, com plantas mal estabelecidas, tendem a abortar flores e frutos e, por consequência, ter baixa produtividade e/ou atrasar o início da produção comercial (Faircloth et al., 2007; Smith, 2011). Pomares sem manejo de plantas daninhas durante 9 anos apresentaram produtividade inferior em 72%, comparativamente a pomares com controle de plantas daninhas desde o início de sua implantação (Foshee et al., 1997). A ausência de controle de plantas daninhas, por 6 anos, resultou na diminuição da produtividade em 44% e 57%, respectivamente a áreas com coroamento de 3,7 m e 7,3 m de diâmetro (Smith, 2011).

Em pomares estabelecidos, juntamente aos prejuízos diretos ao crescimento e a produção de nozes, as plantas daninhas interferem de forma indireta nas operações de colheita e servem como refúgio para insetos e/ou roedores, o que influencia na qualidade dos frutos e quantidade colhida (Beck, 2019). Além disso, as plantas daninhas nos pomares podem ser hospedeiras de doenças que prejudicam a cultura. Esses efeitos ilustram a necessidade de se considerar o controle de plantas daninhas como parte de um programa geral de manejo dos pomares, o qual deve ser contínuo nas áreas, e não apenas durante o estabelecimento da cultura.

Manejo de plantas daninhas

O controle de plantas daninhas em pomares deve ser baseado no manejo integrado, que preconiza a combinação racional de medidas preventivas associadas a estratégias de controle cultural, físico, mecânico, biológico e químico. Assim, nenhuma medida deve ser usada de forma única e isolada. Programas eficientes de manejo integram várias estratégias de controle, que devem ser escolhidas em função das condições individuais de cada pomar e dos recursos disponíveis, uma vez que todas apresentam vantagens e desvantagens.

O controle das plantas daninhas consiste em suprimir o crescimento e/ou reduzir o número de indivíduos por área até níveis abaixo dos que causam danos econômicos às culturas. Nos pomares de noqueira-pecã, o manejo de plantas daninhas resume-se a uma combinação de faixas de controle, em que na linha de cultivo ocorre a eliminação das plantas daninhas até níveis próximos a zero, especialmente nas proximidades das árvores, enquanto na entrelinha ocorre apenas a supressão, por meio de controle mecânico, cultural e/ou biológico (Figura 2). No entanto, o manejo de plantas daninhas em culturas perenes começa com a escolha e preparo da área para o transplante dos porta-enxerto ou mudas. A seguir serão discutidos, de forma resumida, alguns aspectos principais sobre os métodos de controle de plantas daninhas preconizados e que podem ser usados para a cultura da noqueira-pecã.

• Medidas preventivas

No método preventivo, deve-se reduzir as possibilidades de introdução, estabelecimento e multiplicação de propágulos de plantas daninhas no pomar. Essa prática é importante para reduzir a disseminação de plantas daninhas, em especial as espécies resistentes a herbicidas, e auxiliar na redução do banco de sementes.

Os produtores de mudas de noqueira-pecã devem utilizar substrato isento de sementes de plantas daninhas. Para a produção de mudas de qualidade, é necessário que se utilize adubação orgânica (esterco de gado, aves, suínos, etc.) curtida, quando essa for escolhida, pois, em virtude de sua origem, pode ser grande a presença de plantas daninhas. Durante a fase de viveiro, antes de serem levadas ao campo, deve-se proceder ao controle de plantas daninhas nas mudas, por meio do controle mecânico, arranquio manual ou com herbicida de contato, considerando a sensibilidade das mudas nessa fase. No caso do uso de herbicida de contato, é necessário que os caules das mudas sejam protegidos com canudo plástico para evitar que as gotas de pulverização atinjam a muda.

No transplante e durante o cultivo, recomenda-se: usar mudas isentas de disseminulos, sejam elas oriundas de semente como de estruturas vegetativas; inspecionar cuidadosamente todo material orgânico proveniente de outras áreas; limpar máquinas e implementos agrícolas após trabalho em áreas com plantas daninhas indesejáveis; controlar essas espécies em canais de irrigação, curvas de nível e margens dos pomares, incluindo estradas e cercas. Além disso, devem ser usadas sementes certificadas de culturas anuais ou de plantas de cobertura, quando empregadas na entrelinha do pomar de noqueira-pecã.

Outra estratégia importante é colocar os animais em quarentena e evitar o trânsito de animais de áreas infestadas para áreas livres de plantas daninhas, em sistemas de cultivo em integração com pecuária. Infelizmente, as informações disponíveis sobre a sobrevivência de sementes de plantas daninhas nos tratos digestivos dos animais ainda são escassas, e não é possível determinar um período exato de quarentena para cada espécie. Entretanto, Viero et al. (2018) orientam manter os animais confinados por aproximadamente 7 dias, fornecendo alimento volumoso para limpar o trato digestivo e evitar a introdução e dispersão de sementes de plantas daninhas.

• Controle cultural

O controle cultural consiste em procedimentos que promovam o rápido crescimento da cultura, favorecendo-a em detrimento das plantas daninhas. Esse método está baseado em dois princípios: as primeiras plantas que ocupam uma área tendem a excluir as demais; e a espécie melhor adaptada predominará no ambiente (Fleck, 1992).



Figura 2. Plantas de cobertura em pomar de noqueira-pecã: nabo-forrageiro (A), mucuna-preta (B) e culturas anuais utilizando quinoa (C) e consórcio de feijão e milho (D), em sistema agroflorestal.

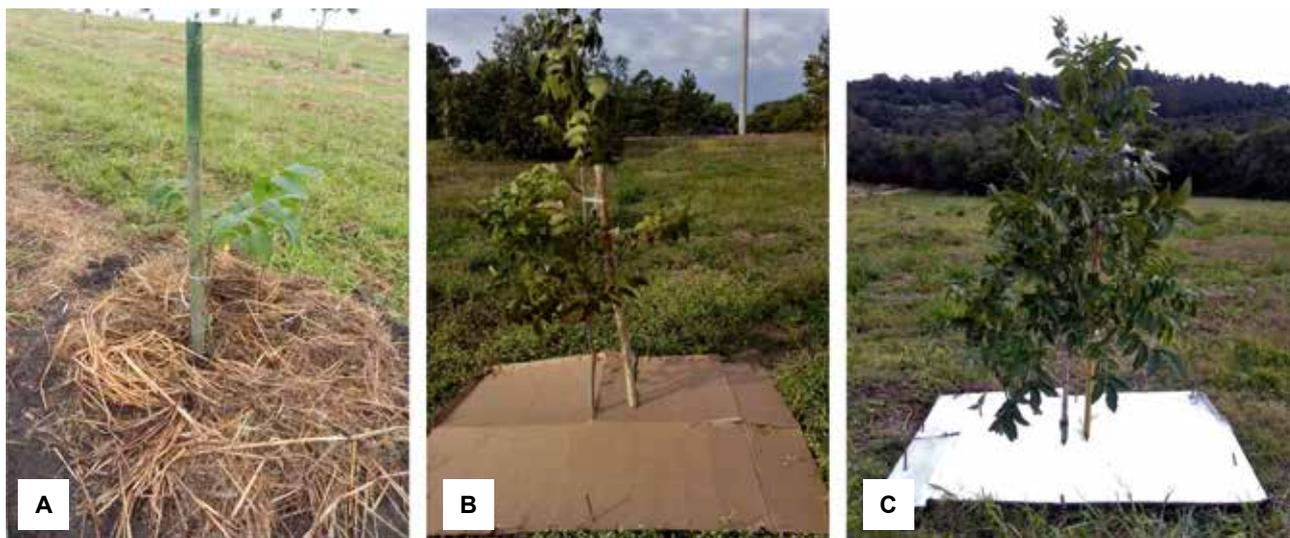
• Controle físico

O controle físico em noqueira-pecã consiste na utilização de coberturas mortas ou sintéticas que proporcionem uma barreira física e/ou aumentem a temperatura do solo em níveis que ocasionem a morte das sementes e plântulas, ou ainda que utilizem fogo, eletricidade ou ondas eletromagnéticas e arranquio manual para controle de plantas daninhas.

A formação da cobertura morta pode ser manejada por meio da dessecação, utilizando herbicida (glufosinato de amônio), roçadas manuais ou tratorizadas sobre as culturas de cobertura na entrelinha, ou mesmo pela alocação de materiais advindos de outras áreas, como acícula de pinus, bagaço de cana-de-açúcar ou casca de arroz. Deve-se ter cuidado com materiais com alta relação carbono/nitrogênio (C/N) (superior a 30), pois a elevada concentração de carbono imobiliza o nitrogênio (N) no solo, podendo ocasionar deficiência nutricional no pomar. A manutenção dos restos vegetais sobre a superfície do solo serve como uma barreira física, impedindo a emergência de plantas daninhas que apresentam poucas reservas em sementes, já que é necessário que a plântula ultrapasse a cobertura morta em busca de luz. Ademais, a presença de cobertura sobre o solo inibe a germinação de sementes de espécies que necessitam de luz para desencadear o processo germinativo, denominadas de fotoblásticas positivas. Salienta-se que a camada de cobertura somente será eficaz se for espessa o suficiente para evitar a germinação de sementes de plantas daninhas durante a estação de crescimento.

O uso de coberturas sintéticas em nogueira-pecã pode ser empregado nas linhas de cultivos como alternativa à cobertura morta ou para diminuir o uso de medidas mecânicas e químicas para o controle de plantas daninhas. As coberturas de polipropileno podem ser utilizadas antes ou após o transplante, sendo essas transparentes, pretas ou brancas. Os filmes transparentes devem ser implantados antes do transplante das mudas, pois controlam plantas daninhas através da solarização. São implantados nos meses mais quentes do ano sobre a superfície do solo úmido, por um período de 60 a 75 dias. O aumento de temperatura na camada subsuperficial, com o solo úmido, permite a germinação de sementes e emergência das plantas daninhas, as quais não sobrevivem às altas temperaturas da superfície, decorrentes da presença do filme plástico. O uso de polietileno preto ou branco junto ou após o transplante proporciona o controle da emergência de plantas daninhas pela ausência de luz ou redução da oscilação de temperatura. Essas estratégias proporcionam uma faixa livre de plantas daninhas próximo às plantas de nogueira-pecã e facilitam o controle durante o estabelecimento da cultura, tanto em pomares comerciais quanto para produtores de mudas.

O uso de papelão como cobertura para realização do coroamento com 1,0 m a 2,0 m de diâmetro, em torno das mudas, é uma alternativa eficaz no controle de plantas daninhas, viável ecologicamente e economicamente (Figura 3). Alguns estudos em andamento demonstram que esse material promove supressão da emergência de plantas daninhas por aproximadamente 90 dias, necessitando substituição após esse período ou em caso de dano por alguma prática mecânica. Outro estudo demonstrou que a utilização de polipropileno hidrofílico (sombrite) proporciona maior sobrevivência de mudas de nogueira-pecã do que o uso de herbicidas para controle de plantas daninhas no primeiro ano de crescimento (Oliver et al., 2019).



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 3. Cobertura morta para coroamento de mudas de nogueira-pecã: uso de palha (A), papelão comum (B) e papelão pintado (C).

O controle de plantas daninhas por meio do fogo é uma das técnicas mais antigas empregada na agricultura, a qual pode ser usada de forma racional nos pomares. Com o avanço da tecnologia, tornou-se possível utilizar o fogo de forma controlada, com o uso de equipamentos que utilizam gás propano para lançar as chamas sobre as plantas daninhas. As altas temperaturas a que são submetidas as plantas atingidas pelo fogo provocam a morte da parte aérea e do sistema radicular pela coagulação de protoplasma celular e produção e transporte de subprodutos tóxicos (Maciel, 2014).

Entre as novas tecnologias de controle físico de plantas daninhas, que podem ser empregadas nos pomares, estão descargas elétricas de alta voltagem, com ampla utilização em cultivos orgânicos, como alternativa ao uso de herbicidas (Eberius, 2017). Essa técnica tem se mostrado eficiente para o controle de plantas daninhas que apresentam multiplicação sexuada, como leiteira, guanxuma, capim-marmelada e capim-colchão (Brighenti; Brighenti, 2009). No entanto, devido aos altos custos financeiros para compra de equipamentos e para as operações, além do próprio risco operacional, ainda é pouco adotada.

O uso de ondas eletromagnéticas será disponibilizado, no futuro, para controle de plantas daninhas em culturas anuais e perenes. A combinação entre potência e tempo de exposição às ondas eletromagnéticas resulta na formação de uma zona térmica de alta temperatura (± 85 °C), que é letal para a maioria das espécies (Hess et al., 2018). Esse aquecimento rompe os tecidos vegetais, extravasa o conteúdo celular e leva à morte da planta, bem como inviabiliza a germinação das sementes, sendo eficiente no controle de plantas daninhas da família Poaceae e eudicotiledôneas (Brodie et al., 2018; Hess et al., 2018). Cabe ressaltar que a densidade do solo, umidade e profundidade de enterrio das sementes influenciam na eficiência de controle (Brodie et al., 2018).

• Controle mecânico

Esse método é caracterizado pelo emprego de implementos manuais ou tratorizados para eliminar as plantas daninhas, por efeito mecânico, com a utilização de enxadas, roçadeiras e cultivadores. Segundo Fleck (1992), os principais mecanismos de controle de plantas daninhas pelo método mecânico são:

- Enterrio: as plantas morrem por falta de luz para fotossíntese e consequente esgotamento de suas reservas.
- Corte: consiste na separação entre parte aérea e raízes.
- Dessecação: raízes, rizomas e estolões, quando expostos à superfície do solo, acabam morrendo por desidratação.
- Exaustão: estimulação repetida da brotação das gemas causando exaustão das reservas e morte das gemas (esse método é de grande importância para plantas perenes).

A capina manual, realizada com enxada, é muito eficaz no controle de plantas daninhas e largamente empregada por pequenos e médios agricultores. Apesar de ser um método de pouco rendimento e custo elevado, a capina manual é utilizada frequentemente para a formação do coroamento ou da faixa de controle em torno das mudas de nogueira-pecã. O tamanho do diâmetro do coroamento ou da largura da faixa varia conforme a idade da nogueira e o tipo de plantas daninhas. Alguns estudos com grama-seda e festuca determinam que a largura deve ser superior a 1,8 m após a transplante das mudas no campo (Smith et al., 2005; Smith, 2011; Smith; Cheary, 2014). Salienta-se que as plantas daninhas devem ser controladas em estágios iniciais de desenvolvimento, para evitar a interferência e facilitar a capina e os cuidados quanto a danos mecânicos aos caules da nogueira-pecã.

A roçada é o método mais utilizado para manejar a vegetação da entrelinha nos pomares. O intervalo entre as roçadas depende da idade do pomar e da velocidade de crescimento das plantas daninhas. De forma geral, em pomares jovens, a roçada deve ser feita a cada 30 dias, enquanto, em pomares adultos, a cada 45 dias. O uso de roçadeiras denominadas ecológicas permite o corte das plantas cujos resíduos vegetais são depositados na linha de plantio, por meio de dispositivos laterais; é muito vantajoso, pois associa o manejo da entrelinha com a inclusão de cobertura morta na linha.

O uso de grades e enxada rotativa é feito antes da instalação da cultura e na entrelinha de plantio. À medida que as plantas se desenvolvem, não se deve aprofundar o revolvimento do solo, para evitar danos ao sistema radicular. Porém, a utilização desses implementos na entrelinha de nogueira-pecã tende a promover os fluxos de emergência de plantas daninhas. Assim, antes de adotar o controle mecânico, o agricultor deve conhecer algumas características da espécie daninha envolvida, como: capacidade de enraizamento, profundidade do sistema radicular, hábito de crescimento e tipo de reprodução. Essas características permitem a escolha do equipamento adequado e regulagem. Por exemplo: plantas daninhas que se multiplicam por meio de estruturas vegetativas como rizomas e estolões podem ter seu número aumentado se o equipamento empregado fragmentar a planta. Assim, outra estratégia de controle deve ser adotada como complemento, pois o corte de estruturas de multiplicação é uma excelente maneira de esgotar as energias de reservas das plantas daninhas e facilitar a ação de outras estratégias de controle, como o uso de herbicidas.

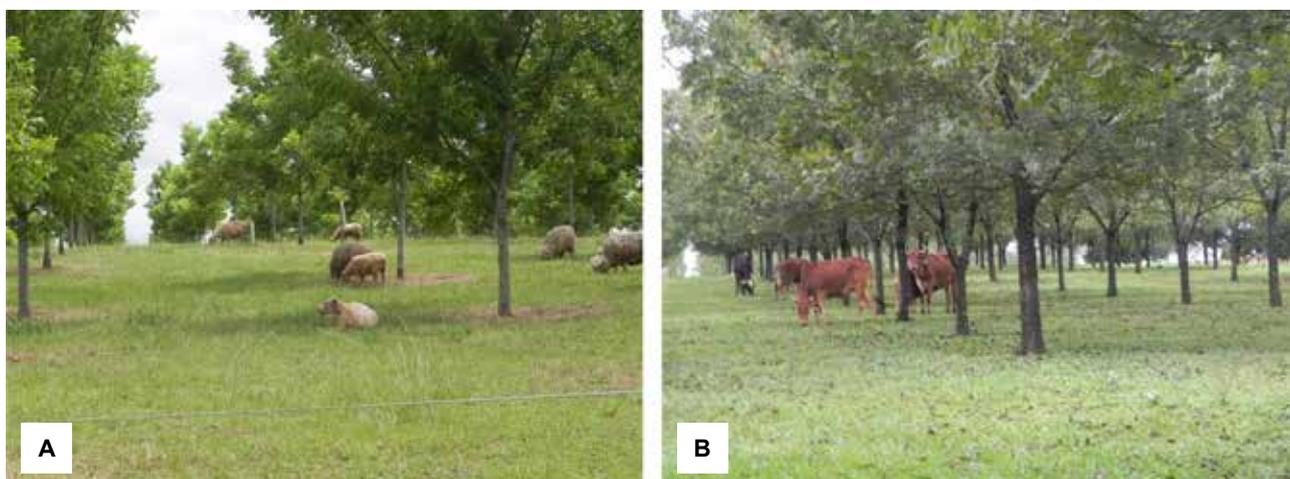
Para plantas anuais e bienais, o controle mecânico é eficiente; já as plantas perenes, que desenvolvem sistema radicular profundo, ou estruturas de propagação vegetativa, apresentam maiores dificuldades de controle. É importante, no entanto, que o equipamento esteja adequadamente regulado, procurando-se eliminar as plantas daninhas trabalhando somente a superfície do solo, para evitar possíveis danos às raízes da cultura (Foster, 1991).

As principais vantagens do método mecânico são: economia; eficiência em solos secos; quebra de crostas que eventualmente se formam na superfície do solo, aumentando a aeração e a infiltração da água; menor risco ambiental (comparado ao químico); dispensa de mão de obra especializada. Além disso, essa é uma estratégia de controle para plantas daninhas resistentes a herbicidas. Já as desvantagens são: não controla as plantas daninhas perto das árvores (com exceção da enxada); danifica o sistema radicular e tronco da cultura; pode reduzir o estande de plantas; e, em período chuvoso, pode ser inoperante e ineficiente (Foster, 1991; Fleck, 1992).

• Controle biológico

Essa prática consiste no uso de organismos vivos (fungos, bactérias, vírus, insetos, peixes, ovinos, etc.) para suprimir ou estabilizar a população de plantas daninhas abaixo do nível de dano econômico. O emprego do controle biológico de plantas daninhas tem sido muito restrito, pois nas áreas agrícolas ocorre o desenvolvimento de várias espécies daninhas pertencentes a diferentes famílias, enquanto os agentes de biocontrole são bastante específicos, exercendo ação sobre uma única espécie ou, no máximo, sobre um grupo de plantas bastante afins (Juraimi et al., 2013).

Em pomares de nogueira-pecã, o controle biológico pode ser empregado com o uso de animais (ovinos ou gado) para pastejo de plantas daninhas (Figura 4). Em lavoura de café, o pastoreio de animais consiste na utilização de ruminantes (ovinos) e aves (galinhas) que, conforme o manejo, contribui para diminuição do nível de infestação de plantas daninhas (Santos et al., 2014).



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 4. Controle de plantas daninhas em pomares de nogueira-pecã no Sul do Brasil: utilizando-se ovinos (A) e bovinos (B).

• Controle químico

O controle químico consiste na utilização de herbicidas para inibir a emergência ou provocar a morte de plantas daninhas. O uso dessa técnica é frequentemente empregado em pomares de nogueira-pecã dos Estados Unidos e México, mas, no Brasil, o uso de herbicidas ainda é limitado, em função da escassez de dados relativos à seletividade e carência de produtos registrados para a cultura.

A cultura da nogueira-pecã, por apresentar crescimento lento nos primeiros três anos após o transplante, sofrer interferência de plantas daninhas em baixas densidades e necessitar de controle por períodos prolongados [150 dias após a brotação (DAB) por estação de crescimento], demanda estratégias para controle químico de plantas daninhas, principalmente em condições de altas infestações e em grandes áreas. As principais vantagens do controle químico são: eficiência e rapidez, evitando a competição de plantas daninhas desde a implantação da cultura; permitir controlar plantas daninhas em época chuvosa, quando o controle mecânico é impraticável; não causar danos às raízes; e controlar as plantas daninhas na linha da cultura.

A demanda brasileira, associada às vantagens do controle químico, resultou no registro recente do herbicida glufosinato de amônio para uso na cultura da nogueira-pecã (Agrofit, 2020). O herbicida glufosinato de amônio inibe a enzima glutamina sintase (GS), que é essencial para a incorporação de N inorgânico no metabolismo da planta e provoca a morte pelo acúmulo de amônio e inibição da fotossíntese (Cobb; Reade, 2010). É um herbicida pós-emergente de amplo espectro de controle e não seletivo, recomendado para aplicação previamente à implementação do pomar, em jato dirigido em pomares já estabelecidos, e ainda para dessecação de plantas de cobertura. Para melhor controle, a aplicação precisa ser realizada em estágios iniciais de desenvolvimento das plantas daninhas, ou seja, quando as plantas de folhas largas estiverem com no máximo seis folhas, e as plantas de folha estreita apresentarem até um afilho, pois esse herbicida apresenta baixa translocação. Aplicações em estágios mais avançados resultam em menor eficiência de controle e, normalmente, não diminuem os prejuízos das plantas daninhas.

Devido ao amplo espaçamento das árvores em nogueira-pecã, em comparação com a maioria das outras frutíferas, o controle químico, em todo o pomar, geralmente é indesejável e economicamente inviável (Faircloth et al., 2007). Assim, o sistema de manejo de plantas daninhas recomendado é uma combinação de faixas sem vegetação próximo à fileira das árvores, manejadas por meio do método químico, associado ao método mecânico na entrelinha (Figura 5). Porém, o manejo químico se torna insustentável com apenas um herbicida (princípio ativo) registrado, pela pressão de seleção de espécies resistentes.



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 5. Controle de plantas daninhas na projeção da copa de pomares de nogueira-pecã: coroamento (A) e faixa (B).

Para a sustentabilidade do sistema, a rotação ou combinação de mecanismos de ação herbicidas é fundamental para diminuir a seleção e evolução de plantas daninhas resistentes (Hicks et al., 2018). Os programas de manejo à base de herbicidas, desde a implantação do pomar de nogueira-pecã, provaram ser eficazes no controle de plantas daninhas, garantindo a sobrevivência, aumentando o crescimento e o rendimento de pomares jovens e mais velhos (Patterson et al., 1990; Faircloth et al., 2007; Grey et al., 2014).

Pesquisas avaliando o efeito de herbicidas em noqueira-pecã demonstram que o contato do herbicida glifosato com o tronco das árvores, independentemente da idade, não ocasiona efeitos adversos no crescimento de mudas ou na produtividade (Foshee et al., 2008). Entretanto, mortalidade de plantas ou reduções do crescimento podem ocorrer se apenas 50% da calda de glifosato atingir as folhas de plantas jovens (Foshee et al., 2008). Outros estudos demonstram que o herbicida indaziflam (73 g ou 146 g de ingrediente ativo por hectare) ou halossulfuron (35 g de ingrediente ativo por hectare), aplicados até seis vezes em 3 anos para controle de plantas daninhas, em pré-emergência, são seletivos à cultura e não interferem no crescimento das árvores de noqueira-pecã (Grey et al., 2018). Porém, sintomas de fitotoxicidades nas plantas de noqueira-pecã podem ocorrer até 3 a 4 meses após a data de aplicação de indaziflam (González-Delgado et al., 2016). Deve-se considerar que plantas de noqueira-pecã jovens são mais sensíveis aos danos por herbicidas do que plantas mais velhas (Goff; Patterson, 2011).

Para aumentar o espectro de controle com efeito residual prolongado, recomenda-se a associação de herbicidas. Em pomares de noqueira-pecã, a associação de pendimethalin + flumioxazin + glifosato proporcionou controle acima de 80%, até 30 dias após a aplicação (DAA), enquanto indaziflam + glifosato prolongou esse efeito até 90 DAA para o controle de *Digitaria* spp., *Cyperus esculentus*, *Ipomoea* spp., *Lepidium virginicum*, *Polygonum* spp., *Setaria pumila* e *Toxicodendron radicans* (Hand et al., 2018).

Para controle adequado e pulverizações seguras, as condições de clima para aplicação de herbicidas devem ser favoráveis à sua absorção e translocação. Em geral, a temperatura ideal é de 20 °C - 30 °C, com mínima de 15 °C e máxima de 35 °C; a umidade relativa ideal é de 70% - 90%, com mínima de 60% e máxima de 95%; e vento entre 3 km/h e 10 km/h. Aplicações fora das recomendadas podem ocasionar problemas de deriva. Ainda, herbicidas com efeito residual no solo demandam umidade para estarem biodisponíveis para absorção pelas raízes das plantas.

A aplicação de herbicidas sobre a cultura estressada pode não ser efetiva, devido à redução na absorção e translocação, podendo reduzir o metabolismo das moléculas herbicidas por parte da cultura, diminuindo a seletividade do produto. A ocorrência de chuva logo após a aplicação pode lavar as moléculas do herbicida da superfície da folha da planta e impedir sua absorção. Alguns herbicidas necessitam de até 6 horas sem chuva após a aplicação para serem absorvidos em quantidade suficiente para controlar a planta daninha (Rodrigues; Almeida, 2005).

Por ser uma cultura em expansão no Brasil e, em virtude da diminuição da disponibilidade de mão de obra, pode-se prever aumento do uso de controle químico. Assim, a utilização de glufosinato de amônio deve se tornar frequente nos pomares, o que será insustentável em termos de manejo de plantas daninhas, considerando-se que é a única opção de recomendação e que o uso repetido de um mesmo princípio ativo é o principal motivo para a seleção de plantas daninhas resistentes.

Manejo das espécies daninhas resistentes

A dependência de controle químico em sistemas agrícolas resultou na evolução global da resistência de plantas daninhas aos principais mecanismos de ação herbicidas. A elevada pressão de seleção proporcionada pelos herbicidas, aliada à plasticidade fenotípica das plantas daninhas, acarretou a seleção de biótipos com resistência múltipla e cruzada a vários mecanismos de ação herbicidas em todo o mundo. Atualmente, há o relato e registro de 51 casos de resistência de plantas daninhas no Brasil, distribuídos em diversas culturas, mas nenhuma em pomar de noqueira-pecã (Heap, 2020). No entanto, em pomares do Novo México (EUA), onde o uso do controle químico ocorre por mais tempo, foram observados biótipos de *Amaranthus palmeri* com resistência ao herbicida glifosato (Mohseni-Moghadam et al., 2013).

Em pomares de noqueira-pecã no Brasil, as principais plantas daninhas resistentes foram selecionadas antes do cultivo da cultura ou foram introduzidas pela falta de manejo preventivo. Assim, as principais espécies com resistência encontradas são: azevém e buva, resistentes ao herbicida glifosato. Até o momento, essas

espécies podem ser controladas com o herbicida glufosinato de amônio, se aplicado no momento adequado. Entretanto, medidas proativas de manejo devem ser adotadas com vistas a evitar a evolução da resistência. Cabe salientar que a aplicação repetida e continuada de glifosato selecionou biótipos de azevém resistentes em pomares de maçã em Vacaria, no Rio Grande do Sul, em 2003 (Vargas et al., 2004). Para evitar ou retardar a seleção de plantas daninhas resistentes em pomares de nogueira-pecã, algumas medidas são necessárias:

- Não usar mais do que duas vezes herbicidas com o mesmo mecanismo de ação na mesma área por estação de crescimento.
- Monitorar e destruir plantas suspeitas de resistência. Após a aplicação do herbicida, as plantas que sobreviverem devem ser arrancadas, capinadas, roçadas, ou seja, controladas de alguma forma, evitando que produzam sementes e se disseminem na área.
- Usar plantas de cobertura do solo (verde, morta ou sintética).
- Limpar máquinas e equipamentos.
- Na presença de outras moléculas disponíveis, deve-se realizar a rotação dos mecanismos de ação.
- Adotar o manejo integrado de plantas daninhas, associando métodos de controle.

O impacto da seleção e presença de espécies daninhas resistentes em pomares de nogueira-pecã está, principalmente, no potencial aumento do custo de produção, já que o produtor terá que utilizar outros métodos associados, que podem ser onerosos e menos eficientes. Assim, o produtor que desejar usar herbicidas por maior tempo deve adotar áreas melhores práticas de manejo para evitar a ocorrência de resistência, além de preconizar o manejo integrado de plantas daninhas.

Deriva de herbicidas

Os pomares de nogueira-pecã localizam-se próximos a áreas de culturas anuais como soja, milho, arroz e trigo. Nesse cenário, o sistema de produção agrícola é extremamente dependente da utilização de herbicidas para o manejo de plantas daninhas (Somerville et al., 2017). No entanto, as aplicações de herbicidas nas áreas de cultivo anual vêm se tornando um problema para os fruticultores, devido à ocorrência de deriva (Silva et al., 2016).

A deriva é o arraste, pelo vento ou mesmo pela volatilização, de pequenas gotas da calda herbicida pulverizada, sendo influenciada pelas características físico-químicas do herbicida, tecnologia de aplicação e condições ambientais no momento da aspersão dos produtos (Costa et al., 2007). Por reduzir a eficiência da aplicação e colocar em risco as culturas instaladas em áreas circunvizinhas, a deriva é considerada um dos maiores problemas da agricultura moderna (Cunha, 2008; Nuyttens et al., 2011).

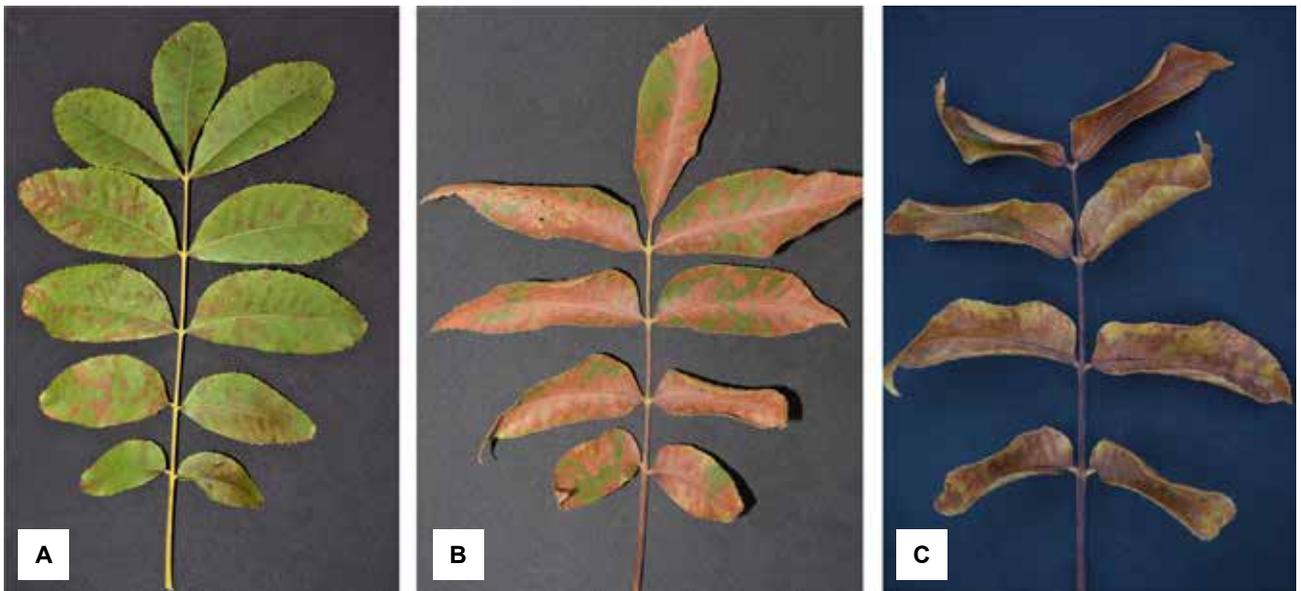
A deposição das gotas de pulverização provenientes da deriva de herbicida sobre plantas não-alvo pode ocasionar fitotoxicidade aparente, caracterizada por descoloração ou danos visíveis nas folhas, bem como danos não visíveis, chamados de fitotoxicidade não aparente. A fitotoxicidade não aparente está relacionada à produção de espécies reativas ao oxigênio, que podem prejudicar o aparato fotossintético, metabolismo e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento das plantas.

As informações sobre os sintomas e os efeitos da deriva de herbicidas em plantas de nogueira-pecã são muito restritas (Wells et al., 2019). Sabe-se que o tempo para o surgimento de sintomas visuais e o nível de fitotoxicidade dependem do herbicida, e está associado ao seu mecanismo de ação. Os danos por deriva podem ocasionar abscisão de folhas, flores e frutos, com queda de produtividade e morte de plantas. Abaixo são apresentados alguns sintomas de herbicidas, por consequência da deriva simulada em mudas de nogueira-pecã (Figuras 6 a 12).



Fotos: André Ulguim

Figura 6. Sintoma de glifosato em folhas de noqueira-pecã aos 9 dias (A) e 17 (B) dias após a aplicação.



Fotos: Jaine Rubert

Figura 7. Sintoma do herbicida paraquat em folhas de noqueira-pecã, considerando-se o número de dias após a aplicação: 1 dia (A), 3 dias (B) e 9 dias (C).

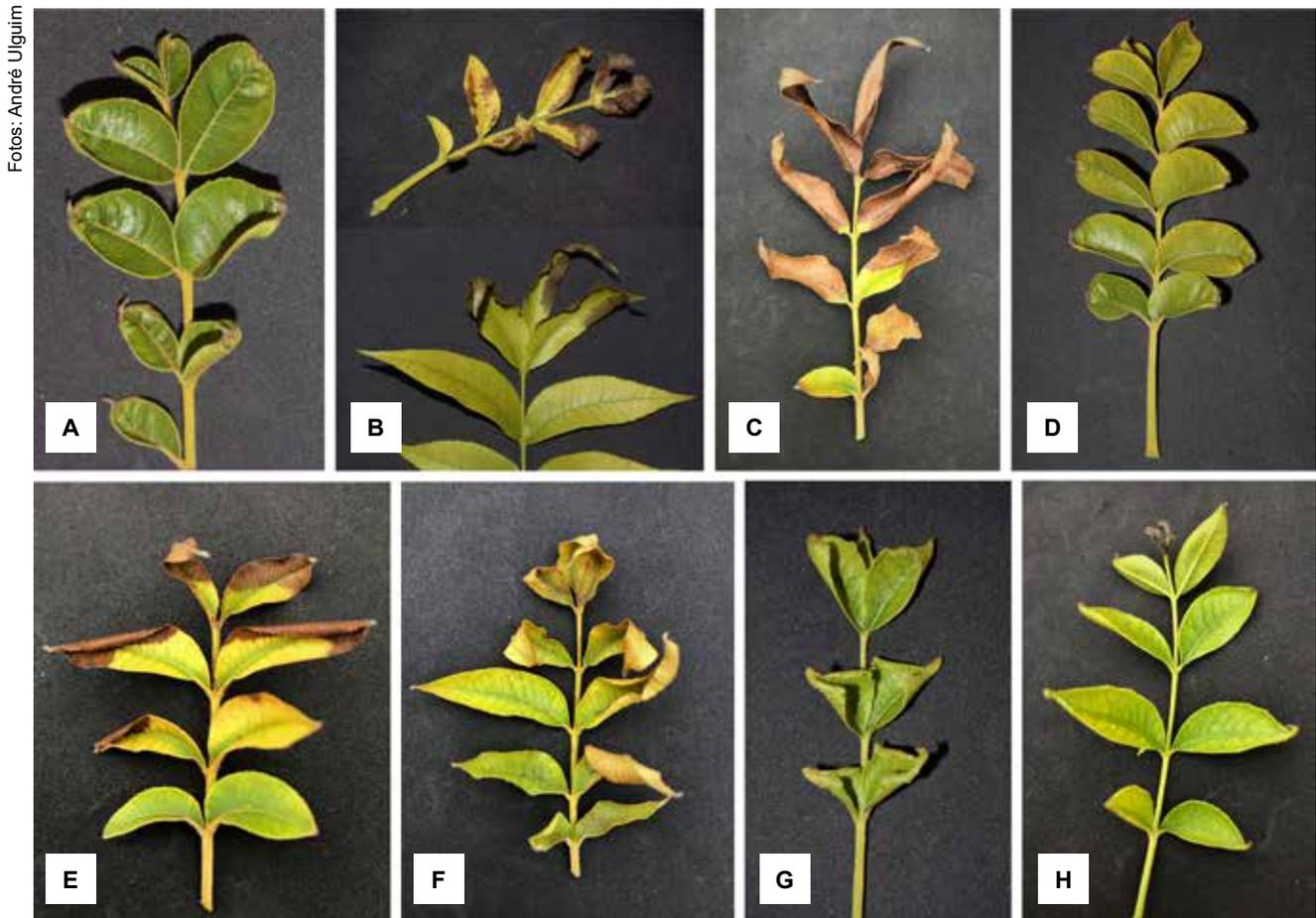


Figura 8. Sintoma de herbicidas hormonais em folhas de nogueira-pecã: 2,4-D: 1 dia (A), 3 dias (B) e 17 dias (C) após a aplicação; dicamba: 1 dia (D) e 17 dias (E, F) após a aplicação; picloran: 1 dia (G) e 17 dias (H) após a aplicação.

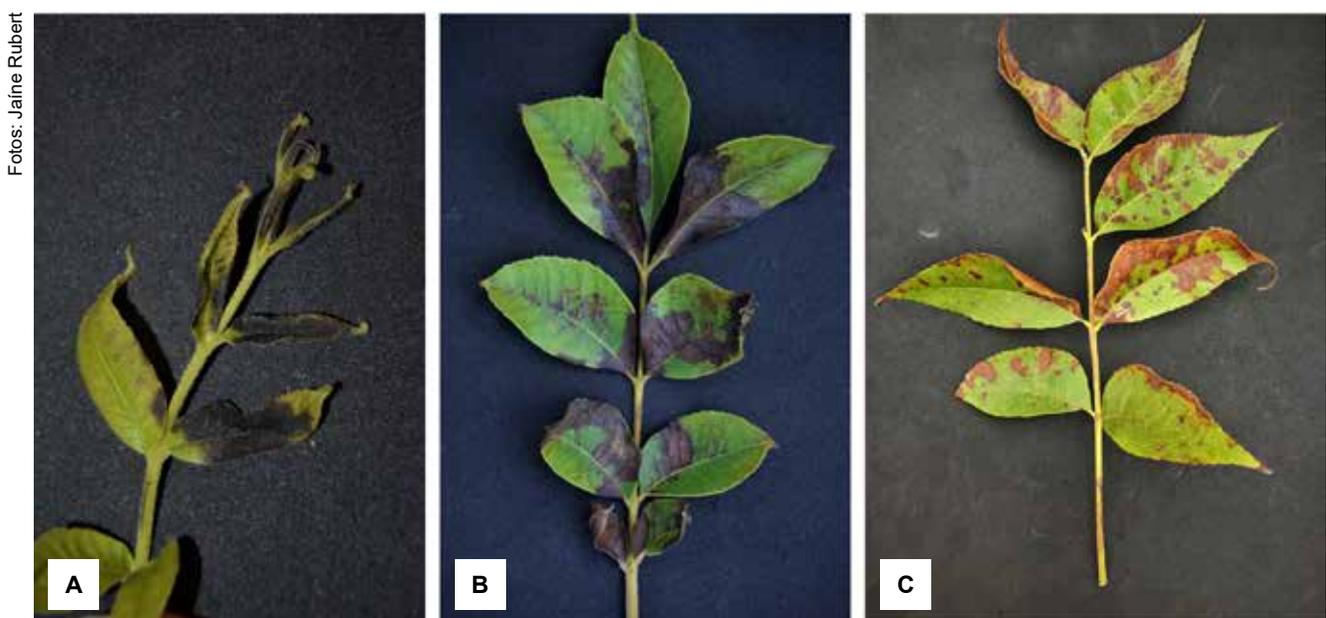
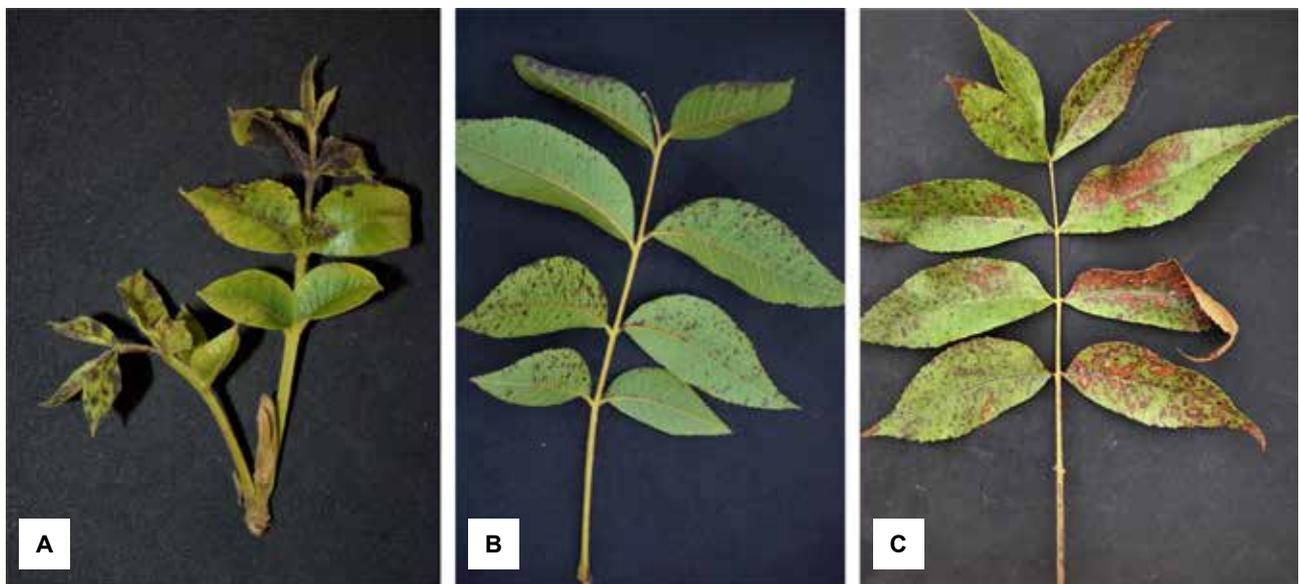


Figura 9. Sintoma do herbicida glufosinato de amônio em folhas de nogueira-pecã: 3 dias (A), 9 dias (B) e 17 dias (C) após a aplicação.



Fotos: Jaine Rubert

Figura 10. Sintoma do herbicida clomazone em folha de noqueira-pecã 4 dias após a aplicação.



Fotos: Jaine Rubert

Figura 11. Sintoma do herbicida fomesafem em folhas de noqueira-pecã: 3 dias (A), 9 dias (B) e 17 dias (C) após a aplicação.



Figura 12. Sintoma do herbicida saflufenacil em folhas de noqueira-pecã: 3 dias (A), 9 dias (B) e 17 dias (C) após a aplicação.

Os problemas de deriva, geralmente, correm próximo ao local de aplicação do herbicida e vão diminuindo gradativamente à medida que aumenta a distância. Entretanto, os danos podem ocorrer a quilômetros do local da aplicação, dependendo do herbicida envolvido e da sensibilidade das plantas danificadas. Os danos às plantas decorrentes da volatilização de herbicidas são muito menos comuns, porém mais difíceis de diagnosticar. Também é difícil comprovar ou considerar o uso indevido de agrotóxicos.

Muitos incidentes de deriva de herbicidas não resultam em perdas econômicas; no entanto, essas podem ocorrer se sintomas acentuados forem observados. Os produtores, tanto de frutíferas como de grãos, devem estar cientes dos riscos do uso de herbicidas em campos adjacentes, para evitar as perdas por deriva. Geralmente, as áreas adjacentes são de propriedade de outros agricultores; dessa forma, conversas cordiais com os vizinhos são o primeiro passo na prevenção de deriva, pois muitos agricultores não estão cientes do dano potencial à produtividade nem do valor dos pomares de noqueira-pecã.

Dentre as técnicas de aplicação, visando à redução de deriva, a seleção de pontas de pulverização representa a principal alternativa, com o objetivo principal de aumentar o tamanho das gotas. O uso de pontas de pulverização adequado pode reduzir a deriva de herbicidas, pois essas influenciam na formação e distribuição das gotas, sendo determinantes na qualidade da pulverização e ocorrência de deriva (Ferreira et al., 2011). Entretanto, isso só funciona se o equipamento estiver corretamente regulado, quanto à vazão, altura da barra e velocidade de deslocamento.

Outro fator importante na redução da deriva é a aplicação em condições climáticas adequadas. A temperatura e a umidade relativa do ar, associadas à velocidade e direção do vento, interferem diretamente na deriva. A aplicação em dias com temperatura alta pode provocar a volatilização das moléculas e aumentar a evaporação de gotas, assim como ocorre em condições de baixa umidade relativa, mesmo após atingirem o alvo. Quanto ao vento, não se recomenda pulverização em condições com velocidade acima de 10 km/h ou na ausência de vento. Quanto maior a velocidade do vento, maior deverá ser a distância entre as culturas, pois maior será a dissipação da pulverização. Por outro lado, aplicações na ausência de vento mantêm as gotas suspensas no ar, sujeitas à inversão térmica e ao transporte por correntes convectivas, que podem transportar essas moléculas por distâncias imensuráveis.

Considerações finais

O manejo de plantas daninhas em nogueira-pecã é uma prática necessária para garantir o estabelecimento do pomar e evitar perdas de produtividade.

Em cada pomar, considerando-se as peculiaridades locais, o planejamento das estratégias de controle deverá ser baseado nas premissas do manejo integrado de plantas daninhas. Nele devem constar todos os recursos necessários, a forma e o momento correto de ser empregada cada estratégia de controle, em função da espécie daninha, fase de desenvolvimento da cultura e idade do pomar.

No caso de adoção de controle químico, cuidado especial deve ser dado à seleção de espécies resistentes e à deriva. Cabe a produtor gerar um alimento saudável, tendo consciência sobre os malefícios do uso inadequado desses produtos químicos quanto ao ambiente e à saúde humana.

Cabe aos profissionais de assistência técnica orientar o pecanicultor em suas escolhas, visando otimizar o controle de plantas daninhas e gerir de forma sustentável o cultivo de nogueira-pecã, em qualquer sistema de produção de frutas (convencional, orgânico ou integrado), mas sempre respeitando o meio ambiente.

Referências

- AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acess em: 26 maio 2020.
- ARAÚJO, F. C.; RONCHI, C. P.; ALMEIDA, W. L.; SILVA, M. A. A.; MAGALHÃES, C. E. O.; GOOD-GOD, P. I. V. Optimizing the width of strip weeding in arabica coffee in relation to crop age. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 129-138, jan. 2012.
- BECK, L. **Integrated Weed Management in Pecan Orchards**. Las Cruces: New Mexico State University, 2010. (Guide H-656).
- BRIGHENTI, A. M.; BRIGHENTI, D. M. Controle de plantas daninhas em cultivos orgânicos de soja por meio de descarga elétrica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2315-2319, nov. 2009.
- BRODIE, G.; KHAN, M. J.; GUPTA, D.; FOLETTA, S. Microwave Weed and Soil Treatment in Agricultural Systems. **Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development**, v. 5, n. 93, p. 1-14, jan. 2018.
- CARROLL, B. L. **Weed control in pecans, apples and peaches**. Stillwater: Oklahoma State University, 2020. (Oklahoma Cooperative Extension Service, CR-6242).
- COBB, A. H.; READE, J. P. H. **Herbicides and plant physiology**. Wiley-BlackWell, 2010. 296 p.
- COSTA, A. G.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; SILVA, F. M. L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 203-210, jan. 2007.
- CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, set. 2008.
- EBERIUS, M. Digital herbicides tackle weeds at the root. **Outlooks on Pest Management**, v. 28, n. 6, p. 277-281, dez. 2017.
- FAIRCLOTH, W. H.; PATTERSON, M. G.; FOSHEE, W. G.; NESBITT, M. L.; GOFF, W. D. Comparison of preemergence and postemergence weed control systems in newly established pecan. **Weed Technology**, v. 21, n. 4, p. 972-976, dez. 2007.
- FERREIRA, M. C.; LOHMANN, T. R.; CAMPOS, A. P.; VIEL, S. R.; FIGUEIREDO, A. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda de viola. **Planta Daninha**, v. 29, n. 3, p. 697-705, jul. 2011.
- FLECK, N. G. **Princípios do controle de plantas daninhas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 70 p.
- FOSHEE, W. G.; GOODMAN, R. W.; PATTERSON, M. G.; GOFF, W. D.; DOZIER JÚNIOR, W. A. Weed control increases yield and economic returns from young 'Desirable' pecan trees. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 122, n. 4, p. 588-593, aug. 1997.
- FOSHEE, W. G.; BLYTHE, E. K.; GOFF, W. D.; FAIRCLOTH, W. H.; PATTERSON, M. G. Response of young pecan trees to trunk and foliar applications of glyphosate. **HortScience**, v. 43, n. 2, p. 399-402, abr. 2008.
- FOSTER, R. **Controle das plantas invasoras na cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1991. 46 p.
- GOFF, B. B.; PATTERSON, M. Apply herbicides on soil. **Pecan South**, v. 44, n. 1, p. 6-7, mar. 2011.

- GONZÁLEZ-DELGADO, A. M.; SHUKLA, M. K.; ASHIGH, J.; PERKINS, R. Effect of application rate and irrigation on the movement and dissipation of indaziflam. *Journal of Environmental Sciences*, v. 51, n. 1, p. 111-119, jan. 2016.
- GREY, T. L.; TURPIN, R. S.; WELLS, L.; WEBSTER, T. M. A survey of weeds and herbicides in Georgia pecan. **Weed Technology**, v. 28, n. 3, p. 552-559, jul. 2014.
- GREY, T. L.; RUCKER, K.; WELLS, L.; LUO, X. Response of young pecan trees to repeated applications of indaziflam and halosulfuron. **HortScience**, v. 53, n. 3, p. 313-317, mar. 2018.
- HAND, L. C.; FOSHEE, W. G.; MONDAY, T. A.; SIBLEY, J. L. Long-term weed control for landscape pecan (*Carya illinoensis*) trees. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 36, n. 2, p. 82-84, jun. 2018.
- HEAP, I. A Pesquisa Internacional de resistente a herbicidas Weeds. Disponível www.weedscience.org. Acesso em: 20 maio 2020.
- HICKS, H. L.; COMONT, D.; COUTTS, S. R.; CROOK, L.; HULL, R.; NORRIS, K.; NEVE, P.; CHILDS, D. Z.; FRECKLETON, R. P. The factors driving evolved herbicide resistance at a national scale. **Nature Ecology & Evolution**, v. 2, n. 1, p. 529-536, fev. 2018.
- HESS, M. C. M.; WILDE, M. da; YAVERCOVSKI, N.; WILLM, L.; MESLÉARD, F.; BUISSON, E. M. Microwave soil heating reduces seedling emergence of a wide range of species including invasives. **Restoration Ecology**, v. 54, n. 165, p. 1-10, jan. 2018.
- JURAIMI, A. S.; SAIFUL, A. H. M.; UDDIN, M. K.; ANWAR, M. P.; AZMI, M. Sustainable weed management in direct seeded rice culture: A review. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 7, p. 989-1002, 2013.
- MACIEL, C. D. de G. Métodos de controle de plantas daninhas. In: MONQUEIRO, P. A. (ed.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RiMa Editora, 2014. p. 129-144.
- MOHSENI-MOGHADAM, M.; SCHROEDER, J.; HEEREMA, R.; ASHIGH, J. Resistance to glyphosate in palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) populations from New Mexico pecan orchards. **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p. 85-91, mar. 2013.
- NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M. de; BAETENS, K.; BRUSSELMAN, E.; DEKEYSER, D.; VERBOVEN, P. Drift from field crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study. **Transactions of the Asabe**, v. 54, n. 2, p. 403-408, mar. 2011.
- OLIVER, L. B.; STOVALL, J. P.; COMER, C. E.; WILLIAMS, H. M.; SYMMANK, M. E. Weed control and overstory reduction improve survival and growth of under-planted oak and hickory seedlings. **Restoration Ecology**, v. 27, n. 1, p. 70-81, jan. 2019.
- PATTERSON, M. G.; WEHTJE, G.; GOFF, W. D. Effects of weed control and irrigation on the growth of young pecans. **Weed Technology**, v. 4, n. 4, p. 892-894, dez. 1990.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIRA, F. S. Guia de herbicidas. Londrina: Edição dos autores, 2005.
- SANTOS, J. C. F.; de COSTA, R. S. C.; LEÔNIDAS, F. C.; MENDES, A. M.; RODRIGUES, V. G. **Manejo agroecológico de plantas daninhas da cultura do café**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2014. 32 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 159).
- SMITH, M. W.; WOLF, M. E.; CHEARY, B. S.; CARROLL, B. L. Allelopathy of bermudagrass, tall fescue, redroot pigweed and cutleaf evening primrose on pecan. **HortScience**, v. 36, n. 6, p. 1047-1048, out. 2001.
- SMITH, M. W.; CHEARY, B. S.; CARROLL, B. L. Size of vegetation free area affects nonbearing pecan tree growth. **HortScience**, v. 40, n. 5, p. 1298-1299, ago. 2005.
- SMITH, M. W. Pecan production increased by larger vegetation-free area surrounding the tree. **Scientia Horticulturae**, v. 130, n. 1, p. 211-213, ago. 2011.
- SMITH, M. W.; CHEARY, B. S. Size of the vegetation-free area surrounding pecan trees in a tallfescue sod affects production. **Scientia Horticulturae**, v. 172, n. 9, p. 206-209, maio 2014.
- SILVA, F. B.; VITAL, R. G.; BATISTA, P. F.; COSTA, A. C.; JAKELAITIS, A. Deriva da aplicação de herbicidas sobre plantas cultivadas e nativas: uma revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 79-88, jan. 2016.
- SOMERVILLE, G. J.; STEPHEN, B. P.; MICHAEL, J. W.; MICHAEL R. Why was resistance to shorter-acting pre-emergence herbicides slower to evolve? **Pest Management Science**, v. 73, n. 5, p. 844-851, maio 2017.
- VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; RIZZARDI, M. A.; SILVA, V. C. Identificação de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) resistentes ao herbicida glyphosate em pomares de maçã. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 617-622, out. 2004.
- VIERO, J. L. C.; SCHAEDLER, C. E.; AZEVEDO, E. B. de; SANTOS, J. V. A. dos; SCALCON, R. de M.; DAVID, D. B. de; ROSA, F. Q. da. Dispersão endozocórica de sementes de arroz daninho (*Oryza sativa* L.) e capim-arroz (*Echinochloa crus-galli* L.) por bovinos. **Ciência Rural**, v. 48, n. 8, p.e20170650, jul. 2018.
- WELLS, M. L.; PROSTKO, E. P.; CARTER, O. W. Simulated single drift events of 2,4-D and dicamba on pecan trees. **HortTechnology**, v. 29, n. 3, p. 360-366, jun. 2019.
- WOLF, M. E., SMITH, M. W. Cutleaf evening primrose and *Palmer amaranth* reduce growth of nonbearing pecan trees. **HortScience**, v. 34, n. 6, p. 1082-1084, out. 1999.

Capítulo 17

Insetos-praga

Dori Edson Nava
Tiago Scheunemann
Luis Miguel da Silva Corrêa
Gabriela Inés Diez-Rodríguez
Daniel Bernardi

Introdução

Com o aumento das áreas cultivadas de noqueira-pecã no Brasil, crescem também os desafios fitossanitários associados à cultura. Várias espécies de insetos-praga infestam e causam danos nos pomares brasileiros, contudo, há escassa literatura sobre o tema. Vale destacar que, em muitos casos, há trabalhos referentes às pragas, porém, relacionados a outras culturas.

Os danos podem ser causados em diferentes estruturas vegetais, mas são mais importantes quando realizados nas flores e nos frutos, o que influi diretamente na produtividade e na rentabilidade da cultura. A falta de conhecimentos básicos acerca dos insetos-praga, bem como das técnicas de monitoramento e controle, são desafios para a expansão da cultura no país. Isso pode comprometer também a condução dos pomares já estabelecidos. Por outro lado, a noqueira-pecã é uma cultura que se adapta a diferentes regiões e sistemas de cultivo. Essa plasticidade adaptativa faz com que a cultura seja uma alternativa viável para a diversificação econômica de pequenas e médias propriedades. Frente a isso, é fundamental reunir e disponibilizar as informações sobre o assunto obtidas até o momento, facilitando, assim, o trabalho dos agricultores e a otimização do cultivo.

Cabe ressaltar que, para nenhum dos insetos-praga que serão abordados, há inseticidas registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) (Agrofit, 2020) para a noqueira-pecã. Dessa maneira, o uso indiscriminado de ingredientes ativos recomendados para outras culturas pode levar ao surgimento de novas pragas agrícolas, mediante a eliminação dos inimigos naturais presentes na área, os quais desempenham importante papel na regulação das populações das pragas, assim como proporcionar a evolução da resistência dos insetos a inseticidas com mesmo modo de ação.

Principais pragas que ocorrem no Brasil

Neste capítulo, são apresentadas informações sobre as principais pragas da noqueira-pecã que ocorrem no território brasileiro, abordando a descrição e a biologia, a distribuição geográfica, os hospedeiros, o monitoramento e as recomendações de controle.

Escolitídeos

• Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros

Os escolitídeos [*Xyleborinus* spp. e *Corthilus* spp. (Coleoptera: Curculionidae)] são insetos de forma cilíndrica, diminutos (2 mm a 3 mm), com pernas curtas, cabeça abrigada sob o pronoto e de ciclo completo (Berti Filho, 1979). Os ovos têm formato ovoide, de coloração branca, translúcidos e sem ornamentações. As larvas são de formato curculioniforme, podem ter até cinco instares, dependendo da espécie, e vivem no interior dos troncos das árvores (Figura 1). A fase de pupa também ocorre no tronco e nos ramos da planta. Ao completar o ciclo, os adultos emergem e voam em busca de um novo hospedeiro para se reproduzir. Podem alçar voo também a fim de buscar local propício à hibernação, para encontrar um novo hospedeiro para alimentação de maturação ou, muito raramente, com o intuito de encontrar um novo hospedeiro ao final do ciclo (Flechtmann et al., 1995).

Foto: Paulo Lanzetta



Figura 1. Galerias causadas por larvas de escolitídeos em ramos de noqueira-pecã.

Wood (1982) definiu os escolitídeos como sendo pequenos besouros que atacam, predominantemente, árvores em senescência ou mortas, como toras ou restos culturais. Ainda, de acordo com o mesmo autor, dependendo do tipo de colonização, pode-se classificá-los em: espermófagos (alimentam-se de sementes ou da cobertura externa que as recobre); mielófagos (utilizam como alimento pequenos galhos e pecíolos); xilófagos (o xilema da planta atacada serve diretamente como alimento); e xilomicetófagos (alimentam-se de um fungo cultivado na região do xilema) (Wood et al., 1992).

Esse último grupo, o dos xilomicetófagos, apresenta relação simbiótica com o fungo ambrosia (*Ambrosiozym* spp.) (Figura 2). O cultivo do fungo ocorre nas paredes de galerias abertas no xilema pelos escolitídeos adultos, que possuem esse hábito. Os danos são causados às plantas hospedeiras pelo fato de haver a entrada de ar nos vasos condutores, além de as galerias serem uma porta de entrada a outros patógenos. Na noqueira-pecã, os ataques ocorrem por dois gêneros pertencentes à esse grupo: *Xyleborinus* spp. e *Corthilus* spp. (Boscardin; Costa, 2018). Ambos foram descritos atacando pomares no Rio Grande do Sul (RS), sendo

o tronco a parte afetada. Isso corrobora as observações de Paiola et al. (2019), em pomares de nogueira-pecã no município de Candiota, RS, onde verificou-se grande ocorrência de ambos os gêneros, em especial *Xyleborinus* (*X. saxeseni* e *X. ferrugineus*), os quais podem vir a tornar-se importantes pragas na cultura, como já ocorre nos Estados Unidos.



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 2. Orifício circundado pelo fungo ambrosia, alimento para larvas de escolitídeos em ramos de nogueira-pecã.

Apresentam ampla distribuição geográfica em todo o mundo. No Brasil, ocorrem na maioria dos estados, sendo pragas-chave de eucalipto (*Eucalyptus* sp.), acácia-negra (*Acacia mearnsii*) e pínus (*Pinus* sp.). Silva et al. (1968) registraram o gênero *Corthilus* spp. atacando espécies frutíferas como ameixeira (*Prunus domestica* L.), abacateiro (*Persea americana* Mill.) e cafeeiro (*Coffea* spp.).

- **Danos, monitoramento e controle**

Ocorrem preferencialmente em árvores em senescência ou já mortas. No entanto, árvores saudáveis também podem ser infestadas, principalmente, quando em situação de estresse. Os danos são caracterizados pela formação de galerias no tronco e nos ramos das árvores (Figura 3). Esse comportamento impede o fluxo de seiva na planta, diminuindo o vigor e podendo levá-la à morte.

Foto: Paulo Lanzetta



Figura 3. Orifícios de entrada e saída de adultos de escolitídeos em ramos de noqueira-pecã.

O monitoramento é uma ferramenta essencial no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Para essas pragas, recomenda-se o uso de armadilhas de pouso, também chamadas de armadilha de cilindro perfurado, iscadas com etanol ou álcool 70% (Figura 4). Atraídos pelo álcool, os adultos pousam na armadilha e, em seguida, caem em um recipiente que contém água. Vale ressaltar a importância de adicionar gotas de detergente neutro na água, para quebrar a tensão superficial do líquido e favorecer a submersão dos insetos.

Devido ao fato de ser um inseto que constrói e abriga-se no interior de galerias, o uso de inseticidas sintéticos não é recomendável. Portanto, recomenda-se realizar a poda e o recolhimento dos ramos e troncos que apresentam infestação, e subsequente queima. Além disso, pelo fato dos escolitídeos apresentarem hábito de infestar plantas debilitadas ou em estresse químico, recomenda-se realizar adubação balanceada com macro e micronutrientes, baseada em análises químicas do solo, seguindo as recomendações técnicas para o cultivo. Por ocasião da formação do pomar, é importante dar atenção para áreas que apresentam boa drenagem e com solo profundo.



Foto: Daniel Bernardi

Figura 4. Armadilha para captura de adultos de escolitídeos, que pode ser usada em pomares de noqueira-pecã.

Serradores

• Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros

No Brasil, *Acanthoderes jaspidae* (Germar, 1824) é a espécie-praga mais comum de noqueira-pecã (Gallo et al., 2002). Contudo, no Rio Grande do Sul, no ano de 2018, foi detectada a espécie *Oncideres dejeani* (Thomson, 1868) (Coleoptera: Cerambycidae) (Boscardin; Costa, 2018), e, recentemente, *Megacyllen acuta* (Figura 5) (Scheunemann, T., Comunicação pessoal). Os adultos de *A. jaspidae* são besouros de coloração acinzentada, com aproximadamente 25 mm de comprimento, com pontos e manchas de coloração marrom sobre os élitros. Os adultos de *O. dejeani* apresentam aproximadamente 30 mm de comprimento, coloração parda e pontos brancos por toda a superfície dos élitros. Devido a uma mandíbula (dentes) bem quitinizada, as fêmeas serram os ramos para servir de local de multiplicação. Posteriormente, os ramos caem no solo e inicia-se o processo de deterioração, necessário para a alimentação e desenvolvimento das larvas, conhecidas como coleobrocas, as quais são de coloração esbranquiçada e ápodas (sem pernas). O desenvolvimento larval e pupal ocorre no interior dos ramos. O ciclo de vida pode variar de 6 a 12 meses, dependendo da espécie vegetal atacada e das condições ambientais (Gallo et al., 1988).

Foto: Paulo Lanzetta



Figura 5. Adulto do cerambicídeo *Megacyllene acuta*.

As duas espécies estão amplamente distribuídas no Brasil (Costa Lima, 1968). Ambas, possuem habito polí-fago, atacando diversas espécies vegetais (Di Iorio, 1997), sendo consideradas pragas-chave da cultura da noqueira-pecã (Gallo et al., 1998).

• Danos, monitoramento e controle

Os danos são causados pelas coleobrocas mediante o corte de ramos das plantas que servirão de alimento e abrigo para o desenvolvimento das fases de ovo, larva e pupa. Quando a fêmea deposita seus ovos nos ramos, faz uma incisão logo abaixo do local de deposição do ovo, em direção ao centro do ramo (Figura 6). Na maioria das vezes, a oviposição ocorre antes do corte, mas também é possível observar fêmeas ovipositando em ramos recém-cortados, antes do secamento. Ao eclodirem, as larvas se alimentam do lenho, processo facilitado pela maior rapidez de decomposição dos ramos caídos. Em locais de maior umidade e pluviosidade, o crescimento larval é favorecido, encurtando o ciclo biológico. Os danos relatados são extremamente prejudiciais ao desenvolvimento da planta, principalmente, quando ocorrem em ramos novos, o que resulta em queda drástica da produtividade. Em casos extremos, a planta pode morrer pelo corte sucessivo dos ramos. Em noqueira-pecã tem sido observado que a infestação ocorre principalmente em árvores novas, embora também possa ocorrer em plantas adultas. O período de maior ocorrência é durante os meses de novembro a fevereiro.

É recomendável realizar o monitoramento de forma visual, por meio da observação dos sintomas (ramos caídos). A presença de ramos secos que quebram facilmente, ou que já se encontram quebrados, ou com galerias em seu interior é um indicativo de infestação da praga. O controle dessas espécies é efetuado mediante a retirada de ramos infestados, sejam os que estão nas árvores ou os que se encontram caídos no solo. Uma vez retirados, recomenda-se queimá-los para interromper o ciclo biológico da praga.



Foto: Tiago Scheunemann

Figura 6. Ramo de noqueira-pecã “cortado” por adulto de *Megacyllene acuta*.

Pulgão-amarelo

• Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros

Os pulgões-amarelo *Monellia caryella* (Fitch, 1855) (Hemiptera: Aphididae) são insetos (ninfas e adultos) de coloração predominante amarela, entretanto, parte da cabeça, tórax e alguns segmentos abdominais apresentam coloração preta (Figura 7). Os adultos podem chegar a medir até 2,1 mm de comprimento. Quando em repouso, as asas ficam planas ao longo do corpo, e há nelas, ao longo da borda frontal das asas anteriores, uma faixa preta. A duração do ciclo biológico (ovo-adulto) é de aproximadamente 7 dias, durante o verão. A reprodução pode ser de forma partenogênica ou sexuada, principalmente no outono. A fecundidade (número total de ovos) é de aproximadamente 125 (Tedders, 1978). A oviposição é realizada no tecido foliar durante a maior parte do ano e nas fendas dos ramos no final do outono, para resistirem às baixas temperaturas do inverno (Camberos; Delgado, 2002). Com o início da primavera e o surgimento de novas brotações, os ovos de inverno originam os insetos da primeira geração que infestam essas partes da planta. No entanto, durante o outono, produzem-se ovos de machos alados e fêmeas sem asas, para que sejam gerados os ovos da próxima estação. Podem chegar a ter até 30 gerações por ano.

Com relação à distribuição geográfica, ocorrem em países das Américas do Norte e Sul, assim como na Ásia (Meio Oriente). O principal hospedeiro é a noqueira-pecã, entretanto, podem infestar também outras espécies da mesma família localizadas nas regiões temperadas da América do Norte. Nos Estados Unidos e no México, o pulgão-amarelo é considerado uma das principais pragas do cultivo de noqueira-pecã. No Brasil, sua presença é recente, contudo, também pode ser considerada uma das pragas em que as medidas de controle devem ser adotadas para evitar perdas (Fronza et al., 2013, Boscardin; Costa, 2018). No RS, o pico de infestação ocorre durante o período de verão (Ávila-Rodríguez et al., 2016).

Foto: Jonas Janner Hamann

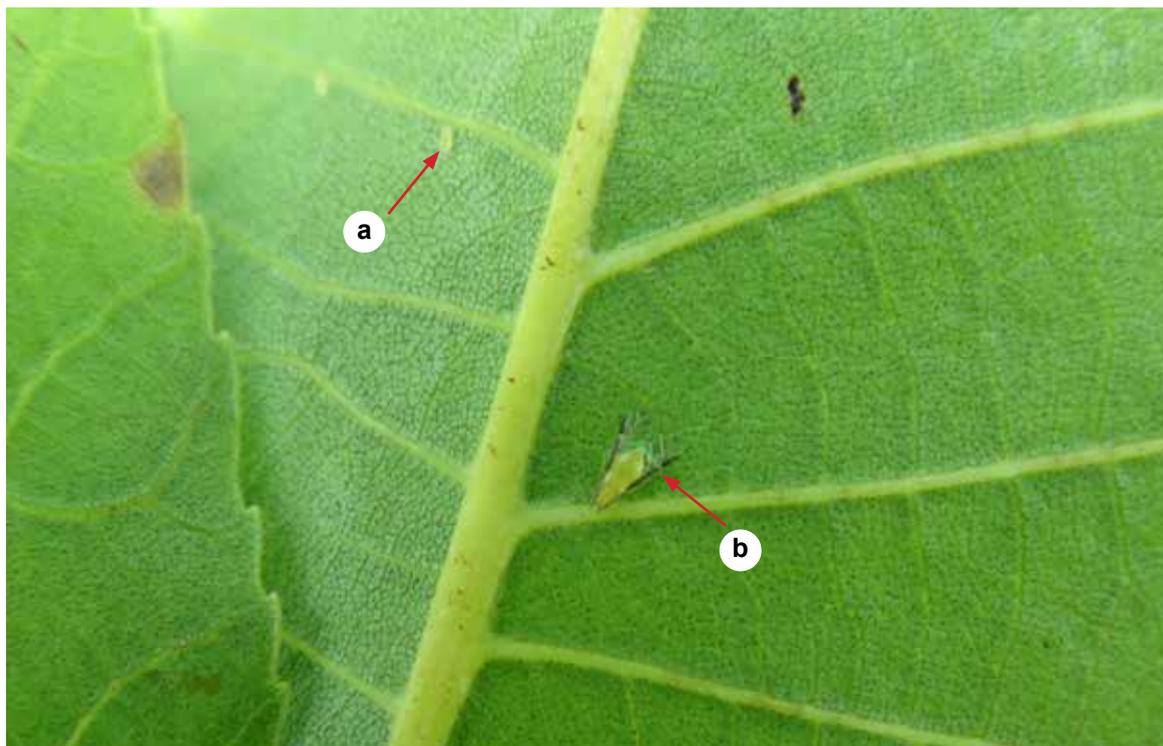


Figura 7. Forma juvenil (a) e adulto (b) do pulgão-amarelo *Monellia caryella* em folha de noqueira-pecã.

• Danos, monitoramento e controle

Os danos diretos podem ser ocasionados tanto pelas ninfas como pelos adultos, que sugam a seiva das folhas, provocando manchas cloróticas. Os maiores danos são ocasionados em árvores de até 5 anos de idade. Em altas infestações, podem levar à queda prematura das folhas, perda de vigor e diminuição da produção das plantas. Devido ao hábito alimentar de sugar a seiva, também podem provocar danos indiretos, tais como o desenvolvimento de fumagina, um fungo que se desenvolve a partir de substâncias açucaradas eliminadas pelas ninfas e adultos no momento da alimentação. A presença de fumagina nas folhas e ramos diminui a área fotossintética, o que impacta diretamente no acúmulo de amido e produção de açúcares para a planta. Embora o dano seja causado nas folhas, o principal reflexo é a diminuição da produção de nozes nos anos subsequentes.

O monitoramento deve ser feito mediante a escolha aleatória de 10 árvores no pomar (Camberos; Delgado, 2002). Em cada árvore, recomenda-se realizar a coleta de 10 folhas, a no mínimo 2 m de altura em relação ao solo. A coleta deve ser realizada semanalmente em períodos de baixa infestação (primavera), porém, no pico de ocorrência da praga (verão), as coletas devem ser realizadas duas vezes por semana. O uso de armadilhas adesivas amarelas também é uma estratégia que pode favorecer a detecção inicial da praga no pomar, principalmente para verificar a flutuação populacional de *M. caryella* na área (Boscardin; Costa, 2019).

Como para as demais pragas, para controle, não há inseticidas registrados para o manejo de pulgão-amarelo na cultura da noqueira-pecã. Entretanto, já foi relatada a ocorrência de elevada quantidade de inimigos naturais (parasitoides e predadores) nos pomares agrícolas. Esses indivíduos auxiliam no equilíbrio e na manutenção do crescimento populacional de *M. caryella*. No México, foi constatada a presença de parasitoides das famílias Aphelinidae (gênero *Aphytis*), Eulophidae (gênero *Quadrasticus*), Encyrtidae, Torymidae e Braconidae em pomares de noqueira-pecã sob manejo convencional (Ávila-Rodríguez et al., 2016). Também são registrados insetos predadores tais como aranhas, crisopídeos e coccinelídeos. A escolha do local de implementação do pomar e a correta adubação, especialmente do nitrogênio, também são fundamentais para que as plantas sejam saudáveis e sofram menos ataques.

Percevejo-das-frutas e percevejo-do-milho

• Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros

Os adultos de percevejos-das-frutas *Leptoflossus stigma* Herbst e percevejo-do-milho *Leptoglossus zonatus* (Dallas, 1852) (Hemiptera: Coreidae) medem, aproximadamente, 2 cm de comprimento. O primeiro possui, em geral, coloração escura e pronoto pardo-avermelhado, enquanto *L. zonatus* possui coloração marrom-escura, com duas manchas circulares amarelas no pronoto e uma linha transversal em zigue-zague de cor amarelada, localizada nos hemiélitros (Gallo et al., 2002). Ambas as espécies possuem como característica principal uma expansão foliácea na tíbia do terceiro par de pernas. As fêmeas podem colocar até 50 ovos nas folhas, galhos e pedúnculos, em linha reta (Matioli, 2006). Após a eclosão, em aproximadamente 9 dias, as ninfas de *L. zonatus* apresentam coloração alaranjada e hábito gregário nos primeiros instares. O ciclo de vida (ovo-adulto) varia de 50 e 70 dias (Matrangolo; Walquil, 1994)

Ambas as espécies possuem ampla distribuição no Brasil. No RS, as espécies foram reportadas por Boscardin et al. (2016) no município de Paraíso do Sul, em pomares cercados de mata nativa. Os principais hospedeiros de *L. stigma* são: *Anacardium occidentale*, *Psidium guajava*, *Citrus sinensis*, *Mangifera indica*, *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Cucumis sativus*, *Punica granatum*, *Citrus reticulata*, *Averrhoa carambola*, *Cucurbita pepo*, *Carya illinoensis*, *Citrus aurantium*, *Psidium cattleianum*, *Passiflora edulis* e *Psidium grandifolium*. Para *L. zonatus* são registrados os seguintes hospedeiros: *Solanum melongena*, *Citrullus lanatus*, *Zea mays*, *Prunus persica*, *Punica granatum*, *Solanum lycopersicum*, *Jatropha curcas*, *Gossypium hirsutum*, *Carya illinoensis*, *Citrus* sp. e *Citrus unshiu*.

• Danos, monitoramento e controle

Os danos são decorrentes da alimentação direta nos frutos, mais especificamente durante a fase aquosa da noz (Yates, 1991). Em geral, frutos em desenvolvimento (casca mole) que sofrem puncturas, pelo estilete (aparelho bucal) das ninfas e adultos, caem dentro de 4 a 5 dias. Quando o ataque ocorre em frutos que sofreram o endurecimento da casca, o dano na amêndoa se manifesta em manchas escuras causadas pelo acúmulo de fluidos ao redor da lesão (Yates, 1991). O Monitoramento deve ser realizado por meio de observações visuais durante os estádios de desenvolvimento dos frutos, visto que não há técnicas de monitoramento descritas para esses dois coreídeos. Para controle não existem inseticidas químicos registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) para o manejo dessas espécies.

Percevejo-verde

• Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros

Os adultos da espécie *Loxa deducta* (Walker, 1867) (Hemiptera: Pentatomidae) apresentam coloração verde, com espinhos pronunciados na região do pronoto. As informações biológicas, obtidas no hospedeiro ligustro, indicam que as fêmeas são maiores do que os machos, pesando aproximadamente 199 mg e 180 mg, respectivamente. As fêmeas também são mais longevas (62 dias) do que os machos (55 dias) (Panizzi et al., 1998). Os ovos são de coloração creme, em formato de barril, com longa e densa pilosidade (Grazia; Frei-Da-Silva, 2001). A duração do estágio de ninfa é de aproximadamente 49 dias quando criados experimentalmente em ligustro (*Ligustrum lucidum*) (Panizzi et al., 1998).

Ocorre desde o sul dos Estados Unidos (Texas e Flórida) até a América do Sul (Panizzi; Rossi, 1991). No Brasil, está amplamente distribuído em todas as regiões. Entre os hospedeiros destacam-se espécies arbóreas nativas [pata-de-vaca (*Bauhinia candicans* Benth)], introduzidas {ligustro [*Ligustrum lucidum* Ait.], [*Leucaena leucocephala* (Lam)]} e espécies cultivadas [soja (*Glycine max* (L.) Merrill), bergamota (*Citrus reticulata* L.) e algodão (*Gossypium* L.)] (Becker; Grazia-Vieira, 1971; Costa; Link, 1974; Link; Grazia, 1987; Panizzi; Rossi, 1991; Panizzi et al., 1998). Recentemente, *L. deducta* foi detectado em frutos de nogueira-pecã no Rio Grande do Sul (Boscardin et al., 2016).

- **Danos, monitoramento e controle**

Os danos podem ser causados pelas ninfas e adultos nos frutos de noqueira-pecã, semelhantes aos ocasionados pelas espécies do gênero *Leptoglossus*. Não há estudos que definam o monitoramento. Assim, os produtores devem percorrer os cultivos e realizar avaliações visuais, principalmente, durante o período de frutificação. Com relação ao controle, não existem inseticidas químicos registrados no Mapa para o manejo do percevejo-verde, para a cultura da noqueira-pecã.

Formigas

- **Descrição biológica, distribuição geográfica e hospedeiros**

As formigas cortadeiras (Figura 8), conhecidas como quem-quens (*Acromyrmex* spp.) e saúvas (*Atta* spp.) (Hymenoptera: Formicidae), causam grandes danos aos cultivos agrícolas, principalmente, em espécies arbóreas. Essas formigas destacam-se como o principal problema fitossanitário para a implementação e consolidação de áreas de florestas cultivadas. Ambos os gêneros vivem, geralmente, no interior do solo, apresentando indivíduos reprodutores (alados) e não reprodutores (ápteros). Para sua alimentação, cultivam fungo a partir do material proveniente do ataque às plantas (Botton et al. 2011). As espécies do gênero *Acromyrmex* são menores e apresentam de quatro a cinco pares de espinhos no tórax, enquanto as saúvas possuem três pares. Além disso, vale destacar que os formigueiros do gênero *Acromyrmex* são pequenos e presentes em maior quantidade que os saúveiros, os quais são maiores e com mais indivíduos (Gallo et al., 2002; Rando; Forti, 2005).

Foto: Jonas Janmer Hamann



Figura 8. Formiga forrageando folhas de noqueira-pecã.

As formigas dos gêneros *Acromyrmex* e *Atta* ocorrem desde o sul dos Estados Unidos (latitude 40° N) até a região central da Argentina (latitude 44° S). No Brasil os dois gêneros estão amplamente distribuídos em todas as regiões, com algumas exceções, em função da espécie, que possui estreita relação com o tipo de vegetação e clima. Para as condições do Rio Grande do Sul, estão relacionadas dez espécies de *Acromyrmex*, sendo que a região da Depressão Central do estado é a que possui maior número de espécies (Loeck et al., 2003). Por se tratar de insetos com hábito polígrafo, alimentam-se tanto de plantas cultivadas como silvestres.

• Danos, monitoramento e controle

As formigas proporcionam desfolhamento e o corte de gemas apicais da noqueira-pecã (Figura 9). Isso acarreta atraso no desenvolvimento das plantas e, em casos extremos, pode levá-las à morte. Normalmente, a infestação é extremamente prejudicial durante o estabelecimento da cultura até árvores de 5 anos de idade. Contudo, também pode ocorrer desfolha em plantas adultas.



Foto: Jonas Janner Hamann

Figura 9. Danos causado por formigas desfolhadoras em muda de noqueira-pecã.

No monitoramento, recomenda-se a observação dos “trilhos” formados pelas formigas, enquanto realizam o carregamento das folhas e ramos, o que possibilita encontrar a entrada dos ninhos. No entanto, algumas espécies de quem-quens possuem o hábito de consumir e infestar as plantas durante à noite, o que dificulta a localização dos caminhos (Botton et al., 2011). Em florestas cultivadas com pinus e eucaliptos, o monitoramento é feito pelo método de parcelas aleatórias e de transectos. No entanto, não há monitoramento específico para a cultura da noqueira-pecã.

O controle de formigas é complexo e deve ser realizado basicamente com a aplicação de inseticidas nos ninhos ou nos “trilhos” de forrageamento. Existem vários produtos registrados no Mapa para controle de formigas em florestas cultivadas de pinus e eucaliptos; assim, os produtores devem optar pelo produto mais adequado à situação. Contudo, deve-se levar em consideração a espécie de formiga, localização do pomar, manejo de pragas e custo econômico, entre outros. Para que o controle seja eficiente, é necessário conhecer a espécie que está causando desfolha e também se deve atentar para algumas recomendações:

- o controle de formigas se inicia com a escolha da área para implementar o pomar;
- deve-se ter maior cuidado com pomares recém-implantados (com plantas de até 5 anos);
- o período de maior infestação ocorre logo após o inverno, quando inicia o período vegetativo, portanto, o monitoramento do pomar deve ser realizado com maior intensidade;
- o controle das formigas quem-quens é mais simples do que o de saúvas, embora algumas espécies tenham hábito de forrageamento noturno, o que dificulta a localização dos trilhos e do ninho. Por outro lado, algumas espécies são de tamanho pequeno e não conseguem carregar a isca tóxica para os ninhos;
- não aplicar formicidas granulados em solos úmidos (Gallo et al., 2002).

O controle biológico para as formigas cortadeiras é pouco estudado, porém há registros de predação de formigas do gênero *Atta* por *Canthon virens* (Araújo et al., 2015). Recomenda-se também utilizar produtos à base dos fungos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* em pó nos ninhos para o controle de quem-quens.

Bicho-furão

- **Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros**

Os adultos de *Gymnandrosoma aurantianum* Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae) medem aproximadamente 17 mm de envergadura, com coloração predominantemente acinzentada (Figura 10) (Fonseca, 1934). Os adultos possuem hábito crepuscular/noturno e durante o dia permanecem em repouso nas plantas ou na vegetação próxima. O acasalamento ocorre nos primeiros dias da emergência, e as fêmeas podem colocar até 200 ovos em um período de aproximadamente 20 dias (Nakano; Soares, 1995; Garcia; Parra, 1999). As posturas são realizadas próximas dos frutos, apresentam formato achatado e são transparentes, adquirindo coloração mais escura conforme o desenvolvimento embrionário. O período de incubação varia entre 4 e 11 dias, na faixa térmica de 32 °C a 18 °C (Garcia; Parra, 1999). Após a eclosão, as lagartas penetram nos frutos, construindo galerias entre a bráctea e a casca da noz. Possuem cinco estádios de desenvolvimento e atingem até 18 mm de comprimento no último instar (Lima, 1927). A duração da fase larval varia cerca de 17 a 31 dias, nas temperaturas de 32 °C a 18 °C, respectivamente (Garcia, 1998). Ao final dessa fase, as lagartas deixam o fruto e pupam no solo, protegendo-se em um casulo construído com restos vegetais, e permanecem nesse estágio por um período variável de 9 a 21 dias, na faixa térmica de 32 °C a 18 °C, respectivamente (Lima, 1927; Schultz, 1939; White, 1993; Garcia, 1998).

Foto: Paulo Lanzetta



Figura 10. Adulto de *Gymnandrosoma aurantianum*.

Essa espécie ocorre em toda a América do Sul (Zucchi et al., 1993). Dentre os hospedeiros de *G. aurantianum* são relatados os citros (*Citrus* spp.), a goiaba (*Psidium guajava* L.), a manga (*Mangifera indica* L.), a macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maid. et Bet.) e a fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.) (Zucchi et al., 1993; Nakano; Soares, 1995). Mais recentemente, foi relatada a ocorrência em noqueira-pecã (Nava et al., 2020).

• Danos, monitoramento e controle

Os danos são decorrentes da presença das lagartas que, ao eclodirem, penetram nas nozes e se alimentam da parte interna das brácteas, construindo galerias e deixando excrementos na parte externa (Figura 11). O local de penetração da lagarta propicia a entrada de umidade, favorecendo o desenvolvimento de fungos e, conseqüentemente, a deterioração do tecido vegetal (Nava et al., 2020). A ação conjunta das lagartas e dos microrganismos compromete a formação do fruto e, na maioria dos casos, a formação da amêndoa, tornando-a imprópria para indústria e consumo in natura.



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 11. Dano causado pelas lagartas de *Gymnandrosoma aurantianum* em frutos de noqueira-pecã.

No monitoramento, recomenda-se o uso de armadilha Delta, contendo feromônio sexual que atrai os machos. No caso de *G. aurantianum*, em noqueira-pecã ainda não foram feitos testes para verificar sua eficiência e informações a respeito da instalação da armadilha no interior do pomar. Em geral, em cultivos de citros, é recomendado o uso de uma armadilha para cada 10 ha. As avaliações são realizadas semanalmente, quando é realizada a contagem do número de machos capturados. Isso indica o nível populacional da praga na área amostrada. As medidas de controle devem ser tomadas quando atingida a coleta máxima de quatro machos por armadilha/dia (Bento et al., 2001).

Dentre os métodos de controle para bicho-furão, destaca-se o uso do parasitoide de ovos do gênero *Trichogramma* (Parra et al., 2008). Em paralelo, recomenda-se a catação e destruição dos frutos infestados. Para complementar esse processo, os frutos danificados podem ser triturados ou enterrados entre linhas do pomar, sob uma camada de terra de pelo de menos 30 cm, para evitar que as lagartas sobrevivam e voltem à superfície, reiniciando o ciclo biológico (Pinto, 1996; Fundecitrus, 2003). O uso do controle químico também pode ser uma alternativa para o manejo da praga, desde que os produtos comerciais estejam registrados no Mapa para a noqueira-pecã.

Broca-das-fruteiras

- **Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros**

O adulto *Timocratica palpalis* (Zeller, 1877) (Lepidoptera: Depressariidae) é uma mariposa de coloração branca, com a região central amarela, medindo aproximadamente 50 mm de envergadura (Figura 12). As fêmeas ovipositam no exterior de troncos e galhos (Pereira, 2007). As lagartas possuem cor violácea, chegando a medir 30 mm no último instar larval, quando se direcionam para a abertura inicial, onde ocorre a fase de pupa e, posteriormente, a emergência dos adultos.

Essa espécie ocorre principalmente no Sul da América do Sul, com registros para Argentina, Bolívia e Brasil. No Brasil é encontrada em todos os estados das regiões Sul e Sudeste, além do Distrito Federal e da Bahia. É considerada uma espécie polífaga, sendo descrita em mais de 40 hospedeiros, dentre eles fruteiras das famílias Myrtaceae e [goiabeira (*Psidium guajava* L.), jaboticabeira (*Myrcia jaboticaba* Baill.)], Rosaceae [maçeira (*Malus domestica* Borkh), ameixeira (*Prunus domestica* L.)], Rubiaceae [cafeeiro (*Coffea arabica* L.)], entre outros (Mariconi; Soubiê Sobrinho, 1961; Silva et al., 1968).



Figura 2. Exemplar adulto de *Timocratica palpalis*.

- **Danos, monitoramento e controle**

Os danos são causados pelas lagartas, mediante a destruição da região subcortical (casca), após a abertura de galerias horizontais que, posteriormente, ascendem nos ramos. Ao abrir a galeria, recobrem a entrada com teia, construída com fios de seda, restos de casca e excrementos fecais (Figura 13). Em plantas de *Eucalyptus saligna*, *T. palpalis* acarretou mortalidade de 67,5% das árvores infestadas (Zanuncio et al., 1990). Gallo et al. (1988) relacionam a broca-das-fruteiras como a principal praga da noqueira-pecã, devido ao fato de seu ataque levar ao secamento dos ramos e, em altas infestações, à mortalidade.



Foto: Mirtes Melo

Figura 13. Sintoma de ataque de *Timocratica palpalis* em ramo de noqueira-pecã.

O monitoramento é feito a partir da visualização dos danos causados pelas brocas nos troncos e ramos e pelos sintomas provenientes da infestação, como o secamento progressivo do ramo. O controle ocorre mediante a aplicação de medidas culturais, tais como a remoção e incineração dos galhos e partes atacadas, visando evitar a proliferação da praga. Além disso, recomenda-se manter os pomares em bom estado nutricional, principalmente, com nitrogênio, fósforo e potássio e micronutrientes como o silício.

Cochonilha-branca

- **Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros**

As cochonilhas-branca têm nome científico *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti, 1885) (*Hemiptera*: Diaspididae). As fêmeas dessa espécie são ápteras, de formato oval e coloração branca a amarelada, medindo de 2 mm a 2,5 mm. Quando as fêmeas ficam aptas para o acasalamento, liberam feromônios que desencadeiam a emergência de machos na população (Branscome, 2003; Hickel, 2004). As ninfas que darão origem aos machos possuem o formato do corpo semelhante ao das fêmeas, com a carapaça alongada, porém são um pouco menores, medindo de 0,7 mm a 1,4 mm (Branscome, 2003). A oviposição inicia-se, aproximadamente, 2 semanas após o acasalamento e continua por 8 a 9 dias (Branscome, 2003; Nava et al., 2014). Os ovos ficam no interior da carapaça da fêmea até o início da eclosão das ninfas. O número de ovos colocados varia em função da espécie vegetal infestada, podendo chegar a 150 em amoreira (Gallo et al., 2002). Após a eclosão, as ninfas movimentam-se na planta e, decorridos 7 a 9 dias, fixam-se e realizam a troca de instares. Os machos passam por cinco ecdises e as fêmeas por duas. Após a fixação na planta, começa a perfuração dos tecidos vegetais com o aparelho bucal, para succionar a seiva (Gallo et al., 2002; Botton et al., 2003; Monteiro; Hickel, 2004).

A espécie é nativa do sudoeste da Ásia e, atualmente, está presente em todas as regiões biogeográficas do planeta, incluindo América do Norte, Central e do Sul (Hanks; Denno, 1993) e, praticamente, todos os estados brasileiros (Nava et al., 2014). Trata-se de um inseto de hábito polífago, que infesta espécies vegetais nativas e cultivadas. Na Flórida (EUA), essa espécie foi registrada em 178 hospedeiros (Salles, 1998).

- **Danos, monitoramento e controle**

Os danos são causados quando há ocorrência de elevadas infestações da praga, principalmente, em plantas jovens, em que atacam ramos e tronco (Figura 14). Devido à sucção da seiva, realizada pela praga, as plantas ficam debilitadas, perdendo o vigor. Além disso, podem ocorrer rachaduras do tronco e dos ramos, propiciando a entrada de microrganismos causadores de doenças (Gallo et al., 1988; Botton et al., 2003; Monteiro; Hickel, 2004). No Rio Grande do Sul, altas infestações têm sido registradas nos cultivos de noqueira-pecã em períodos mais secos.



Foto: Dori Edson Nava

Figura 14. Cochonilha-branca *Pseudaulacaspis pentagona*.

Pode ser realizado o monitoramento por meio da identificação das infestações no tronco e nos ramos das plantas, já que são de fácil reconhecimento, devido à coloração branca das carapaças dos machos. Normalmente, o controle biológico natural é efetivo para *P. pentagona*, não sendo necessário o uso do controle químico, como ocorre em diversas frutíferas (Nava et al., 2014). Dentre os principais inimigos naturais registrados no Rio Grande do Sul, destacam-se os parasitoides *Azotus platensis* (Hymenoptera: Aphelinidae) e *Signiphora aspidioti* (Hymenoptera: Signiphoridae) (Nava, 2007) e os predadores *Pentilia* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) e *Crysopa* sp. (Neuroptera: Crysopidae) (Lorenzato, 1988; Salles, 1990). Recomenda-se a retirada dos galhos infestados, que devem ser acomodados nas entrelinhas do pomar no momento da poda, a fim de possibilitar o desenvolvimento de inimigos naturais.

Mosca-da-madeira

• Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros

Amosca-da-madeira tem nome científico *Rhaphiorhynchus pictus* (Wiedmann, 1821) (Diptera: Pantophthalmidae). As fêmeas são caracterizadas por apresentar tamanho relativamente grande, podendo chegar a até 35 mm de comprimento e 80 mm de envergadura, sendo menores os machos. Os adultos apresentam coloração escura, com as asas amarelo-escuro. As fêmeas possuem abdômen desenvolvido, com a presença de um ovipositor (Gallo et al., 2002). Os ovos, de coloração creme, são colocados nas cascas das árvores, de forma isolada ou em grupos. Apresentam forma elíptica e estão cobertos externamente por pequenas células, semelhantes às de favos de abelha, tendo na extremidade uma incisão irregular por onde sairá a larva (Gallo et al., 2020). Ao eclodir, as larvas medem aproximadamente 4 mm e podem chegar aos 47 mm de comprimento, próximo da pupação. As peças bucais das larvas são muito desenvolvidas, principalmente as mandíbulas, pois atuam na abertura do lenho e na construção das galerias. O último segmento abdominal torna-se quitinizado, com processos semelhantes a espinhos e que, provavelmente, têm função de defesa. O período larval pode ter duração de até 2 anos (Gallo et al., 2002).

A praga tem ocorrência em praticamente todos os estados brasileiros. Diversas espécies de essências florestais e de plantas frutíferas são hospedeiros da mosca-da-madeira, sendo a nogueira-pecã uma das principais.

• Danos, monitoramento e controle

Os danos são causados pelas larvas, que abrem galerias no troco das árvores, depreciando a madeira. Ao eclodir, procuram as fendas da casca, onde iniciam o trabalho de perfuração e penetração no lenho da árvore. As aberturas são diminutas, mas, após alguns dias, as larvas penetram na madeira, da qual extravasa a seiva, que escorre pelo tronco, deixando uma faixa negra visível à distância. Os canais feitos pelas larvas são cilíndricos e sempre em posição horizontal, para o interior da madeira. Podem ser simples ou ramificados, mas conservam sempre uma abertura para saída de serragem e seiva. O monitoramento deve ser realizado a partir da visualização dos danos e do sintoma causado na casca das árvores. Trata-se de uma praga de difícil controle, pois, principalmente as larvas ficam protegidas no interior do tronco. Em pomares pequenos, recomenda-se a obstrução das galerias com tampões de madeira (Gallo et al., 2002). Outra possibilidade é realizar a caiação do tronco para evitar a postura na casca das árvores. Para tal utiliza-se a fórmula: cal (3 Kg) + enxofre (3 Kg) + água (100 L) (Gallo et al., 2002)

Curculionídeos-da-raiz

• Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros

Existem relatos da ocorrência de diferentes espécies de *Naupactus*, sendo *Naupactus cervinus* (Boheman, 1840) (Coleoptera: Curculionidae) (Figura 15) a mais frequente em nogueira-pecã. Contudo, podem ocorrer outras espécies desse gênero, devido ao seu hábito polífago. A maior parte das informações da biologia do grupo foram obtidas em cultivos de citros, em que o complexo dos curculionídeos-das-raízes causa perdas econômicas. *N. cervinus* é um besouro de cor parda quase uniforme, ligeiramente esbranquiçado, com uma listra longitudinal em cada lado dos élitros. Os adultos medem aproximadamente 10 mm de comprimento, com asas atrofiadas (Bitancourt et al., 1933). A reprodução de algumas espécies, como *N. cervinus*, é sexuada, porém pode ocorrer partenogênese (Lanteri; Normark, 1995). Os adultos alimentam-se durante a noite e, durante o dia, permanecem em repouso entre as folhas no interior da copa das árvores (Bitancourt et al., 1933). Os ovos são colocados em locais protegidos da planta, em resíduos na superfície do solo ou no próprio solo. Os maiores picos de oviposição ocorrem durante os meses de outubro a abril. Ao eclodir, as larvas alimentam-se das radículas e, conforme seu desenvolvimento, passam a consumir raízes finas e a casca das raízes mais grossas, até passarem à fase de pupa, ainda no solo (Gravena et al., 1992; Guedes, 2007). Próximo da pupação, as larvas constroem a câmara pupal, onde permanecem até a emergência dos adultos. A duração do ciclo biológico (ovo a adulto) pode chegar a 270 dias e a fecundidade a 200 ovos, sendo que os adultos podem viver aproximadamente 30 dias (Guedes, 2003; Parra et al., 2003).

Foto: Jerson Carus Guedes



Figura 15. Adulto de *Naupactus cervinus*.

A distribuição geográfica desses besouros corresponde à região neotropical, tendo alta diversidade em áreas tropicais e subtropicais da América do Sul. Existem registros de ocorrência no Brasil, Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai, tendo sido introduzidos em países da América do Norte, África, Europa e Oceania (Lanteri et al., 2002). No Brasil, já foram observados causando danos a diversas culturas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Lanteri et al., 2002). *N. cervinus* alimenta-se em várias plantas cultivadas, tais como fava (*Vicia faba* L.), batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.)], pereira (*Pyrus communis* L.), damasco (*Prunus armeniaca* L.), erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), alfafa (*Medicago sativa* L.) e em *Citrus* sp. (Lanteri et al., 1994). Costa e Bogorni (1996) encontraram o inseto em duas espécies arbóreas na região de São Sepé (RS), a guaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz) e a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) (Junqueira, 1952).

• Danos, monitoramento e controle

São decorrentes da alimentação das larvas no sistema radicular e dos adultos na área foliar (Guedes; Parra, 2004; Guedes et al., 2005). No caso da alimentação das raízes, os ferimentos causados pelos indivíduos facilitam a entrada de patógenos causadores de doenças. Além disso, as plantas reduzem o desenvolvimento e a produção.

Não há uma técnica específica para realizar o monitoramento da praga, assim, recomenda-se acompanhar a evolução dos danos, causados nas folhas pelos adultos, e dos danos causados no sistema radicular. Para acompanhar os danos nas raízes, recomenda-se construir trincheiras no solo na área de projeção da copa, conforme mencionado por Guedes (2003).

Não há métodos de controle estabelecido para essa praga, devido às dificuldades de estabelecer o controle simultâneo para larvas no solo e para os adultos que ficam na copa das plantas. Algumas técnicas, como o revolvimento do solo quando a infestação for alta, poderão ajudar a diminuir a população da praga. Na cultura do citros, em que ocorrem as maiores infestações dos curculionídeos-das-raízes, o controle é realizado eventualmente, sendo considerada uma praga secundária. Para a cultura da noqueira-pecã, são necessários mais estudos para determinar a importância desse grupo como insetos-praga.

Filoxera

• Descrição, biologia, distribuição geográfica

Trata-se de *Phylloxera devastatrix* (Pergande, 1904) e *Phylloxera notabilis* (Pergande, 1904) (Hemiptera: Phylloxeridae). Os insetos de ambas as espécies são pequenos, medindo aproximadamente 5 mm de comprimento. Apresentam formato ovalado e coloração amarelada. São insetos que se caracterizam pela produção de galhas, no interior das quais alimentam-se e reproduzem-se. Após a hibernação dos ovos em locais protegidos das plantas, eclodem as ninfas, que migram para as brotações, onde se formam as galhas. As galhas produzidas por *P. devastatrix* se localizam no tronco, ramos, pecíolos e nozes; já para *P. notabilis*, situam-se em torno das nervuras centrais das folhas da noqueira-pecã. Ambas apresentam coloração marrom (Figuras 16A e 16B). Nas duas espécies, os insetos desenvolvidos no interior das galhas são alados. No entanto, no caso de *P. devastatrix*, emergem adultos assexuados, os quais migram para outras partes da planta, ou mesmo para outras plantas próximas, e realizam a oviposição de dois tipos de ovos. Os de tamanho maior dão origem a fêmeas, e os menores, a machos. Por outro lado, os insetos emergidos de *P. notabilis* são sexuados e, após acasalarem, as fêmeas procuram um local apropriado para ovipositar. Porém, também dão origem a ninfas assexuadas, que eclodem na mesma galha que seus progenitores e migram para outros pontos na mesma árvore, a fim de formar novas galhas e recomeçar o ciclo biológico. Ambas as espécies da praga se distribuem largamente pela América do Norte causando graves danos aos pomares de noqueira-pecã, em especial nos Estados Unidos.

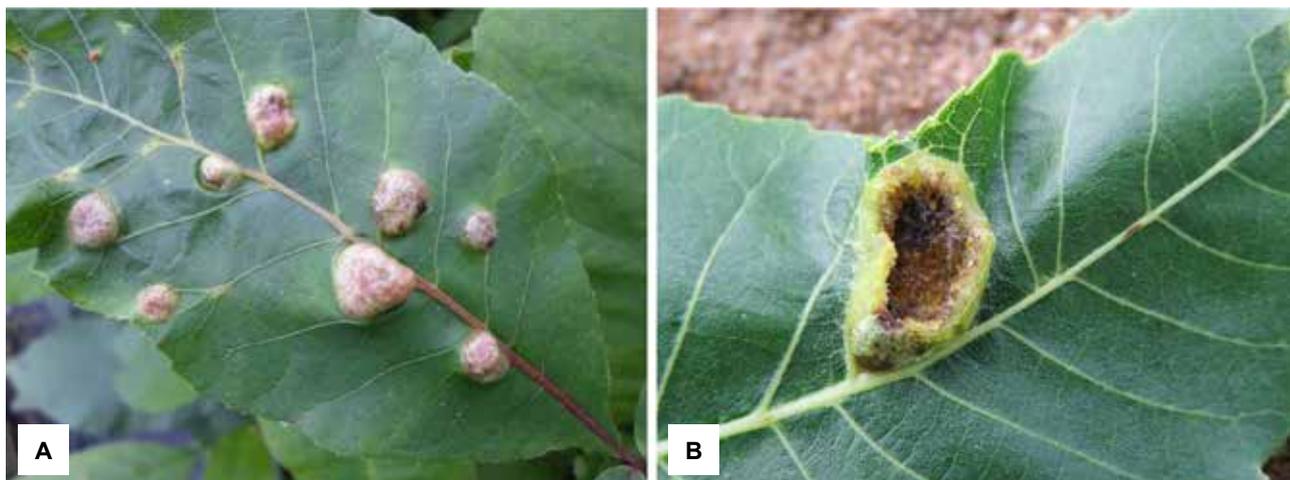


Foto: Jonas Janner Hamann

Figura 16. Galhas causadas pela filoxera *Phylloxera devastatrix* em noqueira-pecã: folha com várias galhas (A), e galha aberta com adultos e ninfas no seu interior (B).

• Danos, monitoramento e controle

Nas duas espécies, a fêmea acasalada que contém os ovos é a responsável pela instalação da primeira galha. No caso de *P. devastatrix*, a mãe-tronco, isto é, a fêmea, arrasta-se até os brotos de nozes ou ramos da noqueira-pecã e ali começa a fazer a digestão do tecido. Simultaneamente, secreta substâncias que alteram o metabolismo da árvore e formam a galha ao redor do inseto. Após a formação da galha, a fêmea deposita seus ovos e morre. O processo se dá de maneira muito semelhante em *P. notabilis*, com a diferença de que a fêmea fecundada busca as brotações que darão origem às folhas e, ali, consome o tecido e forma a galha. Os danos têm maior impacto quando ocorre o ataque de *P. devastatrix*. Essa espécie pode provocar a deformação completa dos frutos e ramos, no entanto, quando em altas infestações, *P. notabilis* pode levar ao desfolhamento e impactar na capacidade fotossintética da planta (Andersen; Mizzel, 1987). O monitoramento é feito a partir do acompanhamento do pomar e identificação de plantas atacadas, conforme os sinais já descritos, principalmente nas folhas. O controle pode-se utilizar fita adesiva próxima às brotações novas, a fim de capturar as ninfas.

Principais pragas de interesse quarentenário para o Brasil

Além das pragas presentes no território brasileiro, o setor da pecanicultura precisa atentar-se também às pragas exóticas que podem entrar no país, que são de interesse quarentenário para o Brasil. Nesse contexto, serão abordadas três espécies que causam sérios danos aos cultivos de noqueira-pecã na América do Norte, como: *Cydia caryana*, *Melanocallis caryaefoliae* e *Curculio caryae*.

Traça-da-noqueira

- **Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros**

Os adultos de *Cydia caryana* (Fitch, 1856) (Lepidoptera: Tortricidae) são mariposas de coloração marrom-escura com manchas brancas nas asas inferiores. Medem aproximadamente 7 mm de comprimento e 12 mm de envergadura. Apresentam hábito noturno no pomar, o que dificulta a sua detecção. Os ovos apresentam coloração esbranquiçada, tal como as lagartas, que possuem cabeça marrom-avermelhada. No último instar larval, podem medir 10 mm de comprimento. As pupas apresentam coloração avermelhada, medindo aproximadamente 7 mm de comprimento (Walker, 1933; Payne; Heaton, 1975). Esses insetos apresentam diapausa durante a fase larval, isto é, durante o período de inverno, as larvas ficam inativas sob a casca das árvores, em nozes velhas deixadas no pomar ou mesmo no chão. Já no início da brotação, durante a primavera, ocorre a emergência dos adultos. As fêmeas fecundadas ovipositam nas brotações novas das plantas e galhas formadas pelo ataque de *Phylloxera* spp. Como resultado da infestação, os frutos (nozes) caem no chão ou ficam aderidos às árvores. Essa espécie pode ter até cinco gerações anuais (Hall; Burnham, 2011).

Distribui-se em todas as regiões produtoras de noqueira-pecã dos Estados Unidos, em especial no estado do Novo México. Outros hospedeiros descritos são: *Carya ovata* (Mill.) K. Koch e *Juglans nigra* L.

- **Danos, monitoramento e controle**

Os danos são causados pelas larvas após a penetração nos frutos. As nozes atacadas, quando não caem ao chão, apresentam maturidade atrasada, cascas descoloridas e com cicatrizes, além de desenvolvimento deficiente da parte interna, provocando a depreciação econômica da produção. O monitoramento é feito mediante o acompanhamento do pomar e identificação dos sintomas de infestação, assim como pela instalação de iscas com feromônios e armadilhas luminosas. O controle pode ser efetuado pela captura massal de adultos, por meio de iscas ou armadilhas luminosas (Boethal, 2013).

Pulgão-preto

- **Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros**

Os adultos de *Melanocallis caryaefoliae* (Davis, 1910) (Hemiptera: Aphididae) são de coloração marrom-escura, com pontos brancos pelo corpo, medindo aproximadamente 4 mm a 5 mm. As ninfas apresentam coloração amarelo-esverdeada. O ciclo biológico inicia-se com a deposição dos ovos, que ocorre no interior de fendas presentes na casca da noqueira, por fêmeas fecundadas ao final do outono. Posteriormente, os ovos entram em processo de hibernação, e as ninfas eclodem no início da primavera. Na sequência, migram para as brotações novas da planta, onde se alimentam e dão origem a uma nova geração por partenogênese. Essa espécie pode ter aproximadamente 30 gerações anuais (Paulsen, 2011). Nos Estados Unidos, ocorrem em todas regiões cultivadas com noqueira-pecã.

- **Danos, monitoramento e controle**

São causados tanto pelas ninfas quanto pelos adultos, mediante a sucção da seiva das folhas. Além disso, a infestação do pulgão-preto induz o aparecimento de manchas cloróticas ao longo das nervuras das folhas. Essas lesões diminuem a área fotossintética e levam à abscisão foliar.

O monitoramento deve ser feito pelo acompanhamento do pomar e identificação dos sintomas descritos. Para tanto, recomenda-se a análise de 10 árvores do pomar, coletando-se 10 folhas de forma aleatória em cada. Contudo, deve-se prestar especial atenção às brotações novas, por ser o local mais importante onde ocorre o desenvolvimento inicial do inseto. Na América do Norte, o controle é realizado mediante a aplicação de inseticidas químicos do grupo dos piretroides e organofosforados.

Gorgulho-da-nogueira-pecã

• Descrição, biologia, distribuição geográfica e hospedeiros

Os adultos de *Curculio caryae* Horn, 1873 (Coleoptera: Curculionidae) são besouros de coloração marrom-avermelhada, medindo aproximadamente 1 centímetro de comprimento. As larvas apresentam formato cilíndrico, são ápodas, de coloração creme, com a cabeça de cor marrom-escura, e medem até 10 mm. São insetos que apresentam quatro fases de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto. A fase de ovo ocorre nas nozes, enquanto as demais fases ocorrem no solo. As fêmeas iniciam a postura aproximadamente 5 dias após a emergência, no período de formação das nozes. São ovipositados em média de dois a quatro ovos por fruto (Mulder et al., 2012). O período larval tem duração de aproximadamente 20 dias, passando por 4 instares. Em seguida, as larvas saem da noz e migram para o solo, onde ocorre a pupação (Harris; Ring, 1979). Nesse local, entram em processo de diapausa, permanecendo por 1 ou 2 anos (Boethel; Eikenbary, 1979). A emergência dos adultos ocorre durante o verão. Apresentam distribuição em toda região pecaneira da América do Norte.

• Danos, monitoramento e controle

São ocasionados por larvas e adultos da praga, que infestam diretamente os frutos. Os adultos, ao se alimentarem, consomem o endosperma líquido do fruto de noqueira-pecã, podendo proporcionar abortamento e queda prematura. As larvas, por sua vez, alimentam-se do núcleo em formação, afetando diretamente a rentabilidade do pomar. O monitoramento é feito com o acompanhamento do pomar, através da instalação de armadilhas para identificação dos insetos. Nos Estados Unidos, o controle pode ser feito a partir da utilização de inseticidas organofosforados.

Considerações finais

Diversas espécies de insetos-praga podem atacar os pomares de noqueira-pecã, no Brasil. A recente valorização da cultura levou à constatação quanto à falta de informações a respeito das pragas, medidas de manejo, etc., assim como a necessidade de se avaliar se as técnicas adotadas em países produtores, como México e EUA, podem ser aplicadas no âmbito nacional.

Em relação ao manejo, devem ser adotados os princípios do MIP, com ênfase ao controle biológico natural atuante no agroecossistema, ou no aplicado, com interferência do homem. Nesse contexto, a expansão da cultura será alicerçada de maneira sustentável, possibilitando aumento de empregos e renda no País, a partir da instalação de biofábricas. Deve-se ressaltar também que não existem produtos químicos registrados, para o setor da pecanicultura, como já mencionado. Assim, devem ser conduzidos estudos a fim de se obter produtos que não causem desequilíbrios ecológicos nem danos ao meio ambiente. Torna-se importante também que a cadeia produtora de nozes articule ações para que as empresas detentoras das tecnologias registrem produtos para a cultura. Com o intuito de dar suporte inicial aos produtores, estudos estão sendo realizados no sentido de identificar e estudar as principais pragas que podem infestar a cultura no Brasil, visando definir as prioridades da pesquisa.

Referências

- AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- ANDERSEN, P. C.; MIZELL, R. F. Physiological effects of galls induced by *Phylloxera notabilis* (Homoptera: Phylloxeridae) on pecan foliage. **Environmental Entomology**, v. 16, n. 1, p. 264-268, fev. 1987.
- ARAÚJO, M. S.; RODRIGUES, C. A.; OLIVEIRA, M. A.; JESUS, F. G. Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *Atta* spp. por *Canthon virens*. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 3, p. 8-12, jul./set. 2015.
- ÁVILA-RODRIGUEZ, V.; VACIO-FRAGA, C. A.; NAVA-CAMBEROS, C.; MÁRQUEZ-HERNÁNDEZ, C.; GARCIA DE LA PEÑA, C.; OLALDE-PORTUGAL, V.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L. Identificación, fluctuación poblacional y parasitismo de áfidos en nogal en la Comarca Lagunera, México. **Revista Internacional de Botánica Experimental**, v. 85, p. 249-255, 2016.
- BECKER, M.; GRAZIA-VIEIRA, J. Revisão do gênero *Rhyncholepta* Bergroth, 1911, com a descrição de uma nova espécie (Hemiptera, Pentatomidae, Pentatominae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 31, n. 3, p. 389-399, 1971.
- BENTO, J. M. S.; VILELA, E. F.; PARRA, J. R. P.; LEAL W. S. Monitoramento do bicho-furão com feromônio sexual: bases comportamentais para utilização dessa nova estratégia. **Laranja**, v. 22, p. 351-366, 2001.
- BERTI FILHO, E. Coleopteros de importancia florestal: Scolytidae. **IPEF**, Piracicaba, n.19, p.39-43, dez. 1979.
- BITANCOURT, A.; FONSECA, J. P.; AUTUORI, M. Doenças, pragas e tratamentos. In: MANUAL de citricultura: II parte. São Paulo: Chácaras e Quintais, 1933. p. 140.
- BOETHEL, D. J. (ed.). **Pest management programs for deciduous tree fruits and nuts**. [Berlin]: Springer Science & Business Media, 2013. 256 p.
- BOETHEL, D. J.; EIKENBARY, R. D. Status of pest management programs for the pecan weevil. In: BOETHEL, D. J.; EIKENBARY, R. D. (ed.). **Pest management programs for deciduous tree fruits and nuts**. New York: Plenum, 1979. p. 81-119.
- BOSCARDIN, J. **Artrópodos associados à cultura da noqueira-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] no Rio Grande do Sul**. 2016. 197 f. Tese (Doutorado) □ Universidade Federal de Santa Maria, Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura.
- BOSCARDIN, J.; CORRÊA COSTA, E.; PEDRON, L.; NASCIMENTO M. D.; MAUS DA SILVA, J. Primer registro de chinches (Hemiptera: Coreidae y Pentatomidae) atacando frutos de nogal pecanero en Brasil. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 42, n. 1, p. 12-15, jan./jun. 2016.
- BOSCARDIN, J.; COSTA, E. C. A noqueira-pecã no Brasil: uma revisão entomológica. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 456-468, jan./mar. 2018.
- BOSCARDIN, J.; COSTA, E. C. Arthropods captured using an adhesive trap in a pecan plantation in the South of Brazil. **Entomological News**, v. 128, n. 5, p. 463-472, out. 2019.
- BOTTON, M.; ARIOLI, J. C.; BAVARESCO, A.; SCOZ, L. P. **Sistema de Produção de Pêssego de Mesa na Região da Serra Gaúcha: principais pragas**. Jan. 2003. In: Cochonilha-branca-do-pessegueiro - *Pseudaulacaspis pentagona* (Hemiptera: Diaspididae). Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/PessegoMesaRegiaoSerraGaucha/pragas.htm#cobranca>. Acesso em: 25 mar. 2020.
- BOTTON, M.; ARIOLI, C. J.; MACHOTTA JUNIOR, R. Manejo de pragas. In: GARRIDO, L. da R.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M. (ed.). **Boas práticas agrícolas na viticultura: manejo de pragas e doenças**. Brasília, DF: Sebrae; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho: IBRAVIN, 2011.
- BRANSCOME, D. **EENY-076: white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni) (Insecta: Hemiptera: Diaspididae)**. 2003. Revisto em Fevereiro de 2019. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN23300.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2020.
- CAMBEROS, U. N.; DELGADO, M. R. Manejo integrado de plagas del nogal. In: MÉXICO. Secretaría de Agricultura. **Tecnología de Producción en Nogal Pecanero**. Matamoros: Celala: Cironoc: Inifap, 2002. 220 p. Disponível em: <http://www.viverosacramento.com.mx/Tecnologia%20de%20produccion%20de%20nogal%20pecanero.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2020.
- COSTA, E. C.; BOGORNÍ, P. C. Insectos asociados al dosel del bosque secundario em Brasil: Coleoptera: Curculionidae. **Folia Entomológica Mexicana**, v. 98, p. 45-52, 1996.
- COSTA, E. C.; LINK, D. Incidência de percevejos em soja. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v. 4, n. 4, p. 397-400, 1974.
- DI IORIO, O. R. Plantas hospedadoras de Cerambycidae (Coleoptera) en el Espinal periéstéptico y en la provincia de Buenos Aires, Argentina. **Revista de Biología Tropical**, v. 45, n. 3, p.159-165, dez. 1997.
- FLECHTMANN, C. A. H. **Scolytidae em reflorestamento com pinheiros tropicais**. Piracicaba: IPEF, 1995. 201 p.
- FONSECA, J. P. Combate à lagarta das laranjas, *Gymnandrosoma aurantianum* Costa Lima. **Chácaras e Quintais**, v. 50, p. 215-216, 1934.
- FRONZA, D.; POLETTO, T.; HAMANN, J. J. **O cultivo de noqueira-pecã**. Santa Maria: UFSM, 2013. 301 p.

FUNDECITRUS. Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br/bfurao.html>. 2003.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. **Manual de entomologia agrícola**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002. 549 p.

GARCIA, M. S. **Bioecologia e potencial de controle biológico de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae), o bicho-furão-dos-citros, através de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879**. 1998. 118 f. Tese (Doutorado) □ Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura □Luiz de Queiroz□, Piracicaba, 1998.

GARCIA, M. S.; PARRA, J. R. P. Comparação de dietas artificiais, com fontes proteicas variáveis, para criação de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, p. 219-232, 1999.

GRAZIA, J.; FREY-DA-SILVA, A. Descrição dos imaturos de *Loxa deducta* Walker e *Pallantia macunaima* Grazia (Heteroptera: Pentatomidae) em ligustro, *Ligustrum lucidum* Ait. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 73-80, mar. 2001.

GUEDES, J. V. C.; PARRA, J. R. P. Oviposição dos curculionídeos-das-raízes dos citros (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 673-678, maio/jun. 2004.

GUEDES, J. V. C.; LANTERI, A. A.; PARRA, J. R. P. Chave de identificação, ocorrência e distribuição dos curculionídeos-das-raízes dos citros em São Paulo e Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 4, p. 577-584, jul./ago. 2005.

GUEDES, J. V. C.; PARRA, J. R. P.; FIORIN, R. A. Aspectos biológicos da fase adulta dos curculionídeos-das-raízes dos citros. **Ciência Rural**, 37, n. 2, p. 304-307, mar./abr. 2007.

HALL, M. J.; BURNHAM, K. S. Hickory Shuckworm: Biology and Control. In: WESTERN PECAN GROWERS ASSOCIATION, 45., 2011, Las Cruces. **Conference Proceedings**. Las Cruces: New Mexico State University Cooperative Extension Service: Western Pecan Growers Association, 2011. p. 13-17.

HANKS, L. M.; DENNO, R. F. The white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) (Homoptera: Diaspididae): life history in Maryland, host plants, and natural enemies. 1993. Disponível em: <http://www.life.illinois.edu/hanks/pdfs/Hanks%20and%20Denno%201993%20b.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2020.

HARRIS, M. K.; RING, D. R. Biology of pecan weevil from oviposition to larval emergence. **Southwestern Entomologist**, v. 4, n. 2, p. 73-85, 1979.

JUNQUEIRA, G. M. *Pantomorus godmani* (Crotch): um depredador ocasional do cafeeiro. **Solo**, v. 44, n. 2, p. 51-58, 1952.

LANTERI, A. A.; DÍAZ, N. B.; MORRONE, J. J. Identificación de las espécies. In: LANTERI, A. A. (ed.). **Bases para el control integrado de los gorgojos de la alfalfa**. La Plata: De la Campana Ediciones, 1994. 119 p.

LANTERI, A. A.; GUEDES, J. C.; PARRA, J. R. P. Weevils injurious for roots of citrus in São Paulo State, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 4, p. 561-569, 2002.

LANTERI, A. A.; MORRONE, J. J. Cladistics of the *Naupactus leucoloma* species group, *Atrichonotus*, and *Eurymetopus* (Coleoptera: Curculionidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 54, n. 1-4, p. 99-112, 1995.

LIMA, A. C. Sobre um novo microlepidóptero, cuja lagarta é praga das laranjeiras no Distrito Federal. **Chácaras e Quintais**, v. 36, p. 33-35, 1927.

LINK, D.; GRAZIA, J. Pentatomídeos da região central do Rio Grande do Sul (Heteroptera). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 16, n. 1, p. 115-129, 1987.

LOECK, A. E.; GRUTZMACHER, D. D.; COIMBRA, S. M. Ocorrência de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* nas principais regiões agropecuárias do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 2, p. 129-133, 2003.

LORENZATO, D. Controle integrado de moscas-das-frutas em frutíferas rosáceas. **Ipagro Informa**, Porto Alegre, v. 1, p. 57-70, abr./jun. 1988.

MATIOLI, A. L.; SOUZA FILHO, M. F.; SILVA, R. B.; RAGA, A.; SATO, M. E. Biologia de *Leptoglossus stigma* Herbst (Hemiptera: Coreidae), importante praga da goiabeira no Estado de São Paulo. **Biológico**, São Paulo, v. 68, Suplemento, p. 1-65, 2006. 19. RAIB. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/bio/suplementos/v68_supl/p047.pdf. Acesso em: 16 mar. 2020.

MATRANGOLO, W. J. R.; WAQUIL, J. M. **Biologia de *Leptoglossus zonatus* (Dallas, 1852) (Hemiptera: Coreidae) alimentado com milho e sorgo**. 1991. Recife: Sociedade Entomológica do Brasil, 1991. v. 1, 57 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/477222>. Acesso em: 15 mar. 2020.

MONTEIRO, L. B.; HICKEL, E. Pragas de Importância Econômica em Fruteiras de Caroço. In: MONTEIRO, L. B.; DE MIO, L. L. M.; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C. V.; CUQUEL, F. L. **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: UFPR, 2004. Cap. 11, p. 223-261.

NAKANO, O.; SOARES, M. G. Bicho-furão: Biologia, hábitos e controle. **Laranja**, v. 16, n. 2, p. 209-221, 1995.

NAVA, D. E. **Controle biológico em frutíferas de clima temperado: uma opção viável, mas desafiadora**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 208). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/745858/1/documento208.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2020.

- NAVA, D. E.; BOTTON, M.; ARIOLI, C. J.; GARCIA, M. S.; GRUTZMACHER, A. D. Insetos e ácaros-praga. In: RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, J. F. M.; CARVALHO, F. L. C. (org.). **Pessegueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 433-486.
- NAVA, D. E.; STURZA, V. S.; MARTINS, C. R. First report of *Gymnandrosoma aurantianum* (Lepidoptera: Tortricidae) in pecan in Brazil. **Florida Entomologist**, v. 103, n. 1, p. 130-131, abr. 2020.
- PAIOLA, G.; NAVA, D. E.; SCHEUNEMANN, T.; FLECHTMANN, C. A. H. Monitoramento de Curculionidae em talhão de nogueira-pecã (*Carya illinoensis*) (Wangenh.) K. Koch, em Candiota/RS. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 31., 2019, Sorocaba. **Anais...** Disponível online: https://prope.unesp.br/cic_isbn/busca.php Acesso em: 18 maio 2023.
- PANIZZI, A. R.; MOURÃO, A. P. M.; OLIVEIRA, E. D. M. Biologia de ninfas e de adultos e abundância estacional de *Loxa deducta* (Walker) em ligustro, *Ligustrum lucidum*. **Anais da Sociedade Entomológica Brasil**, v. 27, n. 2, p. 199-205, 1998.
- PANIZZI, A. R.; ROSSI, C. E. Efeito da vagem e da semente de leucena e da vagem de soja no desenvolvimento de ninfas e adultos de *Loxa deducta* (Hemiptera: Pentatomidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 51, n. 3, p. 607-613, 1991.
- PARRA, J. R. P. **Controle biológico das pragas de citros**. Bebedouro: EECB, 2002. 37 p. (Boletim Citrícola, 21).
- PARRA, J. R. P.; GÓMEZ-TORRES, M. L.; PARRA-PEDRAZZOLI, A. L.; PINTO, A. S. Controle biológico de pragas dos citros. In: YAMAMOTO, P. T. (org.). **Manejo integrado de pragas dos citros**. Piracicaba: CP2, 2008. p. 35-63.
- PAULSEN, C. M. **The distribution of the black pecan aphid *Melanocallis caryaefoliae* (Homoptera: Aphididae) between the upper and lower surfaces of pecan foliage**. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Entomology, University of Georgia, Athens, 2011.
- PAYNE, J. A.; HEATON, E. K. The hickory shuckworm: its biology, effect upon nut quality, and control. **Annual Report of the Northern Nut Growers Association**, v. 66, p. 19-25, 1975.
- PEREIRA, L. G. B. **Dossiê técnico: Insetos broqueadores de espécies florestais**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 2007.
- PINTO, W. B. S. "Bicho-Furão": catação reduz infestação. **Laranja & Cia**, n. 44, p. 13, 1996.
- RANDO, J. S. S.; FORTI, L. C. Ocorrência de formigas *Acromyrmex* Mayr, 1865, em alguns municípios do Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, p. 129-233, 2005.
- SALLES, L. A. B. Principais pragas e seu controle. In: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. do C. **A cultura do pessegueiro**. Pelotas: Embrapa-CPACT, 1998. p. 205-242.
- SALLES, L. A. B. **A cochonilha-branca do pessegueiro, *Pseudaulacaspis pentagona* (Hemiptera: Diaspididae)**. Pelotas: Embrapa-CNPFT, 1990. (Embrapa-CNPFT. Circular Técnica, 14).
- SANCHEZ-SOTO, S.; GUEDES, J. C.; NAKANO, O. *Neodiplogrammus quadrivittatus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae) no Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 3, p. 511-512, 2003.
- SCHULTZ, E. T. La mariposa de los naranjos (*Gymnandrosoma* sp.). **Revista Industrial Agrícola de Tucuman**, v. 29, p. 87-90, 1939.
- SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. **Quarto Catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitos e predadores**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura: Laboratório de Patologia Vegetal, 1968. Tomo 1, parte 2, 622 p.
- TEDDERS, W. L. **Important Biological and Morphological Characteristics of the Foliar-feeding Aphids of Pecan**. Washington: USDA: Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1978. 29 p. (Technical Bulletin, 1579). Disponível em: <https://play.google.com/store/books/details?id=BY0oAAAAYAAJ&hl=pt>. Acesso em: 26 mar. 2020.
- WALKER, F. A. **The pecan shuckworm**. Gainesville: University of Florida, 1933. 18 p. (Agricultural Experiment Station Bulletin, 258).
- WHITE, G. L. Outbreak de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima) on Citrus in Trinidad. **FAO Plant Protection Bulletin**, v. 41, n. 2, p. 130-132, 1993.
- WOOD, S. L. The role of pheromones, kairomones, and allomones in the host selection and colonization behavior of bark beetles. **Annual Review of Entomology**, v. 27, n. 1, p. 411-446, 1982.
- WOOD, S. L.; STEVENS, G. C.; LEZAMA, H. J. Los Scolytidae (Coleoptera) de Costa Rica: Clave de la subfamilia Scolytinae, tribu Corthylini. **Revista de Biología Tropical**, v. 40, p. 247-286, 1992.
- YATES, I. E.; TEDDERS, W. L.; SPARKS, D. Diagnostic evidence of damage on pecan shells by stink bugs and coreid bugs. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 116, n. 1, p. 42-46, jan. 1991.
- ZANUNCIO, J.; SANTOS, G.; ANJOS, N.; ZANUNCIO, T. *Timocratica palpalis* Zeller, 1839 (Lep.: Stenomatidae), broca das mirtáceas, em *Eucalyptus saligna* no estado de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 19, n. 2, p. 465-469, 1990.
- ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 139 p.

Capítulo 18

Doenças

Marília Lazarotto
Jéssica Emilia Rabuske
Jessica Mengue Rolim
Caciara Gonzatto Maciel
Clair Walker

Introdução

A noqueira-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] é uma cultura multiúso, geralmente em pomares monoespecíficos, mas também excelente alternativa para sistemas. A expansão das áreas de cultivo culmina no aumento de relatos e registros de doenças associadas à noqueira-pecã, trazendo um significativo problema com relação à situação fitossanitária dos plantios. Isso abrange desde o aumento na incidência de doenças mais comuns, como a sarna e a antracnose (Lazarotto; Martins, 2019), até a identificação de novas doenças no Brasil, como murcha vascular, causada por *Fusarium oxysporum* (Rolim et al., 2020), mancha foliar de *Sirosporium diffusum* (Poletto et al., 2017) e *Pestalotiopsis clavispora* (Lazarotto et al., 2012), cancro associado a *Lasiodiplodia subglobosa* (Poletto et al., 2016), e *Fusarium equiseti*, *F. oxysporum*, *F. chlamydosporum* causando podridão de raízes em mudas de noqueira-pecã (Lazarotto et al., 2014a). Em outros países também têm sido registrados novos agentes causais associados a manchas foliares nos plantios de noqueira-pecã nos últimos anos, como *Pestalotiopsis microspora* (Shi et al., 2015) e *Alternaria alternata* (Wu et al., 2020) na China, *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* em Portugal (Fernandes et al., 2018) e *Xylella fastidiosa* nos Estados Unidos, nos estados do Arizona, Novo México, Califórnia e Texas (Hilton et al., 2017).

As doenças acometem a cultura em todo seu desenvolvimento, desde a etapa de produção de mudas no viveiro até a fase de formação e enchimento de frutos. São exemplos disso enfermidades como *damping-off* e podridão de raízes, causadas por patógenos mais agressivos e menos específicos; murchas vasculares que comprometem o desenvolvimento da planta no campo e que exigem do produtor medidas mais drásticas como a erradicação; até manchas foliares que interrompem ou afetam o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da noqueira-pecã.

O diagnóstico preciso das doenças que estão ocorrendo em cada região, com o conhecimento do agente causal e seu comportamento, quando associado à cultura em diferentes condições edafoclimáticas, bem como a fiscalização e utilização de material propagativo de boa qualidade, são estratégias de ação que devem ser praticadas por produtores, pesquisadores e órgãos governamentais envolvidos na cadeia produtiva da noqueira-pecã.

Portanto, neste capítulo são compiladas informações sobre as principais doenças relacionadas à noqueira-pecã, visando facilitar o diagnóstico, a identificação de patógenos e disponibilizar as principais estratégias de manejo fitossanitário para os pomares dessa cultura. São apresentadas informações sobre enfermidades que ocorrem em viveiros, em pomares e as principais doenças quarentenárias dessa cultura.

Doenças que ocorrem em viveiros

Um viveiro de produção de mudas reúne as condições favoráveis ao ataque de patógenos, sendo que essas podem ser afetadas por uma diversidade de agentes etiológicos não específicos para uma determinada espécie, pois muitos se enquadram nos primeiros grupos de classificação de doenças, segundo McNew (1960). Ventura et al. (2017) trazem alguns aspectos pertinentes para o sucesso de uma determinada cultura, com as mudas exercendo papel fundamental na obtenção de plantas bem formadas e saudáveis nos pomares. Além disso, há o risco da introdução de patógenos em áreas livres, por meio de material propagativo infectado, que leva a um aumento no custo de produção pela necessidade de medidas de manejo e controle.

A introdução do patógeno no ambiente de produção de mudas pode ocorrer por vias distintas:

- a) material propagativo de origem (sementes, mudas para porta-enxerto, enxerto);
- b) substrato e, no caso de nogueira-pecã, o solo que pode ter sido utilizado na mistura do substrato ou o local de produção de porta-enxerto para mudas de raiz nua;
- c) fonte de água de irrigação e a chuva, que pode auxiliar na disseminação;
- d) vento: disseminando esporos, principalmente;
- e) insetos: agindo como vetores;
- f) uso de ferramentas não higienizadas (tesouras de poda, calçados, recipientes);
- g) presença de plantas hospedeiras de patógenos oportunistas.

Todas as possíveis formas de introdução de patógenos, elencadas acima, na presença de mudas ainda com tecidos tenros, tornam o viveiro (ambiente) um local de alto risco para ocorrência de doenças. Muitos erros na fertilização nessa fase, especialmente com excesso de adubação nitrogenada, podem tornar as mudas ainda mais propensas a serem atacadas, uma vez que os tecidos foliares permanecerão por mais tempo tenros e, portanto, por mais tempo suscetíveis.

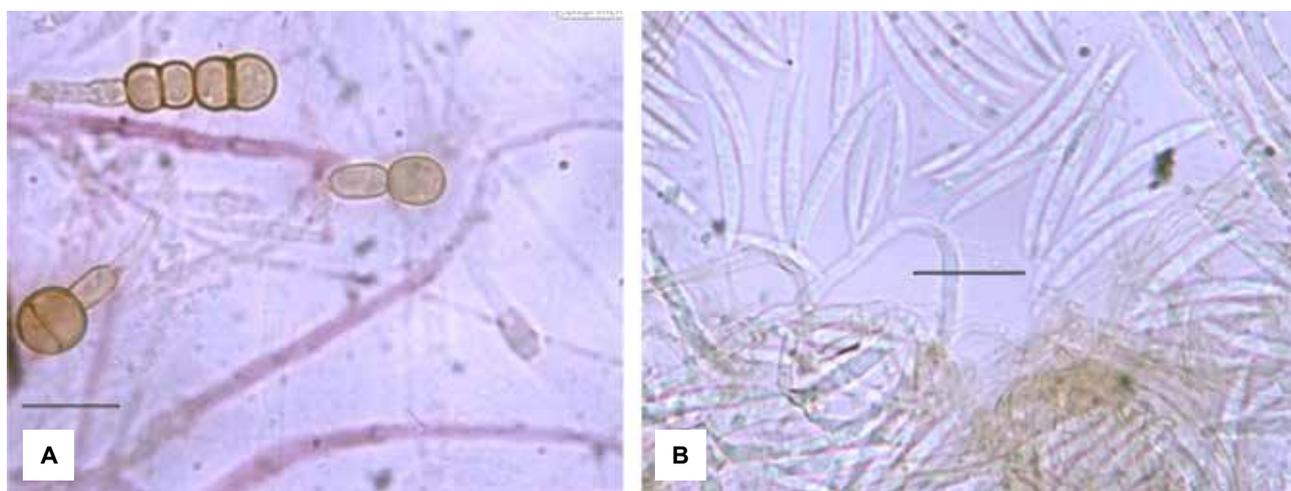
Muitas das doenças detectadas em viveiros de espécies perenes, sejam elas frutíferas, florestais ou ornamentais, cujos ciclos de produção são mais longos, têm suas mudas acometidas por muitos patógenos em comum e, portanto, os fatores de predisposição e manejo das práticas no viveiro são semelhantes. Por essas razões, em alguns casos em que ainda não se tenha relatado surtos de doenças específicas em viveiro de determinada espécie, faltam informações específicas de cada cultura. Porém, nesses ambientes, as doenças costumam ser divididas conforme a fase de produção ou as partes afetadas da muda. Dentre as mais frequentes, pode-se dividir em grupos de doenças mais comuns e seus respectivos diagnósticos em nogueira-pecã no Brasil.

Tombamento ou *damping off*

Os patógenos afetam tecidos jovens, sendo agressivos e pouco específicos. Os principais gêneros fúngicos causadores de tombamento são parasitas facultativos, habitantes do solo ou veiculados pela semente, tais como *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Cylindrocladium* spp. e *Rhizoctonia* spp. Podem sobreviver no solo por meio de estruturas de repouso, como escleródios, microescleródios, clamidósporos e oósporos. Dentre as bactérias, destacam-se os gêneros *Xanthomonas* e *Pseudomonas*. Para a noqueira-pecã, já foram relatadas no Brasil associações com *Fusarium* spp. ocasionando sintomas de tombamento de plântulas e podridão de raízes, como pode ser observado na Figura 1A (Lazarotto et al., 2014a).

Podridão de raízes

Quando os patógenos atacam plantas jovens, esse ataque é muito severo devido à suscetibilidade do hospedeiro, o que pode provocar rapidamente a morte, ocasionando perdas significativas de mudas no viveiro ou na implantação a campo. Isso ocorre pelo comprometimento da absorção de água e nutrientes pelas raízes. As alterações no sistema radicular podem refletir em sintomas na parte aérea, chamados de sintomas reflexos, os quais podem se caracterizar por amarelecimento dos tecidos foliares, murcha contínua, seca e necrose. Muitas vezes, esses sintomas são confundidos com outros problemas, quando as raízes não são avaliadas adequadamente. As sementes e o substrato (especialmente se houver solo na composição) são as principais fontes de inóculo. No caso de uso de sementeira ou canteiros para raiz nua, esse problema pode ser intensificado pelo uso recorrente do mesmo substrato. Em estudo com noqueira-pecã (Lazarotto et al., 2014a), foram verificadas diferentes espécies de *Fusarium*, pertencentes aos complexos *F. chlamydosporum* (Figura 1A), *F. graminearum* (Figura 1B), *F. proliferatum* e *F. oxysporum*, ocasionando estrangulamento de coleto, necrose foliar, murcha e até morte associada à podridão de raízes (Figura 2).



Fotos: Marília Lazarotto

Figura 1. Micrografia ótica de estruturas de duas espécies de fusarium que causam problemas em noqueira-pecã: clamidósporos de *F. chlamydosporum* (A) e macroconídios de *Fusarium* sp. (B).



Figura 2. Sintomas provocados por *Fusarium* sp. em mudas de noqueira-pecã: tombamento de plântula em pré-mergência (A); raízes comprometidas e estrangulamento de colo em muda (B); muda com seca seguida de morte após inoculação de *Fusarium* sp. (C).

Manchas foliares

Afetam a área fotossinteticamente ativa da planta, prejudicando seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Esporos fúngicos geralmente exigem condições de alta umidade para germinar, portanto a água de irrigação, quando forma um filme sobre a lâmina foliar, facilita essa germinação e posterior disseminação, o que também é favorável para bactérias. No Brasil, as manchas foliares mais frequentes relatadas em viveiros de noqueira-pecã são a sarna e a fumagina, sendo essa última mais relacionada a ambientes com sombreamento excessivo e presença de cochonilhas que exsudam uma substância açucarada, atraindo formigas e aumentando a disseminação de esporos do fungo. Eventualmente, já foram verificados sintomas de manchas foliares causados por *Pestalotiopsis* spp., e antracnose, doenças que são mais frequentes em pomares. Os grupos dos oídios, míldios e ferrugens não têm sido relatados para a cultura.

Manejo e controle de doenças em viveiros

Por serem ambientes propensos ao desenvolvimento de doenças, as condições de instalação e produção de mudas em viveiros merecem atenção nas estratégias de manejo. Essas ações podem ser agrupadas de acordo com as condições que predisõem as mudas ao ataque de patógenos: local de instalação do viveiro e dos canteiros; sanidade do material de propagação; recipientes, substratos e irrigação; e densidade de mudas e limpeza de canteiros (Lazarotto et al., 2018).

Cabe ressaltar que as práticas destacadas a seguir são complementares e devem ser utilizadas de maneira conjunta no manejo de doenças em viveiros, uma vez que não há produtos químicos registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) para doenças de nogueira-pecã, e na situação de viveiros o manejo integrado é a melhor alternativa de controle de doenças.

- **Escolha do local adequado para instalação do viveiro**

Os viveiros devem ser instalados em locais que recebam boa insolação e ventilação, pois locais sombreados e úmidos potencializam a incidência e disseminação de bactérias e fungos, que preferem esses ambientes. O correto planejamento do sistema de drenagem com a alocação de valas de escoamento é fundamental para evitar acúmulo de água no ambiente do viveiro, o que pode ser maximizado utilizando-se materiais de recobrimento do solo como britas e cascalhos. É importante que as mudas permaneçam sobre cobertura impermeabilizada ou em canteiros suspensos, nunca em contato direto com o solo.

- **Sanidade do material de propagação**

A qualidade do material propagativo é o alicerce do processo de produção de mudas sadias, e depende da conscientização dos produtores e fiscalização de órgãos responsáveis. Viveiros que comercializam mudas de nogueira-pecã devem ser cadastrados no Registro Nacional de Sementes e Mudas (Renasem) (<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/renasem/>), e seguir as recomendações do responsável técnico.

Tanto as sementes utilizadas como porta-enxerto quanto o material a ser enxertado devem ter boa qualidade sanitária. No caso das sementes do porta-enxerto, recomenda-se uma desinfestação prévia com uso de hipoclorito de sódio 1-2% por 5 a 10 minutos, seguida de lavagem em água antes da semeadura. Para a prática da enxertia, além da habilidade do enxertador, a utilização de ferramentas adequadas e desinfestadas são essenciais para minimizar os danos associados a doenças nas mudas. Cortes imprecisos servem de porta de entrada para muitos patógenos e pragas. Alguns produtos de ação desinfetante são indicados para higienização dos equipamentos, como o produto comercial à base de dióxido de cloro estabilizado a 5% (1 mL do produto para 1 litro de água); álcool 70%; e hipoclorito de sódio diluído em água, na proporção de 1: 1 (v:v) (Hamann, 2019).

- **Recipientes, substrato e irrigação**

Conforme Martins et al. (2017), as mudas de nogueira-pecã podem ser produzidas no sistema raiz nua ou embaladas (raiz coberta). A produção de raiz nua merece atenção especial nas estratégias de manejo, uma vez que o sistema radicular fica exposto e suscetível a doenças bióticas e abióticas, resultando em maiores taxas de mortalidade no campo. A utilização de recipientes (citropotes ou sacos plásticos) proporciona melhores condições para o desenvolvimento das raízes e menor contato com doenças veiculadas pelo solo, especialmente em viveiros suspensos. Para recipientes reutilizáveis, como os citropotes, é indispensável a correta desinfestação desses recipientes, que pode ser feita com imersão em água quente (Alfenas et al., 2009) ou em solução de hipoclorito de sódio (1% ou 2%).

Na produção de mudas por meio da propagação vegetativa, substratos com boa capacidade de retenção de água e que permitam a drenagem do excesso hídrico são fundamentais, uma vez que podem diminuir danos por tombamento e podridão radicular. É importante priorizar a utilização de substrato de qualidade, livre de patógenos e de sementes de plantas daninhas, e com boas características físicas e químicas.

O uso do controle físico, por meio da solarização, é uma estratégia de manejo para reduzir a fonte de inóculo dos principais patógenos veiculados pelo substrato/solo. Nessa técnica, a energia solar eleva a temperatura do solo, após a cobertura com filme plástico transparente, a temperatura alcançada nas camadas do solo pode variar de 35 °C a 60 °C, dependendo das condições ambientais (Ghini, 2001). Essa temperatura pode ser letal para muitos microrganismos patogênicos.

Viveiristas que utilizam terra de subsolo como componente principal do seu substrato para produção de mudas devem ficar atentos às respostas das plantas. Esse substrato, além de não ser sustentável, pode prejudicar a formação e desenvolvimento do sistema radicular, e ser fonte de inóculo de patógenos. Orienta-se para a substituição do componente terra de subsolo por outros materiais disponíveis na região.

O sistema de irrigação deve dispor de água em quantidade e qualidade satisfatória, para alcançar o equilíbrio que favorece o desenvolvimento da muda e desfavorece a ocorrência de doenças. A maioria das manchas foliares causadas por fungos ou bactérias são potencializadas por água livre no filoplano. Assim, o tipo e os níveis de irrigação devem ser adequados a cada fase de desenvolvimento da muda, com a possibilidade de se reduzir o volume de água ou utilizar irrigação por gotejamento, de forma a melhorar o controle de doenças de parte aérea.

• **Densidade de mudas e limpeza dos canteiros**

O adensamento de mudas no viveiro cria um microclima favorável ao aparecimento e disseminação de doenças. Deve-se preconizar um espaçamento mínimo e adequado a cada fase de desenvolvimento das mudas, especialmente quando se observa a sobreposição da parte aérea entre as plantas.

É importante fazer acompanhamento periódico da ocorrência de doenças nas mudas, executando a limpeza das áreas comuns do viveiro. Retirar todo e qualquer material contaminado, desde folhas mortas até mudas sintomáticas; essas práticas diminuem a fonte de inóculo dos patógenos e desfavorecem a ocorrência das doenças. Atenção especial deve haver com aquelas mudas “passadas” no viveiro, pois são mudas que excedem o período previsto para ir a campo e acabam tornando-se propensas à ocorrência de doenças, resultando em problemas futuros, quando levadas à área de plantio.

• **Doenças que ocorrem em pomares**

A introdução de patógenos em áreas livres, como é o caso de pomares, pode ocorrer por várias vias de contaminação. Especial atenção deve ser atribuída ao processo de aquisição de mudas que, quando adquiridas com baixa qualidade, podem estar infectadas por vários patógenos, o que irá comprometer o investimento realizado para implantação do pomar, elevando o custo de produção pela necessidade de medidas de manejo e controle ou mesmo inviabilizar todo o processo produtivo quando ocorre drástico comprometimento das plantas.

A introdução do patógeno no pomar pode ocorrer por vias distintas:

- a) mudas contaminadas;
- b) fonte de água de irrigação e a chuva, que pode auxiliar na disseminação;
- c) vento: disseminando esporos, principalmente;
- d) insetos: agindo como vetores;
- e) uso de equipamentos e ferramentas não higienizadas (tratores, roçadeiras, tesouras de poda, calçados, recipientes);
- f) presença de plantas hospedeiras de patógenos oportunistas.

As doenças que ocorrem nos pomares podem causar infecções nas folhas, nos frutos, doenças vasculares e no tronco e, as principais, são descritas a seguir.

Doenças foliares

Sarna

- **Agente etiológico e fatores de predisposição**

No Brasil, a confirmação, em nível molecular, do agente causal da sarna resultou no primeiro relato da doença causada pelos fungos pertencentes ao complexo *Cladosporium cladosporioides*, em que foram identificadas três espécies: *Cladosporium cladosporioides*, *C. pseudocladosporioides* e *C. subuliforme* (Walker et al., 2016a). No entanto, o agente causal da sarna em outros países, originalmente, foi nomeado como *Fusicladium effusum* G. Winter (1885), tendo como sinônimo *Cladosporium carygenum* (Ellis; Langl) Gottwald (1982) e, recentemente, o fungo foi renomeado *Venturia effusa* (G. Winter) Rossman & W. Allen (Rossman et al., 2016). Em meio de cultivo artificial, esses fungos apresentam micélio hialino que se torna verde-oliva com o passar dos dias. Os conídios (Figura 2C) possuem coloração escura e variam de 5,1 µm x 2,6 µm, 5,7 µm x 2,5 µm e 5,3 µm x 2,9 µm, para *C. cladosporioides*, *C. pseudocladosporioides* e *C. subuliforme*, respectivamente (Walker et al., 2016a). A maior propensão da ocorrência da doença pode estar relacionada à utilização de cultivares mais suscetíveis a desenvolver alta severidade da doença, como 'Cape Fear', 'Chickasaw', 'Importada', 'Mahan' e 'Shawnee'. É importante salientar que não existe cultivar totalmente imune à doença, mas algumas podem ser mais resistentes aos seus danos. Espaçamentos adensados também predispõem as plantas, pois diminuem a entrada de luz e a circulação de ar pela copa, possibilitando um microclima favorável à doença, assim como temperaturas entre 20 °C e 30 °C. As plantas se encontram mais suscetíveis ao ataque fúngico nas seis primeiras semanas após a brotação, devido à presença de tecidos jovens e tenros.

- **Sintomatologia, manejo e controle**

Os sintomas da sarna na noqueira-pecã podem ser observados nos folíolos, pecíolos, pedúnculos e frutos (Figuras 3A, 3B, 3D e 3E). Nos folíolos, as manchas são circulares de coloração verde-oliva, que tornam-se marrons conforme o desenvolvimento da doença, podendo coalescer (Figura 3 E), formando grandes áreas necróticas de coloração mais escura que, em casos mais agressivos, causam a queda do folíolo. Nos frutos, inicialmente os sintomas são manchas muito pequenas, de cor marrom-oliva ou cinza, adquirindo coloração marrom (Walker et al., 2016b), sendo que, se atacados no início da formação, as nozes tornam-se defeituosas e mal preenchidas, inaptas para comercialização. Tecidos jovens de frutos e de folhas são mais suscetíveis aos patógenos e ao desenvolvimento da doença. Quando o ataque ocorre no início da formação do fruto e é severo, o fruto tem o desenvolvimento comprometido, podendo haver a queda antes da formação da noz, ou também o epicarpo permanece aderido à noz e, no momento da colheita, há dificuldade em separá-los. Se a doença apresentar alta severidade, poderá ocorrer a alternância de produção (Walker et al., 2016b).

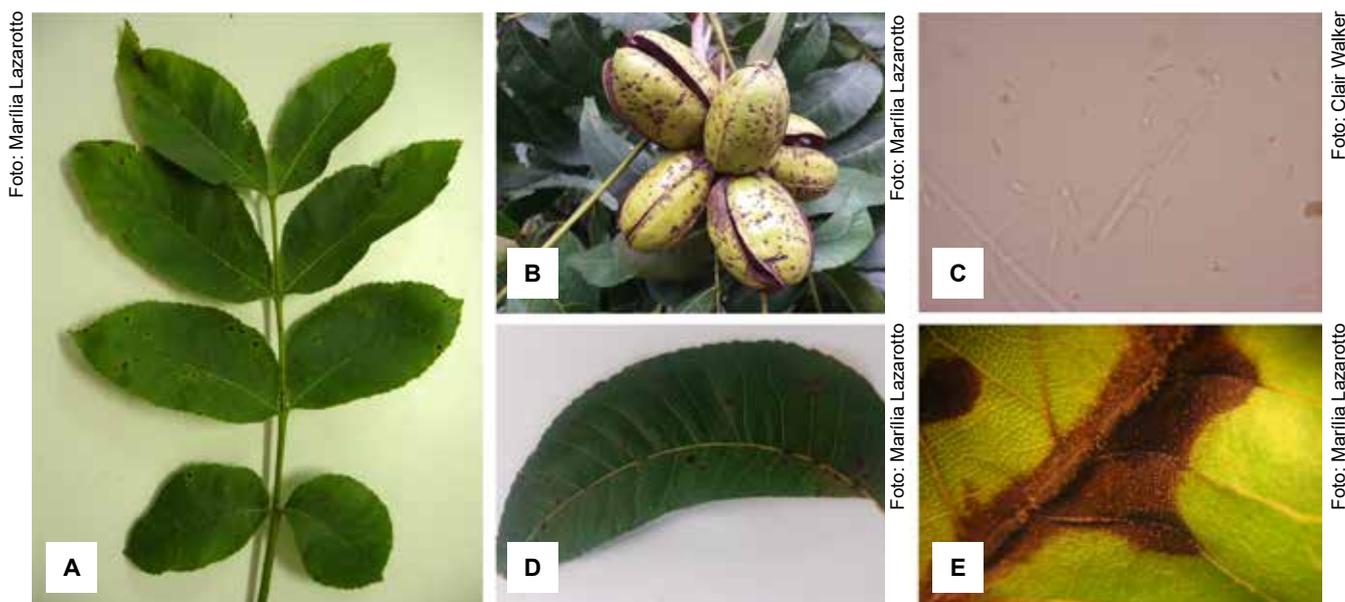


Figura 3. Sarna em noqueira-pecã: sintomas observados na folha e na ráquis (A), nos frutos (B) e nos folíolos (D e E). Estruturas de reprodução, conídios e ramoconídios, de *Cladosporium* sp., vistas em microscópio (C).

No Brasil, não existem fungicidas químicos registrados para o controle da sarna na noqueira-pecã; a forma de controle mais usual é a utilização de cultivares mais tolerantes à sarna, sendo uma das estratégias mais importantes de convívio com a doença. No estudo realizado por Thompson e Grauke (1994), as cultivares consideradas mais resistentes à sarna foram 'Sucess', 'Jackson', 'Stuart' e 'Diserable'. Por sua vez, Walker et al. (2018) avaliaram duas cultivares e verificaram que a cultivar Barton é mais tolerante à doença do que a cultivar Shawnee. O tratamento com calda sulfocálcica no período do inverno é uma alternativa a ser investida. Outras formas de manejo da doença seriam a utilização de espaçamentos mais amplos, realização de podas e desbastes facilitando a entrada de luz e a maior aeração, diminuindo assim o ambiente favorável ao desenvolvimento da doença (Walker et al., 2019).

Mancha de Pestalotiopsis

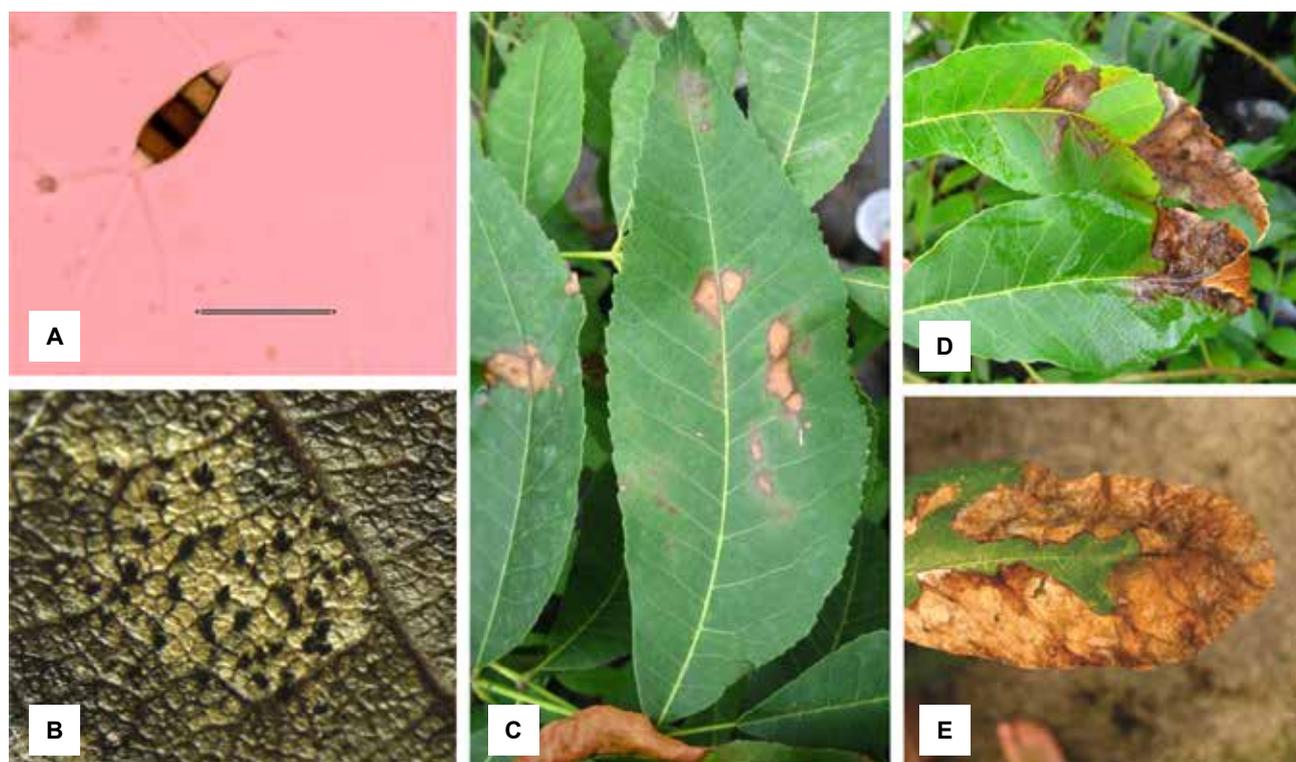
• Agente etiológico e fatores de predisposição

São fungos do gênero *Pestalotiopsis*, sendo que já foram relatadas como associadas à noqueira-pecã as seguintes espécies: *P. clavispora*, *P. cocculi* (Lazarotto et al., 2014b), além de espécies do mesmo gênero com identificação inconclusiva. No microscópio, os conídios assexuais são facilmente observados quando há intensa exsudação nos cirros (Figura 4A). Os fatores mais relevantes são o sombreamento excessivo do pomar, ocorrência de outras doenças, especialmente a sarna, que deixam a planta debilitada. Não se sabe exatamente se a doença ocorre antes ou depois da sarna, mas se observou que a mancha de *Pestalotiopsis* parece ser secundária.

• Sintomatologia, manejo e controle

Manchas foliares que iniciam com pequenos pontos marrom-claros a acinzentados que coalescem, muitas vezes, com aspecto de queima (Figura 4C). No centro da lesão, podem ser observadas pontuações escuras, correspondentes ao desenvolvimento do acérvulo do patógeno com exsudação de cordões de conídios (cirros), saindo do centro da estrutura (Figura 4B). As lesões são circundadas por borda escura. Após alguns dias, as manchas coalescem, formando lesões maiores (Figuras 4D e 4E), com intensa esporulação do fungo, culminando na queda das folhas mais atacadas. Com a evolução dos sintomas, pode ocorrer desfolha parcial de árvores adultas, como foi observado a campo, acarretando perda de área fotossinteticamente ativa

e consequente perda na produção. Sintomas semelhantes a uma queima foliar já foram observados em noqueira-pecã, sendo esses associados a outros organismos patogênicos como *Xylella fastidiosa* (Sanderlin; Heyderich-Alger, 2000) e que merecem investigação. Esse organismo poderá ainda ser patogênico para os frutos, pois seus esporos podem ser facilmente disseminados no momento da formação do fruto, especialmente quando ainda estão verdes, já que, nesse momento, folhas e frutos coexistem na mesma planta. Já existem relatos de ocorrência de *Pestalotiopsis* como causadores de danos em frutos, inclusive em espécie arbórea do gênero *Carya*. Zhang et al. (2010) identificaram *Pestalotiopsis microspora* como agente causal de mancha-preta na noz de *Carya cathayensis* na China, ocasionando perdas na produção desde 2007.



Fotos: Marília Lazarotto

Figura 4. Mancha de *Pestalotiopsis* spp. em noqueira-pecã: conídios vistos em aumento 40X (A); exsudação de conídios em cirros (B); sintomas iniciais (C); lesões foliares representadas por manchas coalescentes (D) em processo evolutivo (E), resultando em queda da folha.

Não há registro de produto para controle da doença, tampouco a determinação de cultivares menos suscetíveis, entretanto, algumas medidas de manejo podem ser tomadas para evitar o avanço da doença. A poda para aumento da ventilação e, principalmente, para evitar o sombreamento, especialmente em pomares adensados. Como ataca principalmente plantas debilitadas, qualquer tratamento de manejo ou controle de outras doenças, como a sarna, evitam a ocorrência dessa doença. Estudo de Silva et al. (2013) identificou, in vitro, possíveis agentes antagonistas do gênero *Trichoderma* isolados diretamente de folíolos de noqueira-pecã contra isolados de *Pestalotiopsis clavispora*, os quais mostraram atividade antagônica. Esses resultados são promissores, devendo ser investigada sua eficácia in vivo, em atividades de campo.

Mancha-foliar-marrom

- **Agente etiológico e fatores de predisposição**

O causador da doença foi inicialmente identificado como *Sirosporium diffusum* (Poletto et al., 2017), contudo o fungo foi reclassificado, e o nome aceito, atualmente, é *Raghnildiana diffusa* (Heald & F.A. Wolf) Videira & Crous (Videira et al., 2017). Em meio de cultura, o patógeno apresenta colônias com micélio aéreo rasteiro de coloração marrom e hifas septadas. Os conidióforos são curtos, isolados ou agrupados em fascículos, de coloração marrom. Quando jovens, os conídios são hialinos, cilíndricos, retos e possuem poucos ou nenhum

septo. Os conídios maduros são de coloração marrom, cilíndricos, curvados, afilados em direção ao ápice, contraídos nos septos e com parede celular espessa (Figura 5D) (Poletto et al., 2017). A umidade alta é fator determinante para que a doença ocorra; temperaturas amenas, hospedeiros suscetíveis (ataques mais severos foram observados nas cultivares Barton, Desirable, Wichita e Mahan) e solos com deficiência nutricional são fatores que predispõem as plantas a essa doença (Poletto et al., 2017; Poletto et al., 2019a).

• Sintomatologia, manejo e controle

Os sintomas são observados primeiramente nas folhas mais baixas e se caracterizam por pequenos pontos escuros, que, com o progresso da doença, tornam-se maiores, coalescem e formam manchas marrom-avermelhadas, com halo escuro, bem delimitado e de formato arredondado, com diâmetro de 0,5 cm a 1,5 cm (Figura 5A, 5B e 5C). Na face abaxial das folhas, é possível observar a formação de conidióforos e conídios, que são as frutificações do patógeno, característica que facilita sua identificação. Não são observadas manchas nos frutos associadas ao patógeno (Poletto et al., 2017). A doença pode ocorrer ainda em mudas no viveiro; por essas plantas serem mais suscetíveis, o patógeno causa desfolha acentuada e atraso no crescimento das mudas. Nos pomares adultos, os sintomas iniciam no final da primavera e a doença continua até o final do ciclo vegetativo, causando intensa desfolha e conseqüente redução da produtividade e qualidade dos frutos, devido à diminuição da capacidade fotossintética da planta (Poletto et al., 2019a). Como medida de controle para evitar a doença, é importante a utilização de espaçamentos mais amplos na implantação do pomar, realização de podas e desbastes facilitando a entrada de luz e a maior aeração, diminuindo o ambiente favorável ao patógeno. Outra forma de evitar a doença é escolher cultivares resistentes ou tolerantes ao patógeno, manter a adubação equilibrada e eliminar restos vegetais do pomar (Poletto et al., 2019a).

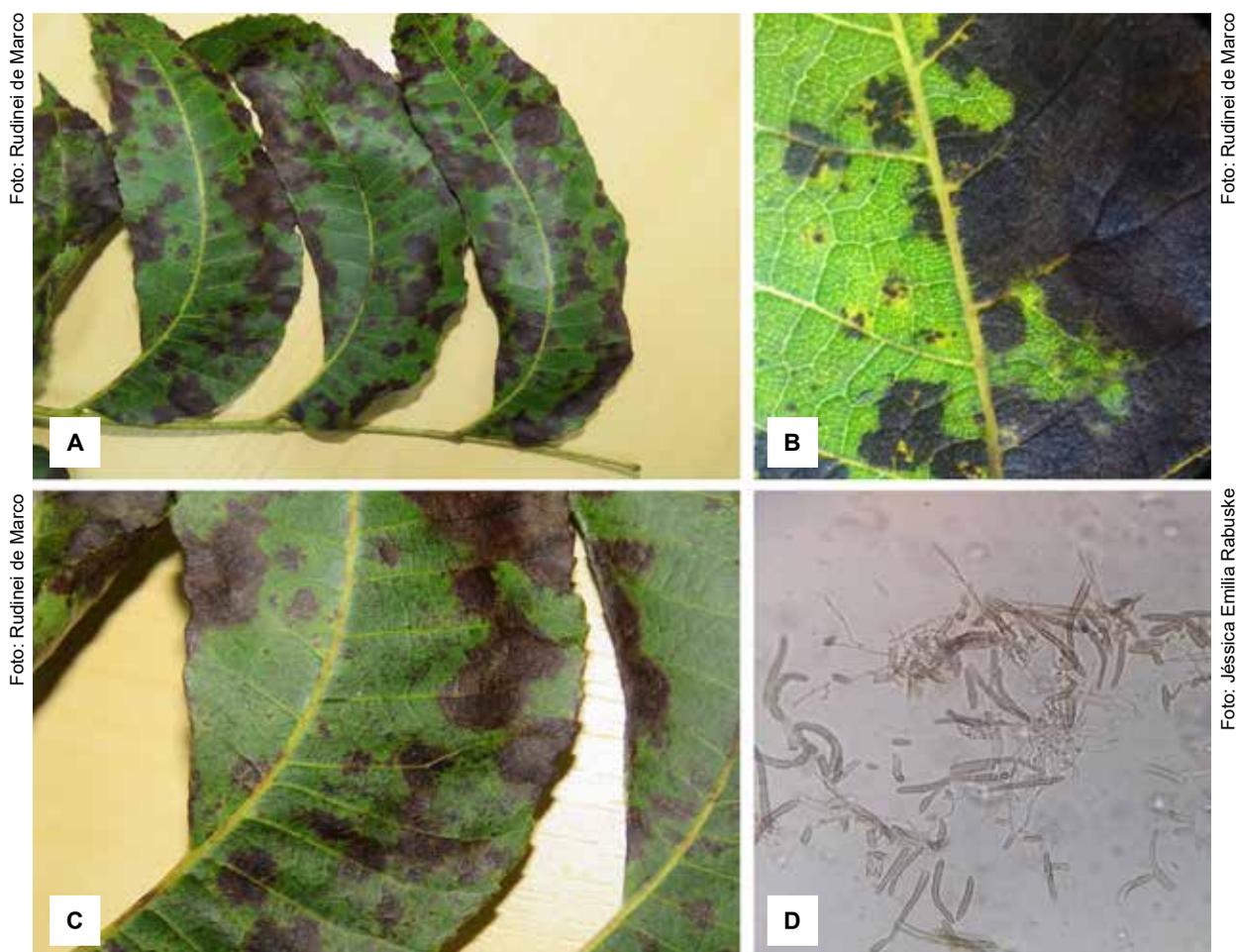


Figura 5. Mancha de *Ragnildiana diffusa* em noqueira-pecã: sintomas observados em folhas de noqueira-pecã (A, B e C) e estruturas visualizadas em microscópio ótico em aumento 40x (D).

Doenças em frutos

Antracnose

- **Agente etiológico e fatores de predisposição**

Segundo relatos de ocorrência no estado da Geórgia (EUA), é causada por *Glomerella cingulata* (Brenneman; Reille, 1989), entretanto, em investigação da ocorrência da doença no Brasil, foi identificada a espécie *Colletotrichum nymphaeae* como causadora dos sintomas de antracnose no país (Poletto et al., 2019b). A mesma espécie foi identificada em noqueira-pecã na província de Zhejiang na China, por Zhang et al. (2019), e poderia ser a forma assexuada de *Glomerella* sp. No portal Agrofit (http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons), a antracnose da noz-pecã ainda é tratada como sendo causada por *Colletotrichum gloesporioides*. Essas diferenças são justificadas, porque o gênero *Colletotrichum* exige um esforço considerável em termos de caracterização taxonômica e molecular para a correta identificação das espécies; além disso, não se descarta a possibilidade de mais de uma espécie estar associada aos sintomas de antracnose. Em geral, para antracnose, temperaturas mais altas, em torno de 26 °C, alta umidade relativa do ar e uma lâmina de água livre sobre os tecidos são condições que favorecem o desenvolvimento da doença e sua disseminação. Pomares adensados ou na ausência de podas de ventilação, pomares em que não há controle de plantas espontâneas, e permanência de restos culturais (frutos e folhas infectadas com o fungo) são fatores de predisposição e disseminação da doença. A doença se concentra no Brasil, especialmente nos meses de verão e em anos chuvosos.

- **Sintomatologia, manejo e controle**

Muitas vezes, o produtor só percebe a doença no pomar quando os frutos já estão mumificados, e confunde a queda das nozes pela antracnose com ausência de polinização. Os sintomas iniciais da antracnose ocorrem nas folhas, com manchas circulares amarelo-claras bem delineadas com halo mais escuro, que rapidamente coalescem e passam a atacar os frutos. Neles, surgem como lesões deprimidas (Figuras 6A e 6B), que podem apresentar sobre as lesões uma esporulação úmida alaranjada. Essas lesões evoluem rapidamente, tornando-se escuras, logo esses frutos tornam-se mumificados e caem (Figura 6C). Os frutos atacados, quando não caem, também têm menor desenvolvimento da noz, que se torna aderida ao epicarpo, dificultando sua separação no descascamento. É importante destacar que algumas cultivares mais resistentes à sarna, como o caso da 'Barton', são bastante suscetíveis à antracnose, por isso a necessidade de manejo dessa doença também. A doença ataca mais a parte inferior da árvore, justamente a porção mais produtiva da noqueira-pecã, ocasionando quedas entre 30% e 50% dos frutos (Zhang et al., 2019), por isso, como medida de controle, é muito importante eliminar todos os restos culturais; frutos mumificados, galhos, restos de poda, fazer roçadas de plantas daninhas na saia da planta e podas de ventilação são extremamente importantes para evitar que a doença se dissemine.

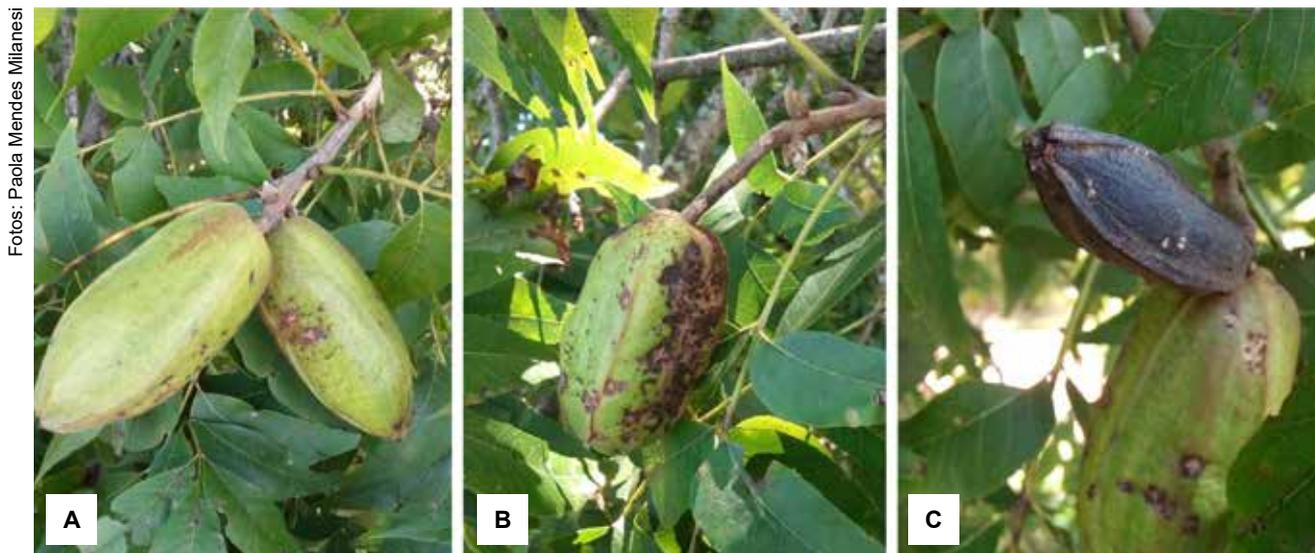


Figura 6. Evolução dos sintomas de antracnose nos frutos de noqueira-pecã: início das lesões deprimidas (A), lesões coalescentes com escurecimento de tecidos (B) e fruto mumificado (C).

Doenças vasculares

Murcha

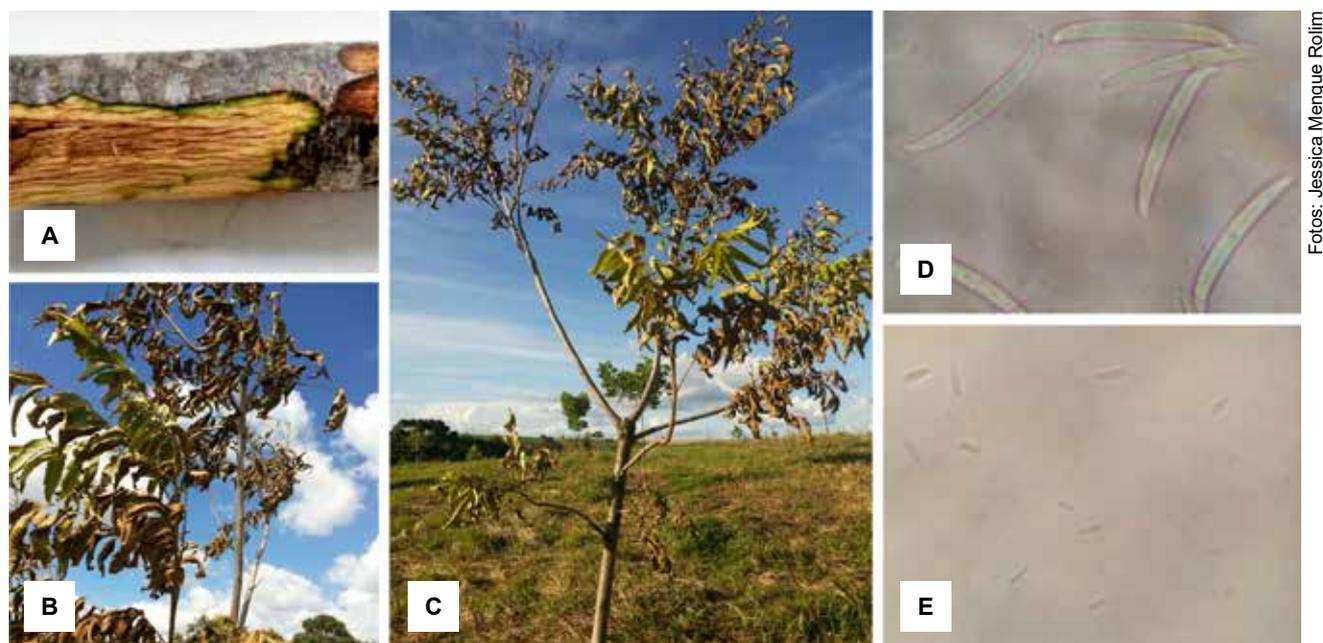
• Agente etiológico e fatores de predisposição

O primeiro relato da ocorrência da murcha em noqueira-pecã foi no Brasil, em que foram descritas espécies do gênero *Fusarium* como agentes etiológicos da doença, sendo elas *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. graminearum*, *F. fujikuroi* e *F. incarnatum* (Rolim, 2019). Os fatores de predisposição são o espaçamento reduzido, solos com má drenagem, plantas com o sistema radicular afetado por tratamentos culturais, presença de restos culturais de plantas doentes e fertilização inadequada. Nesse sentido, a nutrição das plantas tem demonstrado um papel fundamental quanto à incidência do patógeno e severidade da doença. Elementos como cálcio, ferro, manganês, zinco e silício possuem relação direta com a ocorrência da doença. A adição de cálcio ao solo, por exemplo, suprime a murcha de *Fusarium* em uma ampla gama de hospedeiros, pois atua em mecanismos intracelulares que regulam o crescimento do patógeno e a defesa das plantas (Gatch; Du Toit, 2017; Lecorieux et al, 2006; Peng et al, 1999; Spiegel et al., 1987). O ferro, por sua vez, está ligado à virulência do patógeno (López-Berges et al., 2012). Já o manganês está envolvido na produção de enzimas e lignina, a qual é considerada um componente importante na defesa das plantas contra a invasão do patógeno (Broadley et al., 2012; Dordas, 2008; Gatch, 2013). O zinco também atua diretamente no mecanismo de defesa das plantas (Siddiqui et al., 2015). Segundo Duffy e Défago (1997), o aumento na biodisponibilidade do zinco reduz a produção de ácido fusárico em *F. oxysporum*, identificado como um fator de virulência do patógeno (López-Díaz et al., 2017). Além disso, o silício também foi identificado como um constituinte de suma importância na defesa das plantas à murcha (Huber et al., 2012).

• Sintomatologia, manejo e controle

Os sintomas são amarelecimento, murcha, necrose marginal e seca de folhas, brotos e frutos (Figura 7), associados a sintomas internos, caracterizados, principalmente, pelo escurecimento dos tecidos vasculares, mais precisamente dos vasos do xilema (Bedendo, 2011; Wheeler; Rush, 2001). Cabe ressaltar que o escurecimento dos tecidos é considerado um dos sintomas mais característicos da doença, o que facilita o diagnóstico e possibilita a distinção de outras doenças que provocam sintomas foliares semelhantes, como a podridão de raízes, a qual também ocasiona sintomas externos como amarelecimento, murcha e seca de folhas. Após a infecção, a doença é considerada de difícil manejo e controle, sendo, portanto, recomendada a execução

de estratégias de manejo preventivas, tais como: a utilização de mudas saudáveis; escolha adequada da área de implantação dos pomares, ou seja, priorizar o plantio em áreas sem histórico da ocorrência de doenças provocadas por patógenos de solo; plantio das mudas com espaçamento adequado, evitando assim o adensamento das árvores; e realização da manutenção do pomar, a fim de evitar a predisposição dos indivíduos ao ataque de patógenos. Além disso, caso haja a ocorrência de sintomas da doença no pomar, quando em pequena quantidade, recomenda-se realizar a substituição das árvores sintomáticas ou mortas por plantas saudáveis e também eliminar restos culturais, como folhas e frutos sintomáticos, evitando assim a disseminação da doença e a ocorrência de inóculo de sobrevivência do patógeno.



Fotos: Jessica Mengue Rolim

Figura 7. Murcha em noqueira-pecã: escurecimento dos tecidos em porção do tronco (A); seca e necrose de folhas em árvores de noqueira-pecã no campo (B e C); macroconídios de *Fusarium* spp. vistos em aumento 40X (D); e microconídios de *Fusarium* spp. vistos em aumento 40X (E).

Doenças de tronco

Cancro

- **Agente etiológico e fatores de predisposição**

A ocorrência do cancro em noqueira-pecã foi relatada pela primeira vez no Brasil em 2016, possuindo como agente etiológico a espécie *Lasiodiplodia subglobosa* (Poletto et al., 2016). Entretanto, estudos posteriores identificaram *Pseudofusicoccum kimberleyense* e *Neofusicoccum parvum* ocasionando sintomas da doença na cultura (Rolim, 2020). Assim, pode-se afirmar que diferentes espécies fúngicas pertencentes à família Botryosphaeriaceae são responsáveis pela ocorrência do cancro em noqueira-pecã. Podas mal conduzidas ou falta de podas de limpeza, falta de esterilização do material de poda, ocorrência de estresse, seja hídrico (falta ou excesso) ou nutricional. No caso de estresse nutricional, cabe ressaltar a deficiência de cálcio (Ca), pois, segundo Oliveira et al. (2001), a deficiência desse elemento torna o patógeno mais agressivo. Além disso, plantas atacadas por pragas ou por outros patógenos também se tornam mais suscetíveis ao cancro do tronco.

- **Sintomatologia, manejo e controle**

A doença é caracterizada pela ocorrência do intumescimento da casca e surgimento de fendilimentos longitudinais ao longo do fuste das árvores (Figura 8A). Além disso, de acordo com o progresso da doença, podem ocorrer o escurecimento dos tecidos afetados e a formação de cancrios (Figuras 8B e 8C), os quais caracterizam-se pelo desenvolvimento de protuberâncias formadas pela casca em volta do tronco (Krugner et al., 1973). Em alguns casos, com auxílio de uma lupa e microscópio óptico, é possível observar a presença de picnídios ao longo das lesões, o que facilita a diagnose da doença. Por não existirem produtos registrados para a cultura, recomenda-se a execução de algumas medidas alternativas visando à prevenção da doença, tais como: manutenção do espaçamento correto entre as árvores, evitando o adensamento e sombreamento do pomar; esterilização de ferramentas utilizadas para podas e demais atividades, utilizando solução de hipoclorito de sódio a 1%, evitando possível contaminação com a doença; retirada de restos culturais do pomar, impedindo que esses sejam fontes de inóculo do patógeno e substituição de plantas doentes ou mortas, a fim de evitar a disseminação da doença. Além disso, também podem ser realizadas algumas intervenções paliativas, como a remoção dos tecidos infectados e eliminação de galhos sintomáticos por meio de poda.



Fotos: Jessica Mengue Rolim

Figura 8. Cancro em noqueira-pecã: fendilimentos longitudinais do tronco em plantas jovens (A); formação de cancrios ao longo do fuste (B); detalhe de um cancro e do fendilimentos da casca (C).

Doenças quarentenárias

É necessário ressaltar que foram abordadas anteriormente apenas as doenças já diagnosticadas no Brasil e relatadas na literatura científica até o momento. Entretanto, provavelmente outros patógenos já estejam presentes nos pomares, porém ainda sem relatos publicados.

A introdução de materiais propagativos legalizados e eventualmente clandestinos, como propágulos, frutos, sementes, etc., pode se constituir em fonte de novos patógenos. Mesmo quando é realizada a quarentena oficial para material vegetal, muitas pragas podem passar despercebidas, devido à fragilidade de alguns mecanismos de diagnóstico, por não existirem metodologias para avaliação de muitos patógenos que coabitam com o agente causal específico. Entretanto, é extremamente importante a avaliação fitossanitária do material vegetal que inicia a circular nas regiões produtoras brasileiras. Os riscos de danos por alguns patógenos que podem vir a ser introduzidos nos viveiros e pomares de nogueira-pecã podem comprometer seriamente o processo evolutivo dessa cultura. Como norma básica, aconselha-se aos viveiristas e produtores a ficarem atentos a qualquer sintoma estranho que ocorra nas plantas, a fim de evitar disseminação de novos patógenos em áreas de plantio isentas de determinadas doenças.

Na introdução de material propagativo oriundo de outros países, devem ser observadas as normas de introdução de materiais vegetais indicadas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Nesse sentido, merecem atenção alguns problemas mais comuns em viveiros, que ocorrem especialmente nos Estados Unidos e México, que podem vir a ocorrer no Brasil.

Há relatos de ocorrência de nematoide (*Meloidogyne partityla*) nas mudas em viveiro em que a enxertia foi realizada ainda no campo, no estado da Flórida, Estados Unidos (Crow et al., 2007), sendo a espécie conhecida por infectar árvores da família Juglandaceae, caracterizando uma doença comum em pomares adultos, o que alerta para o risco de infestação, sendo que, nos viveiros, costuma causar a morte das mudas.

Outra doença, a galha da coroa, causada pela bactéria *Agrobacterium tumefaciens*, é caracterizada por grandes galhas nas raízes e bases do tronco das árvores infectadas, sendo o primeiro relato feito por Rand (1983) em um viveiro no Mississipi (EUA).

Tem importância também a queima-foliar causada por *Xylella fastidiosa*. Essa doença ainda não foi relatada no Brasil, entretanto está afetando severamente pomares nos Estados Unidos (EUA) em distintas cultivares que também são plantadas em território nacional. É causada pela bactéria *Xylella fastidiosa*, que foi relatada pela primeira vez em nogueira-pecã no estado da Louisiana (EUA). Nos primeiros relatos de sua ocorrência, a doença estava associada a outros fungos, mas, posteriormente, comprovou-se que isoladamente a bactéria é capaz de causar os sintomas de queima (Sanderlin; Heyderich-Alger, 2000). Alguns anos depois, a doença já havia sido reportada nos estados do Arizona, Novo México, Califórnia e Texas (Hilton et al., 2017). Em um estudo em pomar do estado da Geórgia, um dos maiores produtores de nogueira-pecã nos Estados Unidos, foram identificadas mais de 60% de árvores infectadas pela bactéria, especialmente na cultivar Cape Fear, mas também infectando outras cultivares (Bock et al., 2018). Os sintomas dessa queima iniciam com áreas necróticas nos bordos dos folíolos, que progridem para o centro e as folhas, e ficam com aspecto semelhante a queimado por fogo. Os sintomas, nos Estados Unidos, têm início em meados para o fim do verão, ocorrendo queda prematura das folhas afetadas, com conseqüente redução na produção e no crescimento da planta, sendo que as folhas terminais são as últimas a serem afetadas (Sanderlin; Heyderich-Alger, 2000). Uma das formas relatadas de transmissão é via porta-enxerto infectado, que transmitirá a doença para a cultivar-copa. Atualmente, a doença é considerada um dos principais problemas da cultura, especialmente em locais em que a sarna tem baixa ocorrência, como na parte oeste dos Estados Unidos. É preciso ficar atento aos sintomas em pomares no Brasil, especialmente durante o verão, pois, assim como nos Estados Unidos, inicialmente, somente fungos foram encontrados associados aos sintomas, e desconsiderou-se a existência da bactéria. A espécie bacteriana é patogênica em inúmeras culturas, como videira, citros, ameixeira, oliveira, cafeeiro, dentre outras. Portanto, pode já estar presente em nossos pomares.

Considerações finais

As doenças da nogueira-pecã que foram relatadas são as efetivamente diagnosticadas nos pomares do Brasil, especialmente na região Sul, onde a maior área de plantio está concentrada. Cabe ressaltar que essas doenças foram investigadas e seus agentes etiológicos identificados por métodos moleculares, sendo essa uma possibilidade viabilizada nas últimas décadas. Essa é essencial para que estratégias de manejo e controle possam ser elaboradas no enfrentamento das doenças.

Não há, até o momento, registro de produtos químicos no Brasil para as doenças relatadas e é muito importante que, antes de qualquer uso indiscriminado, seja conhecida a ação do produto sobre o ciclo da doença, uma vez que o uso recorrente e sem critério pode levar à seleção de resistência de patógenos, potencializando os problemas para a cultura, especialmente com o aumento das áreas plantadas registrado nos últimos anos.

Salienta-se que outras estratégias de manejo e controle combinadas podem ser muito efetivas. Alternativas de controle biológico, associadas às práticas de manejos culturais, bem como a inserção da cultura em sistemas de integração ou sistemas agroflorestais, podem auxiliar na pressão de seleção sobre os patógenos.

Referências

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A.; DE ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 500 p.
- BEDENDO, I. P. Murcha Vascular. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM L. (ed.). **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. p. 451-457.
- BOCK, C. H.; OLIVER, E. J.; CHEN, C.; HOTCHKISS, H. M.; STEVENSON, L. K.; WANG, X.; GRAUKE, J. L.; HILTON, E. A.; JO, Y.; RANDALL, J. Pecan bacterial leaf scorch, caused by *Xylella fastidiosa*, is endemic in Georgia pecan orchards. **Plant Health Progress**, v. 19, n. 4, p. 284-287, out. 2018.
- BRENNEMAN, T. B.; REILLY, C. C. Recent occurrence of pecan anthracnose caused by *Glomerella cingulata*. **Plant Disease**, v. 73, n. 9, p. 775, jun. 1989.
- BROADLEY, M.; BROWN, P.; CAKMAK, I.; RENGEL, Z.; ZHAO, F. Function of Nutrients: Micronutrients A2. In: MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3rd. ed. San Diego: Academic Press, 2012. p.191-248.
- CROW, W.T.; LEVIN, R.; HALSEY, L. A.; RICH, J. R. First report of *Meloidogyne partityla* on Pecan in Florida. **Plant Disease**, v. 89, n. 10, p. 128-128, mar. 2007.
- DORDAS C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 28, n. 1, p. 33-46, mar. 2008.
- DUFFY, B. K.; DÉFAGO, G. Zinc improves biocontrol of fusarium crown and root rot of tomato by pseudomonas fluorescens and represses the production of pathogen metabolites inhibitory to bacterial antibiotic biosynthesis. **Phytopathology**, v. 87, n. 12, p. 1250-1257, fev. 1997.
- GATCH E. **Managment of Fusarium Wilt in Spinach seed crops in the Maritime Pacific Northwest USA**. 2013. 338 f. Tese (Doctor of Philosophy) - Washington State University, Department of Plant Pathology, Washington.
- GATCH, E. W.; DU TOIT, L. J. Limestone-mediated suppression of Fusarium wilt in spinach seed crops. **Plant Disease**, v. 101, n. 1, p. 81-94, out. 2017.
- GHINI, R. **Solarização do solo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 4 p.
- GOTTWALD, T. R. Taxonomy of the pecan scab fungus *Cladosporium caryigenum*. **Mycologia**, v. 74, n. 3, p. 382-390, nov. 1982.
- HAMANN, J. J. Cultivo da nogueira-pecã no Brasil: observações sobre a cadeia produtiva e práticas culturais para nogueira-pecã. 2019. Disponível em <https://nogueirapecan.blogspot.com/2019/01/01-desinfeccao-do-equipamento-de-poda.html>. Acesso em: 18 maio 2023.
- HILTON, A. E.; JO, Y.; CERVANTES, K.; STAMLER, R. A.; RANDALL, J. J.; FRENCH, J. M.; HEEREMA, R. J.; GOLDBERG, N. P.; SHERMAN, J.; WANG, X.; GRAUKE, L. J. First report of Pecan bacterial leaf scorch caused by *Xylella fastidiosa* in Pecan (*Carya illinoensis*) in Arizona, New Mexico, California, and Texas. **Plant Disease**, v. 101, n. 11, p. 1949-1949, ago. 2017.
- FERNANDES, C.; SOUSA, R.; TAVARES, F.; CRUZ, L. First report of *Xanthomonas arboricola* causing bacterial blight on Pecan trees in Portugal. **Plant Disease**, v. 102, n. 12, p. 2632, out. 2018.

- HUBER, D.; RÖMHELD, V.; WEINMANN, M. Relationship between Nutrition, Plant Diseases and Pests A2. In: MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2012. p. 283-298.
- KRUGNER, T. L.; CANEVA, R. A.; CARDOSO, C. O. N. Nota sobre a ocorrência do cancro do tronco em eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, n. 6, p. 61-67, 1973.
- LAZAROTTO, M. **Identificação e caracterização de *Fusarium* spp. e *Pestalotiopsis* spp. associados à *Carya illinoensis* no Rio Grande do Sul**. 2013. 156 f. Tese (Doutor em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria.
- LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; POLETTO, T.; DUTRA, C. B.; BLUME, E.; HARAKAWA, R.; POLETTO, I. First report of *Pestalotiopsis clavispora* causing leaf spot of *Carya illinoensis* in Brazil. **Plant Disease**, v. 96, n. 12, p. 1826-1826, nov. 2012.
- LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; SANTOS, R. F. DOS; BLUME, E.; HARAKAWA, R.; HAMANN, F. A. First report of *Fusarium equiseti* associated on Pecan (*Carya illinoensis*) seeds in Brazil. **Plant Disease**, v. 98, n. 6, p. 847-847, maio 2014a.
- LAZAROTTO, M.; BOVOLINI, M. P.; MUNIZ, M. F. B.; HARAKAWA, R.; REINIGER, L. R. S.; SANTOS, Á. F. D. Identification and characterization of pathogenic *Pestalotiopsis* species to pecan tree in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 440-448, jun. 2014b.
- LAZAROTTO, M.; MACIEL, C. G.; WALKER, C.; MUNIZ, M. F. B. Doenças em viveiro. In: ARAÚJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; LAURI, A. S. (ed.). **Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura**. Santa Maria: UFSM, 2018. v. 1, p. 283-299.
- LAZAROTTO, M.; MARTINS, C. R. Doenças da noqueira-pecã. **Revista Campo & Negócios: Informe técnico**, p. 59-61, out. 2019.
- LECOURIEUX, D.; RANJEVA, R.; PUGIN, A. Calcium in plant defence-signalling pathways. **New Phytologist**, v. 171, n. 2, p. 249-269, jun. 2006.
- LÓPEZ-BERGES, M. S.; CAPILLA, J.; TURRÀ, D.; SCHAFFERER, L.; MATTHIJS, S.; JÖCHL, C.; CORNELIS, P.; GUARRO, J.; HAAS, H.; DI PIETRO, A. HapX-mediated iron homeostasis is essential for rhizosphere competence and virulence of the soilborne pathogen *Fusarium oxysporum*. **Plant Cell**, v. 24, n. 9, p. 3805-3822, set. 2012.
- LÓPEZ-DÍAZ, C.; RAHJOO, V.; SULYOK, M.; GHIONNA, V.; MARTÍN-VICENTE, A.; CAPILLA, J.; DI PIETRO, A.; LÓPEZ-BERGES, M. S. Fusaric acid contributes to virulence of *Fusarium oxysporum* on plant and mammalian hosts. **Molecular Plant Pathology**, v. 19, n.2, p. 440-453, jan. 2017.
- MARTINS, C. R.; FRONZA, D.; MALGARIM, M. B.; BILHARVA, M. G.; DE MARCO, R.; HAMANN, J. J. Cultura da noz-pecã para a agricultura familiar. In: WOLFF, L. F.; MEDEIROS, C. A. B. **Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 65-81 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 443).
- MCNEW, G. L. The nature, origin, and evolution of parasitism. In: HORSFAL, J. G.; DIMOND, A. E. (ed). **Plant Pathology**. New York: Academic Press, 1960. v. 2, p. 20-66.
- OLIVEIRA, S. M. A. de; TANAKA, S. C. C. de H.; DANTAS, S. A. F. Diagnose e manejo de doenças das fruteiras tropicais no Nordeste brasileiro. In: MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. (ed.). **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Recife: UFRPE, 2001. p. 183-223.
- ORTIZ, E. R. N.; CAMARGO, L. E. A. Doenças da noqueira-pecã. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (ed). **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 501-505.
- PENG, H. X.; SIVASITHAMPARAM, K.; TURNER, D. W. Chlamyospore germination and *Fusarium* wilt of banana plantlets in suppressive and conducive soils are affected by physical and chemical factors. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 10, p. 1363-1374, set. 1999.
- POLETTO, T.; MACIEL, C. G.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E.; POLETTO, I.; BRIOSO, P. First report of stem canker caused by *Lasiodiplodia subglobosa* on *Carya illinoensis* in Brazil. **Plant Disease**, v. 100, n. 5, p. 1016, mar. 2016.
- POLETTO, T.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E.; MEZZOMO, R.; BRAUN, U.; VIDEIRA, S. I. R.; HARAKAWA, R.; POLETTO, I. First report of *Sirosporium diffusum* causing brown leaf spot on *Carya illinoensis* in Brazil. **Plant Disease**, v. 101, n. 2, p. 381-381, nov. 2017.
- POLETTO, T.; MUNIZ, M. F. B.; FANTINEL, V. S.; POLETTO, I.; MARTINS, C. **Mancha-foliar-marrom da Nogueira-pecã: identificação e manejo da doença nos pomares do sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019a. 6 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 373).
- POLETTO, T.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E.; FANTINEL, V. S.; REINIGER, S. R. L.; BRIOSO, T. S. P.; HARAKAWA, R.; STEFENOM, M. V.; POLETTO, I. First Report of *Colletotrichum nymphaeae* Causing Anthracnose on *Carya illinoensis* in Brazil. **Plant Disease**, v. 103, n. 12, p. 3277-3277, set. 2019b.
- SEAPA (Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Câmara Setorial da Noz-pecã - Pró-pecã). **Nota Técnica 2020: Noz-pecã no RS**. Disponível em: <http://www.seapa.rs.gov.br/pro-peca>. Acesso em: 20 maio 2020.
- RAND, F.V. Some diseases of pecans. **Agriculture Research**, v. 1, n. 4, p. 303-338, 1983.
- ROLIM, J. M. **Caracterização morfofisiológica e molecular de *Fusarium* spp., agente causal da murcha em *Carya illinoensis***. 2019. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

- ROLIM, J. M.; SAVIAN, L. G.; WALKER, C.; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; POLETTO, T.; SILVA, M. de M.; SILVA, E. L.; RABUSKE, J. E.; SARZI, J. S. First report of Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* on Pecan in Brazil. **Plant Disease**, mar. 2020a.
- ROLIM, J. M.; SAVIAN, L. G.; WALKER, C.; RABUSKE, J. E.; SARZI, J. S.; MUNIZ, M. F. B.; da SILVA, J. C. P. First report of stem canker caused by *Neofusicoccum parvum* and *Pseudofusicoccum kimberleyense* on *Carya illinoensis* in Brazil. **Plant Disease**, p. 1-4, jun. 2020b.
- ROSSMAN, A. Y.; ALLEN, W. C.; CASTLEBURY, L. A. New combinations of plant-associated fungi resulting from the change to one name for fungi. **IMA Fungus**, v. 7, n. 1, p. 1-7, jan. 2016.
- SANDERLIN, R.S.; HEYDERICH-ALGER, K. I. Evidence that *Xylella fastidiosa* is associated with pecan fungal leaf scorch. **Plant Disease**, v. 84, n. 12, p. 1, jan. 2000.
- SILVA, J. B.; SILVA, F. J. T. da; SILVA F.; LEAL, L. V.; POLETTO, I. Isolamento e seleção de fungos antagonistas à *Pestalotiopsis clavispora*, patógeno da noqueira-pecã. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 109- 18, dez. 2013.
- SIDDIQUI, S.; ALAMRI, S. A.; ALRUMMAN, S. A.; MEGHVANSI, M. K.; CHAUDHARY, K. K.; KILANY, M.; PRASAD, K. Role of soil amendment with micronutrients in suppression of certain soilborne plant fungal diseases: a review. MEGHVANSI, M. K.; VARMA, A. (ed.). **Organic Amendments and Soil Suppressiveness in Plant Disease Management**. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 363-380.
- SHI, H. J.; ZHANG, C. Q.; SHAN, L. Y.; XU, K. Y.; XU, J. P.; QI, Q. Q.; XU, Z. H. First report of *Pestalotiopsis microspora* as a causal agent of black spot of Pecan (*Carya illinoensis*) in China. **Plant Disease**, v. 99, n. 9, p. 1276-1276, jul. 2015.
- SPIEGEL, y.; NETZER J. D.; KAFKAFI, U. The role of calcarium nutrition on Fusarium-wilt syndrome in Muskmelon. **Phytopathology**, v. 118, n. 3, p. 220-226, mar. 1987.
- THOMPSON, T. E.; GRAUKE, L. J. Genetic Resistance to Scab Disease in Pecan. **Hortscience**, v. 29, n. 9, p. 1078-1080, set.1994.
- VENTURA, J. A.; LIMA, I. D. M.; MARTINS, M. V. V.; CULIK, M. P.; COSTA, H.
- Impacto e manejo das doenças na propagação das fruteiras. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, p. 173-194, ago. 2017.
- VIDEIRA, S. I. R.; GROENEWALD, J. Z.; NAKASHIMA, C.; BRAUN, U.; BARRETO, R. W.; DE WIT, P. J. G. M.; CROUS, P. W. Mycosphaerellaceae – chaos or clarity? **Studies in Mycology**, v. 87, p. 257-421, jun. 2017.
- WALKER, C.; MUNIZ, M. F. B.; MARTINS, R. R. O.; MEZZOMO, R.; ROLIM, J. M.; BLUME, E. First report of species in the *Cladosporium cladosporioides* complex causing pecan leaf spot in Brazil. **Journal of Plant Pathology**, v. 98, n. 2, p. 370, 2016a.
- WALKER, C.; MUNIZ, M. F. B.; ROLIM, J. M.; MARTINS, R. R. O.; ROSENTHAL, V. C.; MACIEL, C. G.; MEZZOMO, R.; REINIGER, L. R. S. Morphological and molecular characterization of *Cladosporium cladosporioides* species complex causing pecan tree leaf spot. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 3, p. 11, set. 2016b.
- WALKER, C.; MUNIZ, M.; MARTINS, R. de O.; RABUSKE, J.; SANTOS, A. F. dos. Susceptibility of Pecan Cultivars to *Cladosporium cladosporioides* Species Complex. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, p. 2179-8087, 2018.
- WALKER, C.; MUNIZ, M.; LAZAROTTO, M.; RABUSKE, J.; MARTINS C. **Identificação e prevenção da sarna da noqueira-pecã na região sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019. 7 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 372).
- WHEELER, T.; RUSH, C. M. Soilborne diseases. In: MALOY, O. C.; MURRAY, T. D. **Encyclopedia of Plant Pathology**. New York: JohnWiley & Sons, 2001. p. 935-947.
- WU, F.; WU, X.; KONG, W.L.; ZHANG, Y.; WU, Y. T.; SUN, X.R. First report of leaf spot disease caused by *Alternaria alternata* on *Carya illinoensis* in China. **Plant Disease**, v. 104, n. 6, 2020.
- ZHANG, C.; ZHIHONG, X.; PINLEI, S. Identification of the pathogen causing a new disease-nut black spot on *Carya cathayensis*. **Plant Protection**, n. 4, 2010.
- ZHANG, Y. B.; MENG, K.; SHU, J. P.; ZHANG, W.; WANG, H. J. First Report of Anthracnose on Pecan (*Carya illinoensis*) caused by *Colletotrichum nymphaeae* in China. **Plant Disease**, v. 103, n. 6, p. 1432, mar. 2019.

Capítulo 19

Colheita

Carlos Roberto Martins
Jaceguáy Inchausti de Barros
Julio Cesar Farias Medeiros
Antônio Davi Vaz de Lima

Introdução

A noqueira-pecã é considerada uma árvore de múltiplos propósitos. Na maioria dos países onde é cultivada, a produção de frutos configura a principal forma econômica de uso. O fruto da noqueira-pecã é classificado como drupa, tem a característica de que, na fase de maturação, o epicarpo e mesocarpo carnosos, mais conhecido como cápsula, seca e se abre naturalmente, pelas quatro suturas longitudinais, de tal modo que, quando maduro, libera a noz-pecã. Essa, por sua vez, é constituída do endocarpo liso e delgado, que é a casca encobrindo a semente, que vem a ser a parte comestível (Figura 1). As sementes são vulgarmente consideradas como “frutos secos” ou “nozes” ou “amêndoas”. Esses termos são conhecidos no meio técnico-científico e podem ser empregados como sinônimos para a parte comestível do fruto da noqueira-pecã.

A noz-pecã, por se manter numa casca dura, gera uma equivocada interpretação de que se trata de fruto rústico, durável e que dispensa cuidados especiais para manter sua qualidade. Entretanto, devido ao seu alto conteúdo de ácidos graxos, benéficos à saúde de quem a consome, apresenta a característica de deterioração, como qualquer outra fruta, se não for devidamente manuseada desde a colheita (Badwin; Wood, 2006). Essa deterioração tem influência direta no consumo, uma vez que nozes rancificadas não são toleradas pelo consumidor, devido ao seu sabor, que fica comprometido. Llanos (2020) considera a colheita uma fase fundamental na condução e manejo de um pomar, merecendo ação especial para colher nozes no ponto de maturação adequado e com rapidez necessária para manter sua qualidade. Lembra, ainda, que a colheita representa o motivo principal pelo qual se implanta um pomar de noqueira-pecã, portanto essa operação carece de cuidados e planejamento para sua execução.

É importante ressaltar que as características relacionadas à qualidade da noz-pecã são estabelecidas durante a fase de desenvolvimento, ou seja, durante a fase de cultivo no pomar, sendo influenciada pelas condições locais de solo, do clima do período, do manejo cultural (poda, irrigação e adubação) e fitossanitário, bem como das características peculiares da cultivar. O atendimento às exigências do período de formação da noz-pecã é fundamental no processo de produção e na qualidade das nozes. No entanto, conhecer e estabelecer estratégias de colheita e de manuseio pós-colheita devem ocorrer mesmo antes de se implantar o pomar, sendo etapas cruciais no processo produtivo de um pomar de noqueira-pecã. Não há como melhorar as nozes que não tenham boa qualidade original a campo, mas existe a possibilidade de se perder os atributos diferenciais, se a colheita não for executada de forma adequada.

Foto: Gustavo Heiden



Figura 1. Abertura da cápsula (mesocarpo) que protege a noz-pecã (endocarpo), indicando o final do processo de maturação da semente (amêndoa, noz, “fruta”).

Embora existam muitos fatores que afetam a produção das nozes, a etapa da colheita das frutas, e seu subsequente manuseio, não só são fundamentais para manutenção da qualidade como são decisivos no impacto financeiro dos custos de produção. A colheita é uma das práticas culturais mais dispendiosas, tanto em recursos financeiros quanto de mão de obra capacitada, podendo representar até 40% dos custos de produção, influenciando os custos de produção a longo prazo (Madero, 2016; Ernes, 2017). Por fim, o planejamento de todas as etapas que envolvem a operacionalidade da colheita se faz fundamental para haver êxito, servindo ainda como estratégia para minimizar os desperdícios de mão de obra, otimizar recursos financeiros e melhorar a qualidade da produção.

Preparos pré-colheita

Antes de se iniciar a colheita, alguns cuidados merecem ser devidamente planejados e preparados antecipadamente, para que a execução da colheita das nozes, de forma manual e/ou mecanizada, ocorra de modo eficiente para assegurar a rapidez e a qualidade da operação. Alguns deles são destacados a seguir:

- **Regularização da superfície ou “piso” do pomar:** para facilitar a colheita em qualquer de suas modalidades é importante que a superfície ou “piso” do pomar esteja o mais seca possível. Desse modo, ao longo do ano deve-se implantar e manter um bom sistema de drenagem superficial no pomar. Além disso, evitar o trânsito de máquinas com solo úmido para não haver a formação de rastros. Sempre que necessário, fazer a regularização da superfície do solo com plainas agrícolas ou equipamentos similares.
- **Restos vegetais:** ao longo do ano ocorre a queda de galhos finos, cascas, folhas e restos de flores e de frutos na superfície do pomar. Nesse sentido, é recomendável, quando possível, triturar e aplicar no inverno uma solução de ureia a 5% sobre esses restos, de modo acelerar sua decomposição. Dessa forma, contribui-se para a redução de fungos na formação de matéria orgânica e para as condições da colheita.

- **Manejo de animais no pomar:** é comum a exploração integrada de pecuária com bovinos, ovinos ou equinos nas áreas de cultivo de noz-pecã. Porém, quando for o caso, visando minimizar os riscos de contaminação das nozes quando derrubadas ao chão, deve-se fazer a retirada desses animais num período mínimo de 60 dias antes do início da colheita. Com esse procedimento, minimiza-se os riscos de contaminação dos frutos. É importante destacar que, mesmo sem rebanhos na área, ainda haverá a presença de animais selvagens que também concorrem para o risco de contaminação. Por isso, somando-se a outros fatores, os frutos devem passar por processos de higienização em pós-colheita de modo a garantir a seguridade para o seu consumo.
- **Retiradas de galhos grandes do pomar:** principalmente em pomares já formados, faz-se necessária a retirada de galhos secos, eventualmente até árvores caídas, de forma a facilitar o trânsito de máquinas e reduzir a ocorrência de impurezas durante colheitas mecanizadas. Esses galhos retirados do pomar devem ser utilizados como lenha, e o restante triturado, para evitar proliferação de pragas ou doenças.
- **Controle da vegetação espontânea:** tanto para a colheita manual, mas principalmente para a colheita mecanizada é importante que a superfície do pomar esteja com vegetação rasteira ou livre de vegetação. Nessas condições, tanto a catação manual quanto a colheita mecanizada dos frutos, com ou sem o uso de lonas, será mais eficiente. Além disso, quando houver atraso de colheita por qualquer razão, as frutas estarão em uma condição melhor em relação à manutenção de vegetação alta, em que a umidade é maior. Ao longo do ano, a vegetação espontânea no pomar deve ser mantida sob controle com roçadas. No caso de pomares em formação, também é possível manter a vegetação sob controle no entorno das plantas com a técnica da palhada em cobertura morta ou *mulching*, e ainda manter a umidade. Quando a colheita é mecanizada, poderá ser necessária uma dessecação (com herbicidas permitidos e registrados para a cultura) em toda superfície do pomar. No caso de colheita manual, a dessecação poderá ser apenas na projeção da copa, facilitando o recolhimento dos frutos.
- **Máquinas, equipamentos e sacarias:** os tratores, carroções e carretas agrícolas, agitadores (*shakers*), vassouras, colheitadeiras e outros equipamentos utilizados para a colheita e transporte devem ser previamente revisados e limpos para evitar interrupções do serviço e/ou contaminações dos frutos colhidos. Quanto utilizadas lonas e sacarias na colheita, essas devem ser novas ou estarem limpas e descontaminadas com água, detergentes e produtos sanitizantes para evitar a contaminação dos frutos.
- **Capacitação da operários e safristas:** para o bom andamento das etapas de pré-colheita e colheita, é importante treinar e informar os operadores de máquinas e equipamentos, bem como os operários de campo, sobre as atividades e cuidados nas etapas de preparação e colheita. Igualmente importante é o treinamento e orientação quanto à observação das normas de segurança e saúde nos trabalhos, particularmente quanto ao uso de equipamentos de proteção individual (EPIs).
- **Controle da colheita:** para um bom controle da colheita, é recomendável manter a anotação diária do seu andamento em planilhas. Recomenda-se um planejamento de operações com colheita por área, seção e talhões uniformes, podendo ser realizada por cultivares, em certos casos. As condições dos frutos colhidos devem ser acompanhadas, de modo a evitar misturas de frutos com características diferentes, prejudicando o valor dos frutos de melhor qualidade. Também é necessário o controle diário de qualidade e volumes colhidos, para se proceder à segregação de frutos com características diferentes, e também o pagamento de safristas segundo os volumes colhidos, quando for o caso.

Ponto de colheita

O período de desenvolvimento dos frutos é extenso, demandando entre 180 e 210 dias, sendo considerado da fecundação até a colheita (Raseira, 1990; Sparks, 2005). Sua maturação está regulada pelas condições de temperatura “calor”, especialmente durante o período de dezembro a março no Sul do Brasil. Nessa região, normalmente a maturação da noz-pecã e a colheita inicia no outono, no mês de março, e se estende até início do inverno, no mês de junho. Entretanto, Brillharva et al. (2018) ressaltam que há diferença no início do período de colheita em diferentes regiões do Rio Grande do Sul, havendo diferença de até 15 dias para uma mesma cultivar.

O ponto ideal de colheita pode ser determinado por meio de índices de maturidade de colheita. Esses índices estão relacionados à planta e ao fruto, bem como às características varietais e peculiaridades climáticas da região de produção. Os índices mais utilizados para determinar a maturidade do noz-pecã são a aparência externa da árvore, a abertura das cápsulas, a umidade do fruto e a coloração das amêndoas. Processos descritos a seguir:

- **Aparência da árvore**

Em geral, a senescência das folhas começa próximo ao ponto de colheita, conforme as condições climáticas, especialmente quando ocorre a redução do fotoperíodo, com redução da luminosidade (comprimento do dia) e das temperaturas. Essa condição gera sinais para as árvores, e o processo metabólico hormonal começa a modificar, ocorrendo várias alterações, entre elas, a senescência das folhas. A colheita da noz-pecã se dá durante o início do período de dormência da planta, dependendo do local, da cultivar e do manejo; o início da senescência das folhas e o aparecimento de frios mais intensos são indicativos do ponto ideal (Figura 2A), de que a cápsula está aberta ou poderá se abrir brevemente. Por outro lado, se o processo de colheita ocorre tardiamente, as folhas já estarão em senescência avançada, muitas com queda acentuada, dificultando a visualização dos frutos ao solo (Figura 2B).

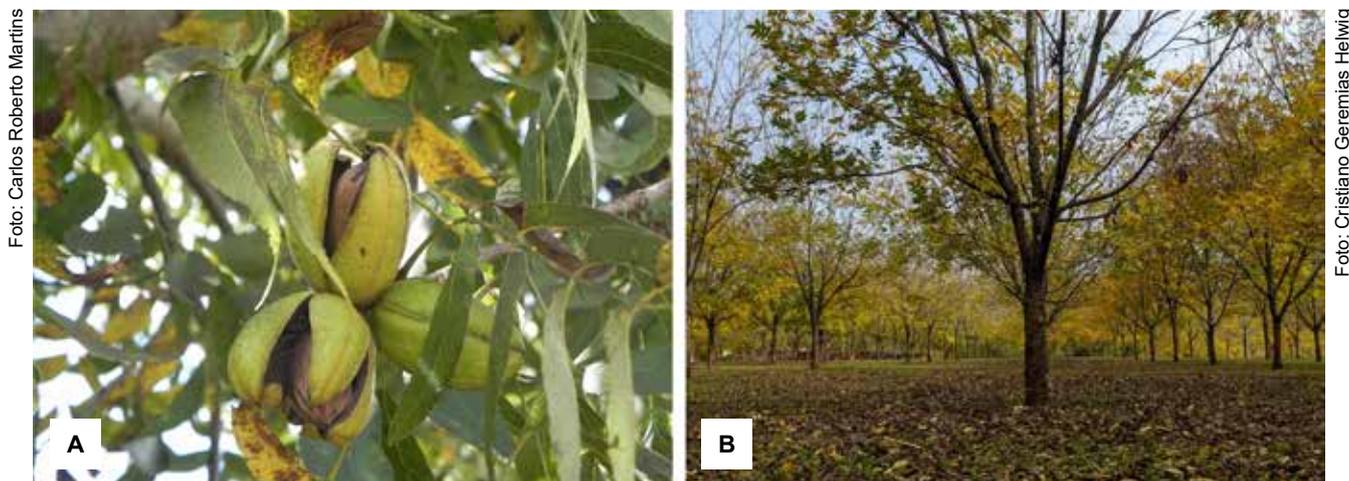


Figura 2. Indicativos do ponto de colheita de noz-pecã: folhas em processo inicial de senescência e cápsulas se abrindo (A) e plantas com folhas senescentes, amarelas em processo de queda, indicando ponto tardio de colheita (B).

A cultivar também influencia nesse processo, pois algumas apresentam a queda de folhas antecipada (Brilhaarva et al., 2018). Esse aspecto externo é facilmente visível, principalmente em árvores sem manejo algum (extrativismo), em que o manejo do pomar é deficiente, como é o caso de pomares caseiros, árvores ao redor das residências, galpões etc. Nesses casos, normalmente os frutos são colhidos quando caem ao solo.

É importante ressaltar que, em paralelo ao amarelecimento e início da queda das folhas, ocorre a maturação do fruto. Esse aspecto é importante, porque, dependendo da boa nutrição, adequado fornecimento de água, bom controle de pragas e doenças, essa queda de folhas poderá ser em grande parte posterior à maturação dos frutos, o que facilita sobremaneira a colheita, uma vez que haverá menos folhas secas no solo. A manutenção das folhas na coloração verde por mais tempo na planta no ano em curso proporcionará o maior acúmulo de fotoassimilados para a próxima estação de produção, nutrindo melhor a planta e, em consequência, favorecendo a obtenção de maior produtividade na safra seguinte.

Em relação à irrigação, é importante que seja suspensa 15 dias antes do início da colheita, para evitar desprendimento da casca do tronco, devido à umidade excessiva.

• Abertura das cápsulas

A colheita da noz-pecã deve iniciar quando a fruta atingir a maturidade, ou seja, quando as cápsulas começam a se abrir, ocorrendo também o início do escurecimento dessas estruturas, já visivelmente abertas e algumas com aspecto de desidratadas e secas (Figura 3). Nessa fase, as nozes se desprendem com relativa facilidade da árvore. Quando 70% a 80% das frutas estão com as cápsulas abertas, a colheita poderá ser iniciada. Provavelmente, as primeiras nozes já estarão caídas naturalmente no solo (Madero, 2017). É importante ressaltar que a colheita em seu ponto ideal deve iniciar antes que a maioria dos frutos caiam naturalmente no solo (Murrieta; Arreola-Avila, 2002). Esse parâmetro de maturação, abertura das cápsulas, é o mais utilizado pelos produtores e técnicos, por indicar com facilidade de percepção visual que a maturação fisiológica está próxima da ideal para a colheita.



Figura 3. Ponto de colheita de noz-pecã: início do processo de abertura das cápsulas (A); secamento e escurecimento externo da cápsula no final do processo, indicando o ponto de colheita adequado.

• Umidade das nozes

A partir da maturidade fisiológica, quando a umidade das nozes é em torno de 30%, ocorre o processo de maturação, com redução de umidade para em torno de 8%. Nesse patamar, inicia-se o rompimento das cápsulas, seguido pela queda das nozes. Porém, esse processo não ocorre igualmente em todas as frutas de uma mesma árvore. Além disso, existem diferenças de comportamento na maturação dos frutos de diferentes cultivares no mesmo pomar, área, talhão e, às vezes, até em plantas de uma mesma cultivar de um pomar.

Outro fator com influência relevante nessa etapa são as condições climáticas, ou seja, em anos secos o processo é mais rápido do que em anos chuvosos. Por isso, é necessário conhecer e monitorar as condições de clima e do pomar para determinar o momento mais adequado para o início da colheita. Quanto mais precoce é a colheita, maior a umidade das frutas, com as cápsulas apenas no início do processo de abertura. Por outro lado, se houver atraso na colheita, mais frutos terão caído na superfície do solo, e, em função do “tempo de espera”, poderão reabsorver umidade e perder qualidade. O controle de umidade das nozes, antes e durante a colheita, deve ser monitorado com o uso de equipamento medidor de umidade devidamente calibrado especificamente para determinação de umidade de noz-pecã (Figura 4).



Figura 4. Medidor portátil de umidade da noz-pecã.

• Coloração das amêndoas

O fator “coloração das amêndoas” também auxilia na determinação do momento correto para a colheita. Vale lembrar que é necessário conhecer a coloração típica da cultivar ou cultivares do bloco, isso porque há diferenças de coloração entre as cultivares. Quando observados também os outros indicadores, e a coloração das amêndoas se apresentarem na cor própria da cultivar, deve ser iniciada a colheita. Essa determinação deve ser realizada por meio de uma amostragem, descascando-se as nozes e verificando sua coloração. A coloração das amêndoas é um importante fator de valorização das frutas, sendo que possuem uma classificação que parte da tonalidade dourado-claro, passando para âmbar-claro, âmbar até âmbar-escuro. A primeira, de maior valor no mercado, indica o melhor momento para colheita. A mais escura, quando encontrada no pomar, pode indicar atraso na colheita. No capítulo que trata de pós-colheita (Capítulo 20), apresenta-se detalhadamente a classificação das amêndoas quanto à sua coloração.

Antecipação ou atraso de colheita

Muitas razões, como avaliação errônea das condições do pomar, dificuldades com alocação de pessoal ou maquinário, condições climáticas, entre outras, podem ocasionar antecipação ou atraso no início da colheita, tornando-a precoce ou tardia. Na Tabela 1, são listadas algumas consequências da realização da colheita muito precoce ou muito tardia nos pomares do Sul do Brasil.

Tabela 1. Consequências da colheita de noz-pecã precoce ou tardia nos pomares do Sul do Brasil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Colheita precoce	Colheita tardia
Maior risco de danos no tronco na derrubada mecânica de frutos	Perda de qualidade dos frutos que aguardam colheita no chão
Maturação das frutas desuniforme	Risco de alteração da coloração das amêndoas
Umidade maior das amêndoas	Reabsorção de umidade com as chuvas e orvalho, risco de problemas com viviparidade
Maior risco de perda de qualidade até o processo de secagem, com sabor relativamente amargo das amêndoas e enchimento menor, com perda de peso	Maior risco de contaminação com fungos e bactérias no chão, ataque de pássaros e roubos
Maiores custos com secagem	Perda de qualidade por rancificação das amêndoas
Perda de valor comercial	Perda de valor comercial

Fonte: autores

Colheita

No Sul do Brasil, um pomar de noqueiras-pecã inicia seu ciclo de produção, com algumas poucas nozes, a partir de 4 a 5 anos de sua implantação. Isso depende das condições edafoclimáticas locais e, principalmente, dos tratos culturais na preparação, implantação e condução do pomar nos primeiros anos. A partir de então, seguindo as premissas de boas práticas de produção”, a produção dos pomares é crescente ano a ano, alcançando altas produtividades ao redor dos 15 anos de idade.

O período de colheita na região Sul do país, normalmente, tem início no mês de março/abril (outono), com as cultivares mais precoces, e finaliza em junho (início do inverno), com as cultivares mais tardias. Na prática, esse período pode se prolongar por até 90-100 dias, de acordo com o ciclo das cultivares e regiões. Seguramente, esse período pode oscilar também conforme as variações climáticas do ano, como o início do período de frio no inverno e o de calor na primavera-verão, que afetam a época de brotação, formação do fruto e maturação, além de estiagens ou chuvas em excesso que ocorrem durante o ciclo da cultura.

Um importante ponto a ser ressaltado diz respeito às condições climáticas para realizar a colheita. Assim como qualquer outra frutífera, deve-se priorizar a colheita em tempo seco e evitar colher na ocorrência de altas precipitações e umidade relativa do ar. Esse procedimento pode reduzir danos às árvores ocasionados pelos equipamentos de colheita e, ainda, evitar problemas de contaminação das nozes. Quanto a isso, quanto menor o tempo que a noz-pecã estiver em contato umidade, seja do solo, lona ou do ambiente, menor será a possibilidade de contaminação com microrganismos fitopatogênicos e a possibilidade de rancificação (Madero, 2016).

Outro aspecto importante, quando possível, é a colheita por cultivares em separado, evitando mistura de nozes com grau de maturação, umidade, tamanho e forma diferentes. Esse procedimento facilitará o processamento das nozes, obtendo-se lotes mais uniformes e de maior valor comercial.

Em síntese, a colheita de um pomar de noz-pecã, sob o ponto de vista prático, consiste em planejar e executar duas etapas básicas que são a derrubada e o recolhimento de frutos. A derrubada dos frutos consiste na retirada das nozes da planta, de modo que se desprendam da árvore e/ou da cápsula que caem, depositando-se sobre o solo diretamente ou sobre uma lona, ou ainda em compartimento próprio de máquina de colheita. O recolhimento dos frutos consiste nas operações realizadas para recolher manualmente ou mecanicamente os frutos que estão no solo ou sobre a lona, transportando-os para o local de processamento.

Tipos de colheita

Considerando-se as duas etapas básicas da colheita, existem muitos procedimentos e combinações possíveis que podem ser escolhidos e executados, variando de acordo com tamanho do pomar, dos sistemas de cultivos, disponibilidade de mão de obra e da capacidade de investimento em máquinas e equipamentos. Sendo assim, as diferentes possibilidades de colheita podem ser classificadas em manual, mecânico-manual e mecânica.

• Colheita manual

A colheita de nozes de forma manual, realizada exclusivamente por operários e safristas, é a mais tradicional, sendo empregada na grande maioria das pequenas propriedades no Sul do Brasil (Figuras 5A e 5B). Essa forma de colheita também é utilizada em pomares de maior porte quando no início da fase produtiva, em que a produção é pouca e as árvores possuem porte baixo. Ambas as fases, a de desprender as nozes da árvore e a de coletar do solo ou lona, são realizadas, essencialmente, de forma manual (Figura 6).



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 5. Colheita manual das nozes: realizada com auxílio de vara de bambu e lona sob a copa da árvore (A) e com auxílio de globo coletor em solo (B).

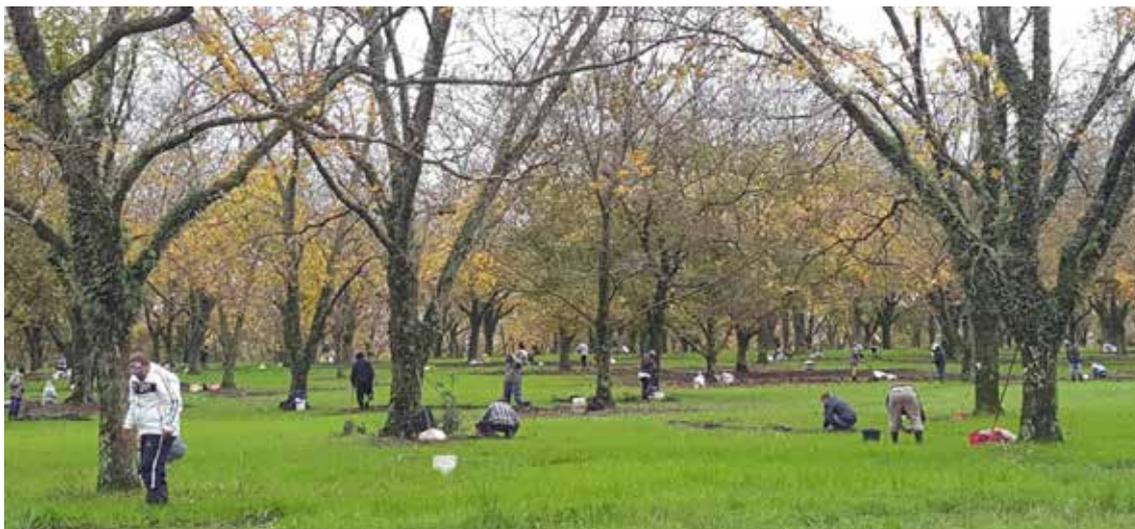


Foto: Jacequay Barros

Figura 6. Equipe de safristas realizando colheita manual em pomar de noqueira-pecã localizado no município de Cachoeira do Sul, RS.

Os frutos são colhidos por um operador, que utiliza hastes de madeira, varas de bambus ou taquaras, de tamanhos variáveis, para atingir com força os galhos e ramos, de modo a provocar o desprendimento das nozes das cápsulas ou as próprias frutas fechadas. As frutas caem sobre o solo ou lona previamente preparada para isso (Figura 5A). Algumas propriedades utilizam, ainda, plataformas, carretas agrícolas ou escadas para facilitar o acesso aos frutos da parte mais alta da copa de árvores maiores. Usualmente, com intuito de agilizar a colheita, utilizam sobre o solo e embaixo da copa das árvores, materiais como lonas plásticas, redes ou sombrites, que permitem a melhor visualização, separação de materiais inertes e coleta das nozes. Essa coleta pode ser realizada manualmente ou com auxílio de equipamentos manuais que facilitam a coleta, como rastilho ou globo coletor, evitando o constante agachamento (Figura 5B). Existem outros modelos de equipamentos, como o recolhedor de nozes já fabricado no Brasil, que auxiliam na coleta das nozes ao solo ou lona (Figura 7).



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 7. Recolhedor de nozes para colheita manual: modelos (A; B) comercializados no Brasil.

Nesse sistema de colheita, há vários fatores que influenciam sua execução, afetando positivamente e negativamente seu resultado.

Como **fatores positivos** da colheita manual, podem ser relacionados os seguintes:

- Não requer a utilização de máquinas e equipamentos específicos e de maior custo.
- O produto colhido manualmente já está quase isento de impurezas e material contaminante, como folhas, galhos, pedras, esterco animal e outras sujidades.
- Colheita de frutos com e sem cápsula já separados para processamento.
- Possibilidade de colheita de frutos por cultivares.
- Não requer uma limpeza tão apurada da superfície do pomar.
- Pode ser realizada em qualquer tipo de terreno, plano ou irregular, e de diferentes declividades.
- Pode ser realizada em locais com acúmulo de águas de chuvas e terrenos úmidos, desde que as nozes sejam prontamente encaminhadas para a secagem.
- Não requer mão de obra qualificada para sua execução.
- Bem planejada e executada, a colheita manual é muito eficiente, com baixo percentual de perda de frutos no pomar.

Como **fatores negativos** da colheita manual podem ser citados os seguintes:

- Trâmites burocráticos devido à necessidade de alocação de mão de obra temporária.
- Necessidade de atender requisitos, como EPIs específicos, para operários/safristas e condições de alimentação e higiene a campo, como locais de alimentação e sanitários.
- Requer controle diário e individual dos volumes colhidos, para fins de pagamento da colheita.
- Apesar da melhor qualidade, é uma colheita mais lenta. Mesmo com operários/safristas treinados, em média, os volumes colhidos por dia ficam entre 40 a 60 kg/dia (por operário/safrista) em pomares jovens, e de 60 a 80 kg/dia em pomares adultos.

- **Colheita mecânico-manual**

Esse tipo de colheita vem sendo empregado cada vez mais, sendo semelhante à colheita manual, porém a fase de desprender as nozes da cápsula/árvore (derrubada dos frutos) é realizada com auxílio de máquinas e equipamentos próprios. Para isso, normalmente são usados tratores, tanto pequenos quanto de grande porte e potência, com equipamentos vibratórios acoplados no terceiro ponto e tomada de força. São conhecidos como agitadores ou vibradores de tronco ou ramos (*shakers*) (Figura 8).



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 8. Tratores equipados com agitador de tronco, conhecido como *shaker*, para desprender as nozes diretamente ao solo (A) e a sombrite sobre o solo (B).

Os equipamentos de colheita mecânica são relativamente caros, dependendo do porte do pomar para que possam ser viabilizados. Aguirre (2015) informa que um estudo realizado pela Universidade Estatal do Novo México determinou a área de 30 ha como a superfície mínima para justificar a compra de maquinário para colheita. Para as condições brasileiras, dadas as diferenças de custos de mão de obra e equipamentos, seria necessária a realização de estudo específico para determinar essa relação.

Independentemente do tipo de equipamento usado, o uso da vibração do tronco ou ramos (*shaker*) exigirá, por vezes, a segunda passagem para conseguir derrubar maior número de frutos, de modo a incluir os que ainda não tenham atingido o grau de maturidade desejável para o desprendimento, quando da primeira passagem (Figura 9). Isso depende também da intensidade da vibração, porte da árvore e das características varietais. Madero (2016) descreve que, quanto maior o porte da árvore e carga de frutos, maior será a necessidade do tempo e intensidade de vibração. Normalmente, o tempo de vibração da árvore, no ponto de maturidade adequado, deve ser em torno de 3 a 10 segundos, para que caiam mais de 80% dos frutos. Um ponto importante, para o uso dessa técnica, consiste em que o agitador de tronco seja adequado ao porte da árvore; ainda assim, que a acoplagem ao tronco das árvores ocorra lentamente, usando uma proteção de borracha, sem exagerar na potência da vibração, para não provocar danos no tronco e sistema radicular das árvores.

Foto: Carlos Roberto Martins



Figura 9. Colheita de nozes em segunda passagem usando o agitador de tronco (*shaker*) em pomar de nogueira-pecã no município de Santa Rosa, RS.

Apesar de relativamente alto o investimento na aquisição de um agitador (*shaker*), havendo atualmente a disponibilidade de vários modelos de fabricação nacional, e também considerando-se a necessidade de operadores capacitados, a agilidade e o rendimento operacional são pontos favoráveis à adoção dessa tecnologia. Cada equipamento tem a capacidade de realizar a colheita de 100 a 150 árvores por dia com uma equipe bem capacitada (Fronza et al., 2014). Os procedimentos e as possibilidades da fase de coletar os frutos que caem da cápsula/árvore são os mesmos da colheita manual.

• Colheita mecânica

Em razão do custo do conjunto de máquinas e equipamentos normalmente utilizados, a colheita mecânica só é utilizada em pomares de médio a grande porte. No Sul do Brasil, há alguns poucos produtores que utilizam máquinas para a colheita da noz-pecã. Porém, com a perspectiva de uma grande área de pomares entrar em produção nos próximos anos, algumas indústrias metal-mecânicas têm se dedicado à produção de máquinas e equipamentos voltados para a pecanicultura. Tendo em vista que a maturação dos frutos em um pomar ocorre em período de tempo que pode variar de 40 a 120 dias, em função da área, idade, cultivares e outros fatores, a colheita mecânica pode ser realizada em uma ou mais operações.

Entre os diversos métodos mecanizados de colheita, podem ser destacados três tipos de conjunto de máquinas e equipamentos mais utilizados, conforme descritos a seguir.

A **colheita mecânica com agitador-colhedora com guarda-chuva invertido** consiste em um conjunto formado por um agitador e um sistema de “asas” que, ao se fecharem, formam um “guarda-chuva invertido” que circunda a árvore, e logo abaixo desse situa-se um depósito com dispositivo de abertura na parte inferior (Figura 10). Esse conjunto é acoplado sobre um trator, onde fica instalado o sistema de comando dos equipamentos do conjunto. Quando o “guarda-chuva invertido” está posicionado, é acionado o agitador. Desse modo, as frutas se desprendem da árvore e caem no “guarda-chuva invertido”, sendo recolhidas no compartimento de depósito. À medida que se processa a colheita, as nozes vão sendo armazenadas até o enchi-

mento do depósito. Com o depósito cheio, é feita a descarga diretamente em carroções de transporte. Esse método é eficiente, alcançando rendimento de até 45 árvores/hora. Observa-se que, em pomares adultos, onde o diâmetro das copas é superior ao diâmetro do “guarda-chuva invertido”, parte das frutas cai sobre o solo. Portanto, após a realização desse método de colheita, é necessário fazer uma colheita manual para recolher os frutos caídos antes da colheita mecanizada e aqueles que caírem fora do alcance do “guarda-chuva invertido”. Paralelamente, também ocorre a derrubada de folhas e galhos que caem sobre o “guarda-chuva invertido” e são igualmente recolhidos, sendo necessária adequada limpeza do produto colhido.



Foto: Rudinei De Marco

Figura 10. Agitador-colhedora tipo “guarda-chuva invertido” utilizado no processo de colheita de noz-pecã.

Na **colheita mecânica com conjunto agitador, soprador e colhedora lateral acoplada** é utilizado um agitador para a derrubada dos frutos como primeira operação, para a qual estão disponíveis numerado diferentes modelos. Uma segunda operação é a utilização de um equipamento “soprador” acoplado e acionado pelo trator, cuja finalidade é retirar os frutos que estão na linha das árvores, deslocando-os para a faixa de entrelinhas do pomar. A terceira operação é o recolhimento das frutas que estão na entrelinha com uma colhedora lateral que é acoplada e acionada por um trator (Figura 11). A abertura de colheita do equipamento fica posicionada lateralmente ao trator, que transita na faixa onde os frutos foram retirados pelo soprador. Além de recolher, o equipamento possui um sistema de esteira separadora e soprador interno, que retiram quase todas as impurezas. Após o enchimento do compartimento de carga, cuja capacidade é de 360 kg, a colhedora lateral descarrega diretamente nos carroções de transporte (Figura 12). Nesse sistema, após a colheita mecânica, ainda se faz necessária a realização de uma colheita manual para recolher as nozes que estão em depressões por irregularidade do terreno e nos locais onde o equipamento não puder transitar.

Foto: Mauro Carrion



Figura 11. Colhedora lateral acoplada utilizada na operação de colheita de noz-pecã.

Foto: Mauro Carrion



Figura 12. Colhedora lateral acoplada utilizada na operação de descarga das nozes-pecã colhidas.

A **colheita mecânica com conjunto agitador, vassouras mecânicas e colhedoras mecânica** consiste na realização de ambas as etapas mecanizadas, ou seja, o desprendimento das nozes das cápsulas/árvores e coleta das frutas (a derrubada e o recolhimento das frutas). Requer a utilização de tratores de maior porte e potência, para tracionar e acionar equipamentos como agitadores de tronco, sopradores, “varredora” ou vassoura mecânicas e as colheitadeiras. Alguns desses equipamentos já possuem modelos fabricados no Brasil.

A primeira operação consiste no uso dos agitadores de tronco, que podem ser do modelo acoplado ou autopropulsado (Figura 13). Os agitadores de tronco acoplados possuem modelos com acoplamento traseiro, no terceiro ponto e tomada de força, e os modelos de acoplamento dianteiro, com acionamento hidráulico.

Os sistemas de agitadores de acoplamento traseiro são os mais usuais, porém os de acoplamento dianteiro proporcionam mais agilidade e facilidade de operacionalização entre as árvores do pomar. Ambos exigem adequado preparo do operador para seu uso, em especial para acoplagem no tronco das árvores. Essa acoplagem deve ficar bem firme ao tronco, para evitar danos à casca do tronco das árvores. Para poder vibrar a partir de um único ponto, o primeiro andar deve estar a pelo menos 1,20 m do chão (Torassa, 2020).

O agitador autopropulsado, que também pode ser chamado de automotriz ou autopropelido, possui um braço mecânico com uma pinça para acoplamento. O controle hidráulico do braço mecânico permite movimentos nos sentidos horizontal, vertical e giratório da pinça, proporcionando grande agilidade e versatilidade de movimentos. Assim, é possível realizar o acoplamento ao tronco e também diretamente em galhos de árvores de grande porte, além de situações de árvores malformadas. Essa versatilidade proporciona maior eficiência na operação de derrubada dos frutos. Outra vantagem desse agitador é que possui cabine reforçada, que protege o operador quando da queda das frutas bem como de galhos que possam cair durante a operação. Conta ainda com escovas na frente e atrás das rodas, que evitam que máquina passe por cima das nozes, reduzindo as perdas por amassamento na colheita (Figura 13). O tempo de vibração deve ser em torno de 3 a 7 segundos a cada acoplamento para que as nozes se desprendam da cápsula e caiam no solo. O rendimento operacional desses equipamentos é de 80 a 120 árvores por hora, dependendo do operador e condições do pomar.



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figura 13. Colheita mecanizada de noz-pecã (A) com agitadores autopropulsados de tronco (B).

Existem outros equipamentos de vibração de tronco que são acoplados ao trator, de forma lateral, ou ainda adaptados ao terceiro ponto do trator como agitador de cabo. Esse último equipamento é geralmente utilizado em pomares pequenos com árvores de pequeno porte. Entretanto, com exceção do autopropulsado, todos exigem extremo cuidado com os ramos, que podem cair sobre o trator e operador. Além disso, é importante ter cuidado no deslocamento com esses tratores e equipamentos, para evitar ao máximo as perdas por amassamento de nozes que estejam no chão. A capacidade de vibração depende das condições do terreno, do porte da árvore (formação) e da habilidade do operador (Torassa, 2020).

A fase de recolher das nozes que caem ao solo, no sistema mecânico, começa com o enleiramento para posterior recolhimento das nozes. O enleiramento das nozes é uma operação em que se utiliza tratores com dois equipamentos acoplados, um soprador no terceiro ponto/tomada de força e uma varredoura com acionamento hidráulico na dianteira. Podem ser acionados ao mesmo tempo ou individualmente, segundo a necessidade durante a operação (Figura 14).

A função do soprador é deslocar as nozes que estão na linha das árvores para o espaço da entrelinha, ao lado de onde está operando o trator, ao mesmo tempo, a varredora desloca todo material que está sobre o solo para o centro da entrelinha. Conforme a dimensão do espaçamento entrelinhas do pomar, serão realizadas duas ou mais passagens da varredora para formar uma “leira” de nozes no centro da entrelinha das árvores. O rendimento operacional das varredoras em condições normais de terreno é de 1,5 ha a 2,0 ha por hora. (Figura 15). Para facilitar a operação de enleiramento, é necessário revisar a área, após a derrubada dos frutos, para a retirada de galhos maiores do trajeto das máquinas. Além disso, a eficiência das varredoras no enleiramento dos frutos requer adequado trabalho de regularização da superfície do pomar.



Figura 14. Recolhimento de nozes caídas no chão do pomar (A) utilizando trator equipado com vassouras na dianteira e sopradores na traseira (B).



Figura 15. Enleiramento das nozes (A) utilizando trator equipado com vassouras e sopradores para alocar as nozes no centro da entrelinha (B), para posterior coleta.

A operação de recolhimento das nozes após o enleiramento é realizada com colheitadeiras tracionadas por tratores. Essas colheitadeiras são constituídas na primeira parte por um sistema de recolhimento das nozes enleiradas. No passo seguinte, o material recolhido passa por um fluxo de ar gerado por um soprador, retirando as folhas e impurezas mais leves, segue para uma separação de galhos e outras impurezas mais grosseiras em esteiras tipo peneira, e por fim vai por uma esteira de elevação para a segunda parte, que é o

compartimento de depósito, com capacidade de armazenar 2,5 t. Na operação de recolher as nozes, é necessário que um operário percorra a linha enleirada retirando os galhos maiores, pedras e outros materiais que possam prejudicar o andamento da colheita. (Figuras 15 e 16).

Na operação de recolhimento com colheitadeiras, estando o material bem enleirado e seco, e a superfície do pomar adequada, pode-se alcançar rendimento de até 50 ha por dia.



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 16. Trator equipado com recolhadora de nozes e separador de folhas, ramos e resíduos.

Ressalta-se que, após todos os processos de colheita mecânica, faz-se necessária uma colheita manual, por vezes denominada de “respingo”, com a finalidade de recolher as nozes que estão em locais do pomar onde as máquinas não podem atuar, bem como os “escapes” das máquinas de colheita. Isso porque sua eficiência nunca alcança 100% das nozes que estão na superfície do pomar após a derrubada.

Transporte das nozes colhidas

A última operação do processo de colheita é a retirada das nozes do pomar, transportando a produção para os locais de beneficiamento e armazenagem. O transporte das nozes do pomar ao local de processamento e/ou armazenamento deve ser realizado o mais breve possível após a colheita e de acordo com a disponibilidade de máquinas e equipamentos de cada produtor. No planejamento da colheita, é importante considerar a necessidade de tratores, carroções, sacaria e outros itens necessários para atender adequadamente o ritmo de colheita e assegurar a manutenção da qualidade da produção.

As embalagens utilizadas na colheita das nozes, como sacos plásticos, caixas plásticas, caixas de madeira, cestas, baldes, bins, entre outros, devem ser limpas e livres de qualquer sinal visível de sujidade, como óleo, graxa, poeira, e desinfetadas para evitar contaminação dos frutos com fungos. O cuidado com essas embalagens e recipientes inicia logo que encerrado um ciclo de colheita, devendo ser limpas e armazenadas em ambientes protegidos, livres de fontes de contaminação. As embalagens devem ser transportadas e manuseadas com os mesmos cuidados de higiene aplicados às nozes.

É importante ressaltar que as nozes, uma vez colhidas, sejam mantidas nas embalagens em ambiente sombreado até o momento de transporte para o processamento e ou armazenamento. A retirada das frutas do pomar deve ser executada mais rapidamente possível, a fim de garantir sua qualidade. Deve-se atentar também para a manutenção das estradas e vias de acesso à área de colheita e de processamento.

Identificação de controle das nozes colhidas

Para pomares constituídos de blocos com características diferentes, principalmente quanto às cultivares, e principalmente para pomares maiores, é necessário fazer um controle do material colhido, com a aferição da umidade e condições de qualidade. Assim, será mais fácil ordenar as etapas seguintes, assegurando a manutenção da qualidade e a segregação de lotes com características diferentes.

Nos Estados Unidos e México, pode-se encontrar diversos modelos de equipamentos para formar conjuntos mecanizados de colheita de nozes-pecã. A evolução tecnológica e demanda estão estimulando a indústria metal-mecânica brasileira a produzir modelos nacionais para a colheita dos pomares no Sul do Brasil. Dentre os modelos que já existem, há muitos que podem ser viáveis, segundo a capacidade de investimento, e mais adequados a pomares com diferentes condições de terreno, espaçamentos, porte de árvores e escala de produção. Logicamente, a colheita mecanizada exige mais investimento, porém traz significativa redução da mão de obra e significativo acréscimo na velocidade da colheita. Segue, nesse sentido, uma tendência inexorável, tendo como cenário a escassez de mão de obra no campo hoje, e provavelmente maior ainda no futuro.

Considerações finais

A produção de noz-pecã exige cuidados e dedicação do produtor, fato que a cada safra e ciclo fica mais evidente. O empenho qualificado na execução das práticas culturais, a busca constante pelo conhecimento e pelo aprimoramento tecnológico dos pomares é fundamental para que se possa colher frutos de qualidade. Para isso, muitos aspectos devem ser considerados, desde a etapa de implantação, condução e manejo do pomar até, finalmente, o momento de se realizar a colheita das frutas.

A produção e a qualidade das nozes não são reflexo de práticas utilizadas de forma isolada na condução e manejo do pomar, mas do conjunto de cuidados e técnicas que, empregadas nos momentos adequados, desde a formação da planta até a colheita das frutas, possibilitam o sucesso na produção de noz-pecã.

A etapa de colheita é fator crucial da produção de nozes, sendo o momento mais esperado e desejado pelos produtores, ou seja, é quando o sucesso ou fracasso serão determinados com base nos anos/meses de trabalho e de dedicação. Entretanto, o conhecimento acerca das etapas a serem preparadas previamente, a forma e momento adequado de colheita, bem como o treinamento da equipe de colhedores incidem na melhoria da dinâmica da colheita, bem como nos custos da operação (uma das etapas mais onerosas da produção de pecã), refletindo-se na produtividade e qualidade das frutas.

Referências

AGUIRRE, E. H. **Manejo de huertas de nogal**. [s.l.: s.n.]: 2015. 417 p.

BALDWIN, E. A.; B. WOOD. Use of edible coating to preserve pecans at room temperature. **HortScience**, v.41, p. 188-192, 2006.

BILHARVA, M. G.; MARTINS, C. R.; HAMANN, J. J.; FRONZA, D.; DE MARCO, R.; MALGARIM, M. B. Pecan: from Research to the Brazilian Reality. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1-16, 2018.

ERNST, M. **Pecans**. Center for Crop Diversification Crop Profile CCD-CP-129. Lexington: Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment, 2017. 4 p. Disponível em: <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/pecans.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.

FRONZA, D.; POLETTO, T.; HAMANN, J. J. **O cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: UFSM: Núcleo de Fruticultura Irrigada, 2014. 301 p.

- FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Técnicas para o cultivo da nogueira-pecã**. Santa Maria: UFSM: Núcleo de Fruticultura Irrigada, 2016. 424 p.
- FRONZA, D.; HAMANN, J. J.; BOTH, V.; ANESE, R. de O.; MEYER, E. A. Pecan cultivation: general aspects. **Ciência Rural**, v. 48, n. 2, p. 1-9, 2018.
- LLANOS, A. L. Presentación de la ficha n°10: La Cosecha del Pecán. Buenos Aires: Cluster del pecán, 2020. 16 p. (Ficha técnica de pecan, 10).
- MADERO, E. R. Cosecha. In: MADERO, E. R.; TRABICHET, F. C.; PEPÉ, F.; WRIGHT, E. **Manual de manejo del huerto de nogal pecán**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2016. 94 p.
- MURRIETA, A. L.; ARREOLA-AVILA, J. G. Cosecha y almacenamiento. In: INIFAP. **Tecnología de producción de nogal pecanero**. México, 2002. n. 3. p. 207-210.
- RASEIRA, A. **A cultura da nogueira-pecã**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1990. 3 p. (EMBRAPA-CPACT. Comunicado Técnico, 63).
- SPARKS, D. A. Adaptability of Pecan as a Species. **HortScience**, Georgia, v. 40, n. 5, p. 1175-1189, 2005.
- TORASSA, J. **La Cosecha del Pecán**. Buenos Aires: Cluster del pecán, 2020. 16 p. (Ficha técnica de pecan, 10).

Capítulo 20

Pós-colheita e processamento

Julio Cesar Farias Medeiros
Jaceguáy Inchausti Barros
Marcelo Barbosa Malgarim
Marines Batalha Moreno Kirinus
Jessica Fernanda Hoffmann
Carlos Roberto Martins

Introdução

As transformações bioquímicas que ocorrem durante a pós-colheita da noz-pecã são responsáveis pelas modificações nos atributos sensoriais e, por consequência, no tempo de vida de prateleira dos frutos. Durante esse período, devido ao seu alto conteúdo de gordura, as nozes possuem a característica de alta perecibilidade e deterioração, quando expostas a condições não ideais de ar, luz e umidade. Nessas condições inadequadas, pode ocorrer a rancificação e o desenvolvimento de fungos e bactérias. A qualidade do fruto é sempre definida enquanto está ligado à planta-mãe, não sendo possível melhorá-la após a colheita, no entanto, pode-se preservar boa parte das características organolépticas desejáveis por meio da adoção de técnicas de conservação e processamento.

Tão importante quanto realizar uma colheita adequada são os cuidados com a pós-colheita, quando o processamento se inicia, com a limpeza, secagem, classificação e armazenamento do produto em casca e/ou após o beneficiamento, muitas vezes por períodos relativamente longos, até o destino final. A fim de facilitar a compreensão dos processos que envolvem a pós-colheita, as etapas e procedimentos podem ser separados em nozes com casca e em nozes sem casca.

A seguir, são descritas as atividades básicas relacionadas às etapas da pós-colheita (Figura 1).



Figura 1. Sequência de etapas a que as nozes (em casca) são submetidas durante o período pós-colheita.

Ilustração: Carlos Roberto Martins

Pré-limpeza

Essa etapa é a primeira após a colheita, e é considerada fundamental na dinâmica do processamento das nozes. A pré-limpeza tem como finalidade retirar as impurezas maiores e pode ser realizada a campo (Figuras 2 e 3), em armazéns ou em unidade de beneficiamento.

Foto: Carlos Roberto Martins



Figura 2. Equipamento de pré-limpeza das nozes diretamente no pomar.

Foto: Julio César Farias Medeiros



Figura 3. Etapas de pré-limpeza após a colheita de noz-pecã para retirada de impurezas: nozes imaturas com epicarpo fechado (*schuck*) (a), nozes com resíduos do epicarpo (b), nozes praticamente sem impurezas (c) e resíduos do fruto separados (d).

Essa operação permite que sejam selecionadas as nozes de boa qualidade, pois a prévia seleção contribui na redução das contaminações causadas por fungos de pós-colheita, que geralmente utilizam como substrato o epicarpo ou pedaços desse que restam aderidos à casca (Poletto et al., 2014). Com esse procedimento é possível separar as nozes que não apresentarem bom enchimento, pois normalmente apresentam o epicarpo verde aderido à casca.

Existem diferentes tipos de máquinas de pré-limpeza, mas a finalidade de todas é a retirada de impurezas mais visíveis e grosseiras, como gravetos, folhas, pedras, pedaços de epicarpo secos ou verdes, partes das nozes vazias e nozes imaturas com epicarpo. Alguns fabricantes prometem uma limpeza de até 80% das impurezas contidas no produto colhido.

Após a etapa de pré-limpeza, as nozes são acondicionadas em caixas plásticas ou sacaria própria para transporte até o local de classificação e secagem. Essa etapa de embalagem e transporte deve ser realizada com brevidade para as nozes seguirem nas etapas seguintes, sem perda de qualidade, principalmente onde não existam instalações de beneficiamento que contemplem todas as etapas seguintes.

Recepção e limpeza

• Recepção

Com recolhimento manual, o produto chega praticamente limpo, pois já ocorre uma seleção no momento em que a tarefa é realizada. Em contrapartida, na colheita mecanizada, em que as nozes são recolhidas normalmente em lonas, e, dependendo do tipo de máquinas utilizadas no processo, como os denominados vibradores de tronco ou *shakers*, com ou sem recolhedor do tipo guarda-chuva, o produto poderá vir acompanhado de quantidade maior ou menor de impurezas, como folhas, galhos, pedras, etc. Conforme Chitarra e Chitarra (2005), o produto pode chegar de maneiras diferentes para armazenagem, dependendo principalmente da forma que a colheita é realizada.

Na unidade de recebimento, assim como em todas as etapas de processamento, deve-se priorizar sempre a higiene do procedimento para evitar contaminações; logo, deve-se manter livre de lixo dentro e fora das instalações, tomando-se o devido cuidado para a manutenção de lixeiras tampadas próximo aos locais de recebimento do produto. Salienta-se ainda que os insumos utilizados para limpeza e secagem não deverão oferecer riscos de contaminação aos alimentos, devendo ser utilizados produtos licenciados e autorizados para essa finalidade, seguindo as instruções descritas pelo fabricante. Outra medida sanitária importante é a limpeza e higienização das superfícies de contato com as nozes, recomendando-se que, ao final da jornada de trabalho, sejam lavadas e desinfetadas, mantendo-as sempre limpas, da mesma forma com relação à água de lavagem, a qual deverá ser potável. Outra providência importante é a elaboração de um programa de controle de pragas e roedores que inclua áreas do interior e exterior da unidade.

Descalzo et al. (2021) salientam que o adequado manejo da noz-pecã durante o processamento é um fator a considerar antes do armazenamento. As nozes que conservam a casca estruturalmente íntegra e sadia mantêm-se protegidas dos danos por insetos e da presença de mofos, além de possíveis danos físicos e descolorações. Essa vantagem, entretanto, é parcialmente prejudicada pelo peso e volume extras que representam a casca e a estrutura interna que envolve a amêndoa, que chegam a alcançar, em alguns casos, mais de 50% do peso total a manejar, aumentando os custos de armazenamento e refrigeração.

Em relação ao aspecto geral do produto, as nozes com cascas rompidas ou com epicarpo aderido deverão ser separadas daquelas em condições normais, pois essas se deterioram mais rápido que aquelas. Recomenda-se que as áreas de recepção sejam distintas entre elas também, de modo que a área de recepção das nozes sujas e rompidas seja corretamente delimitada e separada das nozes limpas e saudáveis, assim como as demais áreas de secagem, limpeza e armazenamento. Outro ponto que deve ser levado em conta é que, devido à fragilidade das nozes com cascas rompidas, há a necessidade de acondicionamento em caixas apropriadas, de forma a evitar golpes e danos às cascas devido à fricção, que seriam suficientes para danificar ainda mais as nozes.

A conservação da integridade da casca está diretamente ligada à comercialização do produto, logo o correto acondicionamento deve ser considerado de grande importância não apenas para o armazenamento. Vale lembrar que a noz-pecã é um fruto com grande potencial para exportação, e, de acordo com as normas de comercialização externa do fruto (IBPecan, 2022), quando identificado no lote esse tipo de dano, há recusa ou alterações significativas no preço, quando o lote tem frutos danificados.

- **Limpeza**

A limpeza poderá ser realizada de várias formas, com umidade, com água corrente, ou a seco. O sistema mais utilizado é a limpeza a seco, cujo principal equipamento de separação é o cilindro de limpeza, o qual nada mais é que uma haste metálica rotativa. Esse cilindro tem diâmetro de 1 m por 3 metros de comprimento, com barras de ferro distanciadas cerca de 1,8 cm uma da outra. Inicialmente, o produto é transferido manualmente das caixas plásticas ou sacaria para um recipiente metálico, que por sua vez é conduzido mecanicamente em direção ao cilindro por meio de elevadores. O avanço do produto no interior do cilindro é feito por meio de guias helicoidais, as quais prolongam o percurso interno para cerca de 12 m. Durante o percurso das nozes nas guias helicoidais do cilindro, ocorre a retirada das impurezas menores, que não foram separadas na pré-limpeza, como terra, pedaços de folhas, pedriscos, pedaços de epicarpo, etc. Após percorrerem esse percurso, as nozes caem em um recipiente revestido de borracha, para minimizar danos mecânicos e evitar rachaduras na casca. De modo complementar, após os cilindros, a limpeza poderá ser melhorada com uma mesa de seleção manual para retirada de restos de impurezas e frutos danificados.

Secagem

É importante lembrar que a noz-pecã é rica em lipídeos, logo, para se ter adequada conservação, além da limpeza e higienização já executadas, é indispensável a redução da umidade original das nozes.

A operação de secagem consiste em extrair da noz parte da umidade que naturalmente possui ao atingir a maturação fisiológica, até alcançar um percentual que permita conservá-la em condições ótimas por um longo período de tempo, reduzindo ao máximo a perda de suas características nutricionais e organolépticas (Madero et al., 2017).

Grande parte dos pequenos produtores de noz-pecã realizam a secagem na propriedade, de forma natural, colocando os frutos sobre lonas ao sol e/ou em galpões. Porém, o processo executado dessa forma depende muito da ocorrência de boas condições de clima e ventilação, e, mesmo assim, não se obtém a uniformização do teor de umidade na massa de frutos, o que pode comprometer a qualidade da produção. Assim, o mais recomendado é a secagem artificial, em que podem ser utilizados diversos modelos de secadores disponíveis no mercado.

O setor de secagem é o ponto do processamento de pós-colheita mais importante de qualquer propriedade rural pecanicultora ou planta processadora de noz-pecã. A secagem é fundamental para garantir a qualidade geral (coloração, sabor, aroma), bem como as condições da noz-pecã que sai da unidade de secagem para o armazenamento e/ou consumo. O princípio do processo de secagem é a circulação dinâmica de ar quente através da massa de nozes (Thewes et al., 2022), resultando em evaporação parcial da água contida na casca, no espaço entre a casca e a polpa, bem como a água presente no interior da polpa.

As nozes com casca geralmente são entregues de imediato ao comprador, ou então, caso permaneçam na propriedade por mais tempo, devem ser armazenadas em locais ventilados permanentemente, e secas até que seu conteúdo de umidade chegue próximo de 5%, o que pode ocorrer naturalmente, sem necessidade de passar por secador, se o local for adequado. Para se alcançar esse percentual, a umidade relativa do ar no local deverá estar ao redor de 65%. Se for mais alta, a amêndoa absorverá a umidade do ar, perdendo textura e se tornando mais suscetível ao ataque de fungos. Caso a umidade relativa seja abaixo de 65%, poderá ocorrer o ressecamento das nozes, com a consequente perda de peso, tornando-as quebradiças, podendo apresentar sabor amargo rançoso (Descalzo et al., 2021).

Portanto, a redução do conteúdo de água interno das nozes até ao redor de 5% é uma medida muito importante para seu adequado armazenamento. A umidade da noz deve ser reduzida tão logo seja colhida (Ribeiro et al., 2020). Em geral, quando a atividade da água de um alimento decresce, o crescimento e proliferação de microrganismos também reduzem. O efeito do ambiente sobre a vida útil ou presença de patógenos depende muito da composição do alimento e da permeabilidade do envase à umidade. A noz-pecã também absorve taninos da casca, o que pode prejudicar o produto final. Isso ocorre quando as nozes são mantidas com alto conteúdo de umidade durante longo tempo após a maturação (Descalzo et al., 2021), sendo esse mais um dos motivos pelos quais se deve secá-las imediatamente após a colheita.

Mesmo sendo mais recomendada a **secagem artificial** em relação à **secagem natural**, em condições do ambiente, ambas apresentam peculiaridades, vantagens e desvantagens, que serão tratadas a seguir.

- **Secagem natural**

A secagem em condições ambientais, ou natural, é realizada sob temperatura ambiente, sendo uma operação prática e de baixo custo (Fronza; Hamann, 2016). Os cuidados iniciam com a superfície em que as nozes serão depositadas, que deverá ser revestida, preferencialmente com um estrado de madeira, de modo que o produto não tenha contato direto com o piso, evitando assim a absorção de umidade (Figura 4). Deve-se observar que a camada de nozes não deve ultrapassar uma altura máxima de 30 cm, devendo permanecer à sombra, pois, se as nozes forem expostas à luz do sol, correm o risco de perder sua coloração característica, comprometendo o valor de mercado. O local deve ser bem arejado e protegido da chuva. É importante que sejam revolvidas diariamente, de modo a uniformizar a secagem.



Foto: Jaceguay Inchausti Barros

Figura 4. Secagem natural das nozes-pecã, em galpão, com isolamento no piso.

Na secagem natural, que normalmente ocorre durante o outono e início do inverno, deve ser observada a abertura do local de secagem durante os períodos mais quentes do dia, de modo a favorecer a ventilação e a entrada de ar com a umidade relativa mais baixa, contribuindo para o processo de secagem das nozes. Durante a noite e em dias chuvosos ou com neblina, o local deve ser mantido fechado, para evitar a entrada de ar com umidade relativa mais alta.

Um ponto importante a observar, quando esse modelo de secagem for utilizado, é com relação ao uso de ventiladores, uma vez que a ventilação natural poderá ser insuficiente para atingir uma secagem adequada, sem o risco de danos ao produto. Dependendo da umidade inicial e da umidade relativa do ar, deve-se levar em consideração a utilização de ventiladores dentro dos galpões.

- **Secagem artificial**

A secagem artificial é um processo controlado, em que se utiliza um fluxo de ar forçado, podendo contar com aquecimento controlado desse ar, para maior eficiência na retirada do excesso de umidade das nozes.

Esse processo de secagem artificial é realizado com equipamentos denominados secadores, disponíveis em diversos modelos, com acessórios diversos para sua utilização. Os secadores mais simples contam apenas com um dispositivo tipo ventilador, que injeta ar natural em uma massa de nozes acondicionada em carroção (Figura 5) ou caixa metálica de fundo falso. Nesse tipo de secador, o procedimento de secagem já consegue ser mais rápido e uniforme, quando comparado à secagem natural em galpões ou armazéns ventilados.



Foto: Jaceguáy Inchausti Barros

Figura 5. Carroção de fundo "falso", com ventilação lateral, para secagem de nozes.

Panozzo et al. (2016), avaliando um método de secagem utilizado por pequenos produtores da província de Entre Rios, Argentina, a partir de um ensaio de secagem em condição ambiente com ventilação, comparada com secagem em estufa, afirmam que a secagem por ventilação é um método apropriado para reduzir a umidade das nozes-pecã, sem prejudicar sua qualidade. Além de ser um tratamento que não requer instalações custosas, agrega o benefício de não oferecer risco de exceder na secagem. A ventilação é fundamental para acelerar o processo (Tabela 1). Salienta-se que as nozes não passaram por secador para atingirem a umidade de 4,4% no experimento citado.

Tabela 1. Efeito das condições de secagem na redução da umidade em nozes-pecã com casca de 8,0% para 4,4% em experimento realizado na Estação Experimental da Universidade da Géorgia, EUA.

Temperatura °C	Umidade relativa do ar forçado (%)	Movimento do ar (m ³ /min)	Tempo de secagem
0	60	leve	4-6 semanas
10	60	leve	3-4 semanas
19	40	ausente	2-3 semanas
19	40	640	15 horas
21	50	leve	2-3 semanas
25	39	300	17 horas
39	9	420	9 horas

Fonte: adaptado de Heaton; Woodroof, 1970.

Para a secagem rápida e adequada de nozes, é mais recomendável usar secadores com fluxo de ar forçado e aquecido, que podem ser classificados quanto ao tipo de sistema em:

- Secadores de leito fixo – são aqueles que possuem um compartimento onde são depositadas as nozes e essas permanecem paradas durante o processo de secagem. Entre eles, há os modelos tipo vagões, caixas ou tubulares (Figura 6).
- Secadores rotativos – constituem-se de equipamentos com fluxo de ar aquecido insuflado em um tubo giratório onde estão as nozes. Durante o processo de secagem, as nozes se movimentam no eixo do tubo giratório, recebendo o fluxo de ar por todos os lados da noz, a umidade é reduzida de maneira mais homogênea (Figura 7).

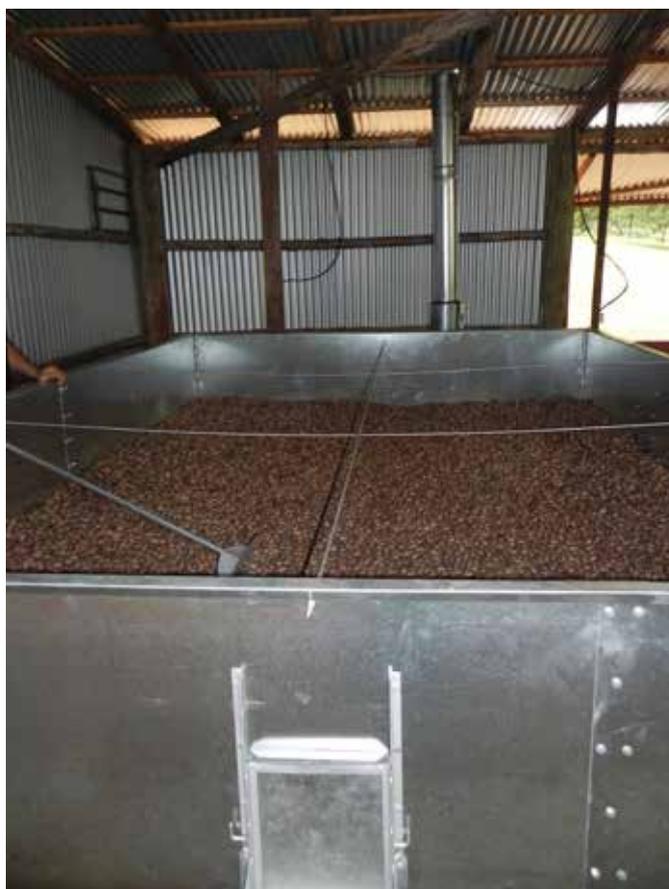


Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 6. Secador de leito fixo para noz-pecã.



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 7. Secador rotativo de noz-pecã.

- a) Quanto à fonte de calor e forma de aquecimento do ar de secagem, os secadores podem ser classificados em:
- Secadores com fornalhas a lenha ou a gás – são formas mais simples de aquecimento do ar de secagem. No projeto desses secadores com aquecimento a lenha, é muito importante que o sistema não permita a entrada de fumaça no local de secagem, para evitar a contaminação das nozes com cinzas, fuligem e alcatrão da queima da lenha, o que causaria a depreciação do produto final.
 - Secadores com trocador de calor – nesses há um sistema em que o calor de uma fornalha aquece água de uma caldeira, gerando vapor. O vapor d'água passa por radiadores que aquecem o ar de secagem. Esse processo tem maior rendimento calorífico e maior potencial de manutenção da qualidade das nozes, além de evitar contaminações, pois não há risco de contato da fumaça diretamente no produto.
 - Os secadores são equipamentos indispensáveis no processo de produção de nozes com qualidade. Para tanto, cada propriedade deve primeiro desenvolver um projeto de uma aérea de beneficiamento, onde será definido o modelo mais adequado de secador, levando-se em consideração os recursos locais e as expectativas de produção. Sempre lembrando que a secagem deve ser iniciada logo após a colheita, para manter a qualidade do produto e, portanto, deve atender ao fluxo da produção.
 - O secador escolhido deve ter capacidade para atender a produção estimada com folga técnica, e contar com equipamentos de controle do fluxo de ar, bem como da temperatura do ar aquecido e da massa de nozes. Após o enchimento do secador e durante o processo de secagem é importante o monitoramento e anotação das temperaturas para controle do processo.
 - Conforme Mattar et al. (2020), o secador deverá ter capacidade de extrair a umidade da amêndoa da noz a um percentual de 4,5%, quando o destino for a exportação, e de 5,5%, quando for encaminhada para descasque, devendo ser mantida em todo o processo temperatura constante junto à massa de nozes de 31 °C a 33 °C.

Cuidados nos processos de secagem

• Remoção de nozes vazias

Essa etapa é realizada por intermédio de equipamentos denominados de separadores de vazias, também de sopradores, que realizam a separação das nozes por diferença de densidade, quando são retiradas as nozes chochas ou vazias (Figura 8). Esse trabalho deve ser posterior à secagem, em função de que, caso as nozes ainda contenham alta umidade em seu interior, apresentam peso maior, o que poderia proporcionar a passassem pelo separador sem serem separadas, uma vez que o equipamento funciona por meio de fluxo de ar, que aspira as nozes leves. Essa etapa tem grande importância, uma vez que proporciona a elevação do rendimento de amêndoa, fator fundamental para o valor do produto final após processamento.



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 8. Separador de nozes, utilizados para retirar nozes vazias.

• Secagem inadequada

A realização da secagem sob temperaturas superiores pode provocar o escurecimento, reduzindo a qualidade e sabor das nozes (Fronza; Hamann, 2016). Esses autores chamam a atenção também para o tempo de secagem, pois, na secagem natural sem ar quente controlado, esse processo pode levar de 1 até 12 dias para que o produto atinja a umidade adequada, sendo que, dependendo da umidade relativa do ar no local, poderá nem atingi-la. Mattar et al. (2020) acrescentam ainda que, quando as nozes são colhidas úmidas, e permanecem assim durante vários dias, acabam escurecendo rapidamente, o que é um fator prejudicial no mercado. Salientam, ainda, que a lentidão desse método pode favorecer a proliferação de fungos e a consequente redução da qualidade do produto final obtido.

Diversos autores citam a rancidez como principal causa da mudança de sabor. As variações que caracterizam esse processo são progressivas e acompanhadas de sucessivas etapas de degradação das gorduras, sendo influenciadas principalmente pela temperatura. Descalzo et al. (2021) referem que temperaturas inferiores a 5 °C retardam a rancidez, enquanto aquelas acima de 25 °C provocam sua aceleração. Acrescenta-se que amêndoas com menos de 2% de umidade rancificam com maior rapidez, quando comparadas aquelas com umidade de 4%. Essa característica altera substancialmente o sabor e provoca também os efeitos prejudiciais dos óleos saturados.

Outro fator a considerar é a textura da noz, que tem influência direta no consumo do produto. Descalzo et al. (2021) relatam que a textura da noz-pecã é determinada pelo conteúdo de umidade, sua maturação, sendo influenciada também pela cultivar. O percentual de 4% de umidade da noz-pecã é considerado ótimo. Se, por outro lado, a umidade baixar a 2,5%, as nozes-pecãs se tornam frágeis; se tiver 5% ou mais de umidade, tendem a ser esponjosas e muito suscetíveis a desenvolverem fungos que provocam podridões no produto armazenado. Como pontos importantes a serem considerados, citam-se os seguintes:

- Não acumular nozes sem secar, principalmente se tiverem pericarpo aderido.
- A secagem deve ocorrer com ar de fluxo mais próximo do constante.
- Evitar a recirculação de ar úmido dentro do galpão.
- Evitar o excesso de secagem, pois, além de perder peso para a venda, compromete a qualidade, reduzindo o seu valor de mercado.

É importante a imediata retirada dos frutos maduros do pomar. A capacidade de secagem deve, necessariamente, atender a capacidade de colheita, para dar vazão a todo o produto da colheita, conforme for chegando na unidade de secagem. Quando for realizada a secagem natural, o ventilador deverá ser desligado quando a umidade relativa do ar for superior a 60%. Outro ponto salientado por Fronza e Hamann (2016) é a importância de manter a umidade do ar forçado aplicado às nozes em 60%, de modo a reduzir o tempo de secagem.

- **Classificação de nozes em casca (bitolagem)**

A classificação é uma etapa fundamental no processo de pós-colheita, extremamente importante para a manutenção da qualidade e a apresentação da fruta, reduzindo as perdas pós-colheita e trazendo benefícios para os produtores e consumidores. Essa etapa tem a finalidade de realizar a separação das nozes por determinadas dimensões, visando uniformizar as nozes para o processo de descascamento. O tamanho das nozes pode variar conforme a cultivar e as condições de produção (Figura 9). Quanto mais uniforme o lote, maior o rendimento de amêndoas em “metades inteiras” no processo de quebra e separação das cascas, e, conseqüentemente, maior valor de mercado junto às indústrias.



Foto: Jaceguay Inchausti Barros

Figura 9. Variação de formatos e tamanhos de nozes-pecã antes da bitolagem.

É importante ressaltar que, atualmente, o Brasil não dispõe de normas oficiais e específicas para noz-pecã (com casca e sem casca), estabelecidas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Esse regramento vem sendo tratado pelo Mapa, pela Embrapa e por instituições públicas competentes, bem como pelos produtores, agroindústrias e demais setores vinculados, na busca de uma evolução no padrão de qualidade das nozes brasileiras. Recentemente, em 05 de agosto de 2022, o Mapa publicou a Portaria nº 635 (Brasil, 2022), que estabelece o regulamento técnico que define os requisitos mínimos de identidade e qualidade para amêndoas, castanhas, nozes e frutas secas, individualizadas ou misturadas (Tabela 2). O atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos, de identidade e qualidade, é de responsabilidade do embalador, do detentor ou do importador do produto.

Em seu Artigo 5º, a Portaria nº 635 estabelece que as amêndoas, castanhas, nozes e frutas secas devem atender aos requisitos mínimos de qualidade, observada a especificidade da espécie:

- “Art. 5º[...]. I – estarem limpas e em bom estado de conservação;
- II - isentas de pragas visíveis a olho nu, em qualquer de suas fases evolutivas;
- III – isentas de odores estranhos, impróprios ao produto, que inviabilizem a sua utilização para o uso proposto;
- IV – isentas dos defeitos, mofada, ardida ou rançosa ou azeda, germinada, danificada, chocha ou imatura.

Parágrafo único. Para os produtos que não atenderem aos requisitos mínimos previstos nos incisos deste artigo, é admitido em cada lote uma tolerância, em número ou em peso, de acordo com a tabela única, constante do Anexo a esta Portaria, de até 1,0% (um por cento) de impurezas; de até 5% (cinco por cento) na somatória dos defeitos: mofado, ardido, rançoso ou azedo, germinado, danificado, chocho ou imaturo.”

Tabela 2. Requisitos mínimos e limites máximos de tolerância, determinados pela Portaria SDA/Mapa nº 635.

Requisitos	Limites (%)
Total dos defeitos mofado, ardido ou rançoso ou azedo, germinado, danificado, chocho ou imaturo	Menor ou igual a 5,0
Total do defeito mofado isoladamente	Menor ou igual a 0,5
Total de impurezas	Menor ou igual a 1,0

Fonte: adaptado de BRASIL (2022).

Em relação ao conjunto de normas de classificação adotado no Brasil, deve-se salientar que parte significativa das normativas refletem o que os mercados dos Estados Unidos e México determinam, visto esses dois países serem responsáveis por cerca de 90% do volume de noz-pecã exportadas em todo mundo. Os americanos e os mexicanos adotam o mesmo conjunto de normas para a classificação de nozes-pecã sem casca, e por esse motivo, são referência para comercialização do produto para todos os demais países.

A norma utilizada nos Estados Unidos (USA, 2018) para classificação de tipos ou classes de nozes-pecã com e sem casca foi atualizada em 10 de dezembro de 2018. Os padrões de classificação dos Estados Unidos são emitidos pelo Departamento de Agricultura (USDA), que prevê o desenvolvimento de classificações oficiais para designar diferentes níveis de qualidade. Esses padrões de classificação estão disponíveis para uso por produtores, fornecedores, compradores e consumidores. Foram concebidos para facilitar a comercialização ordenada, fornecendo uma base conveniente para compra e venda, além do estabelecimento de programas de controle de qualidade e determinação de diferentes valores para o produto. Pelas normas americanas, as nozes-pecã em casca são classificadas por tamanho em cinco categorias, conforme mostra a tabela 3. Para realizar a separação das nozes com casca por tamanho, são utilizadas máquinas denominadas classificadoras (Figuras 10A, 10B e Figura 11).

Tabela 3. Classificação por tamanho das nozes-pecã com casca, número de nozes por kg, percentual de tolerância em 100 nozes.

Classe de tamanho ⁽¹⁾	Nº de Nozes/kg
Extremamente grande (<i>oversize</i>)	122
Extra grande (<i>extra large</i>)	123 – 140
Grande (<i>large</i>)	141 – 170
Médio (<i>medium</i>)	171 – 210
Pequeno (<i>small</i>)	211 – 262

⁽¹⁾ Classe em tamanho: em cada faixa de classificação, o peso das 10 nozes menores em uma amostra de 100 nozes deve ser pelo menos 7% do peso total dessa mesma amostra.

Fonte: adaptado de USDA (1997), citado por Fronza; Hamann, 2016.



Fotos: Carlos Roberto Martins

Figuras 10. Processo de bitolagem de noz-pecã utilizando classificadora cilíndrica para separação por tamanho: vista lateral (A); do interior (B) e frontal (C).



Foto: Julio Cesar Farias de Medeiros

Figura 11. Classificadora de noz-pecã (a) e secador rotativo ao fundo (b).

Armazenamento de nozes com a casca

A semente da noz-pecã é de alto valor nutritivo, rica em lipídios, proteínas, carboidratos, minerais, vitaminas e fibras. O apropriado armazenamento é indispensável para conservar a sua qualidade. O alto conteúdo de óleo e a elevada porcentagem de ácidos graxos insaturados (93%) são, juntamente com a temperatura e o conteúdo de umidade, os mais importantes fatores que influem no armazenamento das nozes (Descalzo et al., 2021; Thewes et al., 2022).

Um ponto fundamental a ser considerado em todo o processo de armazenamento, desde a colheita até posteriormente a secagem, refere-se ao tipo de sacaria a ser utilizado. Deverá, necessariamente, permitir adequada ventilação, de modo a evitar danos, como o ataque de fungos e a conseqüente deterioração do produto.

Fronza e Hamann (2016) citam que o período de armazenamento das nozes com casca ou das amêndoas é determinado diretamente por três fatores principais, que são a umidade das nozes, a temperatura de armazenamento e a umidade do interior do local onde são acondicionadas. O armazenamento pode ser realizado em condições de ambiente, sem interferência na temperatura e umidade do ar, ou em condições de refrigeração. Em geral, quanto mais baixa a temperatura de armazenamento, mais se estende a vida útil. A 4% de umidade e a 7 °C, praticamente não ocorrem ataques de insetos ou microrganismos. O fungo *Aspergillus* sp., por exemplo, pode atacar a 13 °C (Ribeiro et al., 2021).

Na Tabela 4 é apresentado um comparativo entre os períodos de armazenagem das nozes com casca e sem casca em função da temperatura.

Tabela 4. Temperatura e período de armazenamento de nozes-pecã com e sem casca.

Temperatura (°C)	Período de armazenamento (meses)	
	Nozes com casca	Nozes sem casca
21	6	3
7	9	6
0	18	12
-7	30	18
-18	72 - 96	72 - 96

Fonte: adaptado de Madero, 2016.

Em relação à umidade relativa do ar, deve ser mantida ao redor de 65%. Valores inferiores podem tornar as nozes quebradiças, podendo provocar rancidez, além de redução do peso para comercialização (Fronza; Hamann, 2016), e superiores podem provocar a absorção de água pelas nozes, afetando a textura e aumentando o risco de contaminação por fungos.

Processamento de noz-pecã

Esse processo consiste na retirada da casca dos frutos para comercialização direta, com finalidades industriais específicas. Nesse caso, o processamento dos frutos também merece cuidados especiais para manter a qualidade das nozes. Nessa etapa, o fruto já está agrupado por tamanho e seguirá para o descasque ou craqueamento, separação, classificação, secagem, armazenamento e embalagem (Figura 12).



Figura 12. Sequência de etapas do processamento a que as nozes-pecã são submetidas, desde o descasque até o preparo final para embalagem.

Ilustração: Carlos Roberto Martins

• Condicionamento para descasque

Na indústria, as nozes recebidas diretamente para quebra ou vindas da armazenagem temporária são preparadas para o processamento segundo a demanda de mercado. Assim, essas nozes já bitoladas passam pelo processo de preparação para “craqueamento” ou quebra, chamado “condicionamento”.

Ou seja, antes das nozes serem quebradas, vindas da armazenagem temporária, chegam na plataforma receptora e são imersas em cubas ou tanques de água clorada 1% a 2%, visando tornar a noz-pecã mais flexível, esterilizar e amolecer a casca das nozes. Essa etapa torna mais fácil a quebra da casca e reduz o risco de quebra da amêndoa durante o processo de craqueamento, elevando o teor de umidade das nozes secas de 4,5% para cerca de 8%.

Existem muitas variações de tempo, temperatura da água e tipos de desinfetantes. Algumas indústrias utilizam o sistema de condicionamento com banho de vapor controlado. Contudo, quando realizados adequadamente, o efeito desses processos é similar.

Um procedimento empregado como processo de desinfetação consiste na imersão das nozes em água fria, na proporção de 1 litro de cloro para 100 L de água, durante 1 a 2 horas, devendo ser mantidas em repouso por 12 horas antes de se proceder o descascamento. Outro processo reconhecido é a imersão das nozes em água a uma temperatura de 85 °C entre 3 a 5 minutos, e depois deixá-las em repouso por 12 a 24 horas. Com essa providência, torna-se possível a obtenção de um percentual de 50% a até 87% de nozes com metades inteiras, o que é altamente valorizado pelo mercado (IBPecan, 2022).

Após o condicionamento, as nozes são transportadas para recipientes armazenadores, visando retirar o excesso de umidade e, posteriormente, são transportadas para as máquinas quebradoras, onde se inicia o processo de quebra da casca. Essas máquinas posicionam as nozes individualmente, e os martelos automáticos batem simultaneamente em ambas as extremidades da noz. As nozes trincadas são transportadas para as máquinas de descasque.

- Craqueamento

O processo de craqueamento, ou quebra da casca das nozes, é realizado em máquinas quebradoras. Existem várias máquinas quebradoras e/ou descascadoras no mercado, com diferentes capacidades de quebra por hora, e desde modelos mais simples até as pneumáticas, que proporcionam alto rendimento e eficiência, resultando em menor quebra de metades, obtendo-se as denominadas “metades inteiras”. Os equipamentos de quebra de nozes estão projetados de duas maneiras. Os modelos de quebra transversal (Figura 13A), são quebradoras mecânicas mais simples, em que as nozes necessitam de bitolagem mais apurada por diâmetro médio, já que as quebradoras submetem a noz ao processo de quebra com pressão transversal. Os modelos de quebra longitudinal (Figura 13B) são quebradoras pneumáticas em que as nozes necessitam da bitolagem de diâmetro e comprimento, principalmente no sentido longitudinal, isso porque nesses mecanismos a noz é quebrada por pressão no sentido longitudinal.



Figura 13. Quebrador e descascadora de noz-pecã: quebrador manual (A) e descascador automático (B).



Figura 14. Descascadora e classificadora pneumática com esteira para processamento de noz-pecã.

• Separação de nozes descascadas

Após a quebra das nozes, essas vão para separadoras, que utilizam ar e peneiras, em que é realizada a separação das cascas e das amêndoas. As amêndoas podem sair em “metades inteiras” ou em pedaços diversos, as “quebradas”. Nesse processo é muito importante utilizar máquinas com alto desempenho de separação, uma vez que, para as nozes descascadas, devem ser observados os limites de tolerância quanto à presença de fragmentos de cascas, septo central ou outras partes das cascas.

Classificação das nozes descascadas

• Por tamanho da amêndoa

Como já foi visto no item sobre bitolagem, a referência para o mercado mundial de nozes são as normas utilizadas nos Estados Unidos (USDA, 2018) para classificação de tipos ou classes de nozes-pecã em casca e de nozes-pecã sem casca.

Assim, após a separação das cascas e demais partes internas, na etapa seguinte, as nozes são classificadas em duas frações: “metades inteiras” e (metades) “quebradas”. Cada uma dessas frações de “metades inteiras” e “quebradas” são, por sua vez, classificadas por tamanho, peso e cor, tolerância de impurezas, além de outros critérios. As “metades inteiras” de nozes são classificadas por máquinas separadoras, segundo as normas americanas, em nove classes de tamanho, de acordo com a Tabela 5, que considera a quantidade de amêndoas inteiras por quilo e o diâmetro das metades. As nozes descascadas “quebradas” também são classificadas por tamanho, porém, segundo o tamanho das peneiras em que são separadas. Segundo as normas americanas, as denominações das nove classes de nozes “quebradas” e a especificação das peneiras, são apresentadas na Figura 15.

Tabela 5. Classificação do tamanho de amêndoas de noz-pecã de acordo com a norma utilizada dos Estados Unidos (USDA, 2018) para classificação de tipos ou classes de noz-pecã sem casca, em metades inteiras.

Classe de tamanho	Metades/kg (n°)	Diâmetro das metades (cm)
Mamute	Até 552	> 1,3
Mamute júnior	553 – 561	-
Jumbo	562 – 772	-
Extra larga	773 – 993	1,4 – 1,1
Larga	994 – 1.213	1,3 – 0,8
Média	1.214 – 1.434	1,0 – 0,5
Pequena	1.435 – 1.654	0,6 – 0,3
Muito pequena	1.655 ou mais	0,5 – 0,2
Pedaços/grânulos	-	0,3 – 0,2

(-) Dado não aplicável

Fonte: adaptado de Fronza; Hamann, 2016.

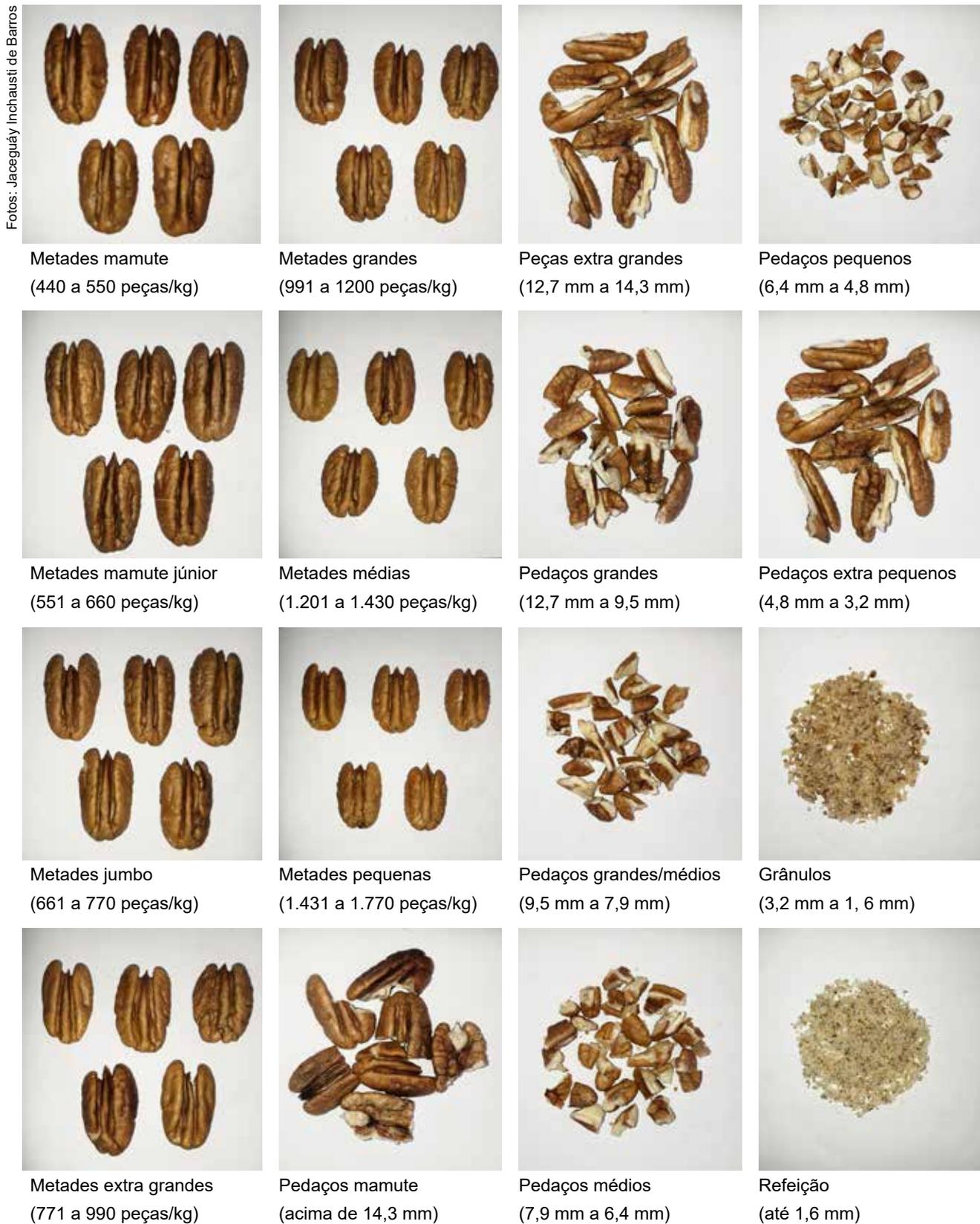


Figura 15. Padrões de tamanhos por categoria de metades e pedaços de noz-pecã.

Fonte: adaptado de *National Pecan Shellers Association (NPSA, 2021)*.

As normas americanas de classificação das nozes descascadas vão além da classificação de tamanhos, pois vários outros fatores são considerados. Há padrões gerais para nozes descascadas e outros com especificações para cada classe de “metades inteiras” ou “quebradas”. Entre esses outros fatores destacam-se:

- a) Qualidade: em que são especificados os itens referentes às qualidades de cada lote de nozes, segundo as normas da classe em que se enquadra.
 - Percentual de umidade
 - Desenvolvimento (enchimento) das amêndoas
 - Uniformidade da cor da película
 - Intensidade da cor da película
 - Livre de danos sérios ou de qualquer causa
 - Livre de pedaços de cascas, do septo central ou material estranho
 - Defeitos dentro das tolerância
- b) Tamanho das peças
 - Uniformidade do tamanho das peças “metades inteiras”
 - Metades com tamanho ou contagem dentro da especificação
 - Defeitos dentro das tolerâncias para peças, partículas e poeiras
- c) Classificação de cores
 - Percentual da cor predominante
- d) Especificação de tolerâncias de defeitos
 - Por classes de “metades inteiras”
 - Por classes de “metades quebradas”

• Por cores da amêndoa

A qualidade da cor da amêndoa é afetada pelo tempo entre o estágio de deiscência e colheita. Grãos de qualidade com cores mais claras, uniformes e estáveis são frequentemente obtidos quando as nozes são colhidas precocemente e secas adequadamente. Muitos fatores afetam a taxa e o nível de desenvolvimento de cores nas nozes, incluindo cultivar, tempo de colheita, métodos de secagem, tempo de armazenamento, teor de umidade na noz, e armazenamento com ou sem casca.

Segundo o Departamento de Agricultura dos EUA, através do normativo PEC-MC-1, utiliza-se para determinação da cor da película das nozes um padrão com quatro classes de cores de amêndoa. Essas cores com diferentes intensidades caracterizam as nozes de modo implícito nos termos “dourado”, “marrom-claro”, “marrom-médio” e “marrom-escuro”.

A tabulação desses critérios de classificação está resumida na Tabela 6. Lotes de nozes com coloração mais escura que a classe “Marrom-escuro” perdem seu valor comercial, sendo eventualmente destinadas para a produção de outros subprodutos do processamento industrial. A descrição das classes de classificação dos lotes, em função da sua cor de suas peças, são:

- a) Douradas (*light*): significa que o núcleo é principalmente de cor dourada ou mais clara, com no máximo 25% da superfície mais escura que dourada, e nenhuma superfície mais escura que marrom-claro.
- b) Marrom-claro (âmbar-claro): significa que o núcleo tem mais de 25% da superfície marrom-claro, mas no máximo 25% da superfície mais escura que o marrom-claro, e nenhuma superfície mais escura que o marrom-médio.
- c) Marrom-médio (âmbar): significa que o núcleo tem mais de 25% da superfície marrom-médio, mas no máximo 25% da superfície mais escura que o marrom-médio, e nenhuma superfície mais escura que o marrom-escuro (marrom muito escuro ou marrom-escuro) (descoloração marrom-escuro).
- d) Marrom-escuro (âmbar-escuro): significa que o núcleo tem mais de 25% da superfície marrom-escuro, mas no máximo 25% da superfície mais escura que o marrom-escuro (descoloração marrom-escuro ou marrom-escuro).

Tabela 6. Classificação do lote contendo “metades inteiras” de noz-pecã segundo a cor predominante externa.

Classe	Cor redominante	Limite de 25% da cor	Limite 0% da cor
Dourada (<i>light</i>)	Dourada	Menos de 25% de marrom-claro	0% de marrom-médio
Marrom-claro (âmbar-claro)	Mais de 25% da cor marrom-claro	Menos de 25% de cor mais escura que marrom-claro	0% de cor mais escura que marrom-médio
Marrom-médio (âmbar-médio)	Mais de 25% da cor marrom-médio	Menos de 25% de cor mais escura que marrom-médio	0% de cor mais escura que marrom-escuro
Marrom-escuro (âmbar-escuro)	Mais de 25% marrom-escuro	Menos de 25% de cor mais escura que marrom-escuro	(-)

(-) dado não aplicável.

Fonte: adaptado de United States of America (2018).

Defeitos em nozes e amêndoas, padrões e tolerâncias

As normas americanas também definem um conjunto de padrões e tolerâncias específicas para nozes em geral, bem como para cada classe de classificação. A seguir, estão relacionadas as mais importantes na determinação da qualidade de um lote de nozes.

• Preenchimento da amêndoa

O desenvolvimento das nozes pode ser dividido em duas fases. A primeira decorre do crescimento padrão das nozes, que inicia-se logo após a polinização, mais lento no início e mais rápido posteriormente, até atingir as dimensões padrões da cultivar. No segundo momento, ocorre o preenchimento das nozes. Inicia-se com o endurecimento da casca e da fase aquosa do endosperma até o endurecimento total da casca, final do estágio aquoso e início do estágio de gel/pastoso; logo, inicia-se o último estágio do desenvolvimento dos frutos, até o desenvolvimento completo das amêndoas. A maturação dos frutos ocorre aproximadamente de 6 a 7 meses após ao florescimento (De Marco et al., 2021). Inúmeros problemas podem causar defeitos de preenchimento das nozes, desde polinização ineficiente, capacidade genética da cultivar, problemas nutricionais, déficit hídrico, sobrecarga produtiva, ataques de pragas e patógenos, etc. (Figura 16). Na unidade de processamento pós-colheita, esses defeitos não podem mais ser corrigidos, sendo necessária a separação desses frutos de menor valor agregado.



• Danos por insetos e doenças

Esses ataques podem provocar a ocorrência de manchas escurecidas na casca (Figura 17) ou no interior da amêndoa (Figura 18), que depreciam o produto. Os insetos que costumam provocar esses danos são os percevejos, e as principais doenças que causam esses sintomas são a sarna (*Venturia effusa*) e a antracnose (*Colletotrichum nymphaeae*).



Figura 17. Danos na casca provocados por insetos: frutos "tatuados".

Fotos: Jaceguá Inchausti Barros



Figuras 18. Danos provocados por fungos: aparência externa de nozes com casca contaminada (A) e aparência das amêndoas danificadas (B).

• Danos externos

Nessa situação, estão as nozes com cápsula aderida à casca, casca com fissuras (Figura 19) ou com orifícios provocados por broca. Pode-se também considerar danificadas aquelas com aspecto escurecido, o que remete a paladar rancificado (Figura 20), consequência de atrasos no recolhimento do produto após a queda no solo.

Fotos: Jaceguá Inchausti Barros



Figuras 19. Danos externos: nozes trincadas (A) e quebradas, com exposição da amêndoa (B).

Foto: Jaceguá Inchausti Barros



Figura 20. Nozes escurecidas, danificadas por rancificação.

• Presença de contaminantes

Outro fator muito importante é a presença de contaminantes de origem microbiológica, química ou física, que deve obedecer a um padrão mínimo de exigência para estar em condições de consumo. Existem alguns aspectos legais evidenciados na legislação brasileira e outros parâmetros internacionais, conforme Tabela 7.

Tabela 7. Qualidade requerida em relação à presença de contaminantes em nozes-pecã destinadas ao consumo.

Tipo de contaminação	Parâmetro
Microbiológica	<i>Salmonella</i> ⁽¹⁾ ausente em 25/g <i>Escherichia coli</i> ⁽¹⁾ <10 ² UFC/g
Química	Acidez ⁽²⁾ (ácidos graxos livres) < 1%
	Índice de peróxido ⁽²⁾ < 5Meq/Kg
	Aflatoxinas ⁽³⁾ B1+B2+G1+G2) <10 mcg/kg
	Arsênio total ⁽³⁾ < 0,80 mg/kg
	Chumbo ⁽³⁾ <0,80 mg/kg
	Cobre ⁽³⁾ < 30 mg/kg
Física	Impurezas ⁽⁴⁾ até 1,0%

⁽¹⁾ Brasil (2022), IN 161/2022

⁽²⁾ Norma Mexicana (NMX, 2011) e USDA (USDA, 2018) para nozes-pecãs CAT1

⁽³⁾ Brasil (2022), IN 160/2022

⁽⁴⁾ Brasil (2022), PSDA 635/2022

Processo de secagem e de uniformização de nozes

Após a separação por tamanho, as nozes devem passar por uma secadora-esfriadora, em que o nível de umidade interna será reduzido para menos de 6%, considerando que o nível de umidade ótimo para a noz-pecã está entre 3,5% e 4,5%. A temperatura do ar de secagem não tem influência nas condições de armazenagem das nozes. Para a máxima eficiência, o processo requer rápida operação de secagem das nozes em temperatura razoavelmente alta, devendo tão logo ser resfriadas rapidamente para evitar a perda de qualidade.

Armazenamento de nozes descascadas

Em relação às nozes descascadas, o período de armazenamento tem relação direta com o tamanho da amêndoa. Quanto mais fragmentada estiver, menor será o período de armazenamento possível, em função de que a proporcionalmente maior superfície exposta aumenta a oxidação.

A rancidez pode ser reduzida com eficácia ao longo de 1 ano, armazenando-se as nozes com casca, ou a amêndoa depois de extraída, a 0 °C. Para o armazenamento de 2 anos ou mais, a temperatura deverá ser reduzida a -15 °C. O armazenamento da noz é mais efetivo em temperaturas baixas (Descalzo et al., 2021), próximas a 0 °C (Ribeiro et al., 2021). A amêndoa com conteúdo interno de água entre 7,3% a 9,3% pode ser atacada por fungos. Com porcentagens de 2,9% a 4,5% de umidade, a noz não é afetada por esses microrganismos.

A amêndoa de noz-pecã absorve sabores e odores de outros produtos que sejam armazenados no mesmo local. Os aromas que mais facilmente podem ser absorvidos pela noz são os de maçã, pera, cebola, cítricos, melão e derivados do petróleo, dentre outros, os quais, uma vez absorvidos, não são eliminados com facilidade. Portanto, é recomendável não armazenar a noz com outros produtos.

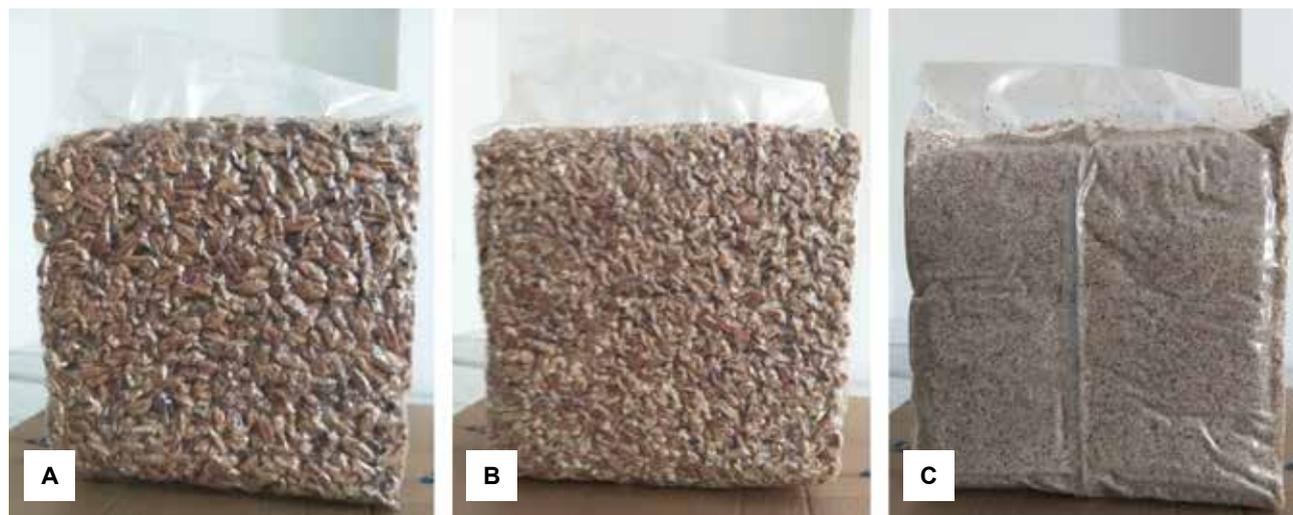
Embalagem

O envase ocupa um papel importante no armazenamento das nozes descascadas, uma vez que representa uma barreira para alguns dos fatores envolvidos no processo de oxidação e na perda de qualidade, como luz, oxigênio e vapor de água (Burgarello, 2011). O descascamento de nozes quebradas causa uma rápida mobilidade dos óleos da parte interna para a externa da amêndoa. Essa película de óleo se degrada e se rancifica rapidamente. A embalagem deve proporcionar uma barreira contra o ar, a umidade e os óleos, além de ser suficientemente rígida para suportar o manuseio e proteger o produto contra insetos e ataques de roedores. A aplicação de um antioxidante na superfície interna da embalagem tem provado ser um método efetivo para reduzir os problemas de rancidez. A manutenção do nível de umidade dentro de parâmetros apropriados e o controle da temperatura são os dois fatores mais importantes a considerar para se obter armazenamento adequado, além de proteção contra roedores e insetos, um local de armazenagem livre de odores e a ausência de gás amoníaco. As nozes descascadas, se guardadas sob condições de altos níveis de umidade, tornam-se suscetíveis ao desenvolvimento de fungos, que podem conter micotoxinas, além de provocarem a deterioração das nozes, com tendência a uma textura frágil e esponjosa.

Conforme Thewes et al. (2021), a exposição a um meio sem oxigênio diminui a perda de qualidade de semente. Por esse motivo, normalmente as nozes descascadas são embaladas a vácuo (Figura 21), o que possibilita o armazenamento pelo período de até 1 ano, quando submetidas a uma temperatura entre 0 °C e 10 °C. Uma outra alternativa, no caso de noz com casca, é usar embalagens com atmosferas modificadas ativas, nas quais o ar é substituído por uma determinada mistura gasosa dentro do recipiente, o que melhora a conservação do produto. Os mesmos autores citados observam que a conservação em atmosferas modificadas, com base no vácuo ou CO₂ sob temperatura ambiente, é a alternativa mais acessível para o produtor que deseja armazenar nozes com qualidade até atingir o período de verão.

Além disso, conforme Ribeiro et al. (2021), em geral, as atmosferas modificadas envolvem incremento nos níveis de dióxido de carbono (CO₂), redução nos níveis de oxigênio (O₂) e incremento do nitrogênio (N₂), gás biologicamente inerte e que é utilizado para deslocar o oxigênio. Essa mudança da composição da mistura gasosa dentro do envase, acrescida do armazenamento em condições refrigeradas, estende a vida útil do produto em dias ou semanas, com leve alteração de sua qualidade.

Isso acontece porque as atmosferas modificadas reduzem a atividade de muitas enzimas envolvidas no metabolismo que conduz à alteração dos alimentos, uma vez que decresce a atividade microbológica. Porém, o envase em atmosfera modificada não consegue corrigir condições higiênicas inadequadas durante o processo de produção e manipulação da noz. Ou seja, as atmosferas modificadas não melhoram a qualidade do produto, somente desaceleram o processo de deterioração natural (Ribeiro et al. 2021). Em geral, permitem aumentar significativamente a vida útil do produto, porém devem ser sempre utilizadas em conjunto com outras técnicas, como baixas temperaturas e controle de umidade. As vantagens excedem sua capacidade de inibir o crescimento microbiano, uma vez que as películas seladas atuam como barreira seletiva contra a contaminação cruzada procedente de outros produtos. Naturalmente, o envase atua também como uma barreira protetora ao produto contra contaminações por microrganismos.



Fotos: Jaceguay Inchausti Barros

Figura 21. Nozes-pecã embaladas a vácuo: em metades inteiras (A), em metades quebradas em pedaços grandes (B) e em pedaços pequenos (C), visando atender as necessidades do mercado consumidor e preservar a qualidade do produto.

Considerações finais

Frente ao avanço do cultivo e da produção de noz-pecã no Brasil e no mundo, cada vez mais a qualidade da fruta influenciará a comercialização, tanto no mercado externo como no mercado interno. A qualidade dos frutos da noz-pecã depende das condições em que é produzida no pomar, podendo ser afetada por fatores associados tanto à pré-colheita quanto à pós-colheita. Devido ao seu alto teor de óleo, principalmente ácidos graxos insaturados, o principal problema no armazenamento da noz-pecã é a oxidação. Essas reações podem resultar em sabores desagradáveis, principalmente de rancidez, perda de doçura e alteração da textura. Nesse sentido, é de fundamental importância conhecer o processo a que a fruta deve ser submetida após ser colhida, além dos fatores críticos e determinantes para manter a qualidade em termos de composição química e sensorial, para prolongar a vida útil e, assim, garantir o fornecimento de nozes de alta qualidade para os consumidores.

Referências

- BRASIL. **Instrução normativa - IN nº 160, de 1º de julho de 2022.** Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6503739/%281%29IN_160_2022_COMP.pdf/8510c2f3-1093-4ef3-891c-c6abc142e788. Acesso em: 20 dez. 2022.
- BRASIL. **Instrução normativa - IN nº 161, de 1º de julho de 2022.** Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6503717/%281%29IN_161_2022_COMP.pdf/64b8368b-1f56-43c9-ab89-0674ef9a069f. Acesso em: 20 dez. 2022.
- BRASIL. **Portaria SDA nº 635, de 5 de agosto de 2022.** Estabelece o regulamento técnico que define os requisitos mínimos de identidade e qualidade para amêndoas, castanhas, nozes e frutas secas e revoga atos normativos vigentes sobre a matéria. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda-n-635-de-5-de-agosto-de-2022-421607750>. Acesso em: 24 maio 2022.
- BURGARELLO, J. B. **Manejo y almacenamiento de Nueces Pecán.** ViveroAnju, 2011. 9 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- DE MARCO, R.; MARTINS, C. R.; BILHARVA, M. G.; HAMANN, J. J.; HERTER, F. G. **Estádios fenológicos da Nogueira-pecã.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 218).
- DESCALZO, A. M.; BIOLATTO, A.; RIZZO, S. A.; PÉREZ, C. D.; FRUSSO, E. A.; CARDUZA, F.; ROSSETTI, L. Oxidative stability parameters and sensory properties of in-shell "Stuart pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K.Koch] stored at different temperatures under non-accelerated conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 179, e-111591, 2021.

FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Técnicas para o cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: Colégio Politécnico UFSM, 2016.

HEATON, E. K.; WOODROOF, J. G. Humidity and weight loss in cold stored pecans. **American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers**, v. 12, n. 4, p. 49-51. 1970.

IBANEZ, F. **Cosecha y Pós Cosecha**: 2017. III Curso de Nuez Pecán - INIA - Las Brujas, 2017.

IBPecan (Instituto Brasileiro de Pecanicultura). **Informações Técnicas sobre a Pecanicultura**. Disponível em: <https://www.ibpecan.org/blog/categories/informa%C3%A7%C3%B5es-t%C3%A9cnicas>. Acesso em: 24 maio 2022.

MADERO, E. R. Cosecha. In: MADERO, E. R.; TRABICHET, F. C.; PEPÉ, F.; WRIGHT, E. **Manual de manejo del huerto de nogal pecán**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2016. 94 p.

MADERO, E. R.; TRABICHET, F. C.; PEPÉ, F.; WRIGHT, E. **Manual de manejo Del huerto de nogal pecán**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2016, 94p.

MATTAR, J, CASTRO, E., BERTANI, A. **El secado de la nuez pecan**. [Buenos Aires]: Cluster del Pecan, 2020. 11 p. (Ficha Técnica de Pecán, 11).

NPSA (National Pecan Shellers Association). **Pecan Sizing Chart**: Nutritious, versatile, flavorful. Disponível em: <https://ilovepecans.org/pecan-sizing-chart/> Acesso em: 25 jun. 2022.

NORMA MEXICANA. **Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – nuez pecanera [Carya illinoensis, (wangenh) k. koch] sin cascara – especificaciones y métodos de prueba** (cancela a la nmx-ff-093-1996-scfi). Disponível em: <https://vlex.com.mx/vid/pecanera-carya-illinoensis-wangenh-381837798>. Acesso em: dez. 2022.

PANOZZO, M.; BELLO, F.; COCCO, A.; TORRES, F. **Evaluación de un método de secado de nuezpecán [Carya illinoensis (Wangenh.) K. Koch] utilizado por pequeños productores de laprovincia de Entre Ríos**. Entre Ríos: INTA Concordia, 2016. 6 p.

POLETTI, T.; MUNIZ, M. F. B.; BAGGIOTTO, D. E. C.; POLETTI, I. Fungos associados às flores e frutos da noqueira-pecã (*Carya illinoensis*). **Revista de Ciências Ambientais**. v. 8, n. 1, p. 5-13, 2014.

RIBEIRO, S. R.; GARCIA, M. V.; COPETTI, M. V.; BRACKMANN, A.; BOTH, V.; WAGNER, R. Effect of controlled atmosphere, vacuum packaging and different temperatures on the growth of spoilage fungi in shelled pecan nuts during storage. **Food Control**, v. 128, e-108173, 2021.

RIBEIRO, S. R.; RIBEIRO, Q. M.; KLEIN, B.; SANTOS, I. D.; FORGIARINI, S.; HAMANN, J. J.; CICHOSKI, A. J.; FRONZA, D.; BRACKMANN, A.; BOTH, V.; WAGNER, R. 2020 Effect of low oxygen on quality attributes of 'Barton' pecan nuts after long-term storage at different temperatures. **Scientia Horticulturae**, v. 263, 109098, 2020.

THEWES, F. R.; AMBOS, V.; THEWES, F. R.; BRACKMANN, A.; SCHULTZ, E. E.; BERGHETTI, M. R. P.; SOLDATELI, F. J.; WENDT, L. M.; FÜHR, A.; WAGNER, R.; RIBEIRO, S. R. Interaction of oxygen and moisture content on 'Barton' and 'Jackson' pecan storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 179, e-111584, 2021

THEWES, F. R.; BOTH, V.; BRACKMANN, A.; THEWES, F. R.; SOLDATELI, F. J.; BERGHETTI, M. R. P.; LUDWIG, V.; WENDT, L. M.; SCHIEFELBEIN, H. R. Dynamic and static drying temperatures for 'Barton' pecans: impacts on the volatile compounds profile and kernel color. **Food Science and Technology**, v. 161, e-113393, 2022.

UNITED STATES OF AMERICA. **United States Standards for Grades of Shelled Pecans**. Washington: United States Department of Agriculture, 2018. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/ShelledPecansStandards.pdf>. Acesso em: 24 maio 2022.

PARTE IV

Perspectivas





Foto: Carlos Roberto Martins

Capítulo 21

Biotecnologia

Caroline Marques Castro
Natércia Lobato Pinheiro Lima

Introdução

O termo biotecnologia, segundo a Convenção da Diversidade Biológica, é definido como qualquer aplicação tecnológica que usa sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados, para desenvolver ou modificar produtos ou processos para uso específico (CBD, 2020). A aplicação da biotecnologia causou, e vem causando, grandes mudanças em muitas áreas, seja na saúde, com a fabricação de medicamentos, assim como em diversos setores da indústria e na agricultura, com ênfase no desenvolvimento de cultivares que supram a necessidade de aumentar a oferta de alimentos e as demais demandas da sociedade.

No melhoramento genético de plantas, os ganhos obtidos no último século são, em grande parte, fruto dos avanços da biotecnologia. É uma área em constante evolução. As técnicas biotecnológicas empregadas vão desde a indução de mutações, utilizada inicialmente na década de 1960, visando aumentar a variabilidade genética disponível, passando pela identificação de genes de interesse, transgenia, seleção genômica e, recentemente, já na segunda década do século XXI, pela edição genômica.

Há uma quebra de paradigma no melhoramento genético de plantas após o desenvolvimento de técnicas modernas de biotecnologia. Em vários cultivos essa mudança ocorreu de forma bem mais rápida do que na noqueira-pecã (*Carya illinoensis*). Espécie diploide, com 16 cromossomos ($2n = 2x = 32$), apresenta algumas características, como plantas de grande porte e de vida longa, período juvenil de 5 a 10 anos, alto grau de heterozigiosidade, que é mantido pela dicogamia, as quais, em conjunto, limitaram, por muitos anos, estudos genéticos nessa cultura (Beedanagari et al., 2005).

Recentemente, os avanços nos métodos de sequenciamento do genoma, com plataformas automatizadas e robotizadas, assim como na área da bioinformática, permitiram que espécies para as quais, até pouco tempo, havia pouca informação sobre o seu genoma, passassem a ter acesso a essa informação, como, no caso, a noqueira-pecã. Os relatos sobre o genoma dessa espécie são recentes (Jenkins et al., 2015; Huang et al., 2019; Bentley et al., 2019; Zhang et al., 2020).

Neste capítulo, aborda-se o uso de ferramentas moleculares em estudos com a noqueira-pecã, sendo discutido o seu emprego em análises da diversidade genética, em mapeamento genético e o estado da arte do que há disponível de informações com relação ao genoma e genes dessa espécie.

Diversidade genética

Marcadores moleculares vêm sendo utilizados com frequência em estudos de caracterização molecular e diversidade genética em noqueira-pecã. O uso dessa tecnologia tem colaborado no direcionamento, de forma mais eficiente, das ações de pesquisa que visam a conservação do germoplasma de pecã, assim como o seu uso por programas de melhoramento genético (Grauke et al., 2015).

Vários trabalhos foram realizados visando conhecer a magnitude da variabilidade genética de noqueira-pecã disponível para uso. Diferentes marcadores genéticos foram empregados nestes estudos. Inicialmente foram analisados sistemas isoenzimáticos, como no estudo desenvolvido por Rüter et al. (1999), em que foi avaliado se a diversidade genética nas coleções ex situ de pecã representa a diversidade encontrada em populações naturais dessa espécie. Três tipos de populações foram analisadas, uma com um conjunto de 167 plantas, representando 84 cultivares; uma segunda com progênies de cinco plantas-mães, coletas em diferentes locais, totalizando 923 indivíduos, e uma terceira população, composta por amostras de coletas de oito populações selvagens, de cinco estados americanos, com cerca de 45 amostras de cada população. Vários sistemas isoenzimáticos foram analisados e, dos 16 loci avaliados, 13 foram polimórficos para pelo menos uma das três populações, e a heterozigosidade esperada (H_e) foi de 0,153. A maior diversidade genética foi encontrada na população selvagem ($H_e=0,167$), e a menor nas progênies ($H_e=0,144$). O número de alelos encontrados nessas duas populações foi similar, entretanto, vários alelos, encontrados em baixa frequência nas populações selvagem e de progênies, não foram identificados na população composta pela coleção de cultivares, evidenciando o estreitamento da base genética nas cultivares.

Posteriormente, com a descoberta da tecnologia da reação da polimerase em cadeia (*Polymerase Chain Reaction*; PCR), no final da década de 1980, um grande número de classes de marcadores foi desenvolvido e passou a ser usado em pecã, entre esses: *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD); *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP); *Inter Simple Sequence Repeat* (ISSR) e microssatélites ou *Simple Sequence Repeat* (SSR).

Marcadores RAPD foram usados para identificar 43 cultivares americanas de noqueira-pecã e a similaridade genética entre elas. No total foram analisados 100 marcadores RAPD. Cada cultivar apresentou um perfil único molecular (*fingerprint*). Embora a origem de muitas das cultivares avaliadas seja desconhecida, algumas datam do ano de 1875, as estimativas de similaridade genética obtidas mostraram considerável concordância com os pedigrees daqueles acessos cujo histórico é conhecido (Conner; Wood, 2001).

Marcadores AFLP foram usados para verificar a fidelidade genética de plantas de noqueira-pecã regeneradas a partir de cultivo in vitro através da embriogênese somática. A análise detectou algumas diferenças, sendo que algumas árvores apresentaram maior divergência, quando comparadas com outras, da mesma linha. Entretanto, essa variação não foi relacionada com diferenças fenotípicas detectáveis (Vendrame et al., 2000).

No Brasil, marcadores AFLP foram usados para estimar a diversidade genética de 60 acessos de noqueira-pecã coletados em pomares do Sul do país. Com base em 154 fragmentos AFLP, foi identificada de médio a alto nível de diversidade no germoplasma avaliado, com heterozigosidade esperada estimada em 0,37, e o índice de diversidade de Shannon, em 0,54 (Poletto et al., 2020).

Na China, a diversidade genética de 77 genótipos de noqueira-pecã cultivados no país, incluindo 14 cultivares introduzidas, um acesso de *Carya cathayensis* e um de *Juglans nigra*, foi estimada com base em marcadores ISSR e microssatélites (SSR). Os 10 pares de *primers* ISSR utilizados nesse estudo produziram no total de 94 fragmentos polimórficos, enquanto os oito SSR amplificaram no total 70 bandas polimórficas. Os resultados oriundos de ambos os tipos de marcadores foram similares. Os genótipos foram divididos em quatro grupos, de acordo com a sua origem. Alta diversidade genética foi identificada, com heterozigosidade média esperada estimada em 0,27, e o índice de diversidade de Shannon, em 0,42. Nesse estudo foi identificada uma maior diversidade genética nas cultivares chinesas, quando comparada com as cultivares americanas avaliadas (Jia et al., 2011).

Em um outro estudo, marcadores microssatélites plastidiais (cpSSR) e nucleares (nSSR) foram usados para acessar a variabilidade genética em populações nativas de noqueira-pecã oriundas dos Estados Unidos e do México. No total, 80 genótipos de noqueira-pecã, representando 19 populações nativas, foram avaliados. Os resultados obtidos foram semelhantes, tanto com base nos três microssatélites plastidiais, como nos 14

microssatélites nucleares. As análises genéticas populacionais, para todos os agrupamentos identificados, mostraram que os resultados com base na variação cpSSR apresentaram maior estrutura geográfica do que os com base no nSSR, sugerindo, dessa forma, que os SSRs de plastídios são importantes ferramentas para identificar a estrutura de população em noqueira-pecã (Grauke et al., 2011).

Estudos de transferibilidade para a noqueira-pecã, *Carya illinoensis*, de marcadores microssatélites (SSR) desenvolvidos para *C. cathayensis*, a partir de sequências de c-DNA associadas ao desenvolvimento de fruto e também de sequências associadas ao desenvolvimento de botões florais femininos, mostraram uma taxa de transferibilidade de 63,02%, disponibilizando um grande número de marcadores SSR com potencial para serem utilizados na noqueira-pecã. Além disso, com base nos resultados obtidos, há indicativo de que os tipos de mecanismo responsáveis pela apomixia em *C. cathayensis* e em noqueira-pecã são distintos (Li et al., 2014).

A busca por novos marcadores SSR é contínua, por serem codominantes, com alto conteúdo informativo, alta variação alélica e excelente reprodutibilidade, o que os coloca em vantagem, quando comparados a outros importantes tipos de marcadores baseados na reação em cadeia da polimerase (PCR), como RAPD, AFLP e ISSR. Em um trabalho recente, desenvolvido por Zhang et al. (2020), 22 novos marcadores SSR foram validados em noqueira-pecã. A análise de 60 acessos, com base em 30 marcadores SSR, sendo os 22 novos, juntamente com oito marcadores SSR já publicados, mostrou uma heterozigosidade média esperada de 0,552, no germoplasma avaliado, e um conteúdo de informação de polimorfismo (*Polymorphic Information Content*; PIC) com média de 0,547 por loci SSR.

Recentemente, através da técnica de genotipagem por sequenciamento (*Genotyping by Sequence*; GBS), um painel de diversidade, composto por 108 acessos da coleção americana de noqueira-pecã (*Carya – National Collection of Genetic Resources for Pecans and Hickories*; NCGR), foi utilizado para a descoberta de marcadores *Single Nucleotide Polymorphisms* (SNP) no genoma de noqueira-pecã. Cerca de 87 mil SNP foram identificados e, desses, 17 SNP foram associados com a expressão do caráter tipo de floração (Bentley et al., 2019).

Mapeamento genético

Os únicos mapas de ligação genética de noqueira-pecã foram desenvolvidos com base em marcadores RAPD e AFLP em um estudo realizado por Beedanagari et al. (2005). Foram construídos mapas independentes para as cultivares 'Pawnee' e 'Elliot'. Um total de 475 marcadores moleculares (217 RAPD e 258 AFLP), juntamente com dois marcadores morfológicos, tipo de dicogamia e cor do estigma, foram usados nas análises. O mapa de ligação 'Pawnee' cobriu 2.227 cM do genoma. São 218 marcadores dispersos em 16 grupos de ligação maiores e 13 menores, e com distância média de 12,7 cM entre os marcadores adjacentes. Já o mapa de ligação 'Elliot' cobriu 1.698 cM do genoma, sendo 174 marcadores dispersos em 17 grupos de ligação principais e 9 menores, com uma distância média de 11,2 cM entre os marcadores adjacentes. A segregação para as características tipo de dicogamia e cor do estigma sugere que ambos os caracteres são controlados por locus únicos, fortemente ligados (1,9 cM) e localizados no grupo de ligação 16 do mapa 'Elliot'. A protoginia, assim como os estigmas de coloração verde, são dominantes em relação à protandria e estigmas vermelhos.

Genoma de *Carya illinoensis*

O primeiro estudo de sequenciamento do genoma de noqueira-pecã foi realizado por Jenkins et al. (2015). Sequências de leitura curta foram geradas e montadas na plataforma HiSeq2500 (Illumina) para dois genótipos, a cultivar comumente plantada 'Pawnee' e um acesso derivado do México, denominado 87MX3-2.11.

Recentemente, foi publicada a sequência completa do genoma de dois genótipos de *Carya*, a cultivar 'Pawnee' (*C. illinoensis*) e da noqueira-chinesa, acesso ZAFU-1 (*C. cathayensis*). As bibliotecas genômicas foram sequenciadas na plataforma HiSeq X-ten (Illumina) e foram obtidas, respectivamente, mais de 187,22 e 178,87 gigabases de sequências. O tamanho total do genoma da noqueira-pecã foi estimado em 651,31, e em 706,43 Mb, para a noqueira-chinesa. Em ambas as espécies foram identificados cerca de 31 mil genes codificadores de proteínas (Huang et al., 2019).

Genes candidatos

Com base em pesquisas no *National Center for Biotechnology Information* (NCBI), principal base de dados genômicos, ainda são pouco numerosos os registros para a cultura da noqueira-pecã. Contudo, é possível encontrar o genoma de *Carya illinoensis*, assim como outros registros de genes, proteínas e nucleotídeos e suas respectivas sequências (Tabela 1).

Tabela 1. Número de registros para *Carya illinoensis* nas principais categorias da base de dados da NCBI.

Categoria	Número de entradas
Genomas	1
Nucleotídeos	746
Genes	123
Proteínas	11.509

Fonte: adaptado de NCBI (2020).

Atualmente, existem poucos estudos relacionando genes a rotas metabólicas em noqueira-pecã. Porém, com a recente disponibilização do genoma, a tendência é de que o número de publicações desse tipo aumente, contribuindo para definir as funções de mais genes envolvidos nos diversos metabolismos, principalmente daqueles relacionados às características de interesse para a cultura.

Foram descritas as funções de genes envolvidos em rotas metabólicas da biossíntese lipídica, síntese de flavonoides, floração e no processo de enxertia, dentre outras (Tabela 2).

Tabela 2. Genes descritos em noqueira-pecã, funções, principais técnicas moleculares utilizadas e referência bibliográfica.

Genes	Funções	Principais técnicas moleculares	Referência bibliográfica
Cari1, Cari4, treonina fosfatase, aciltransferase, desaturase, outros	Síntese de ácidos graxos e de proteínas alergênicas, processos biológicos, componentes celulares, funções moleculares	RNA-seq e RT-qPCR	Mattison et al. (2017)
Famílias SAD e FAD	Biossíntese lipídica	Transcriptoma	Huang et al. (2017)
PAL, CHS, CHI, F3H, F3'H, F3'5'H, DFR, ANS, LAR, ANR	Biossíntese de flavonóides	RNA-seq	Zhang et al. (2019)
LHY, PHYA, ELF3 DELLA	Floração	RNA-seq	Wang et al. (2019)
Família R2R3-MYB	Processo de enxertia (formação de união no enxerto)	Transcriptoma e RT-qPCR	Zhu et al. (2020)

Considerações finais

Nas últimas décadas, grandes avanços foram obtidos nas pesquisas na área da biotecnologia. De forma dinâmica, a constante evolução nos procedimentos de análises genômicas, assim como a redução no custo de geração de dados de sequência de DNA, aproximam cada vez mais o emprego dessas novas ferramentas genômicas para acelerar o desenvolvimento de novas cultivares. Os programas de melhoramento tradicionais, em função dos longos períodos de juvenilidade da noqueira-pecã, levam, em média, cerca de 30 anos da realização do cruzamento inicial até a liberação de uma nova cultivar.

Com o aumento no conhecimento em torno do genoma da noqueira-pecã, com a identificação de genes e suas funções, surge também a perspectiva de estudos de edição gênica, ferramenta bastante eficiente, tanto na elucidação de funções gênicas, quanto para geração de novas cultivares.

Todo o crescimento que se obteve nos últimos anos na oferta de informações acerca do genoma da noqueira-pecã faz com que se tenha uma perspectiva, no futuro próximo, de que o emprego dessas ferramentas biotecnológicas venha a disponibilizar para a sociedade cultivares que atendam seus anseios e necessidades de forma mais rápida e eficiente.

Referências

- BEEDANAGARI, S. R.; DOVE, S. K.; WOOD, B. W.; CONNER, P. J. A first linkage map of pecan cultivars based on RAPD and AFLP markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 110, p. 1127-1137, 2005.
- BENTLEY, N.; GRAUKE, L. J.; KLEIN, P. Genotyping by sequencing (GBS) and SNP marker analysis of diverse accessions of pecan (*Carya illinoensis*). **Tree Genetics & Genomes**, v. 15, p. 1-18, 2019.
- CONNER, P.; WOOD, B. Identification of pecan cultivars and their genetic relatedness as determined by randomly amplified polymorphic DNA analysis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, p. 474-480, 2001.
- CBD (Convention on Biological Diversity). Disponível em: <https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02>. Acesso em: 23 dez. 2020.
- GRAUKE, L. J.; KLEIN, R.; GRUSAK, M. A.; KLEIN, P. The forest and the trees: applications for molecular markers in the repository and pecan breeding program. **Acta Horticulturae**, n. 1070, p. 109-126, 2015.
- GRAUKE, L. J.; MENDOZA-HERRERA, M. A.; MILLER, A. J.; WOOD, B. W. Geographic patterns of genetic variation in native pecans. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, p. 917-932, 2011.
- HUANG, R.; HUANG, Y.; SUN, Z.; HUANG, J.; WANG, Z. Transcriptome Analysis of Genes Involved in Lipid Biosynthesis in the Developing Embryo of Pecan (*Carya illinoensis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 20, p. 4223-4236, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00922>
- HUANG, Y.; XIAO, L.; ZHANG, Z.; ZHANG, R.; WANG, Z.; HUANG, C.; SHEN, C. The genomes of pecan and Chinese hickory provide insights into *Carya* evolution and nut nutrition. **GigaScience**, v. 8, n. 5, p. giz036, 2019.
- JENKINS, J.; WILSON, B.; GRIMWOOD, J.; SCHMUTZ, J.; GRAUKE, L. J. Towards a reference pecan genome sequence. **Acta Horticulture**, v. 1070, p. 101-108, 2015.
- JIA, X.; WANG, T.; ZHAI, M.; LI, Y.; GUO, Z. Genetic diversity and identification of Chinese-grown pecan using ISSR and SSR markers. **Molecules**, v. 16, p. 1078-1092, 2011.
- LI, J.; ZENG, Y.; SHEN, D.; XIA, G.; HUANG, Y.; HUANG, Y.; CHANG, J.; HUANG, J.; WANG, Z. Development of SSR markers in hickory (*Carya cathayensis* Sarg.) and their transferability to other species of *Carya*. **Current Genomics**, v. 15, p. 357-379, 2014.
- MATTISON, C. P.; RAI, R.; SETTLAGE, R. E.; HINCHLIFFE, D. J.; MADISON, C.; BLAND, J. M.; BRASHEAR, S.; GRAHAM, C. J.; TARVER, M. R.; FLORANE, C. BECHTEL, P. J. RNA-Seq Analysis of Developing Pecan (*Carya illinoensis*) Embryos Reveals Parallel Expression Patterns among Allergen and Lipid Metabolism Genes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 7, p. 1443-1455, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04199>
- NCBI (National Center for Biotechnology Information). **Welcome to NCBI**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 22 dez. 2020.
- POLETTI, T.; POLETTI, I.; SILVA, L. M. M.; MUNIZ, M. F. B.; REINIGER, L. R. S.; RICHARDS, N.; STEFENON, V. M. Morphological, chemical and genetic analysis of southern Brazilian pecan (*Carya illinoensis*) accessions. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 1-7, 2020.
- RÜTER, B.; HAMRICK, J.; WOOD, B. Genetic diversity within provenance and cultivar germplasm collections and wild populations of pecan. **Journal of Heredity**, v. 90, p. 521-528, 1999.

VENDRAME, W.; KOCHERT, G.; SPARKS, D.; WETZSTEIN, Y. Field performance and molecular evaluations of pecan trees regenerated from somatic embryogenic cultures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, p. 542-546, 2000.

WANG, M.; XI, D.; CHEN, Y.; ZHU, C.; ZHAO, Y.; GENG, G. Morphological characterization and transcriptome analysis of pistillate flowering in pecan (*Carya illinoensis*). **Scientia Horticulturae**, v. 257, p. 108674, July 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108674>

ZHANG, C.; YAO, X.; REN, H.; CHANG, J.; WU, J.; SHAO, W.; FANG, Q. Characterization and development of genomic SSRs in pecan (*Carya illinoensis*). **Forests**, v. 11, p. 1-12, 2020.

ZHANG, C.; YAO, X.; REN, H.; CHANG, J.; WANG, K. RNA-Seq Reveals Flavonoid Biosynthesis-Related Genes in Pecan (*Carya illinoensis*) Kernels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 1, p. 148-158, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05239>

ZHU, K.; FAN, P.; MO, Z.; TAN, P.; FENG, G.; LI, F.; PENG, F. Identification, expression and co-expression analysis of R2R3-MYB family genes involved in graft union formation in pecan (*Carya illinoensis*). **Forests**, v. 11, n. 9, p. 1-18, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/F11090917>

Literatura recomendada

GRAUKE, L. J.; PRICE, H. J.; JOHNSTON, J. S. Genome size of pecan as determined by flow cytometry. **HortScience**, v. 36, p. 814, 2001.

VENDRAME, W.; WETZSTEIN, H. *Carya illinoensis* pecan. In: LITZ, R. E. (ed.). **Biotechnology of fruit and nuts crops**. Cambridge: CABI Publishing, 2005. p. 298-306.

Capítulo 22

Fitorreguladores

Mateus da Silveira Pasa
Horacy Fagundes da Rosa Júnior
Ezequiel Helbig Pasa
Marcelo Barbosa Malgarim
Paulo Mello-Farias
Flávio Gilberto Herter

Introdução

Fitorreguladores, ou reguladores de crescimento de plantas, podem ser definidos como substâncias naturais ou sintéticas que afetam processos de desenvolvimento ou metabólicos em plantas superiores, geralmente em baixas doses (Rademacher, 2015). Esses compostos são mensageiros químicos, produzidos endogenamente nas células vegetais ou aplicados exogenamente às plantas, que agem regulando diversos processos essenciais. Existe grande confusão entre as nomenclaturas desses compostos, mas a mais amplamente difundida é a que considera as substâncias de ocorrência natural, como hormônios vegetais, e as análogas a essas substâncias, produzidas sinteticamente como fitorreguladores. Ultimamente, tem-se utilizado o termo “reguladores de crescimento vegetal”, que engloba ambos os conceitos. O desenvolvimento vegetal é regulado por nove hormônios principais: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico, brassinosteroides, jasmonatos, ácido salicílico e estrigolactonas (Taiz et al., 2017).

Os principais fitorreguladores agem alterando o balanço hormonal nas plantas, seja pela aplicação exógena de hormônios de ocorrência natural ou de seus análogos sintéticos (Rademacher, 2015), os quais podem atuar elevando os níveis endógenos do hormônio-alvo, visando benefício em algum processo, ou através do bloqueio de rotas biossintéticas de determinados hormônios, reduzindo a sua concentração e efeito nas plantas. Um exemplo do primeiro caso (elevar os níveis endógenos) é observável quando se deseja acelerar a maturação de frutas climatéricas através da aplicação exógena do hormônio gasoso etileno, como no caso da banana (Medina, 2004), ou de ácido abscísico para raleio de frutos de pereira (Arrington et al., 2018). No segundo caso (bloqueio da biossíntese), pode-se destacar a utilização de inibidores da síntese de giberelinas para redução do crescimento vegetativo (Einhorn et al., 2014, Pasa; Einhorn, 2014, Carra et al., 2016) e de inibidores da síntese de etileno para aumento da frutificação efetiva (Carra et al., 2016) e aumento da conservação pós-colheita (Pasa et al., 2016) de pereiras.

Outras substâncias, embora não sejam reguladoras de crescimento vegetal propriamente ditas (hormônios na forma natural ou sintética), participam e interferem na biossíntese desses compostos, como precursores, cofatores enzimáticos, etc. Por exemplo, em videiras tratadas com cianamida hidrogenada durante a dormência, foi observado aumento da concentração de ácido indolacético (auxina) e zeatina (citocinina), ao passo que as concentrações de ácido abscísico e giberelinas foram reduzidas (Liang et al., 2019). Sendo assim, essas substâncias atuam indiretamente, como reguladores de crescimento vegetal.

Os reguladores de crescimento são tipicamente aplicados por meio de soluções aquosas pulverizadas nas folhas. A eficiência da utilização dos reguladores de crescimento não depende apenas do ingrediente ativo utilizado. Condições propícias para que o composto atinja o alvo bioquímico devem ser fornecidas. Para que penetrem na epiderme e membranas das folhas, formulações apropriadas (por exemplo, solventes, surfactantes e condicionadores da água) devem estar presentes nos produtos comerciais (Rademacher, 2015). Ainda que observados esses quesitos, geralmente se adiciona algum surfactante à solução, em baixas concentrações (0,05% – 0,1%), para reduzir a tensão superficial da água e melhorar a deposição da solução. Além disso, cuidados com a aplicação no estágio de desenvolvimento correto e com as condições ambientais, antes, durante e após a aplicação, são fundamentais para o sucesso do tratamento com fitorreguladores (Rademacher, 2015).

Conforme mencionado, vários são os potenciais de aplicação dos fitorreguladores para manejo do crescimento e desenvolvimento de plantas. No entanto, cada cultivo tem suas particularidades e pontos específicos a serem manejados. No caso da noqueira-pecã, o manejo do crescimento vegetativo, bem como da brotação e florescimento, merecem destaque, razão pela qual são abordados mais detalhadamente.

Manejo do crescimento vegetativo

Os pomares de noqueira-pecã caracterizam-se por utilizarem baixos adensamentos de plantio, principalmente pelo fato das plantas apresentarem grande porte quando adultas. Porém, plantas com excesso de crescimento vegetativo são mais difíceis de manejar e impossibilitam o plantio em maiores densidades. Para essa cultura, ao contrário do que se observa em outras frutíferas, inexistem porta-enxertos para controle do vigor e porte das plantas. Nesse sentido, é necessário o desenvolvimento de alternativas para redução do crescimento vegetativo no curto prazo, visando o adensamento de plantio em futuros pomares.

Em países com maior tradição no cultivo de noqueira-pecã, já foi testado o paclobutrazol aplicado no solo, com resultados satisfatórios na redução do crescimento vegetativo de noqueiras 'Cape Fear' (Andersen, 1988). No entanto, essa substância tem tido seu uso limitado em todo o mundo, devido a sua toxicidade e persistência no ambiente. Por outro lado, existe a proexadiona de cálcio, substância que inibe a síntese de giberelinas, as quais são responsáveis pela alongação de ramos, que tem mostrado eficiência no controle do crescimento vegetativo de macieiras (Hawerth et al., 2012; Carra et al., 2016) e que poderia ser testada na cultura da noqueira-pecã. Esse produto é atualmente comercializado com registro para a cultura da macieira, sendo que estudos com proexadiona de cálcio na cultura da noqueira-pecã seriam de interesse, haja vista os potenciais benefícios para o cultivo.

Nesse sentido, relata-se o resultado de um experimento realizado em um pomar comercial localizado no município de Encruzilhada do Sul, RS, na safra 2019/2020. Foram utilizadas plantas de noqueira-pecã da cultivar Barton, plantadas no inverno de 2015, as quais tinham como polinizadoras plantas das cultivares Desirable e Jackson. Os tratamentos consistiram em diferentes doses de proexadiona cálcica. Os resultados mostraram que aplicação nas doses de 200 miligramas por litro a 600 miligramas por litro, quando os ramos apresentam entre 15 cm e 20 cm, reduz o crescimento de ramos, no caso, em avaliações realizadas aos 50 dias após a aplicação. Embora os resultados sejam promissores, são apenas preliminares (Rosa Júnior et al., 2022).

Manejo da brotação e florescimento

Dentre as informações técnicas, existe uma lacuna sobre o manejo da dormência. A região Sul do país, de modo geral, tem condições de atender as necessidades de horas de frio da noqueira-pecã, mas, devido à instabilidade das condições de inverno (Filippini Alba et al., 2018), esse atendimento pode ser irregular e deficiente, podendo resultar em redução da produtividade, devido a problemas de brotação, floração desuniforme e exaurimento de reservas. Segundo esses autores, a situação ideal seria o plantio de cultivares adaptadas às condições da região, mas, mesmo nessas condições, o acúmulo de frio pode ser aquém do necessário, e intervenções fitotécnicas ou químicas seriam de interesse para manter ou aumentar a produtividade.

A noqueira-pecã é uma planta monoica, ou seja, possui flores masculinas e femininas na mesma planta, porém, a autopolinização é limitada devido à dicogamia (Hamann et al., 2018), fenômeno que se caracteriza pela diferença temporal na maturação das inflorescências masculinas (estaminadas) e femininas (pistiladas). Mais especificamente, na noqueira ocorre a heterodicogamia, pois há dois tipos de dicogamia, a protândria e protoginia, que varia de acordo com a cultivar. Na protândria, o androceu está viável antes do gineceu, enquanto na protoginia o gineceu está viável antes do androceu (Hamann et al., 2018). Por essa razão, em pomares de noqueira-pecã, há a cultivar principal e a(s) cultivar(es) polinizadora(s), sendo que a coincidência de floração entre as cultivares escolhidas é fundamental para a obtenção de altas produtividades.

Para alcançar esse objetivo, além da escolha das cultivares corretas, é possível a manipulação da floração por meio de intervenção química, de maneira semelhante ao que é feito com a cultura da macieira, na qual a utilização de produtos para superação de dormência resulta em maior uniformidade de brotação e floração, além de antecipar a floração, dependendo da época de aplicação, impactando positivamente na produtividade mesmo em regiões com adequado acúmulo de frio (Pasa et al., 2018a, 2018b). Esses autores testaram dois compostos diferentes, a tradicional cianamida hidrogenada e um produto alternativo à base de compostos nitrogenados, ambos mostrando eficiência. Wood (1996), testando o efeito da cianamida hidrogenada (em doses de 0,5% a 4%), aplicada durante o período de dormência, observou que os tratamentos foram capazes de antecipar a brotação e floração em até 17 dias. Além do manejo da época de floração, o manejo de produtos para superar a dormência resulta em maior brotação de gemas laterais e uniformidade de brotação, que, no caso da noqueira-pecã, poderia melhorar a produção pela maior formação de ramilhos. Dessa forma, estudos sobre superação de dormência na noqueira-pecã são necessários, visando definir doses e momentos ótimos de aplicação, além de seus efeitos na produtividade.

No Brasil, inexistem trabalhos sobre indução de brotação de noqueiras-pecã com agentes químicos, mas em outros cultivos, como a macieira, existe abundância de informações sobre o assunto. Pasa et al. (2018a, 2018b) observaram que a aplicação de cianamida hidrogenada 0,7% + óleo mineral 3,2% incrementou significativamente a brotação de gemas laterais de macieiras 'Fuji Suprema' e 'Maxi Gala', bem como reduziu o índice de heterogeneidade de brotação (IHB). Maior brotação de gemas laterais implica maior potencial de formação de amentilhos (ramos com 1 ano, com aproximadamente 20-30 cm), os quais são os principais responsáveis pela produção. A noqueira-pecã apresenta vigor bastante elevado e, no sistema de condução atual, em que os ramos principais não são arqueados, a dominância apical exerce um efeito pronunciado, reduzindo a brotação das gemas laterais e posterior formação dos ramos de produção. A redução do IHB é um resultado muito importante também, pois significa que a brotação é mais homogênea nas diferentes partes da planta.

Experimentos realizados por Rosa Júnior et al. (2022) mostraram que a brotação de gemas laterais pode ser consistentemente aumentada por tratamentos para indução de brotação, independentemente da dose utilizada, sendo o inverso observado para o índice de heterogeneidade de brotação. Além disso, a aplicação de cianamida hidrogenada 1% + óleo mineral 3% antecipa a floração de flores masculinas e femininas, nas cultivares Barton e Desirable. O período de coincidência de floração de flores masculinas e femininas aumenta em resposta à aplicação de cianamida hidrogenada + óleo mineral na cultivar Barton, ao passo que na cultivar Desirable esse período de coincidência é reduzido. Considerando-se que informações sobre indução de brotação e controle do florescimento inexistem nas condições brasileiras, alguns resultados, embora preliminares, são de extrema valia para o avanço no cultivo de noqueiras-pecã na região Sul do Brasil.

Considerações finais

As pesquisas que começam a ser desenvolvidas no Brasil sobre a utilização de fitorreguladores, para manejo do crescimento vegetativo, brotação e florescimento de noqueiras-pecã, são muito promissoras. Ainda existe ampla gama de questões a serem respondidas sobre os assuntos apresentados, bem como outros a serem estudados futuramente. A utilização de fitorreguladores normalmente utilizados em outras culturas pode apresentar bons resultados nos noqueirais brasileiros, melhorando consideravelmente o processo produtivo atualmente em uso.

Referências

- ANDERSEN, P. C. Vegetative and reproductive effects of Cultar applied to 'Cape Fear' and 'Desirable' pecan trees. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v. 101, p. 254-256, 1988.
- ARRINGTON, M.; PASA, M. S.; EINHORN, T. Postbloom Thinning Response of 'Bartlett' Pears to Abscisic Acid. **HortScience**, v. 52, n. 12, p. 1765-1771, dez. 2018.
- CARRA, B.; PASA, M. S.; FACHINELLO, J. C.; SPAGNOL, D.; ABREU, E. S.; GIOVANAZ, M. A. Prohexadione calcium affects shoot growth, but not yield components, of 'Le Conte' pear in warm-winter climate conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 209, p. 241-248, 2016.
- EINHORN, T.; PASA, M. S.; TURNER, J. 'D'Anjou' Pear Shoot Growth and Return Bloom, but Not Fruit Size, Are Reduced by Prohexadione-Calcium. **HortScience**, v. 49, n. 2, p. 180-187, fev. 2014.
- FILIPPINI ALBA, J. M.; WREGGE, M. S.; ALMEIDA, I. R.; MARTINS, C. R. **Critérios e indicadores edafoclimáticos para o cultivo da nogueira-pecã no sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 17 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 479).
- HAMANN, J. J.; BILHARVA, M. G.; BARROS, J.; DE MARCO, R.; MARTINS, C. R. M. **Cultivares de Nogueira -pecã no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 43 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 478).
- HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; YOSHIKAWA, E. R. Épocas de aplicação de Proexadione Cálcio no controle do desenvolvimento vegetativo de Macieiras 'Imperial Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 957-963, dez. 2012.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- LIANG, D.; HUANG, X.; SHEN, Y.; SHEN, T.; ZHANG, H.; LIN, L.; WANG, J.; DENG, Q.; LYU, X.; XIA, H. Hydrogen cyanamide induces grape budendodormancy release through carbohydrate metabolism and planthormone signaling. **BMC Genomics**, v. 20, n. 1, p. 1-14, dez. 2019.
- MEDINA, V. M. **Indução da maturação de bananas 'Terra' com Etefon**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 71 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnico, 71).
- PASA, M. S.; EINHORN, T. Heading cuts and prohexadione-calcium affect the growth and development of 'd-Anjou- pear shoots in a high-density orchard. **Scientia Horticulturae**, v. 168, p. 267-271, 2014.
- PASA, M. S.; FELIPPETO, J.; NAVA, G.; SILVA, C. P.; BRIGHENTI, A. F.; CIOTTA, M. N. Performance of 'Fuji Suprema' apple trees treated with budbreak promoters, in São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 1, p. e-325, fev. 2018a.
- PASA, M. S.; FELIPPETO, J.; NAVA, G.; SOUZA, A. L. K.; BRIGHENTI, A. F.; PETRI, J. L. Performance of 'Maxi Gala' apple trees as affected by budbreak promoters, in São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, p. e-537, out. 2018b.
- PASA, M. S.; ROSA JÚNIOR, H. F.; DE FRANCESCHI, E.; PEREIRA, R. R.; AGUILA, J. S.; FACHINELLO, J. C.; SILVA, C. P. A aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) aumenta a conservação pós-colheita de peras. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 2, p. 206-211, maio 2016.
- RADEMACHER, W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Regulation**, v. 34, n. 4, p. 845-872, out. 2015.
- ROSA JÚNIOR, H. F.; PASA, M. S.; MALGARIM, M. B.; PASA, E. H.; PASCHOAL, J. D. F. Bud-break promoters for the improvement of the budburst of pecan cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, p. e02956, 2022.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- WOOD, B. W. Hydrogen Cyanamide Advances Pecan Budbreak and Harvesting. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 118, n. 6, p. 690-693, nov. 1996.

Capítulo 23

Microrganismos promotores do crescimento

Glauca de Figueiredo Nachtigal
Yasmin dos Santos Lourenço
Carla Thais Rodrigues Viera

Introdução

A agricultura brasileira deverá estar norteadada, em futuro próximo, por vertentes tecnológicas voltadas à consolidação de sistemas de produção limpos, tendo, na agricultura de base biológica, desafios tecnológicos e de inovação substanciais a serem vencidos. Estresses abióticos por seca, encharcamento, salinidade ou temperaturas desfavoráveis são relatados como a principal causa de deterioração, acima de 50%, do rendimento médio das culturas em nível mundial, com perdas financeiras significativas a cada ano (Fita et al., 2015). Do suprimento de nutrientes externos aplicados às plantas, somente uma pequena proporção é, de fato, utilizada. Como consequência, aproximadamente 40% a 70% de N, 80% a 90% de P e 50% a 70% de K, do total de fertilizantes convencionais aplicados às plantas, são perdidos para o ambiente (Fageria, 2014). Tais situações resultam em acréscimo nos custos de produção, tornando imprescindível o desenvolvimento de tecnologias que aumentem a eficiência no uso de nutrientes e a resiliência das plantas frente a estresses abióticos.

O conhecimento da microbiota relevante para a agricultura e suas complexas relações pode criar oportunidades para modificar e incrementar aspectos relacionados à produção de alimentos, tornando fundamental a caracterização das interações entre a microbiota do solo e as plantas cultivadas.

O solo representa um reservatório microbiano extremamente diverso e abundante. A rizosfera, considerada como o solo ao redor de poucos milímetros das raízes das plantas cultivadas, atua como ambiente para o estabelecimento das relações ecológicas entre plantas e microrganismos (Tian et al., 2020). Interações microbianas com plantas envolvem relações benéficas ou deletérias, a depender do tipo de microrganismo envolvido, podendo influenciar, positiva ou negativamente, no crescimento e desenvolvimento de plantas, na dinâmica de nutrientes e na suscetibilidade a estresse abiótico/biótico.

A busca por microrganismos benéficos consiste em uma área de pesquisa de interesse global e, dentre os grupos de microrganismos com potencial para a agricultura, encontram-se aqueles associados à promoção de crescimento de plantas (PGPM).

Estudos têm sido direcionados para o entendimento das condições ótimas de crescimento e interação de microrganismos promotores do crescimento com as plantas hospedeiras, e para a busca e identificação de linhagens mais eficientes de microrganismos já utilizados como inoculantes, notoriamente para áreas com condições desfavoráveis e sob estresse ambiental (Youseif et al., 2017).

Outra tecnologia de grande interesse baseia-se no uso de consórcios microbianos, assim definidos por envolver mistura de microrganismos pertencentes a grupos funcionais diferentes. Nesse caso, busca-se obter inoculantes microbianos com características diferenciadas em relação àquelas dos organismos individualizados ou coinoculados, com benefícios, não raro, bastante significativos (Wallenstein, 2017).

Mais recentemente, o conceito de solo promotor do crescimento de plantas (PGPS) foi proposto (Volpiano et al., 2022) para contemplar o envolvimento de toda a microbiota do solo, em detrimento de linhagens microbianas individuais ou de poucos gêneros microbianos.

Pouco se conhece sobre microrganismos benéficos associados à noqueira-pecã, o que gera uma oportunidade em busca de ampliar a base de conhecimento sobre tais microrganismos e de inovar no setor da pecanicultura, a partir do desenvolvimento e uso de inoculantes ou de estratégias capazes de moldar a composição do microbioma do solo.

O presente capítulo trata de abordar, embora de forma não exaustiva, informações sobre a promoção de crescimento proporcionada por diferentes classes de microrganismos, os principais mecanismos de ação envolvidos e o potencial de uso, a fim de demonstrar o potencial de uso de inoculantes diversificados para a pecanicultura.

Exsudatos radiculares e a interação planta-microrganismos

Exsudatos radiculares são constituídos de açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos e de pequenas quantias de metabólitos secundários complexos, que podem atrair microrganismos específicos na rizosfera (Musilova et al., 2016). A exsudação é geneticamente regulada, resultando em exsudatos altamente variados entre espécies e estádios de desenvolvimento das plantas, condições de cultivo e interações bióticas (Merbach; Wittenmayer, 2000; Houlden et al., 2008; Micallef et al., 2009), o que enfatiza a busca, bastante direcionada, por microrganismos promotores de crescimento, pois certas espécies de fungos e de bactérias estão intimamente relacionadas com suas plantas hospedeiras (Tian et al., 2017).

Por outro lado, fungos micorrízicos arbusculares (AMF), bactérias promotoras do crescimento (PGPB) e fungos promotores do crescimento (PGPF), também afetam o metabolismo de várias substâncias nas plantas, envolvidas, por exemplo, na resistência ao estresse (Siciliano et al., 2001).

Microrganismos promotores do crescimento de plantas e sua contribuição para a agricultura

Micorrizas

Fungos micorrízicos, como *Gigaspora*, *Funneliformis* ou *Rhizophagus* (*Glomus*) e *Laccaria*, são agentes biotróficos capazes de estabelecer relações simbióticas com as plantas hospedeiras e transportar fósforo, zinco, cobre, nitrogênio e potássio às plantas (Goltapeh et al., 2008).

No tocante à noqueira-pecã, Bidondo et al. (2018) demonstraram a ocorrência de AMF das espécies *Claroideoglomus lamellosum*, *Rhizoglossum microaggregatum*, *Funneliformis coronatum*, *Entrophosporain frequens*, *Funneliformis mosseae* e *Gigaspora margarita*. Plantas de noqueiras-pecã formam, adicionalmente, associações ectomicorrízicas com uma grande diversidade de fungos, incluindo aqueles pertencentes ao gênero *Tuber* (Ascomycota, Pezizales) (Marozzi et al., 2017). Esses fungos são de interesse crescente, pois seus corpos de frutificação subterrâneos, conhecidos como trufas, são considerados iguarias, devido ao sabor e aroma únicos (Bonito et al., 2011).

O histórico de uso da terra e o manejo de pomares podem, no entanto, causar desequilíbrios na microbiota do solo, afetando drasticamente a sobrevivência das micorrizas (Bonito et al., 2012).

Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas

Bactérias promotoras do crescimento, responsáveis por porção significativa dos microrganismos em associação com plantas, são capazes de atuar em condições ambientais variadas e por diferentes mecanismos. PGPB, residentes na rizosfera, filosfera ou endosfera, podem promover o crescimento de plantas e resistência ao estresse (Orozco-Mosqueda et al., 2018) ou, ainda, competir com certos fitopatógenos por nutrientes ou nichos, com redução dos danos às plantas (Hassan et al., 2019).

As rizobactérias constituem o maior componente das PGPB ao promoverem o crescimento de suas plantas hospedeiras. Rizobactérias não patogênicas, como *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azotobacter*, *Serratia* e *Azospirillum*, são capazes de aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo, a absorção e assimilação de nutrientes pelas plantas, bem como de suportar a ciclagem de nutrientes (Berg et al., 2014).

Microrganismos solubilizadores de fósforo (PSM) podem auxiliar o acesso das plantas a reservatórios de fósforo por liberá-lo de formas recalcitrantes. Bactérias solubilizadoras de fósforo (PSB) incluem rizobactérias de vida livre, como as *Pseudomonas*, os fixadores simbióticos de nitrogênio (rizóbios), e fixadores não simbióticos de nitrogênio, como *Azotobacter* e *Azospirillum* (Mehnaz; Lazarovits, 2006).

Atividade solubilizadora de potássio também tem sido relatada para outros microrganismos rizosféricos, como *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus* e *Paenibacillus* (Bashir et al., 2017).

Nutrientes como o zinco não podem ser utilizados pelas plantas, a menos que sejam mineralizados pela produção de agentes quelantes e ácidos orgânicos (Hafeez et al., 2013). Várias linhagens de bactérias solubilizadoras de zinco aumentam a sua absorção, com conseqüente aumento de produtividade (Shakeel et al., 2015).

Além de *Rhizobium*, simbiote em leguminosas, bactérias diazotróficas como *Burkholderia* sp., *Gluconacetobacter* sp., *Diazotrophicus* sp., *Herbaspirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus polymyxa* e *Azospirillum* sp. produzem nitrogenase e podem fixar nitrogênio atmosférico, de forma não simbiótica, em plantas não leguminosas (Vessey, 2003). Bactérias que não fixam nitrogênio, por outro lado, podem aumentar a absorção de nitrogênio pelo aumento da eficiência de uso (Adesemoye; Klopffer, 2009), provavelmente devido ao aumento da superfície radicular, com a conseqüente maior capacidade exploratória do solo (Beattie, 2015).

Sob condições limitantes de ferro, algumas PGPR são capazes de sequestrar a forma insolúvel de ferro do solo por meio de compostos quelantes de baixo peso molecular, os sideróforos, tornando-os disponíveis para as plantas (Ahmed; Holmstrom, 2014). Em geral, os sideróforos também atuam no controle de fitopatógenos, notoriamente os fúngicos, por privá-los do ferro necessário ao seu desenvolvimento (Saha et al., 2016).

Muitas rizobactérias, como linhagens de *Bacillus* e *Pseudomonas*, são conhecidas por produzirem hormônios que atuam na absorção radicular ou na manipulação do balanço hormonal em plantas (Mumtaz et al., 2017). Algumas linhagens de PGPR podem produzir relativamente grandes quantidades de citocinina e de giberilinas (Ruzzi; Aroca, 2015), resultando no aumento do crescimento de plantas (Jha; Saraf, 2015) e, em interações com auxinas, podem ocasionar alteração na arquitetura radicular (Vacheron et al., 2013).

Não raro, as PGPR promovem maior estímulo ao crescimento sob condições estressantes para a planta (Rubin et al., 2017). Etileno é um fitormônio cujos baixos níveis são essenciais para manter o metabolismo normal da planta durante o seu crescimento (Khalid et al., 2006). Linhagens de PGPR, pertencentes ao gênero *Bacillus*, *Enterobacter* e *Pseudomonas*, são produtoras da enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminase (Nadeem et al., 2009), que cliva o ACC, precursor imediato do etileno, resultando em incremento do crescimento das plantas sob condição de estresse biótico e abiótico (Ahmad et al., 2013; Glick, 2012).

Trichoderma

O gênero *Trichoderma* é amplamente distribuído em diferentes ecossistemas e apresenta alta diversidade genética e funcional (Medeiros et al., 2019). Algumas linhagens são capazes de colonizar apenas regiões específicas das raízes, enquanto outras, denominadas rizosfera-competentes ou endofíticas, colonizam toda a superfície radicular, penetram no espaço intercelular das primeiras camadas da epiderme e permanecem em associação com as raízes por longos períodos (Meyer et al., 2019).

A interação química com a planta hospedeira altera a expressão de vários de seus genes e resulta na produção de compostos antimicrobianos, na ativação dos mecanismos de defesa sistêmica ou induzida da planta e, também, em maior eficiência fotossintética (Lucon, 2009).

Várias espécies de *Trichoderma* produzem ácidos orgânicos, como glucurônico, cítrico ou ácido fumárico, que acidificam o solo, promovendo a solubilização de fosfatos, alguns micronutrientes e cátions, como ferro, manganês e magnésio, essenciais para as plantas (Bononi et al., 2020), contribuindo para aumentar o sistema radicular e, por conseguinte, a região de absorção de nutrientes pela planta. Há relatos de que *Trichoderma* atua na solubilização de outros nutrientes essenciais às plantas, como potássio, cobre e zinco, e aumentam a eficiência do uso de nutrientes como o nitrogênio (Basak; Biswas, 2010; Mastouri et al., 2010; Lucon, 2014). O processo de acidificação local na presença de *Trichoderma* parece ser um dos mecanismos envolvidos no desenvolvimento radicular, pois, após os primeiros dias de crescimento radicular, observa-se, como um mecanismo de defesa para escapar à acidificação do meio, inibição da raiz primária e o consequente desenvolvimento das raízes secundárias (Pelagio-Flores et al., 2017).

Muitas linhagens de *Trichoderma* são capazes de sintetizar ácido indolacético (AIA), hormônio pertencente ao grupo das auxinas AIA, influenciando diretamente o crescimento vegetal (Nieto-Jacobo et al., 2017), bem como citocinina e giberilina (Resende et al., 2014), com ação direta na divisão celular e na promoção da germinação.

Cerca de 250 metabólitos diferentes, incluindo enzimas, peptídeos, metabólitos secundários e outras proteínas (Keswani et al., 2014), são produzidos por *Trichoderma* spp., o que sugere uma vasta possibilidade para o desenvolvimento de uma nova geração de inoculantes e bioprodutos para o manejo de pragas. É crescente o envolvimento de linhagens desse gênero com ação antagonista a outros fungos, pela inibição do seu crescimento e/ou toxicidade ou, ainda, pela ativação de mecanismos de defesa da planta como resposta à infecção por fitopatógenos (Manganiello et al., 2018).

Especificamente no caso da noqueira-pecã, há relatos na literatura sobre o antagonismo e efeito de metabólitos de *Trichoderma* spp. sobre fitopatógenos de parte aérea ou de solo. Rolim et al. (2019) constataram que linhagens de *Trichoderma* spp. apresentaram eficiência no controle in vitro das espécies *Cladosporium pseudocladosporioides*, *C. cladosporioides* e *C. subuliforme*, às custas da produção de compostos voláteis, que resultaram na redução do crescimento micelial dos fitopatógenos. Efeito antagônico também foi verificado por linhagens de *Trichoderma* spp. a *Pestalotiopsis clavispora*, agente etiológico da mancha-foliar em noqueira-pecã (Silva et al., 2013). Linhagens de *Trichoderma* sp. mostraram-se eficientes, ainda, na supressão de *Fusarium* sp., impedindo quase que totalmente o crescimento do patógeno (Poletto, 2008). Esse patógeno tem sua importância na produção de mudas de noqueira-pecã, devido à murcha ou necrose ocasionada, e, em alguns casos, ao anelamento próximo ao colo, com consequente tombamento e morte da planta (Lazarotto et al., 2019).

O uso de *Trichoderma* na cultura da noqueira-pecã ainda é pouco explorado, embora tenha potencial para alterar a arquitetura radicular, com consequente favorecimento do desenvolvimento da planta. Com vistas a suprir a carência de conhecimento sobre diferentes aspectos relacionados à interação entre *Trichoderma* e noqueira-pecã, esforços vêm sendo empreendidos na Embrapa Clima Temperado na busca de selecionar linhagens eficientes para a promoção do crescimento dessa espécie, com foco no desenvolvimento de inoculantes específicos.

Consórcios microbianos e o incremento da eficiência na promoção do crescimento de plantas

Estudos recentes demonstraram o potencial de uso de consórcios microbianos como promotores do crescimento de plantas (Kong et al., 2018), devido à habilidade dos microrganismos envolvidos formarem biofilmes. Microrganismos como *Bacillus* e *Trichoderma* são capazes de produzir biofilmes (Bais et al., 2004; Triveni et al., 2012) e, por meio de vários mecanismos, aumentam a promoção de crescimento das plantas de forma mais eficiente do que os microrganismos empregados isoladamente (Ricci, 2015).

Consórcios microbianos podem ser constituídos de linhagens intimamente relacionadas, usadas para expandir o nicho de atuação (Hu et al., 2016), ou de linhagens distantemente relacionadas, e que atuam por diferentes mecanismos, de modo a contribuir para um efeito conjunto aditivo (Timm et al., 2016). Com base nessa premissa, a engenharia dos consórcios microbianos tem potencial para estabelecer interações microbianas específicas, bastante desejadas, na rizosfera das plantas.

Considerações finais

O início da produção de nozes ocorre entre 4 e 10 anos após o plantio das mudas, mas a produção comercial é atingida na sua plenitude entre 12 e 15 anos (Wells, 2017), o que impõe à cultura um investimento com retorno de longo prazo. Esse fato, aliado à conformação bastante peculiar do sistema radicular das plantas de noqueira-pecã, caracterizada pela ausência de pelos radiculares (Sparks, 2005), torna a espécie bastante propícia para a busca de microrganismos benéficos que propiciem melhor desempenho do sistema radicular frente à absorção de nutrientes, com expectativa de redução do período para início da produção.

Como mencionado, a microbiota desempenha importante papel no crescimento de plantas, na absorção de nutrientes e no manejo de fitopatógenos. Embora algum progresso tenha sido feito na detecção de microrganismos benéficos associados à noqueira-pecã, com foco na promoção do crescimento de plantas e nos agentes de biocontrole, faz-se necessário ampliar a base de conhecimento para que AMF, PGPB e PGPF possam ser aplicados e utilizados de forma eficiente em prol da pecanicultura brasileira, notoriamente para elucidar aspectos relacionados à interação microbiota/planta hospedeira e mecanismos de ação envolvidos no incremento do desenvolvimento e da resistência das plantas a fatores bióticos e abióticos.

A possibilidade de que certos microrganismos tenham maior afinidade por cultivares específicas tem implicações importantes para a produção de mudas em noqueira-pecã, pois a seleção de linhagens eficientes deve ser considerada para as principais cultivares usadas na produção de porta-enxertos, notoriamente 'Barton', 'Elliott', 'Jackson' e 'Moneymaker', especialmente adotadas pela maior facilidade de propagação (germinação de sementes), bom vigor e compatibilidade com o enxerto. Não raro, contudo, o material propagativo obtido dos próprios pomares comerciais, constituído de mistura de sementes de diversas cultivares, é utilizado como porta-enxerto, dificultando a seleção de linhagens microbianas com eficiência para as diferentes cultivares. Há de se considerar, nesse contexto, a possibilidade de efeitos deletérios indesejáveis, pela ocorrência de resposta diferenciada de uma mesma linhagem frente às diferentes cultivares/materiais genéticos.

Outro aspecto intrínseco à noqueira-pecã consiste no tempo necessário para a produção de mudas, tendo em vista que as sementes dessa espécie apresentam dormência, sendo necessária a realização de estratificação, em baixa temperatura, por cerca de 90 dias (Poletto et al., 2016). Microrganismos endofíticos ou associativos, uma vez aplicados em sementes agronômicas de forma isolada, coinoculada ou em consórcios, podem trazer benefícios ao processo de produção de mudas pela possibilidade de favorecimento à germinação de sementes e incremento do sistema radicular.

A expectativa de aumento da temperatura e de períodos secos nos próximos anos, fruto do impacto direto das mudanças climáticas já visíveis, certamente trarão impacto à pecanicultura, especialmente se considerarmos o extenso período no qual a planta de noqueira-pecã permanece produtiva. Nesse contexto, a busca por microrganismos benéficos, adaptados a condições extremas e capazes de associação com a espécie, torna-se desejável.

A aplicação exógena de PGPM auxilia no aumento da disponibilidade de nutrientes, minimizando o uso de fertilizantes químicos, porém o desenvolvimento de inoculantes consiste em um processo longo. Em adição, a busca por desenvolver veículos capazes de colocar o inóculo microbiano no local apropriado reveste-se de especial importância para que a linhagem selecionada possa ter vantagem sobre outras na colonização.

Todos os aspectos abordados se somam à necessidade do cumprimento de aspectos regulatórios relacionados à obtenção de registro junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa).

Certamente, a cooperação entre as instituições de pesquisa que atuam no desenvolvimento de inoculantes e os viveiros credenciados constitui aspecto importante para vencer as etapas mencionadas de forma mais assertiva e concretizar o uso de inoculantes com características específicas na pecanicultura.

Referências

- ADESEMOYE, A. O.; KLOPPER, J. W. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, n. 1, p. 1-12, ago. 2009.
- AHMAD, M.; ZAHIR, Z. A.; NADEEM, S. M.; NAZLI, F.; JAMIL, M.; KHALID, M. Field evaluation of *Rhizobium* and *Pseudomonas* strains to improve growth, nodulation and yield of mung bean under salt-affected conditions. **Soil Environment**, v. 32, n. 2, p. 158-166, 2013.
- AHMED, E.; HOLMSTROM, S. J. Siderophores in environmental research: roles and applications. **Microbial Biotechnology**, v. 7, n. 3, p. 196-208, fev. 2014.
- BAIS, H. P.; FALL, R.; VIVANCO, J. M. Biocontrol of *Bacillus subtilis* against infection of *Arabidopsis* roots by *Pseudomonas syringae* is facilitated by biofilm formation and surfactin production. **Plant Physiology**, v. 134, n. 1, p. 307-319, jan. 2004.
- BASAK, B.; BISWAS, D. Co-inoculation of potassium solubilizing and nitrogen fixing bacteria on solubilization of waste mica and their effect on growth promotion and nutrient acquisition by a forage crop. **Biology and Fertility of Soils**, v. 46, n. 6, p. 641-648, abr. 2010.
- BASHIR, Z.; ZARGAR, M. Y.; HUSAIN, M.; MOHIDDIN, F. A.; KOUSAR, S.; ZAHRA, S. B.; AHMAD, A.; RATHORE, J. P. Potassium solubilizing microorganisms: mechanism and diversity. **Indian Journal of Pure & Applied Biosciences**, v. 5, n. 5, p. 653-660, nov. 2017.
- BEATTIE, G. A. Microbiomes: curating communities from plants. **Nature**, v. 528, n.7582, p. 340-341, dez. 2015.
- BERG, G.; GRUBE, M.; SCHLOTTER, M.; SMALLA, K. Unraveling the plant microbiome: looking back and future perspectives. **Frontiers in Microbiology**, v. 5, article 148, p. 1-7, jun. 2014.
- BIDONDO, L. F.; COLOMBO, R. P.; RECCHI, M.; SILVANI, V. A.; PÉRGOLA, M.; MARTÍNEZ, A.; GODEAS, A. M. Detection of arbuscular mycorrhizal fungi associated with pecan (*Carya illinoensis*) trees by molecular and morphological approaches. **MycologyKeys**, v. 42, p. 73-88, nov. 2018.
- BONITO, G. M.; BRENNEMAN, T.; VILGALYS, R.; Ectomycorrhizal fungal diversity in orchards of cultivated pecan (*Carya illinoensis*; Juglandaceae). **Mycorrhiza**, v. 21, n.7, p.601-612, mar. 2011.
- BONITO, G. M.; SMITH, M. E.; BRENNEMAN, T.; VILGALYS, R. Assessing ectomycorrhizal fungal spore banks of truffle producing soils with pecan seedling trap-plants. **Plant and Soil**, v. 356, n. 1-2, p. 357-366, jan. 2012.
- BONONI, L.; CHIARAMONTE, J. B.; PANSA, C. C.; MOITINHO, M. A.; MELO, I. S. Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-13, fev. 2020.
- FAGERIA, N. K. Yield and yield components and phosphorus use efficiency of lowland rice genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 7, p. 979-989, ago. 2014.
- FITA, A.; RODRIGUEZ-BURRUEZO, A.; BOSCAIU, M.; PROHENS, J.; VICENTE, O. Breeding and domesticating crops adapted to drought and salinity: a new paradigm for increasing food production. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, article 978, nov. 2015.
- GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, 963401, 2012.
- GOLTAPPEH, E. M.; REZAEI DANESH, Y.; PRASAD, R.; VARMA, A. Mycorrhizal fungi: what we know and what should we know? In: VARMA, A. (ed.). **Mycorrhiza**. Berlin: Springer, 2008. p. 3-27. DOI: 10.1007/978-3-540-78826-3_1.

- HAFEEZ, F. Y.; ABAID-ULLAH, M.; HASSAN, M. N. Plant growth promoting rhizobacteria zinc mobilizers: a promising approach for cereals biofortification. In: MAHESHWARI, D. K.; SARAF, M.; AERON, A. (ed.). **Bacteria in Agrobiology: Crop Productivity**. Berlin: Springer-Verlag, 2013. p. 217-236.
- HASSAN, M.; MCINROY, J.; KLOPPER, J. The Interactions of Rhizodeposits with Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in the Rhizosphere: A Review. **Agriculture**, v. 9, n. 7, p. 142, jul. 2019.
- HOULDEN, A.; TIMMS-WILSON, T. M.; DAY, M. J.; BAILEY, M. J. Influence of plant developmental stage on microbial community structure and activity in the rhizosphere of three field crops. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 65, n. 2, p. 193-201, ago. 2008.
- HU, J.; WEI, Z.; FRIMAN, V.P.; GU, S.H.; WANG, X.F.; EISENHAEUER, N.; YANG, T.J.; MA, J.; SHEN, Q.R.; XU, Y.C.; JOUSSET, A. Probiotic Diversity Enhances Rhizosphere Microbiome Function and Plant Disease Suppression. **MBio**, v. 7, n. 6, p. e01790-16, dez. 2016.
- JHA, C. K.; SARAF, M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. **Journal of Agricultural Research and Development**, v. 5, n. 2, p. 108-119, abr. 2015.
- KESWANI, C.; MISHRA, S.; SARMA, B. K.; SINGH, S. P.; SINGH, H. B. Unraveling the efficient applications of secondary metabolites of various *Trichoderma* spp. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 98, n. 2, p. 533-544, nov. 2014.
- KHALID, A.; AKHTAR, M. J.; MAHMOOD, M. H.; ARSHAD, M. Effect of substrate-dependent microbial ethylene production on plant growth. **Microbiology**, v. 75, n. 2, p. 231-236, mar. 2006.
- KONG, W.; MELDGIN, D. R.; COLLINS, J. J.; LU, T. Designing microbial consortia with defined social interactions. **Nature Chemical Biology**, v. 14, n. 8, p. 821-829, jul. 2018.
- LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; MARTINS, C. R. **Podrão de raízes em mudas de nogueira-pecã: diagnóstico e manejo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019. 6 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 369).
- LUCON, C. M. M. **Trichoderma: o que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura**. São Paulo: Instituto Biológico, 2014. 35 p.
- LUCON, C. M. M. **Promoção de crescimento de plantas com o uso de Trichoderma spp.** São Paulo: Instituto Biológico: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal, 2009. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/trichoderma/index.htm. Acesso em: 14 fev. 2020.
- MANGANIELLO, G.; SACCO, A.; ERCOLANO, M. R.; VINALE, F.; LANZUISE, S.; PASCALE, A.; NAPOLITANO, M.; LOMBARDI, N.; LORITO, M.; WOO, L. S. Modulation of tomato response to *Rhizoctonia solani* by *Trichoderma harzianum* and its secondary metabolite harzianic acid. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, article 1966, ago. 2018.
- MAROZZI, G.; SÁNCHEZ, S.; BENUCCI, G. M. N.; BONITO, G.; FALINI, L. B.; ALBERTINI, E.; DONNINI, D. Mycorrhization of pecan (*Carya illinoensis*) with black truffles: *Tuber melanosporum* and *Tuber brumale*. **Mycorrhiza**, v. 27, n. 3, p. 303-309, nov. 2017.
- MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. **Phytopathology**, v. 100, n. 11, p. 1213-1221, out. 2010.
- MEDEIROS, F. H. V.; GUIMARÃES, R. A.; SILVA, J. C. P.; CRUZ-MAGALHÃES, V.; SOUZA, J. T. *Trichoderma: interações e estratégias*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (ed.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: DF: Embrapa, 2019. cap. 6.
- MERBACH, W.; WITTENMAYER, L. Qualitative and quantitative analysis of water-soluble root exudates in relation to plant species and development. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 163, n. 4, p. 381-385, ago. 2000.
- MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (ed.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 538 p.
- MICALLEF, S. A.; CHANNER, S.; SHIARIS, M. P.; COLON-CARMONA, A. Plant age and genotype impact the progression of bacterial community succession in the *Arabidopsis* rhizosphere. **Plant Signaling & Behavior**, v. 4, n. 8, p. 777-780, ago. 2009.
- MUMTAZ, M. Z.; AHMAD, M.; JAMIL, M.; HUSSAIN, T. Zinc solubilizing *Bacillus* spp. potential candidates for biofortification in maize. **Microbiological Research**, v. 202, p. 51-60, jun. 2017.
- MUSILOVA, L.; RIDL, J.; POLIVKOVA, M.; MACEK, T.; UHLIK, O. Effects of secondary plant metabolites on microbial populations: changes in community structure and metabolic activity in contaminated environments. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 8, p. 1205, jul. 2016.
- NADEEM, S. M.; ZAHIR, Z. A.; NAVEED, M.; ARSHAD, M. Rhizobacteria containing ACC-deaminase confer salt tolerance in maize grown on sal taffected fields. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 55, n. 11, p. 1302-1309, nov. 2009.
- NIETO-JACOBO, M. F.; STEYAERT, J. M.; SALAZAR-BADILLO, F. B.; NGUYEN, D. V.; ROSTÁS, M.; BRAITHWAITE, M.; MENDOZA-MENDOZA, A. Environmental growth conditions of *Trichoderma* spp. affects indole acetic acid derivatives, volatile organic compounds, and plant growth promotion. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, article 102, Feb. 2017.
- OROZCO-MOSQUEDA, M. D. C.; ROCHA-GRANADOS, M. D. C.; GLICK, B. R.; SANTOYO, G. Microbiome engineering to improve biocontrol and plant growth-promoting mechanisms. **Microbiological Research**, v. 208, p. 25-31, Jan. 2018.
- PELAGIO-FLORES, R.; ESPARZA-REYNOSO, S.; GARNICA-VERGARA, A.; LÓPEZ-BUCIO, J.; HERRERA-ESTRELLA, A. *Trichoderma*-induced acidification is an early trigger for changes in *Arabidopsis* root growth and determines fungal phytostimulation. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, article 822, May 2017.

- POLETTI, I. **Nutrição, sombreamento e antagonismo biológico no controle da podridão-de-raízes da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill)**. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Florestal, Santa Maria.
- POLETTI, T.; MUNIZ, M. F. B.; POLETTI, I.; STEFENON, V. M.; MACIEL, C. G.; RABUSQUE, J. E. Dormancy overcome and seedling quality of pecan in nursery. **Ciência Rural**, v. 46, n. 11, p. 1980-1985, ago. 2016.
- RESENDE, M. P.; JAKOBY, I. C. M. C.; DOS SANTOS, L. C. R.; SOARES, M. A.; PEREIRA, F. D.; SOUCHIE, E. L.; SILVA, F. G. Phosphate solubilization and phytohormone production by endophytic and rhizosphere *Trichoderma* isolates of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess). **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 27, p. 2616-2623, jul. 2014.
- RICCI, E. C. **Investigating the Role of *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp. Biofilms as Plant Growth Promoting Inoculants**. 2015. 90 p. (Master's thesis) - McGill University, Montreal, QC.
- ROLIM, J. M.; WALKER, C.; MEZZOMO, R.; MUNIZ, M. F. Antagonism and effect of volatile metabolites of *Trichoderma* spp. on *Cladosporium* spp. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, p. e20170594, 2019.
- RUBIN, R. L.; VAN GROENIGEN, K. J.; HUNGATE, B. A. Plant growth promoting rhizobacteria are more effective under drought: a meta-analysis. **Plant and Soil**, v. 416, n. 1-2, p. 309-323, mar. 2017.
- RUZZI, M.; AROCA, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 124-134, nov. 2015.
- SAHA, M.; SARKAR, S.; SARKAR, B.; SHARMA, B. K.; BHATTACHARJEE, S.; TRIBEDI, P. Microbial siderophores and their potential applications: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 5, p. 3984-3999, mar. 2016.
- SHAKEEL, M.; RAIS, A.; HASSAN, M. N.; HAFEEZ, F. Y. Root associated *Bacillus* sp. improves growth, yield and zinc translocation for basmati rice (*Oryza sativa*) varieties. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, article 1286, nov. 2015.
- SICILIANO, S. D.; FORTIN, N.; MIHOC, A.; WISSE, G.; LABELLE, S.; BEAUMIER, D.; OUELLETTE, D.; ROY, R.; WHYTE, L. G.; BANKS, M. K.; SCHWAB, P.; LEE, K.; GREER, C. W. Selection of specific endophytic bacterial genotypes by plants in response to soil contamination. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, n. 6, p. 2469-2475, jun. 2001.
- SILVA, F. B. da; SILVA, F. J. T. da; FERNANDES, F. da S.; LEAL, L. V.; POLETTI, I. Isolamento e seleção de *Trichoderma* spp. antagonistas à *Pestalotiopsis clavispora*, patógeno da nogueira-pecã. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 109-118, dez. 2013.
- SPARKS, D. Adaptability of pecan as a species. **HortScience**, v. 40, n. 5, p.1175-1189, ago. 2005.
- TIAN, L.; ZHOU, X.; MA, L.; XU, S.; NASIR, F.; TIAN, C. Root-associated bacterial diversities of *Oryza rufipogon* and *Oryza sativa* and their influencing environmental factors. **Archives of Microbiology**, v. 199, n. 4, p. 563-571, dez. 2017.
- TIAN, P.; RAZAVI, B. S.; ZHANG, X.; WANG, Q.; BLAGODATSKAYA, E. Microbial growth and enzyme kinetics in rhizosphere hotspots are modulated by soil organics and nutrient availability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 141, article 107662, 2020.
- TIMM, C. M.; PELLETIER, D. A.; JAWDY, S. S.; GUNTER, L. E.; HENNING, J. A.; ENGLE, N.; AUFRECHT, J.; GEE, E.; NOOKAEW, I.; YANG, Z.; LU, T.; TSCHAPLINSKI, T. J.; DOKTYCZ, M. J.; TUSKAN, G. A.; WESTON, D. J. Two poplar-associated bacterial isolates induce additive favorable responses in a constructed plant-microbiome system. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, article 497, abr. 2016.
- TRIVENI, S.; PRASANNA, R.; SAXENA, A. K. Optimization of conditions for in vitro development of *Trichoderma viride*-based biofilms as potential inoculants. **Folia Microbiologica**, v. 57, n. 5, p. 431-437, maio 2012.
- VACHERON, J.; DESBROSSES, G.; BOUFFAUD, M. L.; TOURAINE, B.; MOENNE-LOCCOZ, Y.; MULLER, D.; LEGENDRE, L.; WISNIEWSKI-DYÉ, F.; PRIGENT-COMBARET, C. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, article 356, set. 2013.
- VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v. 255, n. 2, p. 571-586, ago. 2003.
- VOLPIANO, C. G.; LISBOA, B. B.; SÃO JOSÉ, J. F. B.; BENEDUZI, A.; GRANADA, C. E.; VARGAS, L. K. Soil-plant-microbiota interactions to enhance plant growth. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, e0210098, 2022.
- WALLENSTEIN, M. D. Managing and manipulating the rhizosphere microbiome for plant health: a systems approach. **Rhizosphere**, v. 3, part 2, p. 230-232, jun. 2017.
- WELLS, L. **Southeastern Pecan Grower's Handbook**. Georgia: University of Georgia. 2017. 236 p.
- YOUSEIF, S. H.; EL-MEGEED, F. H. A.; SALEH, S. A. Improvement of faba bean yield using *Rhizobium/Agrobacterium* inoculant in low-fertility sandy soil. **Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 2, jan. 2017.

Capítulo 24

Sistema agroflorestal

Meri Diana Strauss Foesch

Eric Weller de Almeida

Ernestino de Souza Gomes Guarino

Introdução

A agricultura é uma atividade produtiva que inerentemente implica a simplificação da natureza. A partir da redução do número de espécies no ambiente e conseqüente substituição da diversidade natural por espécies de interesse econômico, o resultado desse processo é a constituição de ecossistemas artificiais, que exigem constantes intervenções humanas para manutenção da produtividade e controle de inimigos naturais (Altieri, 2012). A partir do processo de industrialização, de crescimento demográfico e do aumento do consumo, a pressão por transformar ecossistemas naturais em áreas agricultáveis, assim como explorá-las em sua capacidade máxima, tem se tornado cada vez maior ao longo do tempo.

Segundo relatório recente da Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial deve atingir o número de 9,7 bilhões de pessoas no ano de 2050 e 10,8 bilhões em 2100. Nesse contexto, apenas o continente europeu apresenta projeção de redução populacional. Em contrapartida, a projeção para a África Subsaariana é de crescimento de cerca de 100%, sendo de 16% para a América Latina e Caribe. Para o Brasil, a projeção média aponta que a população nacional aumentará 7,7% até o ano de 2050, em relação à população de 2020 (ONU, 2019). Nesse cenário, apenas para alimentar corretamente uma determinada parte da população, sem subnutrição nem carência, a quantidade de produtos vegetais destinados à alimentação dos seres humanos e não humanos terá que dobrar no mundo inteiro. Nos países em desenvolvimento, essa produção deverá quase triplicar e mais que quintuplicar na África (Mazoyer; Roudart, 2008). Diante dessas perspectivas, o Brasil tem papel central, visto que é um dos países que têm grande participação na produção e fornecimento de alimentos para o mundo. Portanto, está sujeito aos impactos tanto positivos quanto negativos relacionados a essa condição (Saath; Fachinello, 2018). Grande parte dos modelos de produção agrícolas atuais baseiam-se em sistemas simplificados, pouco diversos, na transgenia, no uso intensivo de agrotóxicos e no desmatamento (Zimmermann, 2011). Essas formas de produção imprimem grandes impactos negativos ao equilíbrio do meio ambiente, justiça social, sustentabilidade econômica dos agroecossistemas, saúde pública, qualidade dos alimentos e integridade ecossistêmica (Altieri, 2012). Nesse sentido, cabe ressaltar que, quando comparada com a agricultura patronal, a agricultura familiar apresenta características intrínsecas a sua forma de coexistir com o espaço agrário, que favorecem produção mais diversificada, relações sociais e econômicas mais justas e valorização cultural (Finatto; Salamoni, 2008).

Sistemas agroflorestais (SAF) podem ser uma alternativa a esse cenário insustentável. Trata-se de sistemas de produção que procuram se assemelhar o máximo possível aos ecossistemas naturais, e que permitem a produção de alimentos associada à conservação ambiental (Amador, 2003). Esses sistemas podem possuir diferentes definições teóricas a partir de seu uso e aplicação. Em termos gerais, pode-se entender por sistemas agroflorestais aqueles nos quais o uso e a ocupação do solo ocorrem com a presença de espécies de plantas perenes (via de regra lenhosas), associadas com culturas agrícolas (anuais e/ou forrageiras), integra-

das ou não com a criação animal, num único agroecossistema (Abdo et al., 2008). Segundo esses autores, a interação entre os diferentes componentes do sistema pode variar conforme o arranjo temporal e/ou espacial, mas é desejável a ocorrência de alta diversidade de espécies e de interações ecológicas simultaneamente. Devido à otimização do uso da terra, tal estratégia de manejo da paisagem é cada vez mais considerada como uma alternativa para conciliar segurança alimentar com a conservação do solo, da água, da biodiversidade e do clima (Huang et al., 2002; Schroth et al., 2004; Garrity et al., 2010; Luedeling et al., 2011, 2013), garantindo benefícios sociais, econômicos e ambientais em diferentes escalas.

Os sistemas agroflorestais aumentam a resiliência da cultura a vários efeitos prováveis das mudanças climáticas, como secas ou temperaturas mais altas, porque aumentam a infiltração e armazenamento de água, reduzindo a evaporação e os extremos de temperatura. Também aumentam os meios de subsistência, pelo fornecimento de serviços ecossistêmicos pelas árvores, como matéria orgânica decorrente de podas; prevenção da erosão, pela descompactação do solo e ligação pelas raízes; regulação do abastecimento de água, pelo levantamento de águas profundas pelas raízes das árvores; redução da dependência de mercados de *commodities* distantes e imprevisíveis; quando as colheitas são ruins, as árvores também fornecem fontes alternativas de renda e alimentos, por exemplo, frutas, forragem ou combustível (Waldron et al., 2017).

Conforme preconizado por Altieri e Farrel (1984), os sistemas agroflorestais devem apresentar algumas características elementares, como:

- Aumento da produtividade: a partir da melhoria das condições promotoras de crescimento das plantas, devido à utilização racional das relações estabelecidas entre os componentes do sistema, bem como ao uso mais eficiente dos bens e serviços naturais (espaço, água, solo, luz e nutrientes).
- Estrutura: diz respeito aos componentes que serão inseridos no sistema, bem como ao arranjo espacial e/ou temporal.
- Sustentabilidade: preconiza os sistemas naturais como referência, com o objetivo de otimizar os efeitos benéficos das interações entre as espécies lenhosas, cultivos anuais e/ou animais inseridas no sistema.
- Adaptabilidade socioeconômica e cultural: os sistemas devem se adaptar às mais diversas realidades socioeconômicas e culturais, para que essas possam se aplicar aos mais diversos tipos de agroecossistemas.
- Aceitabilidade: trata-se da aceitação dos sistemas pela comunidade local. Implementações e melhorias no sistema devem conter sugestões dos atores envolvidos.

Quanto à classificação, os sistemas agroflorestais podem ser divididos de acordo com seus arranjos espacial e temporal, importância e papel de seus componentes, planejamento e/ou produção do sistema e características socioeconômicas (Nair, 1985, 1993). Por exemplo, no que tange aos componentes do sistema, os SAF podem ser classificados como sistemas agrossilviculturais (árvores + culturas agrícolas anuais – Figura 1A); silvipastoris (árvores + animais – Figura 1B); agrossilvipastoris, entre outros (Engel, 1999). Outra forma de classificação dos SAF que vem sendo frequentemente utilizada se refere ao foco da produção, tais como: SAF apícola (voltado para a produção de mel; Wolff et al., 2009), horta floresta (sistema agroflorestal para a produção de hortaliças; Armando et al., 2002), quintais agroflorestais, SAF frutífero (para a produção de frutas), SAF leiteiro (para a produção de leite), etc.

Foto: Carlos Roberto Martins



A

Foto: Ernestino de Souza Gomes Guarino



B

Foto: Valéria Pohlmann



C

Foto: Valéria Pohlmann



D

Figura 1. Exemplos de sistemas agroflorestais com nogueira-pecã: cultivo de Chia, Quinoa, Amaranto no município de Pelotas, RS (A), sistema silvipastoril para criação de gado de leite no município de Santo Cristo, RS (B), milho (C) e milho e feijão (D) entre linhas de frutíferas nativas e exóticas, no município de Pelotas, RS.

Produção de noz-pecã em sistema agroflorestal

A integração da noqueira-pecã com a pecuária é o maior e mais antigo exemplo de sistema silvipastoril dos Estados Unidos (Diver; Ames, 2000; Ares et al., 2006), sendo a prática mais comum de produção da noz-pecã em parte dos estados de Oklahoma, Kansas e Missouri (Ares et al., 2006). De acordo esses autores, além de permitir a conservação de parte da flora herbácea nativa local, a manutenção da noqueira-pecã em conjunto com a criação de gado é uma estratégia de conservação do solo, principalmente em áreas sujeitas a inundações periódicas. Em sistemas sem a presença dos animais, a noqueira-pecã também tem a funcionalidade adicional de protetora do solo, uma vez que é uma espécie que apresenta capacidade de produzir uma quantidade considerável de serrapilheira com teores nutricionais significativos, assim contribuindo tanto para a potencialização da ciclagem de nutrientes, proteção térmica, proteção física e ambiente favorável ao desenvolvimento da fauna edáfica e epígea (Yadav; Bisht, 2014).

Outro sistema bastante comum de produção de noqueira-pecã na América do Norte é o plantio em aleias ou alamedas consorciadas com diferentes espécies de cereais de inverno e verão. Isso porque um dos grandes problemas do monocultivo da noqueira-pecã é o grande tempo para que as árvores produzam nozes de forma rentável (Diver; Ames, 2000). Assim, há o cultivo de cereais (milho, soja, trigo e aveia) nas entrelinhas das árvores, as quais são plantadas em sistema de aleias, com uma ou duas linhas (Van Sambeek; Reid; 2017). O sistema em linhas duplas permite total acesso a todas as árvores, facilitando o manejo das noqueiras (podas, capinas e roçadas), mesmo quando a área está coberta por plantios de cereais. Além de permitir total mecanização do sistema produção, a produtividade de ambos os cultivos é maximizada. O cultivo em aleias está crescendo em popularidade entre os agricultores que desejam maximizar o uso mecanizado da terra, diversificar a produção e aumentar renda agrícola na sazonalidade. O efeito das árvores nesses sistemas é de interesse ambiental também, em parte porque as árvores são capazes de capturar e reciclar nutrientes de horizontes mais profundos do solo, o que maximiza o aproveitamento dos fertilizantes e minimiza a lixiviação e contaminação do solo e da água (Allen et al., 2004). No sudeste dos Estados Unidos também é realizado o cultivo da noqueira-pecã em consórcio com o pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch] nos primeiros 10 a 12 anos, até que a produção de nozes se consolide. O sistema com hortaliças e/ou espécies ornamentais nas entrelinhas e outras frutíferas, como o caqui americano (*Diospyros virginiana* L.), nas linhas também é encontrado na região (Workman et al., 2003).

No Brasil, o cultivo da noqueira-pecã ocorre em zonas mais altas da região Sudeste e em toda região Sul, sendo essa a principal área de concentração de plantio e produção da espécie (Martins et al., 2019). Embora o cultivo da espécie ocorra, na maioria das vezes, em plantios puros, o consórcio da espécie com culturas anuais, perenes e/ou animais vem ganhando espaço nos últimos anos (Figura 2), inclusive encontrando apoio institucional no Rio Grande do Sul por meio do Programa Estadual de Desenvolvimento da Pecanicultura (Pró-Pecã), em que se evidencia formalmente a viabilidade de integração da noqueira-pecã em sistemas agroflorestais (<https://www.agricultura.rs.gov.br/pro-peca>). Nesse contexto, visando exemplificar os sistemas agroflorestais em que a noqueira-pecã é o componente principal, foram avaliados diferentes SAF nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Tabela 1).

Um sistema agroflorestal bastante comum para produção da noz pecã é o cultivo consorciado com a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) (Bilharva et al., 2018) (Tabela 1). Originalmente, a erva-mate é encontrada no interior das florestas nativas que ocorrem em clima subtropical do Brasil, Paraguai e Argentina, portanto, o cultivo consorciado com espécies arbóreas caducifólias e de ciclo longo (Penteado Júnior; Goulart, 2019) simula o ambiente natural de ocorrência da espécie (Baggio et al., 2008), aumentando a produtividade. É importante salientar que ervais arborizados devem preconizar o uso de espécies arbóreas caducifólias, ou seja, espécies que perdem as folhas em parte do ano (Penteado Júnior; Goulart, 2019).

No caso da nogueira-pecã, a espécie perde as folhas entre o final do outono e início do inverno, com novo período de expansão foliar entre o final do inverno e início da primavera (Marchiori, 1997). Assim, o erval tem a nogueira-pecã como espécie de sombra, mas, no período mais úmido do ano, a perda das folhas da nogueira-pecã permite maior aeração e ventilação do sistema e redução dos danos causados pela fumagina (doença fúngica causada por *Meliola sp.* e *Capnodium sp.*; Penteado Júnior; Goulart, 2019). Outro fator que facilita o consórcio entre nogueira-pecã e erva-mate é a diferença de porte entre as espécies. Segundo Câmara et al. (2019), a erva-mate se mostra compatível com a cultura da nogueira-pecã também por apresentar porte menor, permitindo seu cultivo totalmente sob o dossel da nogueira-pecã, aumentando não apenas a quantidade de folhas produzidas, mas também suas propriedades organolépticas, apresentando sabor mais suave, quando cultivada em ambiente sombreado.

De acordo com Câmara et al. (2019), o retorno do investimento (*payback*) do consórcio pecã e erva-mate é de aproximadamente 18 anos. Assim, para reduzir esse tempo, é importante o agricultor inserir culturas com diferentes tempos de retorno financeiros, portanto, complementando os estratos que compõem a agrofloresta. A integração do cultivo de espécies de ciclo anual com nogueira-pecã necessita da avaliação de arranjos benéficos para o sistema, segundo sua funcionalidade e viabilidade econômica e de manejo.

A nogueira-pecã também se adequa a sistemas agroflorestais voltados para produção familiar. Um bom exemplo pode ser encontrado no município de Horizontina (Linha Eldorado, Tabela 1), onde o agricultor cultivou inicialmente nogueira-pecã consorciada com erva-mate. No entanto, a elevada necessidade de mão de obra, aporte de matéria orgânica, e até mesmo de insumos químicos levou o agricultor a aumentar a biodiversidade do cultivo, aproveitando todos os espaços remanescentes para produzir melancia, abóbora e forrageiras no estrato baixo. Além do enriquecimento de espécies frutíferas nativas e de dois cavalos, que se alimentam das forrageiras e de frutas como goiaba, araçá e ameixas, foi sendo agregado valor ao investimento, diluindo os serviços de mão de obra e diminuindo insumos externos. Com o aumento da produção do sistema, considerando-se as diferentes espécies produzidas, os produtos ficaram disponíveis para o consumo pela família, e o excedente para doação ou comercialização.

Tabela 1. Descrição de alguns sistemas agroflorestais compostos por nogueira-pecã, no Sul do Brasil.

Localidade	Consórcio	Idade (ano)	Área (ha)	Espaçamento (m)	Irrigação	Adubação	Poda	Condução	Produção de nozes	Pragas/ doenças e danos mecânicos
Crissiumal (RS), Linha Principal	Nogueira-pecã	7	2,0	6 x 7	Não	Plantio: calcário, superfosfato triplo e adubação orgânica na cova. Manutenção: calcário, ureia, plantio de aveia e nabo.	Poda de formação e verde.	Capim nativo e roçadas-	(-)	Formigas e broca (<i>Xyleborus</i> spp.)
Crissiumal (RS), Linha Missões	Nogueira-pecã, banana, laranja, mamão, acerola, goiaba, framboesa, pitaita e capim-limão	2	1,0	12 x 12	Não	Plantio: calcário, superfosfato triplo e adubo orgânico na cova. Manutenção: calcário e ureia ao redor das árvores.	Poda de formação e verde.	Roçada manual e uso de restos de podas de outros locais na linha.	(-)	(-)
Crissiumal (RS), Linha Brasil	Nogueira-pecã	8	2,0	6 x 7	Não	Não	Poda de formação em parte do pomar.	Presença do gado para baixar o capim.	(-)	<i>Xyleborus</i> spp, sarna e danos nos troncos e galhos caudados pelo gado.
Horizontina (RS), Eldorado	Nogueira-pecã, erva-mate e laranja-de-umbigo	10	0,93	Inicial: 8 x 8, pós-desbastes: 15 x 15 e 16 x 16	Não	Plantio: NPK. Manutenção: cama de galinha + adubação verde com ervilhaca.	Poda de formação anual com posterior poda de inverno.	Fase inicial: capina química e controle de formigas.	50 kg/árvore (com casca)	Formigas
Horizontina (RS), Anel Viário	Diversas nativas	10	3,0	Metade a 10x10 e outra metade a 12x12;210 árvores.	Não	Adubação com restos de material depodas.	Poda de formação em 10% das árvores.	Roçada	50 kg/árvore (com casca)	Formigas

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Localidade	Consórcio	Idade (ano)	Área (ha)	Espaçamento (m)	Irrigação	Adubação	Poda	Condução	Produção de nozes	Pragas/ doenças e danos mecânicos
Ipira (SC)	Nogueira-pecã e erva-mate	12	8,0	10 x 12 e 10 x 10	Não	Inicial: NPK. Manutenção: cama de aviário. Azevém como cobertura de inverno.	Poda de formação e verde.	Capina química; coroaamento uma ou duas vezes/ano.	40 kg/árvore (com casca)	Formigas Relatos de que cama de aviário pode trazer o "corinthiano" (broca da erva-mate).
Canguçu (RS)	Nogueira-pecã e <i>Prunus</i> (pêssego, nectarina e ameixas)	9	0,8	De 10 m entre plantas na linha e 10 m a 14 m entre linhas (Uso de curva de nível); 70 árvores.	Não	Inicial: orgânica com esterco e calcário calcítico. Manutenção: 2 aplicações de calcário e uma de pó de rocha.	Poda de formação	Consórcio com espécies anuais no verão; resíduos de feijão como matéria orgânica.	Produção inicial ao 6º ano baixa. Produção de 100 kg/árvore (com casca) no 9º ano.	Besouro <i>Xyleborus</i> spp. (sem dano significativo)
Presidente Getúlio (SC)	Nogueira-pecã e laranja; nogueira-pecã e banana	9 e 4	0,5 e 0,4	Pecã: 12 x 12; laranja: 4 x 5; pecã e banana (três bananeiras nas linhas entre as nogueiras: 9 x 9)	Não	Adubação com pó de rocha, fosfato natural, pó de ardósia, bokashi e calagem, conforme análise de solo.	Poda de formação nas árvores do 6º ao 8º ano, com poda de frutificação no 9º ano	Roçada duas vezes por ano em áreas sem bovinos e equinos, e uma vez por ano com esses animais.	Produção inicial de 200 g a 300 g (com casca) por árvore.	Serrador (<i>Oncideres</i> spp) e parasitos, principalmente no verão

(-) Informação não disponível.

Fonte: Autores

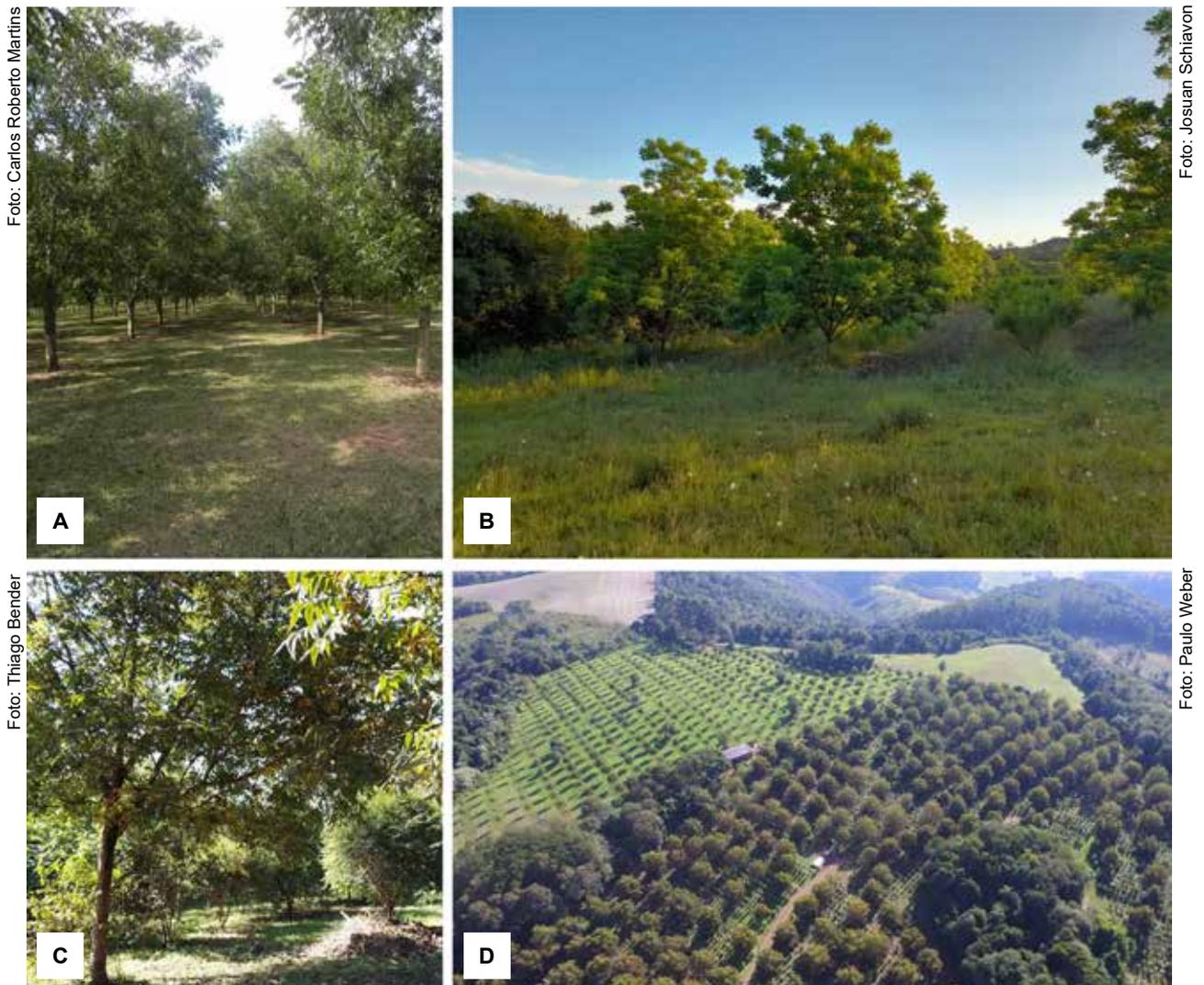


Figura 2. Diferentes sistemas de produção de noqueira-pecã no Sul do Brasil: monocultivo de noqueira-pecã no município de Cachoeira do Sul, RS (A); sistema de cultivo de noqueira-pecã com pessegueiro e ameixeira no município de Canguçu, RS (B); sistema agroflorestal multiestrato no município de Horizontina, RS (C); sistema consorciado de noqueira-pecã e erva-mate no município de Ipira, SC (D).

Os breves relatos, expressos na Tabela 1, ratificam a afirmação, de Yana e Weinert (2001), de que os sistemas agroflorestais multiestrato, os quais combinam espécies agrícolas e florestais, simulando a estrutura e dinâmica de uma floresta, permitem ao agricultor aproveitar todos os estratos da floresta com diferentes cultivos, em diferentes épocas. Nos primeiros anos após a implantação do sistema agroflorestal, são cultivadas plantas de ciclo curto (milho, feijão, abóbora, melancia, abacaxi, batata-doce, etc.) nas entrelinhas das árvores, podendo a produção ser voltada para o autoconsumo do agricultor e sua família, e o excedente comercializado localmente. Esses cultivos de ciclo curto permitem a recuperação de parte do investimento realizado com a aquisição das mudas de noqueira-pecã, as operações de plantio e manutenção do pomar. Assim, além da redução do investimento inicial na instalação do pomar, a geração de renda é constante até o 6º ano, quando a noqueira-pecã inicia sua produção. Mesmo assim, a produção de noz-pecã nos primeiros anos é muito baixa (Martin et al., 2019), sendo necessário o cultivo de outras espécies de ciclo intermediário (Figura 2C), tais como a banana (*Musa* sp.), a goiaba (*Psidium guajava* L.), o caqui (*Dyospiros kaki* L.), a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), a bergamota (*Citrus reticulata* Blanco), o limão (*Citrus limonum* Risso) ou mesmo espécies frutíferas nativas, como o araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) e a pitanga (*Eugenia uniflora* L.).

Além disso, devido às suas características fenológicas (queda das folhas durante o inverno/primavera), a noqueira-pecã permite planejar consórcios agroflorestais com plantas que se beneficiam dessa característica. De forma experimental, no município de Canguçu, pode-se encontrar um consórcio agroflorestal no qual a noqueira-pecã é cultivada em conjunto com prunoideas (pêssego, nectaria e ameixa), mantendo a tradição local de cultivo dessas espécies (Figura 2B). As prunoideas precisam de luz durante parte da produção do fruto, sendo esse período coincidente com o período de caducifolia da espécie na região, o que vem permitindo o cultivo de ambas as espécies no mesmo talhão. Esse consórcio foi encontrado apenas em uma região (Tabela 1), sendo que ainda requer estudos sobre a produção e produtividade de pessegueiros e ameixeiras. Nessa área, o agricultor Josuan Schiavon relata que a sombra proporcionada pelas copas das noqueiras-pecã favoreceu o cultivo de abóboras durante a grande estiagem que ocorreu no Rio Grande do Sul no ano de 2020; segundo o agricultor, as abóboras sob a sombra estavam visivelmente mais vigorosas e, em horários de maior calor do dia, não apresentaram murchamento das folhas.

Há, ainda, a possibilidade de ter nas entrelinhas espécies herbáceas, com a finalidade de promover o incremento de biomassa. Bilharva (2019) realizou experimento com disposição das plantas de noqueira-pecã em um espaçamento de 10 m x 10 m, dentro deste espaço foram implantadas diversas espécies nativas, exóticas e frutíferas lenhosas. Por ser uma cultura de entressafra, a noqueira-pecã traz mais uma vantagem, por estar em frutificação quando há pouca oferta de outras frutas. Outro benefício do cultivo da noqueira-pecã em sistema agroflorestal é a proteção que o sistema com diferentes estratos confere para a espécie em relação a ventos fortes, visto que o SAF funciona como quebra-vento, diminuindo a velocidade do vento e do contato direto com as noqueiras. Conforme afirmam Martins et al. (2019), ventos fortes podem causar danos à cultura, tais como: arranquio de plantas, morte de plantas, quebra de ramos e galhos, rápida desidratação do pólen e do estigma, inviabilizando a polinização, até casos extremos de arranquio de árvores. Também nesse sentido a noqueira-pecã em sistemas agroflorestais está mais protegida das influências externas do vento, como é o objetivo do agricultor da linha Eldorado em Horizontina (Tabela 1). Sua agrofloresta está localizada em uma região de produção de grãos onde são realizadas muitas aplicações de agrotóxicos nas lavouras; assim, para minimizar esse problema, o agricultor tem aumentado o adensamento de espécies florestais nativas nas bordas da propriedade.

A possibilidade do cultivo de culturas anuais ou de ciclo curto concomitantemente ao plantio da noqueira-pecã, além de reduzir o tempo de retorno do investimento, pode criar condições ambientais adequadas para o desenvolvimento inicial dessa espécie, podendo reduzir, por exemplo, a necessidade de irrigação das mudas durante a implantação do pomar. No entanto, faz-se necessário um planejamento adequado dos arranjos agroflorestais (Palma et al., 2019, 2020). Por exemplo, Palma et al. (2020) demonstram que um SAF com foco em hortaliças tem elevado uso de mão de obra, com expressiva demanda até o 4º ano após a implantação da agrofloresta, quando ainda é possível produzir hortaliças, devido à menor cobertura das copas das árvores. Nessa área, apenas durante o primeiro ano, o cultivo de hortaliças e plantas anuais exigiu 200 diárias de um operário rural em uma área de apenas 0,5 ha. Ainda de acordo com esses autores, a elevada necessidade de mão de obra para o manejo dos cultivos anuais levou a um manejo inadequado do componente perene da agrofloresta.

No entanto, sistemas agroflorestais com foco específico em frutíferas demandam menor quantidade de mão de obra nos primeiros anos após a implantação (Palma et al., 2020). Junto à falta de mão-de-obra especializada, a falta de máquinas e equipamentos adaptados para o manejo de sistemas agroflorestais também é um grande gargalo, principalmente quanto a podas e trabalhos em altura (Guarino et al., 2020). Assim, alguns agricultores agroflorestais são obrigados a inventar ou adaptar equipamentos para facilitar o processo de manejo de suas agroflorestas. Esse é o caso do agricultor-inventor Paulo Weber (Ipira, Santa Catarina), que, pensando em facilitar o trabalho de poda das noqueiras-pecã, inventou um equipamento específico para tal finalidade.

Além das espécies viáveis para consórcios com a noqueira-pecã, é importante avaliar quais as cultivares mais adaptadas a esse sistema de produção. Bilharva (2019) avaliou o desempenho de quatro cultivares de noqueira-pecã – ‘Barton’, ‘Cape Fear’, ‘Desirable’ e ‘Shawnee’ – cultivadas em sistema agroflorestal biodiverso no município de Pelotas, RS. De acordo com o autor, não ocorreu diferença significativa de crescimento (altura, diâmetro, área foliar) entre as cultivares, porém, ‘Barton’ e ‘Cape Fear’ são as mais indicadas para esse tipo de sistema de produção, devido à sua precocidade de produção. No Sul do Brasil, a cultivar ‘Barton’ é a mais cultivada (Crosa et al., 2019), o que facilitaria a conversão de pomares puros em sistemas agroflorestais. Além disso, apresenta elevada resistência à sarna (*Venturia effusa*), porém é suscetível à antracnose (*Glomerella cingulata*) (Hamann et al., 2018). Nesse sentido, sistemas produtivos biodiversos tendem a possuir menor susceptibilidade a ataques de insetos e doenças (He et al., 2019), fato já relatado por Reid e Hunt (2000) para sistemas silvipastoris de produção de noqueira-pecã nos Estados Unidos, porém ainda não avaliado em sistemas agroflorestais no Brasil.

Pomares adultos de noqueira-pecã produzem entre 500 e 700 kg/ha/ano de nozes, chegando em 3.000 kg/ha/ano de nozes em pomares altamente tecnificados (Nogara, 2018). Aparentemente, a integração da espécie com espécies de diferentes portes e ciclos de produção não afeta sua produtividade (Tabela 1). Os pomares já produtivos nos sistemas agroflorestais avaliados apresentam produção entre 40 e 50 kg/ha/ano de nozes com casca. Mesmo contando com dados imprecisos, a variação de produção em sistema agroflorestal parece ser próxima à do sistema tradicional, sendo que essa variável parece ser muito mais ligada às condições de solo e ao manejo de podas e de adubação do que ao tipo de sistema de produção. No entanto, no SAF o aporte de matéria orgânica é um fator determinante, já que envolve os sinergismos, e a noqueira-pecã apresenta fortes associações com fungos micorrízicos, o que aumenta a capacidade de absorção dos nutrientes por parte da planta.

Como observado nos exemplos citados, o interesse dos agricultores em trabalhar nesse tipo de sistema de produção é a entrada para a transição de um sistema convencional para um sistema orgânico de produção ou até mesmo agroecológico, substituindo gradativamente insumos externos por adubação verde, matéria orgânica das diversas podas e maior aproveitamento da área com o cultivo em diferentes estratos. Nota-se nos agricultores um entendimento de que no SAF o sistema todo se completa, com uma generalização de saberes e distribuição de investimentos. Já os sistemas puros de noqueira-pecã exigem aportes de recursos financeiros e tecnológicos; essa especialização no cultivo restringe-se em obter melhores resultados apenas dessa espécie. Por isso, a produtividade média de uma espécie em um sistema agroflorestal pode ser menor do que um sistema puro, mas o SAF como um todo deve ser considerado em produção total.

Independentemente da localidade e da complexidade do sistema agroflorestal manejado, os agricultores entrevistados relataram haver pouca ou nenhuma assistência técnica para esse tipo de sistemas de produção. Por isso, os agricultores do município de Rio do Sul, SC, e outros municípios do Alto Vale do Itajaí, organizaram-se em grupo para troca de experiências e pesquisas relacionadas a todo o processo produtivo de noqueira-pecã e integração com outras culturas, como relata o agricultor e técnico da Epagri - SC, Glauco Henrique Lindner.

Considerações finais

A introdução de árvores em qualquer sistema produtivo causa, em um primeiro momento, estranheza para a maioria dos agricultores, por isso é necessária uma assistência técnica com visão sistêmica. A extensão agroflorestal é diferenciada da extensão rural tradicional, pois seu propósito não é reproduzir um pacote tecnológico preestabelecido, mas ajustar gradativamente tal prática agrícola às demandas e necessidades do agricultor, acompanhando, com sensibilidade, a mudança de paradigma produtivo (Moura et al., 2009). Paralelamente, agricultores agroflorestais tendem a possuir visão diferenciada sobre as questões relativas

ao manejo e ao lucro de seus cultivos. Valores sociais e ambientais, como a presença de animais, ar puro, tranquilidade, sombra, diversificação na alimentação da família e outros serviços ambientais, são costumeiramente relatados por agricultores agroflorestais (Nascimento et al., 2018), representando uma religação do homem com a natureza que o cerca.

Referências

- ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 50-59, 2008.
- ALLEN, S. C.; JOSE, S.; NAIR, P. K. R.; BRECKE, B. J.; RAMSEY, C. L. Competition for ¹⁵N-labeled fertilizer in a pecan (*Carya illinoensis* K. Koch)-cotton (*Gossypium hirsutum* L.) alley cropping system in the southern United States. **Plant and Soil**, v. 263, n. 1, p. 151-164, 2004.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista Nera**, Presidente Prudente, n. 16, p. 22-32, 2012.
- ALTIERI, M. A.; FARRELL, J. Traditional farming systems of south-central Chile, with special emphasis on agroforestry. **Agroforestry Systems**, v. 2, n. 1, p. 3-18, 1984.
- AMADOR, D. B. **Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. Restauração de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais - FEPAF, 2003.
- ARMANDO, M. S.; BUENO, Y. M.; ALVES, E. R. da S.; CAVALCANTE, C. H. **Agrofloresta para agricultura familiar**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Circular Técnica, 16).
- ARES, A.; REID, W.; BRAUER, D. Production and economics of native pecan silvopastures in central United States. **Agroforestry Systems**, v. 66, p. 205-215, 2006.
- BAGGIO, A. J.; MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J.; CORREA, G. **Arborização da cultura da erva-mate: aspectos gerais, resultados experimentais e perspectivas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 24 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 161).
- BILHARVA, M. G.; MARTINS, C. R.; HAMANN, J. J.; FRONZA, D.; De MARCO, R.; MALGARIM, M. Pecan: from Research to the Brazilian Reality. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1-16, 2018.
- BILHARVA, M. G. **Sistemas de cultivo da nogueira-pecã**. Tese (Doutor em Ciências com ênfase em Fruticultura de Clima Temperado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, 2019.
- CÂMARA, S.; ANDREATTA, T.; CASARIN, M. A. B.; AZEVEDO, J. de; CHRISTOFARI, L. F. Empreendimentos rurais sustentáveis e composição de reserva legal: um estudo de viabilidade econômica do cultivo consorciado de Nogueira-pecã e Erva-mate. **Cuynomics. Investigaciones en Economía Regional**, v. 2, n. 4, 2019.
- CROSA, C.; MARCO, R. de; MARTINS, C. R. Situação dos pomares de nogueira-pecã no Sul do Brasil. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO UFPEL, 21.; SEMANA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 5., 2019, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2019.
- DIVER, S.; AMES, G. **Sustainable pecan production (Horticulture production guide)**. Butte: National Center for Appropriate Technology: Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA), 2000. 23 p. Disponível em: <https://attra.ncat.org/product/sustainable-pecan-production/>. Acesso em: 28 ago. 2020.
- ENGEL, V. L. **Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações**. Botucatu: FEPAF, 1999.
- GARRITY, D. P.; AKINNISFESI, F. K.; AJAYI, O. C.; WELDESEMAYAT, S. G.; MOWO, J. G.; KALINGANIRE, A.; BAYALA, J. Evergreen agriculture: A robust approach to sustainable food security in Africa. **Food Security**, v. 2, p. 197-214, 2010.
- GUARINO, E. S. G.; HENZEL, A. B. D.; NORONHA, A.; FOESCH, M. D. S.; PETERSON, L.; CAMARGO, A. R.; ANTUNES, H. R. F. **Máquinas e equipamentos úteis para implantação e manejo de sistemas agroflorestais (SAFs)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020. 16 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 486).
- HAMANN, J. J.; BILHARVA, M. G.; BARROS, J. de; MARCO, R. de; MARTINS, C. R. (ed.). **Cultivares de nogueira-pecã no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 43 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 478).
- HE, H.; LIU, L.; MUNIR, S.; BASHIR, N. H.; WANG, J. Y.; LI, C. Crop diversity and pest management in sustainable agriculture. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 9, p. 1945-1952, Sept. 2019.
- HUANG, W.; LUUKKANEN, O.; JOHANSON, S.; KAAKAKKA, V.; RÄISÄNEN, S.; VIHEMÄKI, H. Agroforestry for biodiversity conservation of nature reserves: functional group identification and analysis. **Agroforestry Systems**, v. 55, p. 65, 2002.
- MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: das magnoliáceas às flacurtiáceas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1997. 271 p.
- MARTINS, C. R.; DE MARCO, R.; MEDEIROS, J. C. F.; PORTO, J. A.; BILHARVA, M. G.; HERTER, F. G. **Aspectos e critérios básicos para implantação de pomar de nogueira-pecã**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019. 19 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 365).

- MARTINS, C. R.; FRONZA, D.; MALGARIM, M. B.; BILHARVA, M. G.; MARCO, R. de; HAMANN, J. J. Cultura da noz-pecã para a agricultura familiar. In: WOLFF, L. F.; MEDEIROS, C. A. B. (ed.). **Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 145 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 443).
- MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.
- MOURA, M. R. H.; PENEIREIRO, F. M.; CARNEIRO, R. G.; DURÃES, C. V. Agrofloresta sucessional: perspectivas e desafios para a extensão rural. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2307-2310, 2009.
- NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry systems*, v. 3, n. 2, p. 97-128, 1985.
- NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers: International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), 1993. 499 p.
- NASCIMENTO, J. S.; AGOSTINHO, P. R.; GOMES, H. B.; BEZERRA, G. J.; PADOVAN, M. P. Percepção de agricultores sobre desafios e contribuições de sistemas agroflorestais biodiversos à melhoria ambiental e à qualidade de vida das famílias. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, 2018.
- NOGARA, W. J. P. **Cultura da noz-pecã (*Carya illinoensis*): aspectos de produção, comercialização e perspectivas futuras na região**. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em MBA em Gestão do Agronegócio) - Departamento de Economia Rural e Extensão, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- ONU. Divisão de População do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais. **Perspectivas Mundiais de População 2019: destaques**. Roma: Nações Unidas, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: 24 ago. 2020.
- PALMA, V. H.; ARCO-VERDE, M. F.; EWERT, M. Sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 39, e201902043, 2019. p. 31. Edição especial dos resumos do IUFRO World Congress, 25, 2019, Curitiba.
- PALMA, V. H.; ARCO-VERDE, M. F.; CURCIO, G. R.; GALVÃO, F.; MATTOS, L. M. Análise financeira de sistema agroflorestal (SAF) orgânico do sul do Brasil. **Enciclopedia Biosfera**, v. 17, n. 31, p. 26-39, 2020.
- PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. dos R. **Erva 20: sistema de produção para erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152 p.
- REID, W.; HUNT, K. L. Pecan Production in the Northern United States. **HortTechnology**, v. 10, n. 2, 298-301. 2000.
- SAATH, K. C. de O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018.
- SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A.; VASCONCELOS, H. L.; GASCON, C.; IZAC, A. M. Introduction: The role of agroforestry in biodiversity conservation in tropical landscapes. In: SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A.; VASCONCELOS, H. L. GASCON, C.; IZAC, A. M. (ed.). **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington, DC: Island Press, 2004. p. 1-14.
- YANA, W.; WEINERT, H. **Técnicas de sistemas agroflorestales Multiestrato: Manual práctico**. La Paz: Interinstitucional Alto Beni, 2001. 56 p.
- YADAV, R. P.; BISHT, J. K. Litter fall and potential nutrient returns from pecan nut (*Carya illinoensis*) in agroforestry system in Indian Himalaya. **International Journal of Herbal Medicine**, v. 2, n. 1, p. 51-52, 2014.
- VAN SAMBEEK, J.; REID, W. A double row alley-cropping system for establishing nut orchards. **MNGA (Missouri Nut Growers Association) Newsletter**, v. 17, n. 4, p. 11-14, 2017.
- ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, Belo Horizonte, v. 6, n. 12, p. 79-100, 2011.
- WALDRON, A.; GARRITY, D.; MALHI, Y.; GIRARDIN, C.; MILLER, D. C.; SEDDON, N. Agroforestry can enhance food security while meeting other sustainable development goals. **Tropical Conservation Science**, v. 10, Jan./Dec. 2017.
- WOLFF, L. F.; CARDOSO, J. H.; SCHWENGBER, J. E.; SCHIEDECK, G. **SAF Apícola: Sistema agroflorestal integrando abelhas melíferas africanizadas, abelhas nativas sem ferrão, aroeira vermelha e videiras em propriedade familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 26 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 84).
- WORKMAN, S. W.; BANNISTER, M. E.; NAIR, P. K. R. Agroforestry potential in the southeastern United States: perceptions of landowners and extension professionals. **Agroforestry Systems**, v. 59, n. 1, p. 73-83, 2003.

Capítulo 25

Trufas e noqueira-pecã

Marcelo Aloisio Sulzbacher
Joice Aline Freiberg
Admir José Giachini
Tine Grebenc
Rodrigo Josemar Seminoti Jacques
Zaida Inês Antonioli

Introdução

Um dos principais benefícios dos fungos ectomicorrízicos é o aumento da área de absorção de nutrientes pelas plantas (Lindahl; Tunlid, 2015), como fósforo, nitrogênio, potássio e micronutrientes (Leake et al., 2004; Van der Heijden et al., 2015). Ao usar o nitrogênio do solo, os fungos ectomicorrízicos tendem a aumentar a razão C:N da matéria orgânica, reduzir sua decomposição e aumentar os estoques de carbono no solo (Fujii et al., 2018). Além das funções nutricionais, as ectomicorrizas também protegem as plantas da ação de patógenos, aumentam a resistência à salinidade e à falta de água no solo (Kumar; Atri, 2018), contribuem para a manutenção das cadeias alimentares, por serem fonte de alimentos para muitos organismos, e promovem a diversidade de microrganismos e fauna do solo (Smith; Read, 2008). Em relação às propriedades físicas, a interação entre micélio e raízes também auxilia no processo de agregação do solo, beneficiando a infiltração de água e aeração, e reduzindo a erosão do solo (Rillig; Mummey, 2006).

As associações ectomicorrízicas podem ser estabelecidas por 20 mil a 25 mil espécies de fungos (Kumar; Atri, 2018) e cerca de 6 mil espécies de plantas (Figura 1), especialmente as florestais (Brundrett, 2009) das famílias Juglandaceae (ex.: noqueira-pecã) (Figura 1A), Pinaceae, Fagaceae, Betulaceae, Nothophagaceae, Fabaceae, Gnetaceae e algumas espécies da família Myrtaceae (Kumar; Atri, 2018). No Brasil, já foram registradas mais de 140 espécies de fungos ectomicorrízicos (ECM) (Figura 1B), entre esses os fungos dos gêneros *Amanita*, *Boletus*, *Laccaria*, *Lactarius*, *Ramaria*, *Scleroderma*, *Suillus* e *Pisolithus*, associados principalmente às plantações de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. (Sulzbacher et al., 2013). Além desses, descrições mais recentes também têm evidenciado as associações ectomicorrízicas entre fungos nativos e espécies arbóreas de plantas da Mata Atlântica (Sulzbacher et al., 2019a; Vanegas-Léon et al., 2019).

Os fungos que estabelecem associações ectomicorrízicas pertencem aos filos Ascomycota, Basidiomycota (Smith; Read, 2008) e Mucoromycota (Tedersoo et al., 2018). Morfologicamente, a associação pode ser reconhecida por características do fungo, como a presença do manto, da rede de Hartig e do micélio extrarradicular. O manto (Figura 1C) é formado pelo micélio fúngico, que envolve a superfície da raiz, e a rede de Hartig (Figura 1D) caracteriza-se como o conjunto de hifas entre as células epidérmicas e corticais da raiz. O micélio extrarradicular (Figura 1E) se estende ao solo para a obtenção de nutrientes e revela uma importante função na formação das estruturas reprodutivas dos fungos (Smith; Read, 2008).

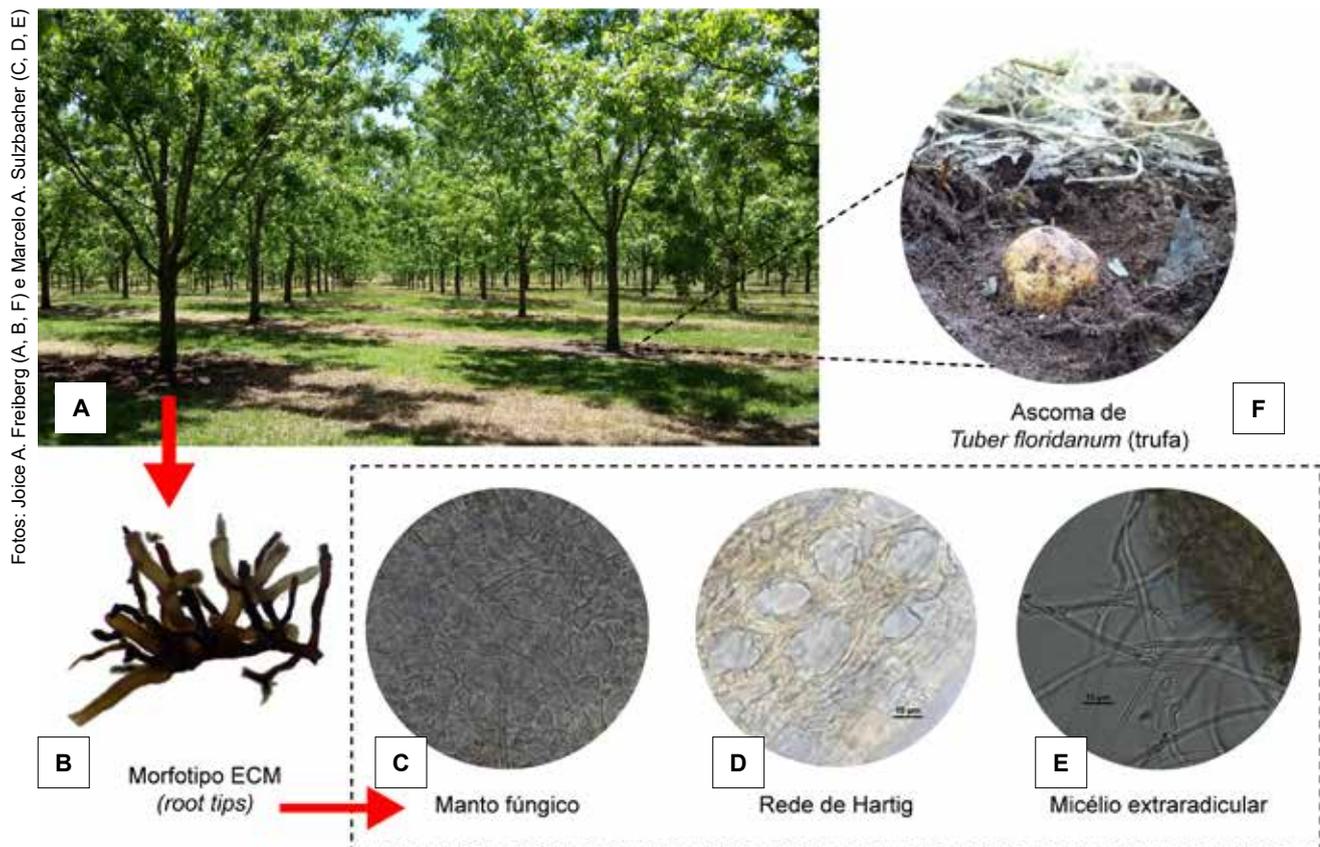


Figura 1. Exemplo de uma associação ectomicorrízica: pomar de noqueira-pecã em condições de ser colonizado por ECM (fungo ectomicorrízico) (A), fragmento de raiz colonizada por ECM (B), manto fúngico (C), rede de Hartig (D) e micélio extraradicular (E); ascoma de fungo ectomicorrízico do gênero *Tuber* na subsuperfície do solo (F).

Determinados fungos ectomicorrízicos formam as trufas, quando associados ao sistema radicular de diferentes grupos de plantas, dentre as quais as famílias Fagaceae (ex.: carvalho) e Juglandaceae (ex.: noqueira-pecã) (Smith; Read, 2008). As trufas são fungos macroscópicos subterrâneos (Figura 1F) e são fonte de alimento para diferentes grupos de animais micófagos (artrópodes, gastrópodes e pequenos mamíferos), ocorrentes em sistemas florestais naturais ou cultivados. Várias espécies de trufas são consideradas comestíveis e apresentam alto valor comercial, devido ao seu aroma e propriedades nutricionais (Hall et al., 2007). Entre elas, destaca-se o gênero *Tuber*, um grupo de fungos do filo Ascomycota, ordem Pezizales e família Tuberaceae (Bonito et al., 2010).

As trufas distribuem-se naturalmente em sistemas florestais de regiões de clima temperado, como Europa e América do Norte (Castellano et al., 2004). Nessas regiões, quando maduras, em estações definidas do ano, exalam um aroma que pode ser sentido por determinados animais. Porcos e cães adestrados são utilizados na busca dessas trufas, para fins gastronômicos. Essa atividade vem sendo desenvolvida durante séculos e é uma importante fonte de renda nos sistemas agroflorestais de países do Hemisfério Norte e também de algumas regiões do Hemisfério Sul (Austrália, Nova Zelândia, Chile).

Associações ectomicorrízicas e as trufas na noqueira-pecã

Nos últimos anos, pesquisas utilizando técnicas morfológicas e moleculares têm demonstrado expressiva diversidade de fungos ectomicorrízicos em pomares de noqueira-pecã (Weht et al., 2000; Ribeiro, 2001; Bonito et al., 2011), notadamente nos Estados Unidos, onde as pesquisas sobre associações ectomicorrízicas nessas plantas são desenvolvidas desde 1930 (Woodroof, 1933; Marx, 1979). Em plantações de noqueira-pecã do estado da Geórgia, por exemplo, já foi reportada ocorrência de fungos micorrízicos dos gêneros *Astraeus*, *Boletus*, *Hebeloma*, *Hymenogaster*, *Inocybe*, *Russula*, *Scleroderma*, entre outros (Bonito et al., 2011).

O gênero *Tuber* foi registrado pela primeira vez em noqueira-pecã em 1989, pela ocorrência de *T. texense* Heimsch (atualmente *T. lyonii*), também no estado americano da Geórgia (Hanlin et al., 1989). Essa espécie já havia sido referenciada para a região do Texas décadas atrás, porém associada a espécies de carvalho (Heimsch, 1958). Uma análise nutricional dessa espécie revelou altos teores de carboidratos, além de proteína (16%) e lipídio (2,8%), esse último composto majoritariamente por ácidos oleico (45,9%) e linoleico (38,0%) (Beuchat et al., 1993). Posteriormente, verificou-se que *T. texense* tratava-se de *Tuber lyonii* Butters (Trappe), comumente reconhecida como “trufa-da-pecã”, devido a sua associação com essa planta (Trappe et al., 1996; Bonito et al., 2011). Além desses estudos, mais recentemente, foi reportada a associação de *Tuber borchii* Vittad., *T. aestivum* Vittad. (Benucci et al., 2012), *T. melanosporum* Vittad. e *T. brumale* (Marozzi et al., 2017) à noqueira-pecã.

Ocorrência de trufas no Estado do Rio Grande do Sul

Durante um levantamento de fungos potencialmente ectomicorrízicos em diferentes pomares de noqueira-pecã no estado do Rio Grande do Sul, pesquisadores do Departamento de Solos e do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria descobriram, no ano de 2016, exemplares de fungos pertencentes ao grupo das verdadeiras trufas do gênero *Tuber*. Posteriormente, essa descoberta demonstrou estar relacionada a uma espécie de fungo inédita para a ciência, não descrita cientificamente. A espécie foi nomeada como *Tuber floridanum* A. Grupe, Sulzbacher & M.E. Smith (Grupe et al., 2018) e batizada, pelo chef Paulo Machado, de “trufa sapucay”, terminologia que remete a *sapucay* ou *sapucaya* e significa “o último grito guarani”.

As trufas nos pomares de noqueira-pecã do RS ocorrem logo abaixo da superfície do solo ou até 20 cm de profundidade (Montecchi; Sarasini, 2000). Os ascomas de *Tuber floridanum* (estrutura reprodutiva macroscópica dos fungos Ascomycota) são arredondados ou lobulados (com sulcos profundos na superfície) (Figura 2A). Os ascomas apresentam tons de cores que variam do esbranquiçado a castanho e até marrom. A superfície do perídio (camada que cobre os ascomas) é totalmente lisa e apresenta cystídios (estruturas microscópicas) do tipo dermatocystídios. A região da gleba (interior da trufa) é sólida, de cor branca quando jovem, ficando marrom-claro a marrom-escuro, quando madura (Figura 2A). O interior é preenchido com finas veias irregulares, que se originam da base da estrutura reprodutiva. Entre as características microscópicas, destaca-se a presença de ascósporos, que são formados no interior de uma estrutura especial denominada asco. Os ascos são subglobosos a largos e elipsoides contendo, frequentemente, de dois a quatro ascósporos (Figura 2B) por asco, irregularmente reticulados, quando maduros (Grupe et al., 2018).

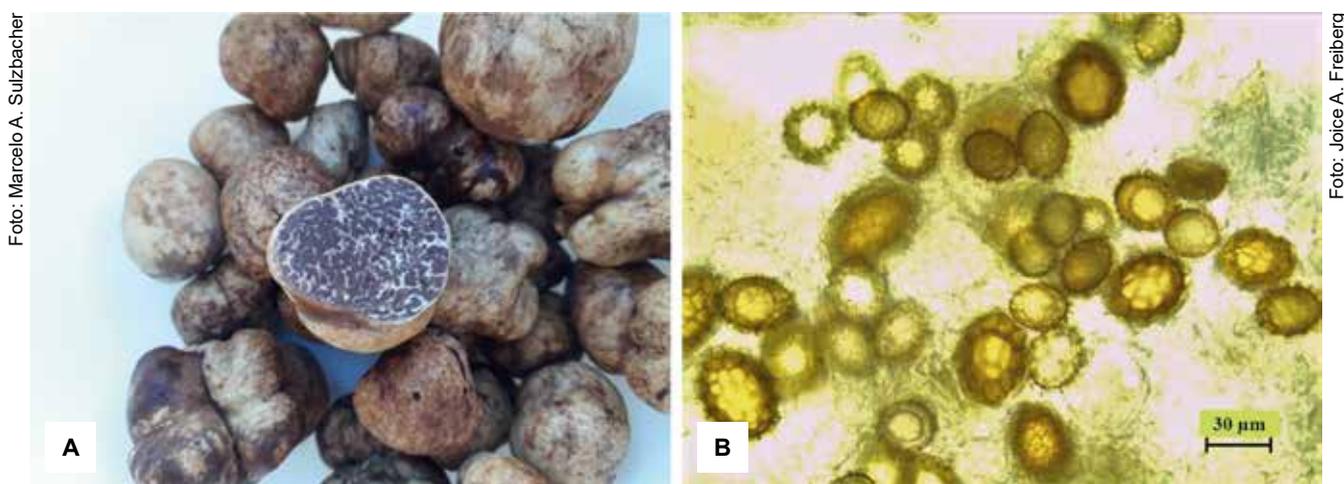


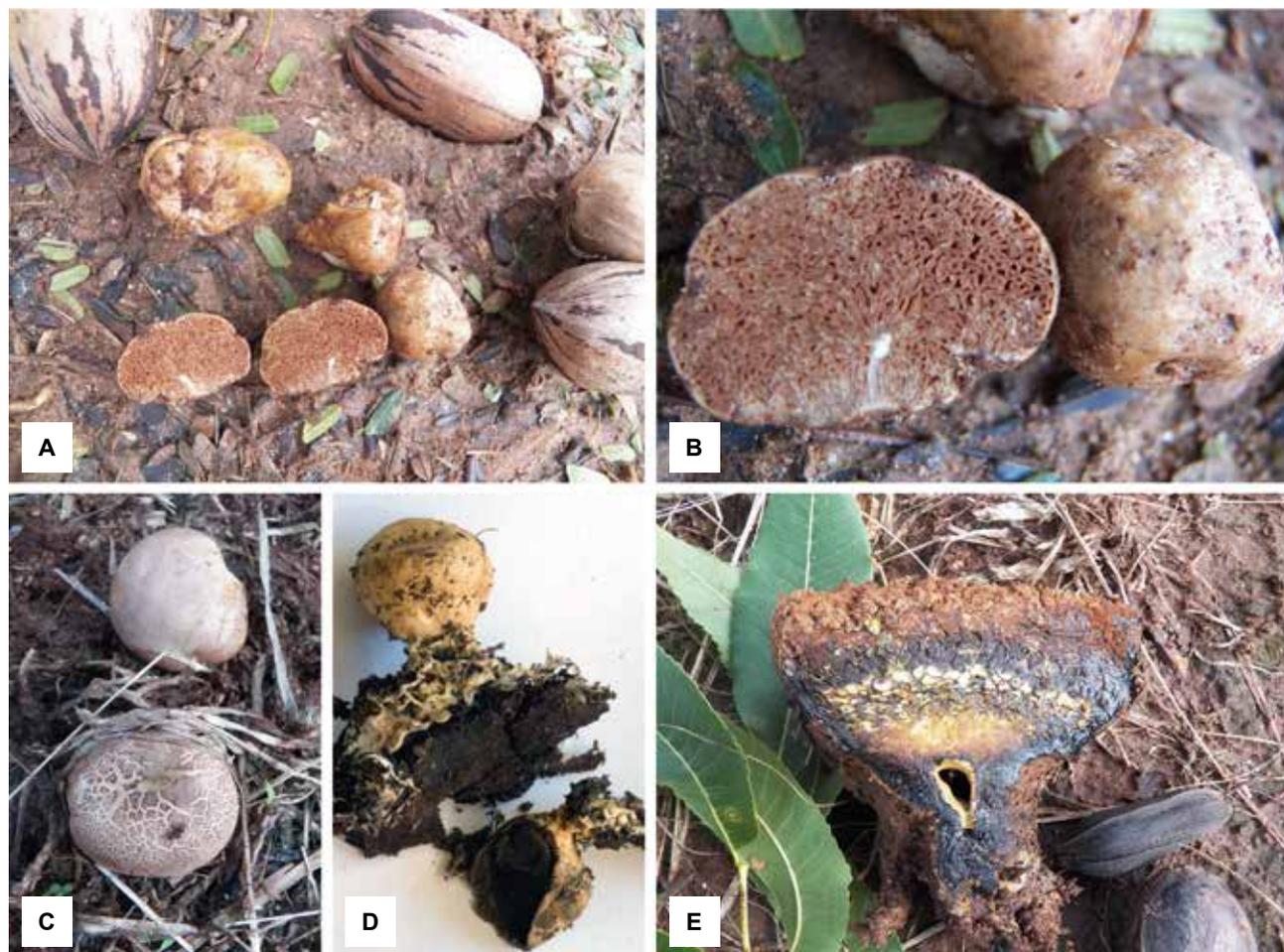
Figura 2. Estruturas macroscópicas e microscópicas da trufa: ascomas de *Tuber floridanum* (A); ascósporos da trufa com superfície irregular e reticulada (B).

Identificação correta das trufas

É muito comum confundir algumas estruturas fúngicas que ocorrem naturalmente em condições de campo com trufas. Entretanto, é de extrema importância saber diferenciá-las. Embora exista semelhança morfológica, a maioria não é comestível e pode ser extremamente tóxica.

Nos pomares de noqueira-pecã, principalmente após longos períodos de chuva, ocorrem diferentes fungos macroscópicos (não comestíveis) que, aparentemente se assemelham às trufas. Porém, quando observados com mais atenção, verifica-se tratar de outros tipos de fungos macroscópicos (Figura 3). Alguns desses são comprovadamente ectomicorrízicos e desenvolvem importante papel na nutrição das plantas, conforme já comentado acima. Em especial, alguns gêneros do filo Basidiomycota podem ser confundidos com as trufas verdadeiras, como a falsa-trufa do gênero *Hymenogaster* (Figuras 3A e 3B). Contudo, esses fungos apresentam a região da gleba de coloração marrom, com lóculos irregulares, que se assemelham a uma esponja (Figura 3B). Diferentemente do gênero *Tuber* (filo Ascomycota), que é caracterizado por apresentar esporos (ascósporos) de origem sexuada no interior de uma estrutura denominada asco. As falsas-trufas do filo Basidiomycota produzem esporos de origem sexuada (basidiósporos), porém esses são formados em hifas diferenciadas, denominadas de basídios. Certas espécies de falsas-trufas são tóxicas, embora benéficas às plantas, podem causar sérios problemas à saúde, se utilizadas na alimentação.

Os fungos gasteroides dos gêneros *Scleroderma* e *Pisolithus* também são confundidos com as trufas, mas não podem ser utilizados na alimentação. Ambos os gêneros são epígeos (desenvolvem-se acima da superfície do solo), diferentemente do que ocorre com as trufas, que são hipógeas (desenvolvem-se abaixo da superfície do solo). Entre as principais características do gênero *Scleroderma* (Figura 3C) está a presença de rizomorfos (cordões de hifas vegetativas dispostas paralelamente) de cor branca, que se ligam à base do basidioma e a gleba (massa de esporos), a qual é pulverulenta, quando o fungo está maduro (Figura 3D). O gênero *Pisolithus*, por sua vez, frequentemente apresenta basidiomas de tamanhos maiores (40 mm a 60 mm de diâmetro) que os ascomas das trufas, um pseudoestipe em exemplares mais velhos, e gleba composta por peridólos de formas irregulares (2 mm a 4 mm diâmetro), que amadurecem da base em direção à região central do basidioma (Figura 3E).



Fotos: Marcelo A. Sulzbacher

Figura 3. Fungos macroscópicos semelhantes à trufa, mas inadequados para uso alimentar: falsa-trufa do gênero *Hymenogaster* (A, B); aparência externa do basidioma de *Scleroderma* (C) e do interior de uma gleba madura contendo a massa pulverulenta de esporos (D); basidioma de *Pisolithus* (E).

Potencial do cultivo de trufas em plantações de noqueira-pecã

Em 2019, foi publicado um artigo tratando de diferentes aspectos sobre o potencial do cultivo de trufas em noqueiras-pecã no Brasil (Sulzbacher et al., 2019b). As condições edafoclimáticas dos pomares de noqueira-pecã no Sul do Brasil favorecem o desenvolvimento de fungos ectomicorrízicos, entre eles, espécies comestíveis de trufas do gênero *Tuber*. O relato da ocorrência das trufas do gênero *Tuber* em simbiose com a noqueira-pecã no Rio Grande do Sul (Grupe et al., 2018) possibilita intensificar o estudo desse grupo de fungos, inclusive visando a exploração comercial.

A truficultura é o ramo da agricultura que se dedica ao cultivo do fungo hipógeo do gênero *Tuber*, com o principal objetivo de produzir trufas para a alimentação humana. Essa perspectiva se baseia em estudos internacionais recentes, que demonstraram que as espécies do gênero *Tuber* podem ser frequentemente encontradas nas plantações comerciais da noqueira-pecã (Bonito et al., 2011; Bonito et al., 2012; Ge et al., 2017). Também há a possibilidade de inoculação, empregando-se esporos de trufas, em que as mudas são inoculadas utilizando-se esporos de *Tuber* spp., e comercializadas aos produtores (Iotti et al., 2012).

Nos Estados Unidos, a espécie *Tuber lyonii* (“trufa-da-pecã”) ocorre frequentemente associada com a noqueira-pecã, assim como com outras espécies florestais dos gêneros *Corylus*, *Quercus* e *Tilia* (Trappe et al., 1996; Bruhn, 2007). *Tuber lyonii* é uma das espécies mais frequentes nos pomares americanos de noqueira-pecã e vem recebendo atenção de especialistas para seu cultivo nos pomares.

Importância gastronômica das trufas brasileiras produzidas em pomares de noqueira-pecã

A descoberta da ocorrência de trufas em pomares de noqueira-pecã na região central do estado do Rio Grande do Sul (no município de Cachoeira do Sul), chamada de trufa sapucay, representa um importante avanço científico, mas sobretudo gastronômico. As trufas são ingredientes desejados na gastronomia, e reconhecidos mundialmente como “diamantes da gastronomia”. A trufa sapucay pertence a um grupo de trufas americanas, nativa dos estados da Flórida e Geórgia, e está geneticamente relacionada com a trufa branca (Grupe et al. 2018), espécie tão desejada e colhida nas florestas da região de Piemonte, na Itália. A trufa sapucay apresenta aromas que remetem a notas de castanha e de macadâmia, combinando perfeitamente com uma série de pratos e até com meleus.

Em outubro de 2019, a história da descoberta da trufa sapucay foi apresentada durante o evento *Mesa Tendências*, no congresso de gastronomia Mesa São Paulo. A ocasião permitiu aproximar a ciência e a gastronomia, e oportunizou a elaboração do prato “Sapucay: do Norte ao Sul”, à base de trufas e noz-pecã, pelos chefs Paulo Machado e Carla Keiko. Ainda durante o congresso, as trufas foram utilizadas no Jantar Magno, no restaurante do renomado chef Alex Atala. A trufa foi um dos ingredientes utilizados pelo cientista e chef internacional Charles Michel para a elaboração de um prato intitulado “A expressão abstrata dos ingredientes nativos”.

Considerações finais

A descoberta de trufas em pomares de noqueira-pecã no estado do Rio Grande do Sul é um indicativo promissor da possibilidade de coprodução de nozes com essa iguaria. A truficultura será uma atividade que agregará desenvolvimento e sustentabilidade à pecanicultura. Nesse sentido, é importante a realização de pesquisas científicas, visando elucidar a ocorrência e o potencial de fungos ectomicorrízicos nos pomares de noqueira-pecã. Além das trufas, outras espécies de fungos ectomicorrízicos também podem apresentar potencial de uso na gastronomia.

Referências

- BENUCCI, G. M. N.; BONITO, G.; FALINI, L. B.; BENCIVENGA, M. Mycorrhization of pecan trees (*Carya illinoensis*) with commercial truffle species: *Tuber aestivum* Vittad. and *Tuber borchii* Vittad. **Mycorrhiza**, v. 22, n. 5, p. 383-392, 2012.
- BEUCHAT, L. R.; BRENNEMAN, T. B.; DOVE, C.R. Composition of the pecan truffle (*Tuber texense*). **Food Chemistry**, v. 46, n. 2, p. 189–192, 1993.
- BONITO, G. M.; GRYGANSKYI, A. P.; TRAPPE, J. M.; VILGALYS, R. A global meta-analysis of *Tuber* ITS rDNA sequences: species diversity, host associations and long-distance dispersal. **Molecular Ecology**, v. 19, n. 22, p. 4994-5008, 2010.
- BONITO, G.; BRENNEMAN, T.; VILGALYS, R. Ectomycorrhizal fungal diversity in orchards of cultivated pecan (*Carya illinoensis*; Juglandaceae). **Mycorrhiza**, v. 21, n. 7, p. 601-612, 2011.
- BONITO, G.; SMITH, M. E.; BRENNEMAN, T.; VILGALYS, R. Assessing ectomycorrhizal fungal spore banks of truffle producing soils with pecan seedling trap-plants. **Plant Soil**, v. 356, p. 357-366, 2012.
- BRUNDRETT, M. C. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. **Plant Soil**, v. 320, n. 1-2, p. 37-77, 2009.
- BRUNDRETT, M. C.; TEDERSOO, L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. **New Phytologist**, v. 220, n. 1-2, p. 1108-1115, 2018.
- BRUHN, J. N. How widespread is the pecan truffle (Texas truffle)? **Pecan Grower**, v. 18, p. 50-51, 2007.
- CASTELLANO, M. A.; TRAPPE, J. M.; LUOMA, D. L. Sequester fungi. In: FOSTER, M. S.; MUELLER, G. M.; BILLS, G. F. (ed.). **Biodiversity of Fungi: inventory and monitoring methods**. Burlington (USA): Academic Press, 2004, p.197–213.
- CHEVALIER, G.; GRENTÉ, J. Application pratique de la synthèse ectomycorhizienne: production à grande échelle de plants mycorhizés par la truffe. **Mushroom Science**, v. 10, p. 483-505, 1979.

- FUJII, K.; SHIBATA, M.; KITAJIMA, K.; ICHIE, T.; KITAYAMA, K.; TURNER, B. L. Plant–soil interactions maintain biodiversity and functions of tropical forest ecosystems. **Ecological Research**, v. 33, n. 1, p. 149-160, 2018.
- GE, Z. W.; BRENNEMAN, T.; BONITO, G.; SMITH, M. E. Soil pH and mineral nutrients strongly influence truffles and other ectomycorrhizal fungi associated with commercial pecans (*Carya illinoensis*). **Plant and Soil**, v. 13, p. 1-14, 2017.
- GRUPE, A. C.; SULZBACHER, M. A.; GREBENC, T.; HEALY, R.; BONITO, G.; SMITH, M. E. *Tuber brennemanii* and *Tuber floridanum*: Two new *Tuber* species are among the most commonly detected ectomycorrhizal taxa within commercial pecan (*Carya illinoensis*) orchards. **Mycologia**, v. 110, n. 4, p. 780-790, 2018.
- HALL, I. R.; BROWN, G.; ZAMBONELLI, A. **Taming the truffle**: the history, lore, and science of the ultimate mushroom. Portland: Timber Press, 2007. 304 p.
- HANLIN, R. T.; WU, M.; BRENNEMAN, T. B. The occurrence of *Tuber texense* in Georgia. **Mycotaxon**, v. 34, p. 387-394, 1989.
- HEIMSCH, C. The first recorded truffle from Texas. **Mycologia**, v. 50, n. 5, p. 657-660, 1958.
- KUMAR, J.; ATRI, N. S. Studies on Ectomycorrhiza: An Appraisal. **The Botanical Review**, v. 84, n. 2, p. 108-155, 2018.
- LEAKE, J.; JOHNSON, D.; DONNELLY, D.; MUCKLE, G.; BODDY, L.; READ, D. Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. **Canadian Journal of Botany**, v. 82, n. 8, p. 1016-1045, 2004.
- LINDAHL, B. D.; TUNLID, A. Ectomycorrhizal fungi – potential organic matter decomposers, yet not saprotrophs. **New Phytologist**, v. 205, n. 4, p. 1443-1447, 2015.
- IOTTI, M.; PIATTONI, F.; ZAMBONELLI, A. Techniques for Host Plant Inoculation with Truffles and Other Edible Ectomycorrhizal Mushrooms. In: ZAMBONELLI, A.; BONITO, G. M. (ed.). **Edible ectomycorrhizal mushrooms**. Berlin: Springer, 2012. p. 145-161.
- MAROZZI, G.; SÁNCHEZ, S.; BENUCCI, G. M. N.; BONITO, G.; FALINI, L. B.; ALBERTINI, E.; DONNINI, D. Mycorrhization of pecan (*Carya illinoensis*) with black truffles: *Tuber melanosporum* and *Tuber brumale*. **Mycorrhiza**, v. 27, n. 3, p. 303-309, 2017.
- MARX, D. H. Synthesis of *Pisolithus* ectomycorrhizae on pecan seedlings in fumigated soil. **Forest Service Research Note**, v. 283, p. 4, 1979.
- MONTECCHI, A.; SARASINI, M. **Fungi ipogei d'Europa**. Vicenza, Italy: Fondazione Centro Studi Micologici dell' A.M.B., 2000.
- RIBEIRO, J. J. O. Isolamento e caracterização de ectomicorrizas em Nogueira Pecã. 2001. 31p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RILLIG, M. C.; MUMMEY, D. L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytology**, n. 171, p. 41-53, 2006.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 2008.
- SULZBACHER, M. A.; GREBENC, T.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIOLLI, Z. I.; Ectomycorrhizal fungi from southern Brazil—a literature-based review, their origin and potential hosts. **Mycosphere**, v. 4, p. 61-95, 2013.
- SULZBACHER, M. A.; GREBENC, T.; GIACHINI, A. J.; BASEIA, I. G.; NOUHRA, E. R. *Hysterangium atlanticum* sp. nov., forms ectomycorrhizae with *Coccoloba* species (Polygonaceae) from the Atlantic rainforest of Northeastern Brazil. **Symbiosis**, v. 78, p. 1-19, 2019a.
- SULZBACHER, M. A.; HAMANN, J. J.; FRONZA, D.; JACQUES, R. J. S.; GIACHINI, A. J.; GREBENC, T.; ANTONIOLLI, Z. I. Fungos ectomicorrízicos em plantações de noqueira-pecã e o potencial da truficultura no Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 975-987, 2019b.
- TEDERSOO, L.; SÁNCHEZ-RAMÍREZ, S.; KÖLJALG, U.; BAHRAM, M.; DÖRING, M.; SCHIGEL, D.; MAY, T.; RYBERG, M.; ABARENKOV, K. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal Diversity**, v. 90, p. 135-159, 2018.
- TRAPPE, J. M.; JUMPPONEN, A.; CAZARES, E. Nats truffle and truffle-like fungi 5: *Tuber lyonii* (= *T. texense*), with a key to the spiny-spored *Tuber* species groups. **Mycotaxon**, v. 60, p. 365-372, 1996.
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; MARTIN, F. M.; SELOSSE, M.; SANDERS, I. R. **Mycorrhizal ecology and evolution**: the past, the present, and the future. **New Phytologist**, v. 205, p. 1406-1423, 2015.
- VANEGAS-LEÓN, M. L.; SULZBACHER, M. A.; RINALDI, A. C.; ROY, M.; SELOSSE, M. A.; NEVES, M. A. Are Trechisporales ectomycorrhizal or non-mycorrhizal root endophytes? **Mycological Progress**, v. 18, 1231-1240, 2019.
- WEHT, C.; OLIVEIRA, V.; BONNASSIS, P. Ecto y endomicorrizas en nogal pecan (*Carya illinoensis* Wang. K. Koch) en el sur de Brasil. In: FERTBIO, 3., 2000, Santa Maria. **Biodinâmica do Solo**: proceedings... Santa Maria: SBCS: SBM: UFSM, 2000. p. 121.
- WOODROOF, N. Pecan mycorrhizae. **Georgia Experiment Station Bulletin**, v. 178, p. 1-26, 1933.

PARTE V

Saúde e usos





Capítulo 26

Composição química e relevância para a saúde

Márcia Vizzotto
Taiane Mota Camargo
Juliana Vinholes
Chirle de Oliveira Raphaelli
Elisa dos Santos Pereira

Introdução

Diferentes pesquisas indicam que a qualidade dos alimentos consumidos tem papel fundamental na prevenção de doenças tais como a diabetes, as doenças cardiovasculares, o câncer entre outras. Uma alimentação variada está na base de uma dieta saudável, pois diferentes tipos de alimentos podem fornecer diferentes tipos de nutrientes (vitaminas, minerais, proteínas, etc.) e não nutrientes (fitoquímicos) que desempenham funções biológicas importantes no organismo humano. Dentre os alimentos considerados saudáveis, os frutos secos destacam-se, pois possuem altos teores de proteínas e ácidos graxos insaturados relatados como benéficos para a saúde (Carey et al., 2012). Assim como os outros frutos secos, a noz-pecã possui elevada quantidade de ácidos graxos, proteínas e aminoácidos, minerais, compostos voláteis, compostos fenólicos, fitoesteróis e vitamina E (tocoferóis). Na composição lipídica, apresenta ácidos graxos mono e poli-insaturados essenciais, ou seja, não produzidos pelo organismo humano, devendo ser obtidos a partir da dieta, dentre os quais se destaca o ácido oleico, importante composto no metabolismo da rota inflamatória sistêmica. Além disso, a noz-pecã possui importantes compostos bioativos, como os fenólicos carotenoides, fitoesteróis e os tocoferóis, os quais estão intimamente ligados a benefícios à saúde promovidos pelo consumo do fruto e uso de infusão da casca.

Na medicina popular, a utilização da casca como promotor de benefícios à saúde é bem difundida para melhora dos níveis lipídêmicos e glicêmicos, pressão elevada e doenças inflamatórias (Hilbig et al., 2018). Seus efeitos têm sido associados a um conjunto de compostos, como ácidos fenólicos, flavonoides, proantocianidinas e taninos condensados presentes na casca (Vazquez-Flores et al., 2017). A relação entre dieta e saúde ocasionou uma busca por informações sobre os fitoquímicos existentes em frutas e vegetais, já que diversos estudos epidemiológicos apontam que uma alimentação rica nesses compostos pode prevenir inúmeras doenças crônicas não transmissíveis, além de promover a regulação de respostas inflamatórias e imunológicas, inibir a proliferação de células cancerígenas e exercer papel importantíssimo na proteção das células frente a danos oxidativos, que são causados por radicais livres e espécies reativas de oxigênio. Dentre os principais fitoquímicos presentes na noz-pecã estão os compostos fenólicos, compostos voláteis, terpenoides, tocoferóis, dentre outros, que são abordados mais detalhadamente neste capítulo (La Rosa et al., 2011).

Esses compostos bioativos se relacionam com a elevada atividade antioxidante apresentada, tanto pelo fruto como pela casca. Esse equilíbrio redox, promovido pelos polifenóis da noz-pecã, possibilita a melhora dos parâmetros bioquímicos nas dislipidemias e doenças cardiovasculares, na diabetes, no câncer, promovendo redução de mortalidade, e longevidade. Esses benefícios estão amplamente comprovados por estudos que avaliam o consumo de nozes e a redução de doenças crônicas, porém ainda necessitam de comprovação para uso na indústria farmacêutica.

Composição nutricional

Em 100 g de amêndoas de noz-pecã existem 3,4 g a 7,9 g de água, 58,1 g a 76,21 g de lipídeos, 7,5 g a 16,13 g de proteínas, 1,42 g de nitrogênio, 12,87 g a 21,69 g de carboidratos, 6,75 g a 11,10 g de fibra bruta, 1,28 g a 1,88 g de cinzas e 645,54 Kcal a 677,88 Kcal (Ryan et al., 2006; Freitas; Naves, 2010; Flores-Córdova et al., 2016; Medina-Juárez et al., 2018; Alves et al., 2019 Maciel et al., 2020).

Ácidos graxos

A noz-pecã contém alta percentagem total de lipídeos, e, de acordo com o estudo de Poletto et al. (2020), a variação desse parâmetro é pequena entre frutos de diferentes acessos. No entanto, o perfil dos ácidos graxos é distinto de acordo com a cultivar de origem do fruto, da região e das condições edafoclimáticas de cultivo, bem como o método de extração utilizado. Como pode ser observado na Tabela 1, a noz-pecã é rica no ácido graxo monoinsaturado ácido oleico (C18:1), e também em ácidos graxos poli-insaturados, tais como o ácido linoleico (C18:2) e o ácido linolênico (C18:3). Esses compostos estão associados a diferentes funções biológicas e podem proteger o organismo humano de diferentes doenças. O consumo de ácidos graxos poli-insaturados está associado, principalmente, à proteção cardiovascular (Forouhi et al., 2018).

Tabela 1. Concentração de ácidos graxos presentes em noz-pecã.

Ácido graxo ^(*)	Concentração (g/100g)	Referência
Ácido mirístico (14:0)	0,08 a 0,014	Medina-Juaréz et al., 2018
Ácido palmítico (16:0)	4,41 a 8,17	Ryan et al., 2006; Medina-Juaréz et al., 2018; Alves et al., 2019
Ácido palmitoleico (16:1)	0,09	Ryan et al., 2006
Ácido margárico (17:0)	0,10	Ryan et al., 2006
Ácido esteárico (18:0)	1,80 a 2,52	Ryan et al., 2006; Medina-Juaréz et al., 2018; Alves et al., 2019
Ácido oleico (18:1)	40,63 a 78,09	Ryan et al., 2006; Medina-Juaréz et al., 2018; Alves et al., 2019
Ácido linoleico (18:2)	13,63 a 68,27	Ryan et al., 2006; Medina-Juaréz et al., 2018; Alves et al., 2019
Ácido linolênico (18:3)	0,42 a 2,34	Ryan et al., 2006; Medina-Juaréz et al., 2018; Alves et al., 2019
Ácido araquídico (20:0)	Traços	(Ryan et al., 2006)
Ácido eicosanoico (20:1)	1,21	(Ryan et al., 2006)
Ácido behênico (22:0)	0,16	(Ryan et al., 2006)
Ácido erucido (22:1)	0,25	(Ryan et al., 2006)

(*) Refere-se ao número de carbonos e número de insaturações encontrados na molécula.

Proteínas e aminoácidos

Devido ao valor substancial de proteínas (9 g por 100 g de fruto), o consumo de uma porção de 15 g de noz-pecã pode contribuir com 1,35 g de proteína, o que corresponde a 2,7% da dose diária recomendada (*Dietary Reference Intakes*; DRI) para um adulto cuja demanda corresponda a 50 g de proteína/dia. Esse fruto seco também contém valores consideráveis de aminoácidos essenciais, 367,2 mg/g de proteína, e de aminoácidos não essenciais 329,5 mg/g de proteína (Freitas; Naves, 2010). Os aminoácidos essenciais majoritários são a fenilalanina + tirosina e a leucina, sendo que esse último é o aminoácido mais requerido pelo organismo humano (DRI de 42 mg/kg/dia). No entanto, também estão presentes valina, isoleucina, lisina, metionina + cisteína, teobromina, histidina e triptofano em menores quantidades. A arginina é o aminoácido não essencial predominante em noz-pecã, mas também podem ser encontradas em menores quantidades a alanina, glicina, prolina e serina.

O consumo de aminoácidos é essencial para o funcionamento do organismo, pois esses compostos estão associados a diferentes funções biológicas, tais como sinalização celular, regulação e expressão de genes, entre outras.

Carboidratos

O conteúdo total de carboidratos em noz-pecã varia entre 2,95 g e 4,15 g por 100 g de fruto, sendo a sacarose o açúcar majoritário, representando 91% a 98% do total de açúcares e, em menores quantidades, estão presentes a glucose e a frutose (Bouali et al., 2020; Venkatachalam, 2004). Bouali et al. (2020) observaram variação significativa no conteúdo total de carboidratos entre cultivares e anos de colheita, e ainda valores superiores aos reportados anteriormente para noz-pecã. Os autores atribuem essa variação a diferenças entre as regiões de cultivo, condições climáticas, maturidade dos frutos, cultivar e práticas de cultivo.

Vitaminas e minerais

Na Tabela 2 é apresentada a composição em vitaminas e minerais da noz-pecã. Esse fruto seco é uma fonte importante de vitaminas, sendo que uma porção de 15 g pode contribuir com 8,6% da dose diária recomendada de tiamina, 4% de vitamina E, 2,6% de ácido pantotênico e 2,1% de vitamina B6. A tiamina, ou vitamina B1, é conhecida por seu papel fundamental no metabolismo energético e a sua deficiência está relacionada com a doença beribéri (Lonsdale, 2006). A importância da vitamina E é discutida em detalhe mais adiante, no item sobre tocoferóis. O ácido pantotênico, ou vitamina B5, é utilizado em coenzima A (CoA) e transportadora acil, que são, respectivamente, proteínas que transportam e transferem grupos acetil e acil. O efeito in vivo do ácido pantotênico parece ser o resultado da sua incorporação nessas proteínas (Kelly, 2011). A vitamina B6 é uma vitamina essencial, que está envolvida no metabolismo de proteínas, lipídeos e carboidratos. Essa vitamina desempenha função importante no sistema nervoso e ainda nos sistemas imune e endócrino (Ahmad et al., 2013). Como pode ser observado, a noz-pecã apresenta valores consideráveis de minerais tais como magnésio, fósforo, zinco, cobre, manganês, cromo e selênio.

Tabela 2. Composição de vitaminas e minerais da noz-pecã e dose diária recomendada (DDR).

Vitamina/mineral	Concentração µg/100g ⁽¹⁾	Dose diária recomendada (µg/dia) ⁽²⁾
Vitamina C	1.100	82.500
Tiamina	660	1.150
Riboflavina	130	1.200
Niacina	1.170	15.000
Ácido pantotênico	860	5.000
Vitamina B6	210	1.500
Folato total	22	400
Vitamina A, µ_ERA	4	800
Vitamina E µg_ATE	4050	15.000
Cálcio	70-209 (Moodley et al., 2002)	10x10 ⁶
Ferro	2,5-10,5 (Moodley et al., 2002)	13.000
Magnésio	121-420 (Moodley et al., 2002)	3,5x10 ⁵
Fósforo	277	7x10 ⁵
Potássio	410	3.000
Zinco	4,5-13,8 (Moodley et al., 2002)	9.500
Cobre	1,2-3,6 (Moodley et al., 2002)	900
Manganês	4,5-19,3 (Moodley et al., 2002)	3.200
Cromo	0,2	30
Selênio	6	55

⁽¹⁾ adaptado de Venkatachalam (2004).

⁽²⁾ adaptado de National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019).

Os minerais exercem papel fundamental no processo metabólico, sendo envolvidos em mecanismos celulares de regulação e catálise, sendo que o consumo de noz-pecã pode fornecer alguns minerais em doses significativas. O consumo de uma porção de 15 g fornece 2,05% da dose diária recomendada de potássio, mineral essencial para o funcionamento normal das células, nervos e músculos, e fornece ainda 2,65% da dose diária recomendada para o selênio. O selênio tem papel significativo em diferentes processos fisiológicos atuando de forma direta ou indireta. No entanto, o seu efeito antioxidante é o mais importante e está relacionado à sua interação com diferentes enzimas (ex.: glutatona peroxidase), e, ainda, na prevenção da oxidação do colesterol LDL, redução da inflamação, aumento do sistema imune e proteção do organismo contra o estresse oxidativo (Tóth; Csapó, 2019).

Composição fitoquímica

Compostos voláteis

Os compostos voláteis conferem o aroma característico de frutas e vegetais. Estudos demonstram que os compostos voláteis individuais 2-metil-butanal, 3-metil-butanal, fenilacetaldéido, hexanal, (*E*)-2-nonenal, (*E*)-2-decenal, undecenal, (*E,E*)-2,4-decadienal, massoialactona, γ -nonalactona e γ -decalactone são encontrados na noz-pecã (Tabela 3). Os compostos voláteis agregam valor econômico ao fruto, com destaque para a massoialactona, composto responsável pelo odor natural de coco, característico da noz-pecã (Cadwallader et al., 2008).

Tabela 3. Concentração de fitoquímicos individuais presentes em noz-pecã reportados na literatura.

Classe de compostos	Compostos Individuais	Concentração	Referências
Compostos voláteis (µg/g)	2-metil-butanal	0,015	(Cadwallader et al., 2008)
	3-metil-butanal	0,007	(Cadwallader et al., 2008)
	Fenilacetaldéido	0,019	(Cadwallader et al., 2008)
	Hexanal	0,335	(Cadwallader et al., 2008)
	(E)-2-nonenal	0,013	(Cadwallader et al., 2008)
	(E)-2-decenal	0,012	(Cadwallader et al., 2008)
	Undecenal	0,003	(Cadwallader et al., 2008)
	Massoialactona	0,094	(Cadwallader et al., 2008)
	γ-nonalactona	0,043	(Cadwallader et al., 2008)
	γ-decalactona	0,122	(Cadwallader et al., 2008)
Compostos fenólicos (mg/g)	Catequina	176,000	(La Rosa et al., 2014)
	Epicatequina	216,000	(La Rosa et al., 2014)
	Ácido elágico	2,960 a 7,000	(La Rosa et al., 2014; Yang et al., 2015)
	Ácido gálico	0,000 a 216,500	(Hawary et al., 2016)
	Rutina	3,840 a 14,380	(Hawary et al., 2016)
	Hesperidina	0,000 a 19,610	(Hawary et al., 2016)
	Quercetrina	0,800 a 4,100	(Hawary et al., 2016)
	Quercetina	1,750 a 5,450	(Hawary et al., 2016)
	Naringinina	1,730 a 5,990	(Hawary et al., 2016)
	Kaempferol	0,740 a 5,490	(Hawary et al., 2016)
	Ácido gálico	0,000 a 216,500	(Hawary et al., 2016)
	Catecol	53,830 a 221,000	(Hawary et al., 2016)
	Ácido clorogênico	8,820 a 01,360	(Hawary et al., 2016)
Ácido vanílico	1,470 a 27,080	(Hawary et al., 2016)	
Esqualeno (mg/g)	-	151,700	(Atanasov et al., 2018)
Fitoesteróis (mg/g)	β-sitosterol	1,572	(Yang et al., 2009)
	Campesterol	0,052	(Yang et al., 2009)
	Estigmasterol	0,340	(Yang et al., 2009)
	Fucosterol	0,101	(Yang et al., 2015)
Tocoferóis (mg/g)	γ-tocoferol	0,168	(Costa; Jorge, 2011)
	α-tocoferol	12,200	(Atanasov et al., 2018)
	δ-tocoferol	168,500	(Yang et al., 2015)

(-) Dado não aplicável.

Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são a classe de compostos bioativos mais amplamente encontrada em frutas e vegetais, possuindo diversas classes, que variam de acordo com sua estrutura química, mas que possuem em comum a existência de um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxila. Segundo Pasini et al. (2013), a noz-pecã está entre os alimentos com maior concentração de compostos fenólicos. Dentre as principais classes identificadas na noz-pecã estão os flavanoides, antocianidinas, proantocianidinas, ácidos fenólicos, ácido elágico, taninos condensados, taninos hidrolisados, antocianinas e fitoesteróis (Carey et al., 2012; La Rosa et al., 2011; Yang et al., 2018).

Diferentes autores relatam a presença de compostos fenólicos individuais (Tabela 21.3), dentre eles a catequina, epicatequina, ácido elágico, mericitina, ácido cumárico e ácido cinâmico, destacando que as condições edafoclimáticas afetam diretamente a concentração desses compostos. A quantificação de compostos fenólicos se faz importante, já que estão diretamente relacionados à capacidade antioxidante, que tem papel essencial no tratamento e prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (La Rosa et al., 2014; Hawary et al., 2016; Medina-Juarez et al., 2018).

Fitoesteróis

Os fitoesteróis incluem uma ampla variedade de compostos que possuem a estrutura semelhante ao colesterol. Os fitosteróis são esteróis com 28 e 29 carbonos (C_{28} ou C_{29}), diferindo do colesterol (C_{27}) pela presença de um grupo metila extra (campesterol) ou etílico (sitosterol), na cadeia lateral do colesterol. Os fitoesteróis identificados como mais abundantes em vegetais são o campesterol, estigmasterol, em maior concentração, e o β -sitosterol (Hovenkamp et al., 2008; Yang et al., 2018). Na noz-pecã são identificados os três compostos (Tabela 21.3), nas concentrações de 1,5742 mg/g, 0,0522 mg/g, e 0,3404 mg/g para os compostos β -sitosterol, campesterol e estigmasterol, respectivamente. O composto fucosterol também é encontrado no fruto. O estudo desses compostos é importante, pois os fitoesteróis estão relacionados à diminuição da absorção de colesterol no intestino delgado, além de possuírem atividades anti-inflamatórias, antitumorais, e no tratamento de doenças cardiovasculares, se consumidos regularmente (Costa; Jorge, 2011; Yang, 2009; Yang et al., 2015).

Esqualeno

O esqualeno é um precursor de esteroide de hidrocarboneto com uma configuração linear e 30 carbonos de comprimento. Alguns autores relatam que o esqualeno é convertido em fitoesteróis nas células vegetais. A noz-pecã possui uma concentração de 151,7 mg/g desse composto. Sua quantificação é de extrema importância, já que o esqualeno é um poderoso antioxidante para inibir a oxidação lipídica, e um inibidor eficaz do oxigênio singlete, agindo frente ao estresse oxidativo (Atanasov et al., 2018; Costa; Jorge, 2011).

Tocoferóis

Os tocoferóis são compostos lipofílicos, possuindo um anel cromanol polar e uma cadeia prenil lipofílica com diferenças na posição e número de grupos metil (Lushchak; Semchuk, 2012). Pertencem à família da vitamina E, sendo sintetizados exclusivamente por organismos fotossintéticos, incluindo plantas, algas e algumas cianobactérias. A noz-pecã é rica em tocoferóis, com destaque para o δ -tocoferol (168,5 mg/g) (Tabela 21.3). Atanasov et al. (2018), em seu estudo, afirmam que a pecã possui, além desses, também γ -tocoferol e o α -tocoferol, nas concentrações de 0,168 mg/g e 12,2 mg/g, respectivamente. Os tocoferóis desempenham papel importante na manutenção do sistema imunológico, limitando a incidência e progressão de muitas doenças degenerativas, incluindo certos tipos de câncer, catarata, desordens neurológicas e doenças cardiovasculares (Costa; Jorge, 2011).

Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos da classe dos terpenoides, formados por 40 átomos de carbono (C_{40}) com graus diferentes de ligações duplas conjugadas. Possuem caráter lipofílico, e um papel crítico no processo de fotossíntese. Dentre os carotenoides encontrados na pecã estão o α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, luteína e zeaxantina (Bolling et al., 2011; Yang et al., 2018). Estudos que determinam os carotenoides individuais são escassos. O consumo de carotenoides é essencial na promoção da regulação da comunicação intercelular, modulação de hormônios e melhora da resposta imune, atuando contra as doenças crônicas não transmissíveis. Além disso, por possuir atividade pró-vitamina A, também desempenha papel importante na prevenção da cegueira e catarata (Costa; Jorge, 2011).

Atividades biológicas

Atividade antidiabética

A literatura relata o uso da espécie *C. illinoensis* para o tratamento da diabetes mellitus tipo II (DMT2), e atribui esse efeito aos constituintes da planta, como os metabólitos secundários, macronutrientes e micronutrientes (Eagappan; Sasikumar, 2014). Além disso, as nozes-pecã, assim como outros frutos secos, são consideradas bom complemento alimentar para indivíduos diabéticos, devido ao baixo conteúdo de carboidratos que compõem o fruto (Asghari et al., 2017).

A atividade antidiabética da noz-pecã pode ser explicada devido à elevada quantidade de ácidos graxos insaturados presentes no fruto, como o linoleico que demonstra estimular a secreção de insulina em células pancreáticas de ratos (Lai et al., 2013; Zhao et al., 2013). Os ácidos graxos insaturados atuam como agonistas naturais de receptores ativados por proliferadores de peroxissomas (um grupo de vários fatores de transcrição que são reguladores chave no catabolismo de ácidos graxos) e inibidores da proteína tirosina fosfatase 1B, um importante regulador negativo na via de sinalização da insulina (Steinmann et al., 2012; Wang et al., 2014).

Compostos fenólicos, presentes em quantidades elevadas na noz-pecã, também estão relacionados com atividade antidiabética. Esses compostos podem atuar na inibição da digestão intestinal do amido, regulando a absorção de glicose no sangue e melhorando a sensibilidade à insulina do fígado e tecidos musculares (Kim et al., 2016). Além disso, proantocianidinas foram isoladas da parte comestível e casca da noz-pecã, e testadas como inibidores da hidrólise de carboidratos, lipídios e proteínas em um sistema digestivo humano simulado. A fração da parte comestível foi a mais eficiente, o que sugere que as proantocianidinas presentes na noz-pecã poderiam ajudar a retardar a absorção de carboidratos e gorduras na dieta, e que características estruturais, como composição de monômeros e grau médio de polimerização, são responsáveis por suas diferentes propriedades de potência (Vazquez-Flores et al., 2017).

Rajaram e Sabate (2006) citam, ainda, que as fibras, os carboidratos e o magnésio presentes na noz-pecã reduzem o risco de DMT2, pois diminuem a demanda e a resistência de insulina em pacientes diabéticos (Rajaram; SAbaté, 2006). As nozes apresentam baixo índice glicêmico (IG), ou seja, quando consumidas, diminuem a liberação de insulina, favorecendo assim um melhor controle da glicemia (Jiang, 2002). Quanto ao teor de magnésio, acredita-se que esteja envolvido na captação de glicose mediada por insulina, pois uma menor concentração intracelular desse íon resulta em atividade defeituosa da tirosina-quinase no receptor de insulina, prejudicando a ação desse hormônio (Viguiouk et al., 2014).

Atividade anti-hiperlipidêmica

O consumo de noz-pecã está associado à redução dos níveis séricos de lipídios e do estresse oxidativo, e a ingestão da fruta, pelo menos uma vez ao dia, é fator redutor de mortalidade por doença cardiovascular (Grosso et al., 2015). Esses efeitos podem estar relacionados aos ácidos graxos insaturados, polifenóis e fitoesteróis. Esses últimos estão presentes nas nozes e sementes, e, por apresentarem estrutura semelhante ao colesterol, podem inibir sua absorção intestinal e reduzir a fração LDL e o colesterol total plasmático (Nissinen et al., 2006). Na noz-pecã o β -sitoesterol é o principal fitoesterol, com concentração aproximada de 120 mg/100g (Jonnala et al., 2006).

Em estudo in vivo, com ratos Wistar, foram aplicadas cinco dietas, sendo: 1) dieta padrão; 2) dieta com alto teor de gordura; 3) dieta com alto teor de gordura + suplemento com óleo de noz-pecã; 4) dieta com alto teor de gordura + polifenóis de noz-pecã; 5) dieta com alto teor de gordura + nozes inteiras; e o efeito de cada fração foi analisado. A dieta com alto teor de gordura aumentou a leptina sérica e o colesterol total em relação aos níveis da dieta controle. A suplementação com nozes inteiras na dieta com alto teor de gordura evitou a hiperleptinemia e diminuiu o colesterol total, em comparação com o controle, e ainda regulou positivamente a

expressão hepática de mRNAs do receptor de apolipoproteína B e LDL, em relação aos níveis da dieta com alto teor de gordura. A suplementação de óleo de noz-pecã na dieta com alto teor de gordura reduziu o nível de triacilgliceróis, em comparação com o controle, e a suplementação de polifenóis de noz-pecã na dieta com alto teor de gordura estimulou a expressão do mRNA alfa do receptor X do fígado. A dieta com nozes inteiras naquela com alto teor de gordura aumentou as atividades da catalase hepática, glutathiona peroxidase e glutathiona S transferase, em comparação com o controle, e diminuiu o grau de peroxidação lipídica, em comparação com a dieta composta somente de alto teor de gordura, sendo considerada a dieta mais bioativa (Domínguez-Avila et al., 2015).

Um estudo foi realizado para avaliar o efeito da dieta mediterrânea suplementada com frutos secos (nozes, avelãs, amêndoas) sobre parâmetros cardiovasculares. A dieta resultou em perda média da circunferência da cintura (-5 cm, variação de -7 cm a -3 cm), acompanhada por diminuição no número e aumento do tamanho de partículas LDL na circulação periférica, o que impede a formação de placas ateroscleróticas nos vasos sanguíneos (Damasceno et al., 2013). Esses resultados demonstram que os frutos secos, apesar do teor relativamente alto de gorduras, podem auxiliar no combate à obesidade abdominal e ajudar na restauração da normalidade da homeostase dos constituintes lipídicos do sangue (Rajaram et al., 2001). Esses efeitos, por sua vez, manifestam-se como uma redução no risco de doença cardiovascular (Damasceno et al., 2013).

A ingestão de noz-pecã (20 g a 32,5 g de nozes ao dia) por homens foi testada em estudo clínico randomizado, de delineamento cruzado, por 4 semanas. Aqueles que consumiram nozes apresentaram diminuição do colesterol total e LDL e dos níveis da molécula 1 de adesão celular vascular, além de melhorar a vasodilatação dependente do endotélio. Os autores relacionaram essa melhora com os níveis de ácido alfa-linolênico e gama-tocoferol na dieta (Ros et al., 2004). Outros estudos clínicos também confirmam que a ingestão de noz-pecã melhora o perfil lipídico (Iwamoto et al., 2002; Rajaram et al., 2001).

Atividade antiobesidade

Apesar da elevada contribuição calórica da noz-pecã em uma dieta, ela contribui de maneira positiva com lipídeos de boa qualidade, como pode ser observado na Tabela 21.2. Em virtude de seu perfil lipídico, esse fruto seco pode ser utilizado como alimento chave no mecanismo de controle do apetite, pelo estímulo à saciedade e redução da fome. Também pode auxiliar no equilíbrio de consumo de ácidos graxos essenciais, fundamental na prevenção e tratamento da obesidade (Simopoulos, 2016).

Estudo de coorte, com profissionais de saúde, demonstrou que o consumo diário desse fruto seco, ou a combinação do consumo de noz-pecã e amendoim, está associado ao menor risco de ganho de peso e menor risco de desenvolver obesidade. Autores sugerem que a noz-pecã seja utilizada como estratégia eficaz em dietas de redução de peso ou prevenção de obesidade (Liu et al., 2019).

Um estudo cruzado testou os efeitos do gasto energético relacionado à dieta e os da oxidação de gordura em 16 indivíduos com excesso de peso, durante um período de 8 horas. Esse estudo demonstrou que, apesar das nozes-pecã terem alto teor de gordura, sua incorporação na dieta não está associada ao ganho de peso mas, ao contrário disso, podem ajudar no controle do peso, pois a oxidação de carboidratos foi menor e a oxidação de gordura foi maior no período do consumo das nozes-pecã do que no período controle, possibilitando o uso de reservas de gordura corporal nesse período (Tapsell et al., 2009).

Em outro estudo, em que se realizou intervenção comportamental e dieta de energia reduzida para perda de peso de homens e mulheres também com excesso de peso, provou-se que o grupo que consumiu 42 g nozes-pecã ao dia demonstrou melhores resultados. A redução no peso corporal, na pressão arterial sistólica, no colesterol total e no colesterol de lipoproteína de baixa densidade (LDL-C) foi superior no grupo intervenção, comparado ao controle (Rock et al., 2017).

Atividade antioxidante e anti-inflamatória

A atividade antioxidante das nozes está relacionada ao conteúdo de tocoferóis e à composição em selênio e zinco (Dugo et al., 2003). Além disso, o fruto é rico em ácidos graxos essenciais, mono e poli-insaturados, além de polifenóis, os quais podem mitigar a inflamação, reduzindo a extensão da síntese de moléculas mediadoras inflamatórias (Ortiz-Quezada et al., 2011).

Os compostos fenólicos de noz-pecã crus e torrados foram extraídos e fracionados para sua avaliação antioxidante *in vitro*. Inicialmente, provou-se que fenólicos presentes na noz-pecã não são suscetíveis à degradação térmica durante a torrefação, trazendo benefícios, mesmo após aplicada essa tecnologia. Os extratos com maior peso molecular (provavelmente ricos em epímeros e trímeros de catequina) apresentaram potencial antioxidante significativo em uma linhagem celular Caco-2, sem apresentar toxicidade. Os autores sugerem, ainda, que as procianidinas oligoméricas, variando em tamanho de 560 a 840 g/mol, parecem ser pequenas o suficiente para captação celular (Kellett et al., 2019).

Noutro estudo, sugere-se que a quantidade de taninos condensados e hidrolisáveis seja fator determinante na atividade antioxidante em cada cultivar de noz-pecã, pois elevada atividade antioxidante foi observada em diferentes cultivares de frutos providas do Texas, a qual se relacionou fortemente ao teor de fenólicos do fruto. A atividade antioxidante avaliada pelo método *Oxygen Radical Absorbance Capacity* (Orac) variou entre 372 a 817 μmol equivalentes de trolox/g de fruto desengordurado (Villarreal-Lozoya et al., 2007).

Valor maior de atividade antioxidante foi encontrado nos extratos de casca verde de noz-pecã do que em extratos da casca madura, também conhecida como casca marrom. Demonstrou-se que extratos da casca madura de noz-pecã contêm resveratrol, ácidos fenólicos e derivados do ácido gálico e proantocianidinas, e os extratos da casca verde apresentam ácidos fenólicos e flavonóides (Flores-Estrada et al., 2019). Esses compostos fenólicos da noz-pecã podem ser absorvidos pelas células e, assim, conferir atividade antioxidante em nível celular nos sistemas biológicos (Kellett et al., 2019). Estudo confirmou que eles são biodisponíveis e podem influenciar a capacidade antioxidante pós-prandial, estando assim disponíveis para uso celular (Haddad, 2011).

Já em estudo clínico realizado com 16 homens e mulheres saudáveis, os participantes receberam refeições com nozes-pecã inteiras, nozes-pecã misturadas ou refeições isocalóricas, feitas com ingredientes refinados; e as concentrações plasmáticas de tocoferóis e Orac, bem como a presença de LDL oxidado, foram avaliadas. Duas horas após a ingestão de uma refeição com noz-pecã, as concentrações de gama-tocoferóis plasmáticos dobraram em relação às observadas dentro de 8 horas após o consumo dessas frutas. Também foi observada diminuição concomitante dos níveis de LDL oxidado de 29,6%, 2 horas pós-refeição; 33,3%, 3 horas pós-refeição; e 26,3%, 8 horas pós-refeição (Hudthagosol et al., 2011). Outro composto presente nas nozes-pecã é epigallocatequina-3-galato (EGCG). As concentrações plasmáticas de EGCG após 1 hora do consumo de noz-pecã foi $95,1 \pm 30,6$ nmol/L, e $116,3 \pm 80,5$ nmol/L após 2 horas. Esses valores são significativamente diferentes dos observados nos mesmos intervalos em indivíduos alimentados com refeição controle isocalórica ($P < 0,05$) (Hudthagosol et al., 2011).

Atividade anticancerígena

Os fitoesteróis presentes nos frutos secos estão relacionados à prevenção de diversas doenças, entre elas câncer de cólon, mama e próstata. Os possíveis mecanismos de proteção dos fitoesteróis apontados na literatura incluem sua ação benéfica sobre a estrutura, fluidez e funções enzimáticas das membranas celulares, além do estímulo à apoptose, à função imune celular e inibição de metástase. Observou-se que o β -sitosterol, que está em maior quantidade nos frutos secos, demonstrou maior efeito protetor contra células de câncer de mama (Awad et al., 2003; Bennani et al., 2007). Outros compostos, como resveratrol, ácido elágico e proantocianidinas, também possuem efeito antiproliferativo, podendo causar morte celular (Flores-Estrada et al., 2019).

Estudo in vitro com extrato de noz-pecã, rico em compostos de elevado peso molecular (provavelmente taninos condensados e/ou hidrolisáveis) e com alta atividade antioxidante, apresentou efeito antiproliferativo contra linhagem celular de carcinoma da bexiga (T24) e com valor de percentual de morte celular (EC_{50} 0,26 mg/mL) mais elevado que extratos da casca (La Rosa et al., 2014). Outro estudo in vitro avaliou a atividade antiproliferativa de resíduos de noz-pecã de duas cultivares (Wichita e Western) contra linhagem celular tumoral ginecológica (HeLa), de células epiteliais basais alveolares humanas adenocarcinômicas (A549), câncer de próstata (PC-3), adenocarcinoma intestinal de cólon (LS180) e células retinianas normais (ARPE-19). Como resultado, o estudo mostrou efeito antiproliferativo contra células HeLa do extrato de casca marrom na concentração de acima de 200 μ g/mL com valores de IC_{50} de $153,72 \pm 2,03$ e $174,19 \pm 1,05$ μ g/mL para as cultivares Western e Wichita, respectivamente (Flores-Estrada et al., 2019). Além disso, as frações de glutelina dos peptídeos codificados, presentes nas proteínas de armazenamento de nozes digeridas com tripsina (50 μ g/mL), são capazes de induzir até 19% da apoptose nas células cancerígenas cervicais HeLa e CasKi, derivadas de câncer cervical (Mares-Mares et al., 2017).

Dentre os extratos de nozes-pecã e de outros frutos secos, como amendoim, pistache, avelã, castanha-do-pará, pinhões, macadâmia, castanha-de-caju e amêndoas, a noz-pecã e a noz-persa demonstraram maiores atividades antiproliferativas contra câncer de fígado (HepG2) e carcinoma de cólon (Caco-2), apresentando EC_{50} de 9,7 e 2,5 mg/mL, respectivamente (Yang et al., 2009). É sugerido pelos autores que esse efeito antiproliferativo da noz-pecã está relacionado ao seu teor e tipo de compostos fenólicos presentes no fruto, porém isso ainda não está totalmente elucidado para uso no tratamento de carcinomas (Flores-Estrada et al., 2019; Yang et al., 2009). Sabe-se que compostos fenólicos podem atuar em diversas frentes de combate as células carcinogênicas, especialmente nas vias de sinalização de apoptose, na parada do ciclo celular e na modulação de genes que codificam metástase e angiogênese (Działo et al., 2016).

Estudos com humanos reforçam apenas o uso do fruto como forma de prevenção de diversos tipos de câncer. De acordo com resultados preliminares do estudo de coorte denominado *European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition* (EPIC), a ingestão diária de cerca de 15 g de frutos secos está associada ao menor risco de desenvolvimento de câncer de cólon em mulheres. Essa atividade foi relacionada ao teor de compostos bioativos presente nos frutos secos (Jenab et al., 2004).

Considerações finais

A noz-pecã é uma fonte importante de nutrientes e compostos que exercem papel fundamental para a manutenção da saúde humana. O consumo ideal seria de uma porção de 15 g de noz-pecã/dia, quantidade associada com efeitos benéficos, para fornecer 2,7% da dose diária recomendada de proteínas, boas quantidades de ácidos oleico e linoleico, vitaminas (8,6% da dose diária recomendada de tiamina, 4% de vitamina E, 2,6% de ácido pantotênico e 2,1% de vitamina B6), minerais (2,05% da dose recomendada de potássio e 2,65% da dose recomendada de selênio), que são nutrientes importantes para o funcionamento normal do organismo. Entretanto, em virtude do elevado teor lipídico da noz-pecã, indivíduos que precisam restringir calorias devem ter acompanhamento com nutricionista para adequar a quantidade a ser ingerida.

Cabe destacar que os fitoquímicos presentes na noz-pecã, tais como compostos fenólicos, esteróis e tocoferóis (vitamina E) estão associados positivamente a uma série de benefícios à saúde humana, especialmente na diabetes e nas doenças cardiovasculares, interferindo também na obesidade e processos oncológicos.

Referências

- AHMAD, I.; MIRZA, T.; QADEER, K.; NAZIM, U.; VAID, F. H. M. Vitamin B6: Deficiency diseases and methods of analysis. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 26, n. 5, p. 1057-1069, set. 2013.
- ALVES, J. dos S.; CONFORTIN, T. C.; TODERO, I.; RODRIGUES, A. S.; RIBEIRO, S. R.; BOEIRA, C. P.; WAGNER, R.; MAZUTTI, M. A.; ROSA, C. S. DA. Simultaneous extraction of oil and bioactive compounds from pecan nut using pressurized solvents. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 153, p. 104598, nov. 2019.

- ASGHARI, G.; GHORBANI, Z.; MIRMIRAN, P.; AZIZI, F. Nut consumption is associated with lower incidence of type 2 diabetes: The Tehran Lipid and Glucose Study. **Diabetes and Metabolism**, v. 43, n. 1, p. 18-24, fev. 2017.
- ATANASOV, A. G.; SABHARANJAK, S. M.; ZENGIN, G.; MOLLICA, A.; SZOSTAK, A.; SIMIRGIOTIS, M.; HUMINIECKI, Ł.; HORBANCZUK, O. K.; NABAVI, S. M.; MOCAN, A. Pecan nuts: A review of reported bioactivities and health effects. **Trends in Food Science and Technology**, v. 71, p. 246-257, jan. 2018.
- AWAD, A. B.; WILLIAMS, H.; FINK, C. S. Effect of phytosterols on cholesterol metabolism and MAP kinase in MDA-MB-231 human breast cancer cells. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 14, n. 2, p. 111-119, fev. 2003.
- BENNANI, H.; DRISSI, A.; GITON, F.; KHEUANG, L.; FIET, J.; ADLOUNI, A. Antiproliferative effect of polyphenols and sterols of virgin argan oil on human prostate cancer cell lines. **Cancer Detection and Prevention**, v. 31, n. 1, p. 64-69, jan. 2007.
- BOLLING, B. W.; CHEN, C. Y. O.; MCKAY, D. L.; BLUMBERG, J. B. Tree nut phytochemicals: Composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts. **Nutrition Research Reviews**, v. 24, n. 2, p. 244-275, dez. 2011.
- BOUALI, I.; TSAFOUROS, A.; NTANOS, E.; ALBOUCHI, A.; BOUKHCHINA, S.; ROUSSOS, P. A. Inter-cultivar and temporal variation of phenolic compounds, antioxidant activity and carbohydrate composition of pecan (*Carya illinoensis*) kernels grown in Tunisia. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v. 61, n. 1, p. 183-196, nov. 2020.
- CADWALLADER, K. R.; KIM, H.; PUANGPRAPHANT, S.; LARJAROENPHON, Y. Changes in the aroma components of pecans during roasting. **Expression of Multidisciplinary Flavour Science** (12th Weurman Symposium), n. 6, p. 301-304, 2008.
- CAREY, A. N.; POULOSE, S. M.; SHUKITT-HALE, B. The beneficial effects of tree nuts on the aging brain. **Nutrition and Aging**, v. 1, n. 1, p. 55-67, 2012.
- COSTA, T.; JORGE, N. Compostos bioativos benéficos presentes em castanhas e nozes. Beneficial bioactive compounds present in nuts and walnuts. **Ciência Biológica e da Saúde**, v. 13, n. 3, p. 195-203, mar. 2011.
- DAMASCENO, N. R. T.; SALA-VILA, A.; COFÁN, M.; PÉREZ-HERAS, A. M.; FITÓ, M.; RUIZ-GUTIÉRREZ, V.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, M.-Á.; CORELLA, D.; ARÓS, F.; ESTRUCH, R.; ROS, E. Mediterranean diet supplemented with nuts reduces waist circumference and shifts lipoprotein subfractions to a less atherogenic pattern in subjects at high cardiovascular risk. **Atherosclerosis**, v. 230, n. 2, p. 347-353, out. 2013.
- DOMÍNGUEZ-AVILA, J. A.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; LÓPEZ-DÍAZ, J. A.; MALDONADO-MENDOZA, I. E.; GÓMEZ-GARCÍA, M. DEL C.; LA ROSA, L. A. DE. The pecan nut (*Carya illinoensis*) and its oil and polyphenolic fractions differentially modulate lipid metabolism and the antioxidant enzyme activities in rats fed high-fat diets. **Food Chemistry**, v. 168, p. 529-537, fev. 2015.
- DUGO, G.; PERA, L. LA; TURCO, V. LO; MAVROGENI, E.; ALFA, M. Determination of selenium in nuts by cathodic stripping potentiometry (CSP). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 13, p. 3722-3725, jun. 2003.
- DZIAŁO, M.; MIERZIAK, J.; KORZUN, U.; PREISNER, M.; SZOPA, J.; KULMA, A. The potential of plant phenolics in prevention and therapy of skin disorders. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 2, p. 160, fev. 2016.
- EAGAPPAN, K.; SASIKUMAR, S. Therapeutic effects of nuts in various diseases. **International Journal of Recent Scientific Research**, v. 5, n. 1, p. 190-197, jan. 2014.
- FLORES-CÓRDOVA, M. A.; BERZOZA-VASQUEZ, P.; SÁNCHEZ-CHÁVEZ, E.; SOLÍS, J. I. S.; GUERRERO-MORALES, S.; HERNÁNDEZ-CARRILLO, J. Composición fisicoquímica y capacidad antioxidante del fruto del pecanero en condiciones de año de elevada producción y de año de baja producción. **ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria**, v. 112, n. 3, p. 255-270, fev. 2016.
- FLORES-ESTRADA, R. A.; GÁMEZ-MEZA, N.; MEDINA-JUÁREZ, L. A.; CASTILLÓN-CAMPAÑA, L. G.; MOLINA-DOMÍNGUEZ, C. C.; RASCÓN-VALENZUELA, L. A.; GARCÍA-GALAZ, A. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and antiproliferative activities of wastes from pecan nut [*Carya illinoensis* (Wagenh.) K. Koch]. **Waste and Biomass Valorization**, May 2019.
- FOROUHI, N. G.; KRAUSS, R. M.; TAUBES, G.; WILLETT, W. Dietary fat and cardiometabolic health: evidence, controversies, and consensus for guidance. **THE BMJ**, 361k2139-k2139, jun. 2018. DOI 10.1136/bmj.k2139.
- FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 2, p. 269-279, mar./abr. 2010.
- GROSSO, G.; YANG, J.; MARVENTANO, S.; MICEK, A.; GALVANO, F.; KALES, S. N. Nut consumption on all-cause, cardiovascular, and cancer mortality risk: a systematic review and meta-analysis of epidemiologic studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 101, n. 4, p. 783-793, abr. 2015.
- HADDAD, E. H. Health Effects of a Pecan [*Carya illinoensis* (Wagenh.) K. Koch] Nut-rich Diet. In: PREEDY, V. R.; WATSON, R. R.; PATEL, V. B. (ed.). **Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention**. Cambridge: Academic Press, 2011. p. 891-898.
- HAWARY, S. S.; SAAD, S.; HALAWANY, A. M.; ALI, Z. Y.; BISHBISHY, M. Phenolic content and anti-hyperglycemic activity of pecan cultivars from Egypt. **Pharmaceutical Biology**, v. 54, n. 5, p. 788-798, out. 2016.
- HILBIG, J.; POLICARPI, P. DE B.; GRINEVICIUS, V. M. A. DE S.; MOTA, N. S. R. S.; TOALDO, I. M.; LUIZ, M. T. B.; PEDROSA, R. C.; BLOCK, J. M. Aqueous extract from pecan nut [*Carya illinoensis* (Wagenh.) C. Koch] shell show activity against breast cancer cell line MCF-7 and Ehrlich ascites tumor in Balb-C mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 211, p. 256-266, jan. 2018.

- HOVENKAMP, E.; DEMONTY, I.; PLAT, J.; LÜTJOHANN, D.; MENSINK, R. P.; TRAUTWEIN, E. A. Biological effects of oxidized phytosterols: A review of the current knowledge. **Progress in Lipid Research**, v. 47, n. 1, p. 37-49, jan. 2008.
- HUDTHAGOSOL, C.; HADDAD, E. H.; MCCARTHY, K.; WANG, P.; ODA, K.; SABATÉ, J. Pecans acutely increase plasma postprandial antioxidant capacity and catechins and decrease LDL oxidation in humans. **The Journal of Nutrition**, v. 141, n. 1, p. 56-62, jan. 2011.
- IWAMOTO, M.; IMAIZUMI, K.; SATO, M.; HIROOKA, Y.; SAKAI, K.; TAKESHITA, A.; KONO, M. Serum lipid profiles in Japanese women and men during consumption of walnuts. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 56, n. 7, p. 629-637, jul. 2002.
- JENAB, M.; FERRARI, P.; SLIMANI, N.; NORAT, T.; CASAGRANDE, C. Association of nut and seed intake with colorectal cancer risk in the european prospective investigation into cancer and nutrition. **Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers**, v. 13, n. 10, p. 1595-1603, out. 2004.
- JIANG, R. Nut and peanut butter consumption and risk of type 2 diabetes in women. **JAMA**, v. 288, n. 20, p. 2554, 27 nov. 2002.
- JONNALA, R. S.; DUNFORD, N. T.; DASHIELL, K. E. Tocopherol, phytosterol and phospholipid compositions of new high oleic peanut cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6-7, p. 601-605, set. 2006.
- KELLETT, M. E.; GREENSPAN, P.; GONG, Y.; PEGG, R. B. Cellular evaluation of the antioxidant activity of U.S. Pecans [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]. **Food Chemistry**, v. 293, p. 511-519, set. 2019.
- KELLY, G. S. Pantothenic Acid. **Alternative Medicine Review a Journal of Clinical Therapeutic**, v. 16, n. 3, p. 263-274, mês. 2011.
- KIM, Y.; KEOGH, J.; CLIFTON, P. **Polyphenols and Glycemic Control. Nutrients**, v. 8, n. 1, p. 17, jan. 2016.
- LA ROSA, L. A. DE; ALVAREZ-PARRILLA, E.; SHAHIDI, F. Phenolic compounds and antioxidant activity of kernels and shells of Mexican pecan (*Carya illinoensis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 1, p. 152-162, dez. 2011.
- LA ROSA, L. A. DE; VAZQUEZ-FLORES, A. A.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; RODRIGO-GARCÍA, J.; MEDINA-CAMPOS, O. N.; ÁVILA-NAVA, A.; GONZÁLEZ-REYES, S.; PEDRAZA-CHAVERRI, J. Content of major classes of polyphenolic compounds, antioxidant, antiproliferative, and cell protective activity of pecan crude extracts and their fractions. **Journal of Functional Foods**, v. 7, n. 1, p. 219-228, mar. 2014.
- LAI, M. C.; TENG, T. H.; YANG, C. The natural PPAR agonist linoleic acid stimulated insulin release in the rat pancreas. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 75, n. 11, p. 1449-1454, 2013.
- LIU, X.; LI, Y.; GUASCH-FERRÉ, M.; WILLETT, W. C.; DROUIN-CHARTIER, J.-P.; BHUPATHIRAJU, S. N.; TOBIAS, D. K. Changes in nut consumption influence long-term weight change in US men and women. **BMJ Nutrition, Prevention & Health**, v. 2, n. 2, p. 90-99, dez. 2019.
- LONSDALE, D. A review of the biochemistry, metabolism and clinical benefits of thiamin(e) and its derivatives. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 3, n. 1, p. 49-59, fev. 2006.
- LUSHCHAK, V. I.; SEMCHUK, N. M. Tocopherol biosynthesis: Chemistry, regulation and effects of environmental factors. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 34, n. 5, p. 1607-1628, abr. 2012.
- MACIEL, L. G.; RIBEIRO, F. L.; TEIXEIRA, G. L.; MOLOGNONI, L.; NASCIMENTO DOS SANTOS, J.; LARROZA NUNES, I.; MARA BLOCK, J. The potential of the pecan nut cake as an ingredient for the food industry. **Food Research International**, v. 127, p. 108718, jan. 2020.
- MARES-MARES, E.; GUTIÉRREZ-VARGAS, S.; PÉREZ-MORENO, L.; ORDOÑEZ-ACEVEDO, L. G.; BARBOZA-CORONA, J. E.; LEÓN-GALVÁN, M. F. Characterization and identification of cryptic biopeptides in *Carya illinoensis* (Wangenh. K. Koch) storage proteins. **BioMed Research International**, v. 2017, p. 1-8, nov. 2017.
- MEDINA-JUÁREZ, L. A.; MOLINA-QUIJADA, D. M. A.; AGUSTIN-SALAZAR, S.; RASCÓN VALENZUELA, L. A.; MOLINA-DOMÍNGUEZ, C. C.; GÁMEZ-MEZA, N. Chemical evaluation and antioxidant capacity of Western and Wichita pecan nut cultivars [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]. **Rivista Italiana delle Sostanze Grasse**, v. 95, n. 2, p. 111-118, 2018.
- MOODLEY, R.; KINDNESS, A.; JONNALAGADDA, S. B. Elemental composition and chemical characteristics of five edible nuts (almond, Brazil, pecan, macadamia and walnut) consumed in Southern Africa. **Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 42, n. 5, p. 585-591, jun. 2007.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Elements Food and Nutrition Board, National Academies**. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545442/table/appJ_tab3/?report=objectonly. Acesso em: 29 abr. 2020.
- NISSINEN, M. J.; GYLLING, H.; MIETTINEN, T. A. Effects of plant stanol esters supplied in a fat free milieu by pastilles on cholesterol metabolism in colectomized human subjects. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 16, n. 6, p. 426-435, set. 2006.
- ORTIZ-QUEZADA, A. G.; LOMBARDINI, L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Antioxidants in Pecan Nut Cultivars [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]. In: PREEDY, V. R.; WATSON, R. R.; PATEL, V. B. (ed.). **Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention**. Cambridge: Academic Press, 2011. p. 881-889.
- PASINI, F.; RICIPUTI, Y.; VERARDO, V.; CABONI, M. F. Phospholipids in cereals, nuts and some selected oilseeds. **Recent Research and Developments in Lipids**, v. 9, p. 139-201, 2013.

- POLETTO, T.; POLETTO, I.; MORAES SILVA, L. M.; BRIÃO MUNIZ, M. F.; SILVEIRA REINIGER, L. R.; RICHARDS, N.; STEFENON, V. M. Morphological, chemical and genetic analysis of southern Brazilian pecan (*Carya illinoensis*) accessions. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 108863, fev. 2020.
- RAJARAM, S.; BURKE, K.; CONNELL, B.; MYINT, T.; SABATÉ, J. A Monounsaturated fatty acid-rich pecan-enriched diet favorably alters the serum lipid profile of healthy men and women. **The Journal of Nutrition**, v. 131, n. 9, p. 2275-2279, set. 2001.
- RAJARAM, S.; SABATÉ, J. Nuts, body weight and insulin resistance. **British Journal of Nutrition**, v. 96, n. 2, p. S79-S86, nov. 2006.
- RIVERA-RANGEL, L. R.; AGUILERA-CAMPOS, K. I.; GARCÍA-TRIANA, A.; AYALA-SOTO, J. G.; CHAVEZ-FLORES, D.; HERNÁNDEZ-OCHOA, L. Comparison of oil content and fatty acids profile of western Schley, Wichita, and native pecan nuts cultured in Chihuahua, Mexico. **Journal of Lipids**, v. 2018, p. 1-6, jan. 2018.
- ROCK, C. L.; FLATT, S. W.; BARKAI, H. S.; PAKIZ, B.; HEATH, D. D. Walnut consumption in a weight reduction intervention: Effects on body weight, biological measures, blood pressure and satiety. **Nutrition Journal**, v. 16, n. 1, p. 1-10, dez. 2017.
- ROS, E.; NÚÑEZ, I.; PÉREZ-HERAS, A.; SERRA, M.; GILABERT, R.; CASALS, E.; DEULOFEU, R. A walnut diet improves endothelial function in hypercholesterolemic subjects. **Circulation**, v. 109, n. 13, p. 1609-1614, abr. 2004.
- RYAN, E.; GALVIN, K.; O'CONNOR, T. P.; MAGUIRE, A. R.; O'BRIEN, N. M. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 57, n. 3-4, p. 219-228, jul. 2006.
- SCAPINELLO, J.; MAGRO, J. D.; BLOCK, J. M.; LUCCIO, M. DI; TRES, M. V.; OLIVEIRA, J. V. Fatty acid profile of pecan nut oils obtained from pressurized n-butane and cold pressing compared with commercial oils. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 10, p. 3366-3369, ago. 2017.
- SIMOPOULOS, A. An increase in the Omega-6/Omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. **Nutrients**, v. 8, n. 3, p. 128, mar. 2016.
- STEINMANN, D.; BAUMGARTNER, R.; HEISS, E.; BARTENSTEIN, S.; ATANASOV, A.; DIRSCH, V.; GANZERA, M.; STUPPNER, H. Bioguided isolation of (9 Z)-Octadec-9-enoic acid from *Phellodendron amurense* Rupr. and identification of fatty acids as PTP1B inhibitors. **Planta Medica**, v. 78, n. 03, p. 219-224, fev. 2012.
- TAPSELL, L.; BATTERHAM, M.; TAN, S. Y.; WARENSJÖ, E. The effect of a calorie controlled diet containing walnuts on substrate oxidation during 8-hours in a room calorimeter. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 28, n. 5, p. 611-617, jun. 2009.
- TÓTH, R. J.; CSAPÓ, J. The role of selenium in nutrition: A review. **Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria**, v. 11, n. 1, p. 128-144, dez. 2019.
- VAZQUEZ-FLORES, A. A.; WONG-PAZ, J. E.; LERMA-HERRERA, M. A.; MARTINEZ-GONZALEZ, A. I.; OLIVAS-AGUIRRE, F. J.; AGUILAR, C. N.; WALL-MEDRANO, A.; GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; LA ROSA, L. A. DE. Proanthocyanidins from the kernel and shell of pecan (*Carya illinoensis*): Average degree of polymerization and effects on carbohydrate, lipid, and peptide hydrolysis in a simulated human digestive system. **Journal of Functional Foods**, v. 28, p. 227-234, jan. 2017.
- VENKATACHALAM, M. **Chemical Composition of Select Pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] Varieties and Antigenic Stability of Pecan Proteins**. 2004. 90 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – The Florida State University. (Florida State University Libraries).
- VIGUILIOUK, E.; KENDALL, C. W. C.; MEJIA, S. B.; COZMA, A. I.; HA, V.; MIRRAHIMI, A.; JAYALATH, V. H.; AUGUSTIN, L. S. A.; CHIAVAROLI, L.; LEITER, L. A.; SOUZA, R. J. de; JENKINS, D. J. A.; SIEVENPIPER, J. L. Effect of tree nuts on glycemic control in diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled dietary trials. **PLoS ONE**, v. 9, n. 7, p. e103376, jul. 2014.
- VILLARREAL-LOZOYA, J. E.; LOMBARDINI, L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. **Food Chemistry**, v. 102, n. 4, p. 1241-1249, jan. 2007.
- WANG, L.; WALTEBERGER, B.; PFERSCHY-WENZIG, E. M.; BLUNDER, M.; LIU, L.; MALAINER, C.; BLAZEVIC, T.; SCHWAIGER, S.; ROLLINGER, J. M.; HEISS, E. H.; SCHUSTER, D.; KOPP, B.; BAUER, R.; STUPPNER, H.; DIRSCH, V. M.; ATANASOV, A. G. Natural product agonists of peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR γ): a review. **Biochemical Pharmacology**, v. 92, n. 1, p. 73-89, nov. 2014.
- YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: A review. **LWT: Food Science and Technology**, v. 42, n. 10, p. 1573-1580, dez. 2009.
- YANG, J.; LIU, J.; FELICE, D. L. Issue Information. In: DAVIS, I. M. (ed.). **Nuts: Properties, Consumption and Nutrition**. New York: Nova Science Publishers, 2018. p. 1-58. (Agriculture issues and policies, v. 37).
- YANG, J.; LIU, R. H.; HALIM, L. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. **LWT: Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 1-8, jan. 2009.
- YANG, J.; ZHOU, F.; XIONG, L.; MAO, S.; HU, Y.; LU, B. Comparison of phenolic compounds, tocopherols, phytosterols and antioxidant potential in Zhejiang pecan [*Carya cathayensis*] at different stir-frying steps. **LWT: Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 541-548, jun. 2015.
- ZHAO, Y.; WANG, L.; QIU, J.; ZHA, D.; SUN, Q.; CHEN, C. Linoleic acid stimulates [Ca²⁺]_i increase in rat pancreatic beta-cells through both membrane receptor- and intracellular metabolite-mediated pathways. **PLoS ONE**, v. 8, n. 4, p. 1-9, abr. 2013.

Capítulo 27

Produtos e usos

Ana Cristina Ritcher Krolow

Jair Costa Nachtigal

Alexandre Hoffmann

Carlos Roberto Martins

Introdução

A noqueira-pecã é uma espécie de múltiplos propósitos, com ampla versatilidade de aplicações, desde a planta até as frutas e seus derivados. A principal finalidade do cultivo de noqueira-pecã é a produção de nozes, que possuem muitas opções de uso e aplicações comerciais – desde as preparações culinárias mais simples até as mais elaboradas e processadas em escala industrial – tanto das nozes em si quanto dos produtos gerados.

Quanto ao uso da planta, embora seja predominante o cultivo visando a produção de nozes, a noqueira-pecã pode ser utilizada com propósito de arborização em paisagismo, devido as suas características: planta frondosa, com arquitetura de copa que produz sombra durante a primavera e verão, coloração amarela das folhas durante o outono, seguida da queda natural das folhas no outono, o que permite a passagem dos raios solares nos dias frios do inverno nas regiões onde é cultivada. Ademais, a poda de plantas adultas gera como subprodutos os ramos, que podem ser fragmentados para serem utilizados na queima de lenha ou carvão vegetal, visando agregar aromas específicos de interesse na preparação de carnes defumadas e outros pratos assados em brasa. Também a madeira oriunda do descarte ou desbaste de plantas adultas pode originar matéria-prima com propriedades adequadas para artesanato, mobiliário e outras aplicações industriais.

A pecanicultura tem grandes possibilidades de expansão, visto que seus produtos ainda são relativamente pouco conhecidos. Especificamente no Brasil, a noz-pecã é praticamente a única espécie de noz produzida nas regiões de clima temperado, o que favorece o interesse do consumidor, à medida que mais produtos chegam ao mercado, oriundos da produção nacional a preços competitivos para o consumidor.

Características da noz-pecã

A pecã, a exemplo de outras frutas secas, é uma semente protegida por uma casca dura (Figura 1). É reconhecida mundialmente por ser um alimento saudável, rico em ácidos graxos e compostos fenólicos benéficos à saúde. Destaca-se, ainda, pela composição nutricional e pela relevância para a saúde.

A noz-pecã possui sabor característico entre as nozes, distintamente doce, amanteigado, e aroma levemente floral. A textura da amêndoa é firme, mas leve e agradavelmente crocante, liberando as propriedades dos óleos, à medida que é saboreada.

A farinha de nozes-pecã pode ser usada na formulação de produtos alimentares funcionais, como derivados cárneos, lácteos e produtos de panificação. É composta principalmente de glutelinas (70%), globulinas (18%), albuminas (7%) e prolaminas (5%), sendo que não contém glúten. Os componentes presentes na farinha de nozes-pecã apresentam efeitos positivos nas características nutricionais, funcionais e sensoriais de alguns produtos alimentícios desenvolvidos (Vieira; Lovatto, 2022).



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 1. Nozes-pecã com casca e descascadas.

Uso na elaboração de produtos alimentícios

As nozes in natura (inteiras ou em metades) destacam-se como a principal forma de consumo entre os apreciadores do produto. Entretanto, tanto as nozes inteiras, picadas e/ou moídas podem ser consumidas frescas, torradas e usadas em receitas, tanto em salgados como doces.

- **Consumo em salgados**

O consumo de noz-pecã em alimentos salgados tem sido popularizado em diversas receitas como um incremento ao sabor, em pratos tradicionais da culinária, em inovações produzidas por cozinheiros profissionais e até mesmo na cozinha doméstica, onde a criatividade é um componente das refeições familiares. Nesse sentido, são preparadas tábuas de frios (Figura 2), queijo (Figura 3), saladas (Figura 4) e massas (Figura 5). Entretanto, nada impede a imaginação, dependendo apenas da combinação adequada, do bom gosto ao confeccionar os pratos, e do sabor apurado.



Foto: Carlos Roberto Martins

Figura 2. Tábuas de frios com diversos produtos, incluindo noz-pecã.



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 3. Queijo elaborado com noz-pecã.

Foto: Paulo Lanzetta



Figura 4. Salada com noz-pecã.

Foto: Ana Cristina R. Krolow



Figura 5. Espagete ao molho pesto com pecã, salpicado com pedaços da fruta.

- **Consumo em doces**

Muito apreciadas em bolos (Figura 6A), cookies (Figura 6B) e bolinhos (Figura 6C), além de doces e sobremesas (Figura 7). Frequentemente, podem ser encontradas em misturas comerciais com outras nozes, caramelizadas, achocolatadas e agridoceas (Figura 8). Nesse caso, também há doces tradicionais em que a pecã é acrescentada como forma de incremento ao sabor, ou em inovações, cujo limite é a criatividade.



Foto: Paulo Lanzetta



Foto: Lucas Henrique Linck



Foto: Lucas Henrique Linck

Figura 6. Bolos e cookies: bolo com massa de pão-de-ló com pecã, brigadeiro de pecã e doces de ovos com *praliné* de pecã (A), cookies de pecã (B) e bolinho de pecã (C).

Foto: Paulo Lanzetta



Figura 7. Incremento de doces tradicionais: quindim com farinha de noz-pecã.

Foto: Paulo Lanzetta



Figura 8. Nozes-pecã com coberturas: pecãs caramelizadas e agridoces.

- **Preparo de pães e molhos**

Produtos tradicionais, como pães (Figura 9) e molhos (Figura 10), podem ser preparados utilizando a noz-pecã como um dos componentes fundamentais em suas receitas. A adição dessa noz aos preparos tradicionais transforma o sabor e a aparência, instigando o paladar e a curiosidade, possibilitando novas sensações degustativas.



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 9. Pão de noz-pecã, elaborado com farinha e pedaços da fruta.



Foto: Lucas Henrique Linck

Figura 10. Molho pesto à base de pecã.

- **Produção de óleo de noz-pecã**

Dentre os diversos produtos elaborados a partir da noz-pecã, o óleo merece destaque (Figura 11), devido às características organolépticas muito apreciadas e às qualidades nutricionais e sensoriais distintas, o que o torna promissor para uso em preparações culinárias mais sofisticadas, como no estilo gourmet. O óleo fresco apresenta baixa concentração de ácidos graxos livres, peróxidos e fosfatídeos. Pode ser consumido diretamente, sem refino, principalmente para uso como tempero de saladas. Enquanto o óleo é usado para alimentação humana, a torta de noz-pecã pode ser destinada à alimentação animal, além da elaboração de farinhas para panificação (Vieira; Lovatto, 2022).



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 11. Óleo de noz-pecã.

- **Bebidas**

As nozes-pecãs podem ser utilizadas na elaboração de diversas bebidas, como cervejas e licores (Figura 12) e, ainda, as cascas podem ser utilizadas para elaboração de chá (Figura 13), com propriedades funcionais. Além disso, as cascas são ricas em polifenóis de ação antioxidante, podendo ser utilizadas nas indústrias alimentar e farmacêutica (Espinoza-Acosta et al., 2022)



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 12. Licor de noz-pecã.



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 13. Chá à base de cascas de noz-pecã.

Uso na elaboração de produtos não alimentícios

- **Defumados**

Devido às características peculiares de aroma, também as cascas da noz-pecã vêm sendo utilizadas para a defumação de embutidos e carnes, em que conferem ao produto um sabor peculiar e muito apreciado.

- **Cosméticos**

Os derivados da noz-pecã vêm sendo também destinados para a indústria cosmética, em que é ofertada uma grande gama de produtos, desde cremes hidratantes, sabonetes esfoliantes, sabonete líquido e sabonete em barra (Figura 14), além de difusores de ambiente, principalmente pelo uso do óleo extraído da noz.



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 14. Cremes hidratantes, sabonete líquido, sabonete em barra e creme esfoliante elaborados a partir de noz-pecã.

Além dos produtos e usos destacados neste capítulo, existem inúmeros trabalhos de pesquisa sendo desenvolvidos com o intuito do aproveitamento total dos resíduos e elaboração de coprodutos a partir das nozes-pecã, como, por exemplo: para aplicação em engenharia, peças de interior e acabamento de automóveis (Singh, 2015); carvão ativado para remoção de contaminantes durante tratamento de águas (Bae et al., 2014; Costa et al., 2015; Albatrni et al., 2022); biocombustíveis (Shah et al., 2021); compostos bioativos (Yemmireddy et al., 2020); pecã de descarte usada na alimentação animal (Giotto et al., 2022); entre outras aplicações. Isso demonstra a diversidade de uso da noqueira-pecã e seus frutos, justificando o grande potencial que essa cultura apresenta, consolidando-se cada vez mais como uma cultura altamente promissora para integrar, de forma ainda mais intensa, a matriz de produção frutícola em diversas regiões do Brasil.

Considerações finais

A busca por novos sabores, novos produtos e seus derivados, bem como os benefícios específicos da noz-pecã para a saúde e bem-estar, abrem possibilidades crescentes de demanda, o que contribui para estimular a absorção da produção atual e o ingresso de novos produtores na cadeia produtiva. Com a expansão do mercado e do consumo, novos sabores e produtos derivados deverão surgir. A noz-pecã é um componente fundamental nesse processo. O limite só dependerá da criatividade e do mercado consumidor.

Referências

- ALBATRNI, H.; QIBLAWEY, H.; AL-MARRI, M. J. Walnut shell based adsorbents: A review study on preparation, mechanism, and application. **Journal of Water Process Engineering**, v. 45, p. 1-19, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102527>.
- BAE, W.; KIM, J.; CHUNG, J. Production of granular activated carbon from food-processing wastes (walnut shells and jujube seeds) and its adsorptive properties. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 64, n. 8, p. 879 - 886, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/10962247.2014.897272>.
- COSTA, P. D. de; FURMANSKI, L. M.; DOMINGUINI, L. Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de casca de nozes para adsorção de azul de metileno. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1275-1285, 2015. DOI: [10.5935/1984-6835.20150070](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150070).
- ESPINOZA-ACOSTA, J.; MONTAÑO-LEIVA, B.; VALENCIA-RIVERA, D.; LEDESMA-OSUNA, A. I.; VEGA RÍOS, A. Extracción, caracterización y actividad antioxidante de lignina de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y cáscara de nuez pecanera (*Carya illinoensis*). **Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud**, v. 24, n.2, p. 94-103, 2022.
- GIOTTO, F. M.; GRANDIS, F. A.; DE MELLO, A. S.; RIBEIRO, E. L. Discarded pecan seeds as an alternative feedstuff in lamb diets: Effects on intake, growth performance, carcass weights, and meat quality. **Small Ruminant Research**, v. 213, 106729, 2022.
- SHAH, M. A.; KHAN, N. S.; KUMAR, V.; QURASHI, A. Pyrolysis of walnut shell residues in a fixed bed reactor: Effects of process parameters, chemical and functional properties of bio-oil. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 105564, p. 1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105564>.
- SINGH, V. K. Mechanical behavior of walnut (*Juglans L.*) shell particles reinforced bio-composite. **Science and Engineering of Composite Materials**, v. 22, n. 4, p. 383-390, 2015. DOI: [10.1515/secm-2013-0318](https://doi.org/10.1515/secm-2013-0318).
- VIEIRA, K. R.; LOVATTO, M. T. Co-produtos elaborados a partir de noz-pecan: uma revisão. In: MEDEIROS, J. A.; PINTO, E. G.; MARTINS, W. F.; NIRO, C. M. (org.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisas e avanços**. Jardim do Seridó: Agron Food Academy, 2022. v. 3, cap. 18.
- YEMMIREDDY, V. K.; CASON, C.; MOREIRA, J.; ADHIKARI, A. Effect of pecan variety and the method of extraction on the antimicrobial activity of pecan shell extracts against different foodborne pathogens and their efficacy on food matrices. **Food Control**, v. 112, n.107098, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107098>.

Esta publicação é o resultado da dedicação de uma equipe de profissionais da Embrapa e de várias instituições parceiras de reconhecido mérito no Brasil, Uruguai e Argentina. *Nogueira-pecã: Cultivo, benefícios e perspectivas* é um livro que disponibiliza conteúdo informativo e abrangente, abordando temas sobre a cultura no Brasil e no mundo.

A noqueira-pecã é uma frutífera de múltiplos propósitos, com ampla versatilidade de usos. Sua importância se justifica pela demanda do mercado consumidor, que impulsiona o consumo de nozes, com base essencialmente no sabor, efeitos benéficos à saúde e nas inúmeras aplicações de seus produtos e subprodutos.

O livro trata de vários aspectos da pecanicultura e está dividido em cinco partes com assuntos compatíveis. *Panorama da cultura* retrata a noqueira-pecã no mundo, especialmente na Argentina e Uruguai, além do cultivo e histórico no Brasil. Em *Aspectos gerais*, é descrita a origem, classificação botânica, fenologia e zoneamento edafoclimático no país. As informações sobre o *Cultivo* abordam conhecimentos técnicos de todas as etapas, desde a produção de mudas e plantio à pós-colheita e processamento. Na abordagem sobre as *Perspectivas* para a cultura, o foco é direcionado a temas relevantes e estratégicos. Na última parte, *Saúde e usos*, evidencia-se a relevância da fruta para saúde, composição química, além de seus produtos e formas de utilização dos frutos e derivados.

Considera-se que esta é uma publicação fundamental ao momento atual da cultura no país. É importante que os produtores permaneçam conectados às informações disponibilizadas pela pesquisa. A atualização dos conhecimentos é um processo estratégico para o sucesso de pecanicultura nas regiões produtoras brasileiras.